

Kleine DMS-Kunde

Obwohl Dehnungsmessstreifen, kurz DMS genannt, so alt wie die moderne Elektronik sind und man mit ihrer Hilfe eine Vielzahl von Mess- und Regelproblemen lösen kann, sind sie doch immer Stiefkinder in der breiten Palette der elektronischen Bauelemente geblieben. Ziel dieses Dokumentes ist es, ein paar grundsätzliche Informationen zum Messen mit DMS zu vermitteln.

Ein wenig Festkörperphysik muss allerdings schon sein, um zu verstehen, warum ein DMS funktioniert. Ein Dehnungsmessstreifen soll Dehnungen messen. Was aber ist eine Dehnung? Nun - man kann einen Kaugummi oder ein Gummiband dehnen. Obwohl in beiden Wortschöpfungen der Begriff „Gummi“ vorkommt, verhalten sich die beiden Stoffe doch sehr verschieden. In beiden Fällen muss man eine Kraft aufwenden, um den Stoff zu verformen. Der Kaugummi gibt dieser Kraft willig nach, verformt sich und verbleibt danach in seiner neuen Gestalt. Die aufgewandte Arbeit wurde durch Reibung der Moleküle in Wärme verwandelt. Das Gummiband verhält sich anders. Es verformt sich zwar auch, speichert jedoch die aufgewendete Energie und benutzt sie, seine ursprüngliche Gestalt zurückzuerlangen. Dieses Beispiel stellt zwei Extreme dar. Der Kaugummi scheint ideal plastisch, das Gummiband jedoch ideal elastisch zu sein.

Zwei Eigenschaften

In der Realität sind aber beide Eigenschaften in einem Stoff vorhanden. Dazu ein zweites Beispiel: Streckt man eine Schraubenfeder um einen kleinen Betrag, so zieht sie sich wieder zusammen, sobald die streckende Kraft nachlässt - sie verhält sich elastisch. Streckt man die Feder zu stark, dann erreicht sie nicht mehr ihre ursprüngliche Form. Sie wird über ihr elastisches Vermögen hinaus beansprucht und benutzt die überschüssige Energie, um sich plastisch zu verformen. Streckt man die Feder noch weiter, wird sie irgendwann zerreißen, weil die Kräfte, welche die Moleküle zusammenhalten, überschritten werden. Dieser Zusammenhang ist in [Bild 1] noch einmal verdeutlicht. Die Belastung, die ein Körper ertragen hat, bezeichnet man auch mit „mechanischer Spannung“, und die Dehnung ist die Längenänderung, mit der ein Körper auf die Belastung reagiert (im Verhältnis zur ursprünglichen Länge). Die Dehnung ist eine Zahl ohne physikalische Dimension. Den Dehnungsverlauf in [Bild 1] kann man in drei Abschnitte unterteilen.

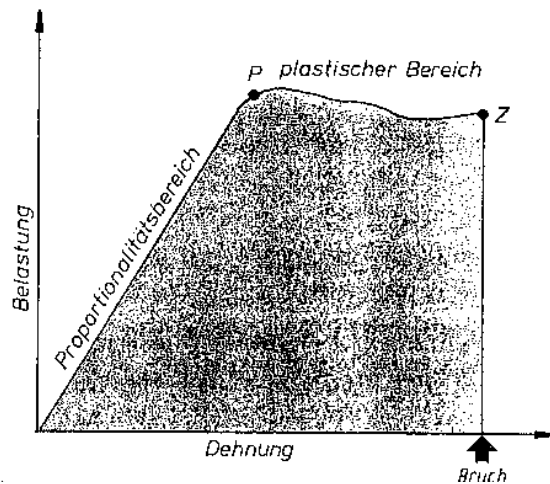


Bild 1. Prinzipieller Verlauf einer Materialdehnung unter Belastung

Drei Bereiche der Dehnung

Im Proportionalitätsbereich ändert sich die Dehnung proportional mit der Belastung. In diesem Bereich verhält sich ein Stoff elastisch und man kann mit DMS arbeiten. Ab dem Punkt P verhält sich der Stoff plastisch, bis es in Punkt Z dann schließlich zum Zerreißen kommt. Im Proportionalitätsbereich ist das Verhältnis der Belastung zur Dehnung konstant. Es liegt auf der Hand, dieses Verhältnis zu verwenden, um die elastischen Eigenschaften eines Stoffes zu beschreiben. Diese Stoffkonstante wird als Elastizitätsmodul bezeichnet und hat die Einheit N/m^2 (in der praktischen Anwendung ist manchmal auch die Einheit kp/mm^2 anzutreffen).

Funktionsweise der DMS

Klebt man einen Draht auf einen Träger, dessen Form sich ändert, so macht der Draht die Formänderung mit und wird gestaucht oder gedehnt. Aber Vorsicht! Auch dieser Messdraht unterliegt den vorher beschriebenen Materialeigenschaften und man muss vermeiden, den Draht plastisch zu verformen. Ein Gummiklotz oder Textilstoff z. B. sind daher als Träger ungeeignet. Gut zu verwenden sind dagegen Metalle oder auch Beton nach entsprechender Oberflächenbehandlung.

Beim Stauchen oder Dehnen des Drahtes ändert sich sein Querschnitt, von dem ja bekanntlich auch der elektrische Widerstand abhängt. Diese Widerstandsänderung kann als Messgröße für die Dehnung des Untergrundes verwendet werden. Der Zusammenhang zwischen Widerstands- und Längenänderung für einen DMS ist in [Bild 2] dargestellt. Man erkennt, dass die Widerstandsänderung doppelt so groß ist wie die Längenänderung. Dieser Faktor, auch k-Faktor genannt, ist meist ca. 2 und gibt die Empfindlichkeit DMS an. Die Kenntnis des k-Faktors ermöglicht ein direktes Umrechnen einer Widerstandsänderung in eine Längenänderung und umgekehrt.

Naturgemäß sind solche Widerstandsänderungen sehr klein; das macht aber nichts, denn schließlich ist ein DMS Teil einer Brückenschaltung. Zunächst stört aber noch die Länge des aufgeklebten Messdrahtes, die sein muss, um überhaupt zu messbaren Änderungen des Widerstandes zu gelangen.

Praktische Ausführung

Einen Eindruck vom Aufbau eines Dehnungsmessstreifens gibt [Bild 3]. Die Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten von DMS hat allerdings eine Unzahl von Ausführungen zur Folge, so dass hier die Betrachtung auf Typen beschränkt bleibt, die für Gelegenheitsanwender in Frage kommen.

Das Trägermaterial besteht zumeist aus einer dünnen Kunststoffolie. Darauf aufgebracht ist der Messdraht, der mäanderförmig angeordnet wurde. Wirklicher „Draht“ wird allerdings nur selten verwendet. Vorzugsweise besteht das Messgitter aus einer Folie eines Widerstandsmaterials (Konstantan), das durch Ätzen in seine Form gebracht wird und nur wenige μm stark ist. Die Anschlussdrähte sind meist aus vernickeltem Kupfer. Die Schutzschicht stellt die glänzende Oberseite der meisten DMS dar und macht den Streifen mechanisch widerstandsfähig.

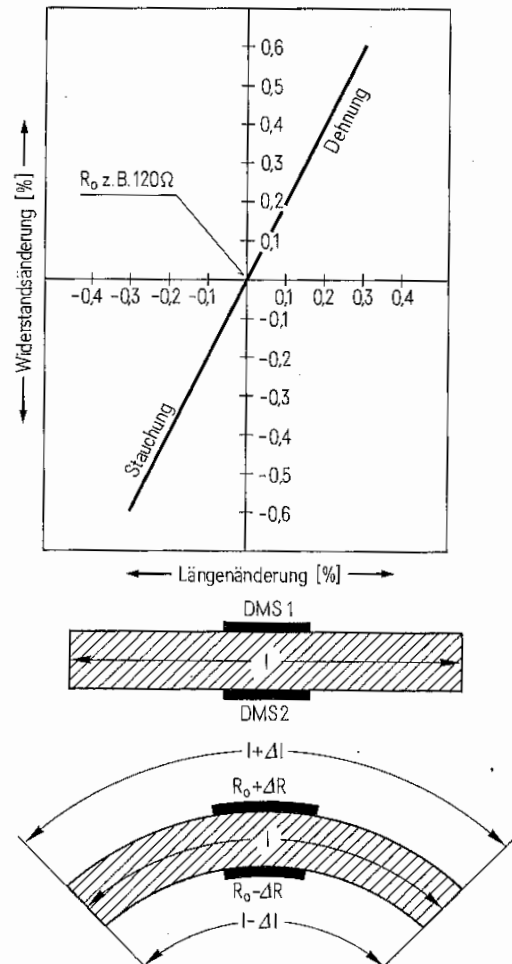


Bild 2. Stauchung und Dehnung an einem Biegebalken mit Kennlinie eines DMS

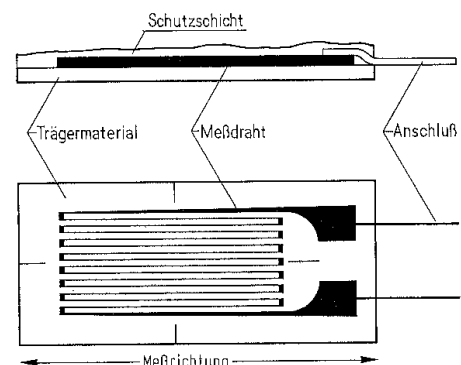


Bild 3. Aufbau eines Dehnungsmessstreifens

Vorbereitungen

Eine Dehnungsmessung lebt von der innigen Verbindung des Messstreifens mit dem Untergrund, dessen Dehnung gemessen werden soll. Diese Verbindung kann man durch Kleben erreichen. Wer bei dieser Tätigkeit schlampig arbeitet, kann den DMS gleich wieder abkratzen und hat sein Geld (ca. 5 Euro) zum Fenster hinausgeworfen. Man sollte sich an die nachfolgenden Hinweise halten.

Da es hier nur um metallische Untergründe geht, beschränken sich die Vorbereitungen auf die Reinigung der Oberflächen und der dazu notwendigen Sauberkeit. Zu diesem Zweck benötigt man Schmirgel, um die Metallfläche von Oxidschichten zu befreien und ein fettlösendes Mittel wie Alkohol oder besser Aceton. Im Endstadium der mechanischen Säuberung ist 240er Schmirgelpapier oder -leinen ausreichend. Mit dem Lösungsmittel und einem Stückchen saugenden Tuches werden Fettrückstände beseitigt. Wenn man die Unterseite des DMS nicht anfasst, braucht man sie auch nicht zu reinigen. Die so vorbereitete Klebestelle sollte an jeder Seite 1 cm größer sein als der DMS, vorausgesetzt, dass die Klebestelle dieses zulässt.

Klebstoffe für DMS

Die Hersteller der DMS bieten eine Anzahl von Klebstoffen an, die allesamt recht teuer sind. Für Anwendungen bis 70 °C eignen sich aber auch Cyanacrylat-Kleber, die vielfach als Sekundenkleber bekannt sind und in Bastelgeschäften oder Kaufhäusern erhältlich sind. Zum Befestigen des DMS hält man ihn an den Anschlüssen, träufelt Kleber, den man mit einem Streichholz schnell verteilt, auf die Unterseite und legt den DMS möglichst exakt auf die Klebestelle. Darüber legt man eine deckende Polyethylen-Folie (meist Bestandteil der DMS-Packung; alternativ tut es auch ein Streifen einer Plastiktüte) und drückt ihn mit rollendem Daumen ca. zehn Sekunden an.

So zügig, wie in den letzten zwei Sätzen beschrieben, muss der Klebervorgang schon erfolgen. Der Plastikstreifen, der wieder abgezogen werden kann, verhindert, dass der Daumen beim Andrücken festklebt. Als Zugentlastung für den elektrischen Anschluss klebt man noch zwei Lötstützpunkte auf. Zum Schutz gegen die Feuchtigkeit werden Klebestelle und Anschluss mit Plastik-Spray versiegelt.

Das [Bild 4] zeigt zwei fertige Messstellen: oben eine DMS Viertelbrücke, seitlich eine 3-streifige DMS-Rosette.



Bild 4. Messstellen mit Lötstützpunkten und Zugentlastungen

Was kann man mit DMS messen?

Zunächst einmal Dehnungen, die von Kräften verursacht werden. Dehnung ist aber Formänderung und somit auch Wegänderung. [Bild 5] zeigt, dass es nur von unserer eigenen Definition abhängt, welche Größe gemessen wird. So kann man mit dem einseitig eingespannten Federstahl entweder die Kraft messen, welche die Feder auslenkt, oder den Weg, den die Kraft zur Folge hat. Im Wesentlichen hängt es von der mechanischen Konstruktion ab, welche Komponente in welcher Größenordnung gemessen werden soll. [Bild 5] zeigt dazu ein Beispiel für einen Kraftmesser.

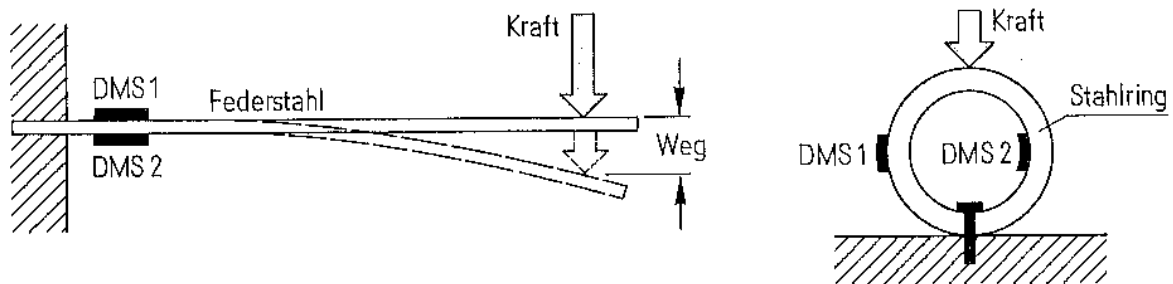


Bild 5. Ein einseitig eingespannter Federstahl kann als Wegaufnehmer für kleine Wege eingesetzt werden; ein Kraftmessring kann Kräfte bis zu vielen Tonnen verdauen.

Aus den letzten Erkenntnissen wird deutlich, dass man mit DMS eine Vielzahl von Messgrößen elektrisch darstellen kann, sofern sie Wege und Kräfte zur Folge haben. So wird man einen DMS-Weggeber verwenden, um die Auslenkung einer barometrischen Druckdose zu messen und einen Kraftmessring um das Gewicht eines Lastkraftwagens zu registrieren. Wie schon erwähnt, sind die dehnungsbedingten Widerstandsänderungen sehr gering, und man wird sich der

Brückenschaltung bedienen müssen, um zu nennenswerten elektrischen Spannungen zu kommen, die verstärkt und zur Anzeige gebracht werden können. Bei der Ausführung der Messbrücke ist aber Folgendes zu bedenken: Ein Dehnungsmessstreifen reagiert auf Dehnungen jeglicher Ursache; so auch auf temperaturbedingte Ausdehnungen des Untergrundes, die in der gleichen Größenordnung wie die mechanischen Dehnungen liegen können. Dem kann

elegant begegnet werden. In einem Brückenzweig heben sich gleichsinnige Verstimmungen auf. Wenn man also in einer halben Brücke einen DMS quer zur Messrichtung klebt, dann sind beide DMS den Temperaturänderungen unterworfen und einer zusätzlich der mechanischen Dehnung. Die Temperaturdehnungen heben sich auf [Bild 6]. Ergibt sich die Möglichkeit, zwei DMS so zu kleben, dass die mechanischen Verstimmungen gegensinnig wirken [wie in Bild 2], gewinnt man die doppelte Ausgangsspannung und erzielt die Temperaturkompensation trotzdem. Eine weitere Verdoppelung der Spannung erreicht man durch eine Vollbrücke mit vier aktiven DMS. Weil sich dabei aber auch der Preis verdoppelt, findet die Vollbrücke in der Bauteilanalyse seltener Anwendung. Das gesparte Geld wird lieber in driftarme Verstärker investiert, um das schwache Ausgangssignal rausch- und driftarm weiter zu verarbeiten.

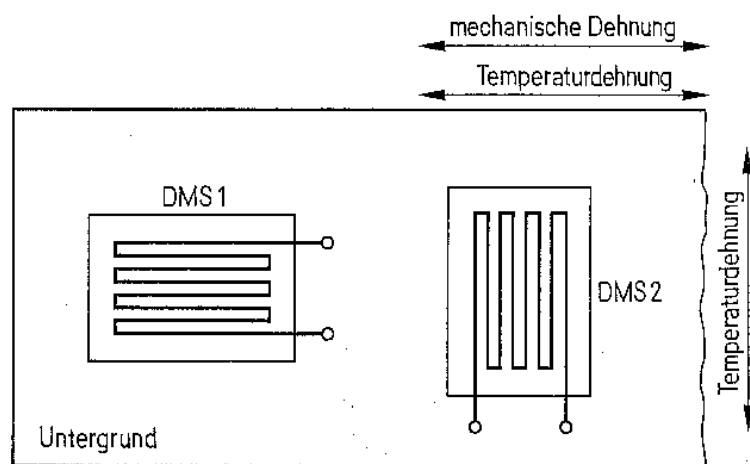


Bild 6. Temperaturkompensation bei gleichsinniger Verstimmung von DMS 1 und DMS 2