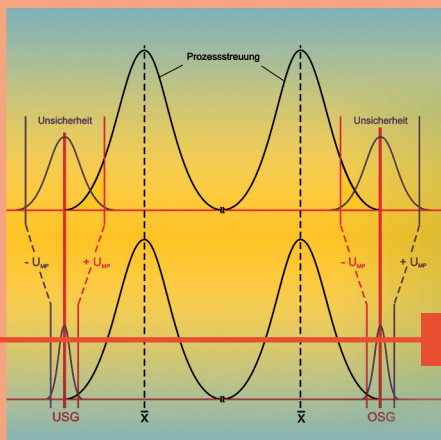


Edgar Dietrich  
Michael Radeck

# Prüfprozesseignung nach VDA 5 und ISO 22514-7



HANSER

Edgar Dietrich  
Michael Radeck

# Prüfprozesseignung nach VDA 5 und ISO 22514-7

1. Auflage

HANSER

---

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

ISBN 978-3-446-44332-7

E-Book-ISBN: 978-3-446-44377-8

© 2015 Carl Hanser Verlag München Wien

[www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Gesamtlektorat: Dipl.-Ing. Volker Herzberg

Herstellung: Jörg Strohbach

Satz: Heide Mesad, Q-DAS® GmbH & Co. KG

Coverconcept: Marc-Müller-Bremer, Rebranding, München

Umschlaggestaltung: Stephan Rönigk

Druck und Bindung: Kösel, Kempten

Printed in Germany

---

## Vorwort zur 1. Auflage

Mit dem VDA Band 5 „Prüfprozesseignung“ [14] und der Norm ISO 22514-7 [12] wurde die Brücke gebaut, welche die pragmatisch orientierten Verfahren der Messsystemanalyse, wie diese in der MSA [1] Measurement Systems Analysis beschrieben ist, mit dem Konzept der Ermittlung eines Unsicherheitsbudgets nach GUM [9] verbindet: So lassen sich Ergebnisse aus den bekannten Messsystemanalysen Verfahren 1 und 2 einfach in eine Unsicherheitsstudie übernehmen. Auch wurden die Tugenden der Messsystemanalyse-Verfahren übernommen:

Unsicherheiten werden hauptsächlich aus praktischen Versuchen ermittelt

Einführung des Konzeptes der Fähigkeitskennwerte mit Entscheidungsregeln für die Annahme oder Rückweisung eines Messprozesses.

Insgesamt ist die Prüfprozesseignung im Sinne des VDA 5 bzw. ISO 22514-7 eine gelungene „Übersetzung“ des GUM für die Praktiker in den Fertigungsbetrieben. Möge dieses Büchlein Ihnen helfen, einen leichten Zugang zu dem Thema zu finden.

Weinheim, August 2014

Edgar Dietrich

Michael Radeck

## Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                     |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Begriffe .....</b>                                                               | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>Ermittlungsmethoden für Standardunsicherheiten .....</b>                         | <b>14</b> |
| 2.1      | Festlegen der zu berücksichtigenden Einflussgrößen. ....                            | 14        |
| 2.2      | Auswahl eines Messsystems .....                                                     | 16        |
| 2.3      | Betrachtung des Messsystems und des Messprozesses .....                             | 16        |
| 2.4      | Ermittlungsmethoden für Standardunsicherheiten .....                                | 16        |
| 2.4.1    | Standardunsicherheit nach der Ermittlungsmethode A (Auswerten eines Versuchs) ..... | 18        |
| 2.4.2    | Standardunsicherheit nach der Ermittlungsmethode B (Bekannte Werte) .....           | 18        |
| 2.4.3    | Zusammenfassung der Ermittlungsmethoden .....                                       | 20        |
| 2.5      | Kombinierte Standardunsicherheit.....                                               | 22        |
| 2.6      | Erweiterte Messunsicherheit .....                                                   | 24        |
| <b>3</b> | <b>Ablauf des Eignungsnachweises .....</b>                                          | <b>26</b> |
| 3.1      | Nachweis der Messsystemeignung ( $Q_{MS}$ ) .....                                   | 28        |
| 3.2      | Minimal prüfbare Toleranz des Messsystems.....                                      | 28        |
| 3.3      | Nachweis der Messprozesseignung ( $Q_{MP}$ ) .....                                  | 30        |
| 3.4      | Minimal prüfbare Toleranz des Messprozesses .....                                   | 30        |
| 3.5      | Berücksichtigung der Messunsicherheit (Toleranzanpassung) .....                     | 32        |
| <b>4</b> | <b>Analyse eines Messsystems .....</b>                                              | <b>34</b> |
| 4.1      | Ablauf zur Ermittlung der Messsystemeignung .....                                   | 36        |
| 4.1.1    | Auflösung des Messsystems .....                                                     | 38        |

|          |                                                                                      |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1.2    | Messsystemeignung aus bekannter Abweichungsgrenze.....                               | 42         |
| 4.1.3    | Messsystemeignung gemäß einer Linearitätsstudie $u_{\text{Lin}}$ .....               | 48         |
| 4.1.4    | Standardunsicherheiten aus mehrfacher Durchführung des Verfahrens 1 .....            | 54         |
| 4.1.5    | Messsystemeignung gemäß einem Verfahren 1 .....                                      | 58         |
| <b>5</b> | <b>Analyse des Messprozesses .....</b>                                               | <b>72</b>  |
| 5.1.1    | Standardunsicherheiten aus einem Verfahren 2.....                                    | 74         |
| 5.1.2    | Standardunsicherheit der Temperatur $u_T$ .....                                      | 78         |
| 5.1.3    | Standardunsicherheit des Prüfobjektes $u_{\text{OBJ}}$ .....                         | 82         |
| 5.1.4    | Standardunsicherheit verschiedener Vorrichtungen $u_{\text{GA}}$ .....               | 90         |
| 5.1.5    | Standardunsicherheit der Stabilität $u_{\text{STAB}}$ .....                          | 90         |
| 5.1.6    | Einsatz d-optimaler Versuchspläne.....                                               | 92         |
| 5.1.7    | Weitere Standardunsicherheiten.....                                                  | 94         |
| 5.2      | Ablauf zur Ermittlung der Messprozesseignung.....                                    | 94         |
| 5.2.1    | Kombinierte Standardunsicherheit des Messprozesses .....                             | 94         |
| 5.2.2    | Erweiterte Messunsicherheit des Messprozesses .....                                  | 100        |
| 5.2.3    | Fallbeispiel „Längenmessung mit einem Standardprüfmittel“ .....                      | 100        |
| <b>6</b> | <b>Anhang .....</b>                                                                  | <b>114</b> |
| 6.1      | Messunsicherheitsbestimmung gemäß GUM.....                                           | 114        |
| 6.2      | Formeln zur einfachen balancierten Varianzanalyse für eine Zufallskomponente A ..... | 118        |
| 6.3      | Literatur.....                                                                       | 124        |
| 6.4      | Abkürzungen.....                                                                     | 126        |

# 1 Begriffe

## Messabweichungen

Führt man eine Messung durch, so entspricht der auf der Anzeige abgelesene Wert nicht dem wahren Wert. Die Differenz zwischen dem Ablesewert und dem wahren Wert ist die Messabweichung. Die bei mehreren Messungen beobachteten Messabweichungen setzen sich aus systematischen und zufälligen Anteilen zusammen.

## Zufällige Messabweichungen

Zufällige Messabweichungen sind nach Betrag und Richtung nicht vorhersagbar. Ihre Größenordnung wird rechnerisch oder aus Versuchen abgeschätzt und als Unsicherheit des Messergebnisses gedeutet.

## Systematische Messabweichungen

Systematische Abweichungen entstehen beispielsweise durch falsches Justieren, Ablesefehler, Schmutz, Schwingungen, Temperatureinflüsse, Verschleiß, um nur einige zu nennen. Bekannte systematische Abweichungen sind durch Justieren oder rechnerisch zu korrigieren. Einige systematische Abweichungen, entziehen sich der „einfachen Korrektur“ und sind weder durch Justieren noch durch eine rechnerische Kompensation zu beseitigen, da ihre Wirkrichtung nicht bekannt ist. Diese werden hier als unbekannte systematische Messabweichungen bezeichnet. Beispiele dafür sind z.B. die Auflösung, das Spiel im Gewindegang eines Messsystems, Lageungenauigkeiten der Skalenstriche auf einer Anzeige, usw.

---

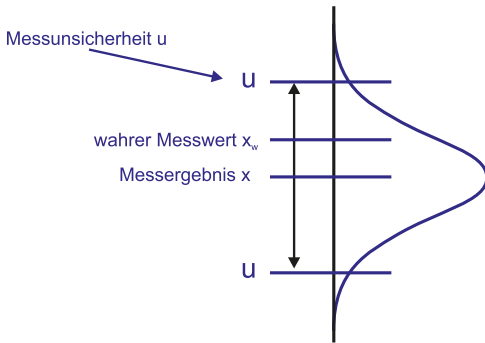


Abb. 1-1: Beispiel für einen Wertebereich um das Messergebnis  $x$

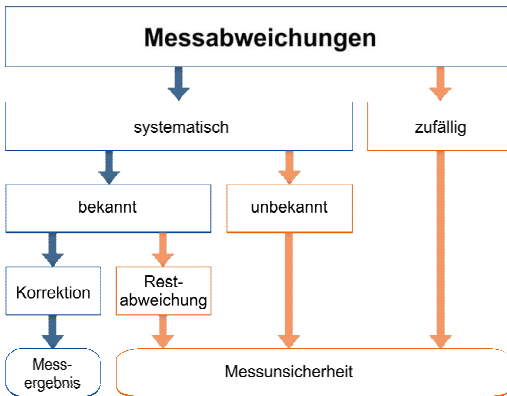


Abb. 1-2: Übersicht zum Begriffskomplex Messabweichungen und Messunsicherheit

Oft kann man zwar die Größenordnung der entstehenden Abweichung abschätzen, jedoch lässt sich die Richtung der aufgetretenen Abweichung für die konkrete Einzelmessung nicht angeben. Hier werden die unbekannten systematischen Abweichungen wie zufällige Abweichungen zu behandeln.

## Messunsicherheit

Zur Messunsicherheit zählen wir die zufälligen Messabweichungen und die in ihrer Wirkrichtung unbekannt gebliebenen systematischen Messabweichungen.

## Messsystem

Unter einem Messsystem verstehen wir eine Kombination aus mehreren Messgeräten und anderen Geräten mit Versorgungseinrichtungen, die für die Ermittlung von Messwerten verwendet werden. Im Einzelfall kann ein Messsystem aus nur einem einzigen Messgerät bestehen, beispielsweise bei einer Bügelmessschraube. Bei der Betrachtung des Messsystems schließen wir Einflüsse durch Bediener, Umwelt oder Messobjekte bewusst aus.

## Messprozess

Betrachtet man zusätzlich zum Messsystem auch die von außen einwirkenden Einflusskomponenten wie Bediener, Umwelt und Messobjekt, so sprechen wir von einem Messprozess. Die formale Definition des Messprozesses lautet [VDA]: Zusammenspiel untereinander zusammenhängender Betriebsmittel, Aktivitäten und Einflüsse, die eine Messung erzeugen.

---

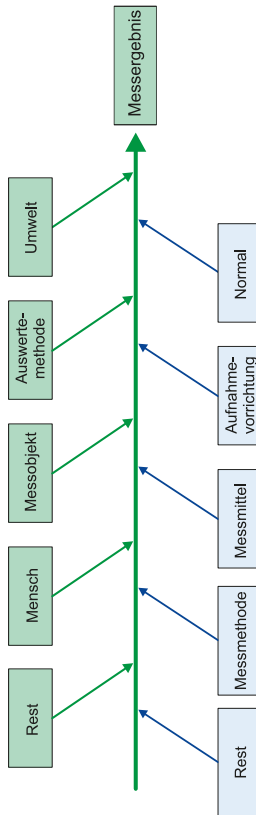


Abb. 1-3: Messsystem und Messprozess in der Übersicht  
blau: Einflüsse Messsystem  
grün (grau): Einflüsse Messprozess

In der folgenden Grafik ist in dem großen Kästchen in der Mitte symbolisch das Messsystem dargestellt. Nimmt man die Einflüsse der oben, links und unten angeordneten Kästchen dazu, entsteht der Messprozess. Das Ergebnis des Messprozesses ist das Messergebnis.

## Prüfen

Der Begriff Prüfen ist ein Oberbegriff für eine Beurteilung, ob sich eine bestimmte Produkteigenschaft innerhalb vorgegebener Grenzen befindet.

Die Beurteilung kann dabei auf drei Arten erfolgen:

- 1) subjektiv durch Sinneswahrnehmung
- 2) objektiv durch Prüfen mit einer Lehre
- 3) objektiv durch Messen mit einem Messmittel

Die subjektive Prüfung ist wegen unterschiedlicher Bewertung bzw. Beurteilung des jeweiligen Prüfers sehr kritisch und bedarf viel Erfahrung.

## Messen

Messen im engeren Sinne heißt, eine zu messende Größe als Vielfaches einer allgemein anerkannten Einheit derselben physikalischen Dimension durch Vergleich mit einer Maßverkörperung dieser Einheit zu bestimmen. Dies ist also ein Vorgang, aus dem das Messergebnis entsteht.

---

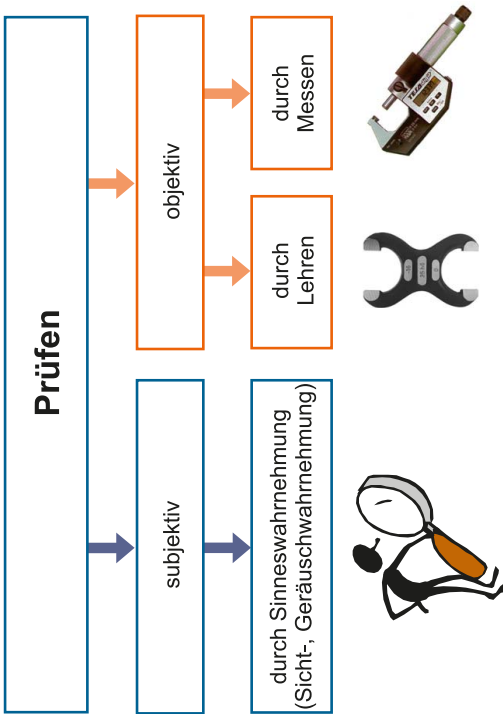


Abb. 1-4: Objektive und subjektive Prüfung

## Wahrer Wert $x_w$

Ein wahrer Wert würde sich bei einer idealen Messung ergeben. Da eine ideale Messung, die weder zufälligen, noch systematische Einflüssen unterliegt, nicht existiert, bleibt der wahre Wert unbekannt.

## Richtiger Wert $x_m$

Ein durch Vereinbarung anerkannter Wert, der einer betrachteten speziellen Größe zugeordnet wird und der mit einer dem jeweiligen Zweck angemessenen Unsicherheit behaftet ist.

## Messergebnis $x_i$

Das Messergebnis ist das Ergebnis des Messens und ist ein Schätzwert für den wahren Wert der Messgröße, angegeben als Zahlenwert mal Einheit der gemessenen Größe.

## Berichtigtes Messergebnis

Das berichtigte Messergebnis entsteht, wenn man das Messergebnis bezüglich der bekannten systematischen Messabweichungen korrigiert.

## Messgenauigkeit

Der Begriff Messgenauigkeit ist ein qualitativer Begriff für den Grad der Annäherung des Messergebnisses an den wahren Wert der Messgröße. In der Regel benutzt man den Begriff für Vergleiche: Das Messsystem A ist genauer als das Messsystem B.

---