

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

VERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIK

Experimentelle Strukturanalyse
Empfehlung zur Durchführung von
Dehnungsmessungen bei hohen Temperaturen

Experimental structural analysis
Recommendation on the implementation of
strain measurements at high temperatures

VDI/VDE 2635

Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung.....	2
Einleitung.....	2
1 Anwendungsbereich.....	2
2 Begriffe.....	4
3 Auswahl von Dehnungsaufnehmern.....	8
3.1 Temperaturbereich (maximale Einsatztemperatur).....	8
3.2 Statische oder dynamische Messung.....	8
3.3 Konstante oder veränderliche Temperatur.....	9
3.4 Messdauer.....	9
3.5 Dehnungsübertragung/Rückwirkung auf das Messobjekt.....	9
3.6 Installationsmöglichkeiten.....	11
3.7 Messunsicherheit/Zuverlässigkeit.....	11
3.8 Platzbedarf.....	12
3.9 Weitere Umgebungsbedingungen.....	12
4 Funktionsweise und Besonderheiten der einzelnen Hochtemperatur-Dehnungsaufnehmer.....	13
4.1 Aufklebbare Metallfolien-DMS mit Kunststoffträger.....	13
4.2 Metallfolien-DMS mit Kunststoffträger auf anschweißbarem Blech.....	15
4.3 Freigitter-DMS (für die direkte Präparation).....	17
4.4 Freigitter-DMS auf anschweißbarem Blech.....	20
4.5 Röhren-DMS.....	21
4.6 Kapazitiver Plattenabstands-DMS.....	27
4.7 Optische DMS.....	30
5 Installationsmethoden.....	33
5.1 Kleben mit organischen Klebern.....	33
5.2 Kleben mit Keramikzement.....	34
5.3 Flamspritzen.....	36
5.4 Punktschweißen.....	38
6 Wesentliche anzugebende Kenngrößen der Dehnungsaufnehmer.....	40
7 Gemeinsame Probleme bei der Anwendung von Hochtemperatur-Dehnungsaufnehmern.....	42
Schrifttum.....	44

Contents	Page
Preliminary note.....	2
Introduction.....	2
1 Scope.....	2
2 Terms and definitions.....	4
3 Selecting strain sensors.....	8
3.1 Temperature range (maximum operating temperature).....	8
3.2 Static or dynamic measurement.....	8
3.3 Constant or variable temperature.....	9
3.4 Duration of measurement.....	9
3.5 Transmission of strain and effect on the test object.....	9
3.6 Installation options.....	11
3.7 Measurement uncertainty/reliability.....	11
3.8 Space requirements.....	12
3.9 Further ambient conditions.....	12
4 Operating principles and characteristic features of individual types of high-temperature strain sensors.....	13
4.1 Metal-foil strain gauges on plastic carriers that can be bonded onto components.....	13
4.2 Metal-foil strain gauges with plastic carrier on weldable metal carrier plate.....	15
4.3 Free-grid strain gauges (for direct application).....	17
4.4 Free-grid strain gauges on weldable metal carrier.....	20
4.5 Tube strain gauges.....	21
4.6 Double-plate capacitive strain sensor.....	27
4.7 Optical strain gauges.....	30
5 Installation methods.....	33
5.1 Bonding with organic adhesives.....	33
5.2 Bonding with ceramic cement.....	34
5.3 Flame-spraying.....	36
5.4 Spot-welding.....	38
6 Key parameters to be specified for strain sensors.....	40
7 Problems arising when using any type of high-temperature strain sensor.....	42
Bibliography.....	44

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

Fachbereich Prozessmesstechnik und Strukturanalyse

VDI/VDE-Handbuch Prozessmesstechnik und Strukturanalyse
VDI/VDE-Handbuch Fertigungsmesstechnik

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2635.

Einleitung

Diese Richtlinie wurde seit ihrer letzten Ausgabe von 2004 grundlegend überarbeitet. Dabei wurden insbesondere auf technische Neuentwicklungen, neue Erkenntnisse bei der Anwendung und Veränderungen bezüglich der Verfügbarkeit von Dehnungsaufnehmern berücksichtigt.

Der VDI/VDE-GMA-Fachausschuss 2.11 „Elektrische Messverfahren, DMS-Messtechnik“ beschäftigt sich mit elektrischen Messverfahren zur Erfassung von mechanischen Größen auf den Gebieten der experimentellen Strukturanalyse, der Werkstoffprüfung und des Produkt- und System-Monitorings. Er verfügt unter seinen Mitgliedern über eine ganze Reihe von Fachleuten, die sich auf dem Gebiet der elektrischen Dehnungsmessstreifen (DMS) auch speziell mit der Anwendung und Kennwertbestimmung von Hochtemperatur-Dehnungsaufnehmern beschäftigen.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie dient als Orientierung bei der Auswahl und Anwendung von Hochtemperatur-Dehnungsaufnehmern, die direkt auf die Bauteiloberfläche montiert werden und deren Sensorelement vollständig der Bauteiltemperatur ausgesetzt ist.

Bezüglich des Temperaturbereichs schließt sie an die Richtlinie VDI/VDE 2635 Blatt 1 an (siehe Bild 1), wobei sich im Übergangsbereich von 120 °C bis 350 °C Überschneidungen beider Richtlinien ergeben.

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/2635.

Introduction

This standard has been fundamentally revised since its last release in 2004. In doing so, particular attention was paid to technical innovations, new findings regarding the field of application and changes regarding the availability of strain sensors.

VDI/VDE-GMA Technical Committee 2.11 “Electrical Measurement Methods; Strain-Gauge Measurement Technology” studies and discusses electrical measurement methods for determining mechanical quantities in the field of experimental structural analysis, materials testing, and product and system monitoring. Its members include a range of experts with specialised knowledge of electrical strain gauges and in particular the use and determination of characteristic values of high-temperature strain sensors.

1 Scope

This standard is intended to serve as a reference for selecting and using high-temperature strain sensors that are to be mounted in direct contact with the surface of a component, and whose sensor element is fully exposed to the component’s temperature.

With regard to the temperature range, it complements standard VDI/VDE 2635 Part 1 (see Figure 1), with overlaps in the transition range between 120 °C and 350 °C.

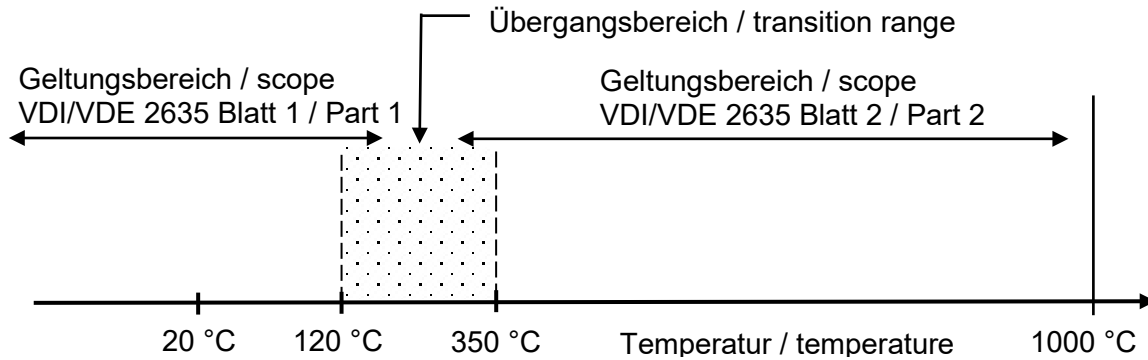


Bild 1. Geltungsbereich der Richtlinie VDI/VDE 2635 Blatt 2 und Abgrenzung zu Blatt 1/
 Figure 1. Scope of standard VDI/VDE 2635 Part 2 and delimitation from Part 1

Für Dehnungsmessungen bei hohen Temperaturen wurde eine Vielzahl von Aufnehmern entwickelt, die sich in der Bauform, im physikalischen Messprinzip und auch in der Art der Präparation auf dem Messobjekt wesentlich unterscheiden. In Tabelle 1 ist eine Einteilung angegeben.

A wide range of sensors differing greatly in design, physical principle of measurement, and mounting on the test object have been developed for strain measurement at high temperatures. Table 1 shows the different categories of strain gauges.

Tabelle 1. Einteilung der Hochtemperatur-Dehnungsaufnehmer (DMS)

Bauform	Installation	Messprinzip
Metallfolien-DMS	Kleben Punktschweißen	Widerstand (R)
Freigitter-DMS	Flammspritzen Keramikzement Punktschweißen	Widerstand (R)
Röhrchen-DMS	Punktschweißen	Widerstand (R)
Kapazitive DMS	Punktschweißen	Kapazität (C)
Optische DMS Quarzglasfaser	Kleben Punktschweißen	Wellenlänge (λ)

Table 1. Categories of high-temperature strain sensors (strain gauges)

Type	Installation	Measuring principle
Metal-foil strain gauge	Bonding spot-welding	resistance (R)
Free-grid strain gauge	flame-spraying ceramic cement spot-welding	resistance (R)
Tube strain gauge	spot-welding	resistance (R)
Capacitive strain gauge	spot-welding	capacitance (C)
Optical strain gauge quartz glass fibre	bonding spot-welding	wavelength (λ)

Die Richtlinie behandelt derzeit übliche und kommerziell verfügbare Hochtemperatur-Dehnungsaufnehmer. Es werden das Funktionsprinzip, Empfehlungen zur Installation (Befestigung), wichtige Besonderheiten und typische Anwendungen angegeben.

This standard addresses commonly used and commercially available high-temperature strain sensors currently in use. It describes their principle of operation and provides installation recommendations (attachment), main characteristics and typical applications.

Darüber hinaus werden Empfehlungen für die zweckmäßige Vorbereitung der Messstelle, den Anschluss an Messverstärker und Betriebsgeräte sowie zur Auswertung der Dehnungsmessungen bei hoher Temperatur gegeben. Dehnungsaufnehmer entsprechend dieser Richtlinie werden in Anlehnung an VDI/VDE 2635 Blatt 1 unabhängig von ihren geometrischen Abmessungen auch als Dehnungsmessstreifen (DMS) bezeichnet.

It also offers recommendations on how to correctly prepare the measuring point, establish a connection to measuring amplifiers and control equipment and evaluate strain measurements at high temperature. Following standard VDI/VDE 2635 Part 1, strain sensors in compliance with this standard are also referred to as strain gauges, irrespective of their geometric dimensions.