

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Produktentwicklung mit  
Formgedächtnislegierungen (FGL)  
Prüf- und Messmethoden  
  
Product development using  
shape memory alloys (SMA)  
Test- and measurement methods

VDI 2248  
Blatt 3 / Part 3

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	Contents	Page
Vorbemerkung.....	2	Preliminary note.....	2
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>2</b>	<b>1 Scope.....</b>	<b>2</b>
<b>2 Normative Verweise.....</b>	<b>3</b>	<b>2 Normative references.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Begriffe.....</b>	<b>3</b>	<b>3 Terms and definitions.....</b>	<b>3</b>
<b>4 Materialprüfung.....</b>	<b>5</b>	<b>4 SM material testing.....</b>	<b>5</b>
4.1 Mechanische Prüfung.....	5	4.1 Mechanical testing.....	5
4.2 Thermische Prüfung von FG-Halbzeugen.....	9	4.2 Thermal testing of semi-finished SM products.....	9
<b>5 FG-Komponentenprüfung.....</b>	<b>17</b>	<b>5 Testing SM components.....</b>	<b>17</b>
5.1 Prüfmittel für FG-Komponenten.....	17	5.1 Apparatus for testing SM components.....	17
5.2 Probenvorbereitung der FG-Komponenten.....	29	5.2 Preparing specimen SM components for testing.....	29
5.3 Zielorientierte Versuchsvorbereitung.....	38	5.3 Preparing tests for a specific purpose.....	38
5.4 Darstellung dynamischer Messergebnisse.....	40	5.4 Presentation of dynamic measurement results.....	40
5.5 Darstellung thermischer Messergebnisse.....	41	5.5 Presentation of thermal measurement results.....	41
<b>6 FG-Systemprüfung.....</b>	<b>42</b>	<b>6 Testing SM systems.....</b>	<b>42</b>
6.1 Anwendungsbereich der FG- Systemprüfung.....	42	6.1 Scope of application of SM system tests.....	42
6.2 Prüfmittelvariationen für eine FG- Systemprüfung und Versuchsintegration.....	43	6.2 Test equipment variants for SM system testing and test integration.....	43
6.3 Qualitative Beurteilung der FG-Systeme.....	44	6.3 Qualitative assessment of SM systems.....	44
6.4 Beurteilung der mechanischen Konstruktion.....	45	6.4 Mechanical design assessment.....	45
6.5 Beurteilung der elektrischen Konstruktion.....	46	6.5 Electrical design assessment.....	46
6.6 Beurteilung der Systemfunktionsweise.....	47	6.6 Assessment of the system function principle.....	47
6.7 Sicherheitsbeurteilung der FG-Systeme.....	47	6.7 SM system safety assessment.....	47
6.8 Beurteilungstabelle für die FG- Systemprüfung.....	48	6.8 Assessment table for SM system tests.....	48
<b>7 Beurteilung von FG-Systemen für Sicherheitsfunktionen.....</b>	<b>49</b>	<b>7 Assessment of SM systems for safety functions.....</b>	<b>49</b>
7.1 Sicherheitstechnische Beurteilung von indirekt beheizten FG-Systemen für Sicherheitsfunktionen.....	50	7.1 Safety-engineering assessment of indirectly-heated SM systems for safety functions.....	50
7.2 Sicherheitstechnische Beurteilung von elektrisch beheizten FG-Systemen für Sicherheitsfunktionen.....	51	7.2 Safety-engineering assessment of electrically-heated SM systems for safety functions.....	51
<b>Anhang</b> Vorschlag zur Zertifizierung von FG-Systemen.....	<b>53</b>	<b>Annex</b> Suggested method of certifying SM systems.....	<b>53</b>
A1 Unabhängige Validierung der Messausrüstung.....	53	A1 Independent validation of measuring equipment.....	53
A2 Zertifikat für FG-Materialien, -Komponenten und -Systeme.....	53	A2 Certificate for SM materials, components, and systems.....	53
A3 FG-Zertifizierungsprozess.....	54	A3 SM certification process.....	54
Schrifttum.....	56	Bibliography.....	56

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)

Fachbereich Produktentwicklung und Mechatronik

VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion  
VDI/VDE-Handbuch Automatisierungstechnik  
VDI-Handbuch Werkstofftechnik

## 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](http://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/2248](http://www.vdi.de/2248).

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie wendet sich an Personen aus Unternehmensbereichen wie Forschung, Material- und Komponentenprüfung, Produktentwicklung, Qualitätssicherung und Zertifizierung, die sich mit den Besonderheiten bei der Prüfung von Formgedächtnislegierungen (FGL) vertraut machen wollen. Darüber hinaus wird die Ermittlung von Messdaten gezeigt, die für die weiteren Entwicklungsprozesse von FGL notwendig sind. So müssen beispielsweise die Umwandlungstemperaturen sowie die mechanischen Festigkeiten bei unterschiedlichen Raumtemperaturen von Formgedächtnis(FG)-Materialien für die Materialbeschreibung den Versuchen entnommen werden. Gleiches gilt für dynamische und funktionale Parameter der FGL.

Ein weiteres Thema dieser Richtlinie sind Schwankungen hinsichtlich der dynamischen Stelleigenschaften von FGL sowie der Systemermüdung in zyklischen FG-Aktorikversuchen, die auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden können. Beispiele für solche Ursachen sind unterschiedliche Produktionsparameter der Halbzeuge und Unterschiede bei der Materialreinheit. Schon geringe Schwankungen in der Materialzusammensetzung oder im Umformprozess von einem NiTi-Ingots, die Dicke des FG-Drahts, aber auch der thermische Trainingsprozess oder die Auslegungsparameter nehmen Einfluss auf die Materialeigenschaften. Schwankungen entstehen auch je nach verwendeten Messmethoden, dem Messvorgehen sowie unterschiedlichen Messparametern. Diese von den Messeinrichtungen und Messmethoden verursachten Streuungen sollen durch standardisierte Abläufe während der **Halbzeug-, Komponenten- und Systemprüfung** minimiert werden. Diese Richtli-

## 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](http://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/2248](http://www.vdi.de/2248).

## 1 Scope

This standard addresses people who work in company divisions such as research, material and component testing, product development, quality assurance and certification and who wish to become familiar with the special aspects of testing shape memory alloys (SMAs). It also shows how the measured data required for further SMA development processes are determined. For example, the transformation temperatures and mechanical strengths of shape memory (SM) materials at various temperatures have to be derived from the test results so that these parameters can be used in material descriptions. The same applies to the dynamic and functional parameters of SMAs.

The standard also deals with variations in the dynamic actuator characteristics of SMAs and with system fatigue in cyclic SM actuator tests, both of which may have several underlying causes. Two typical causes are different semi-finished product production parameters and differences in material purity. Even slight variations in the material composition or the forming processes applied to a NiTi ingot, or in the thickness of an SM wire, the thermal training process or the design parameters can influence the material properties. Variations may also depend on the measurement method, the measurement procedure, and varying measurement parameters. The aim is to minimise the scatter caused by variations in measurement equipment and methods by standardising procedures for **testing semi-finished products, components, and entire systems**. This standard is sub-divided into these three main thematic blocks (see Figure 1).

nie ist in diese drei Themenblöcke unterteilt (siehe Bild 1).

Die Richtlinienreihe VDI 2248 ist ein Ergebnis des VDI-GPP-Fachausschusses 708 „Formgedächtnistechnologie“.

## **2 Normative Verweise**

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 2248 Blatt 1:2019-09 Produktentwicklung mit Formgedächtnislegierungen (FGL); Grundlagen und Anwendungsbeispiele

The series of standards VDI 2248 is a result of the VDI GPP Technical Committee 708 “Shape Memory Technology”.

## **2 Normative references**

The following referenced documents are indispensable for the application of this standard:

VDI 2248 Part 1:2019-09 Product development using shape memory alloys; Basics and application examples