

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

VERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIK

Fähigkeitsuntersuchung von
Maschinen der Schraubtechnik

Prozessfähigkeitsuntersuchung (PFU)

Capability test for bolting technology machines

Process capability test (PFU)

VDI/VDE 2645

Blatt 3 / Part 3

Ausz. 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
1 Anwendungsbereich	2	1 Scope	2
2 Normative Verweise	3	2 Normative references	3
3 Begriffe	3	3 Terms and definitions	3
3.1 Schraubtechnik.....	3	3.1 Fastening technology	3
3.2 Statistik in der Schraubtechnik	7	3.2 Statistics in fastening technology	7
4 Formelzeichen	10	4 Symbols	10
5 Voraussetzungen und Einflussgrößen im Prozess	10	5 Prerequisites and influencing variables in the process	10
5.1 Einflussgrößen auf den Herstellprozess (Verschrauben)	11	5.1 Variables influencing the manufacturing process (fastening).....	11
5.2 Einflussgrößen auf den Prüfprozess (Messwertaufnahme).....	11	5.2 Variables influencing the test process (acquisition of measured values)	11
6 Ablauf einer Prozessfähigkeitsuntersuchung (PFU)	15	6 Procedure of a process capability test (PCT)	15
7 Ermittlung und Dokumentation von Bezugsdaten	16	7 Calculation and documentation of reference data	16
7.1 Rahmenbedingungen.....	16	7.1 General conditions.....	16
7.2 Ermittlung	17	7.2 Calculation.....	17
7.3 Dokumentation.....	17	7.3 Documentation.....	17
8 Methoden zur Ermittlung der Messwerte für die PFU	18	8 Methods for determining the measured values for the PCT	18
9 Festlegung/Ermittlung der Toleranz für die PFU	26	9 Specification/calculation of tolerance for PCT	26
10 Statistische Verfahren zur Ermittlung der Prozessfähigkeit	29	10 Statistical procedures for calculating process capability	29
10.1 Prinzip der statistischen Fähigkeitsermittlung	29	10.1 Principle of statistical capability calculation.....	29
10.2 Prozesszeitmodelle	30	10.2 Process time models	30
10.3 Verteilungsmodelle	35	10.3 Distribution models	35
10.4 Fähigkeitsermittlung	38	10.4 Capability calculation	38
10.5 Grenzwerte zur Prozessfähigkeit.....	43	10.5 Limit values on process capability.....	43
10.6 Statistische Tests.....	45	10.6 Statistical tests	45

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

Fachbereich Fertigungsmesstechnik

VDI/VDE-Handbuch Fertigungsmesstechnik
VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 3: Betriebsmittel

Inhalt	Seite
11 Durchführung einer statistischen Prozessfähigkeitsbewertung	47
11.1 Stichprobenentnahme.....	50
11.2 Sonderregelung für eingeschränkte PFU	51
11.3 Datenauswertung.....	51
11.4 Dokumentation.....	54
11.5 Ergebnisbeurteilung	56
12 Analyse bei Alarm (Prozessabweichung)	58
13 Beispiele	58
Anhang Beispiele und weiterführende Informationen	68
A1 Hilfsprozess	68
A2 Test auf Trend unter Berücksichtigung von Lagesprüngen	68
Schrifttum	72

Contents	Page
11 Performing a statistical process capability assessment	47
11.1 Sampling.....	50
11.2 Special arrangement for restricted PCT	51
11.3 Data analysis.....	51
11.4 Documentation.....	54
11.5 Outcome assessment	56
12 Analysis at alarm (process deviation).....	58
13 Examples	58
Annex Examples and further information	68
A1 Auxiliary process	68
A2 Test for trend considering position jump discontinuities	68
Bibliography	72

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/2645.

1 Anwendungsbereich

Gegenstand dieser Richtlinie ist, wie und unter welchen Voraussetzungen Prozessfähigkeitsuntersuchungen durchzuführen sind. Sie ist anwendbar auf Weiterdrehmomente von Schraubverbindungen mit der Zielgröße Vorspannkraft. In anderen Fällen ist die Eignung der Richtlinie zu prüfen.

Das Ziel einer Prozessfähigkeitsuntersuchung (PFU) für Verschraubungen ist die Bewertung und Dokumentation der Qualitätsfähigkeit eines Schraubprozesses unter Serienbedingungen.

Im Unterschied zu einer Maschinenfähigkeitsuntersuchung (MFU) werden bei der Prozessfähigkeitsuntersuchung zusätzlich zum Maschinenein-

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/2645.

1 Scope

This standard examines how and under which preconditions process capability tests shall be performed. It is applicable to static torques of bolted joints with the target value Preload. In other cases, the suitability of the standard shall be checked.

The aim of a process capability test (PCT) for bolted joints is the evaluation and documentation of the quality capability of a fastening process under series production conditions.

In contrast to a machine capability test (MCT), not only the machine influence but also the influence categories *Man*, *Material*, *Method*, and *Environ-*

fluss die Einflusskategorien *Mensch*, *Material*, *Methode* und *Mitwelt (Umgebung)* berücksichtigt.

Die PFU liefert zusätzliche Anhaltspunkte zum:

- Erkennen systematischer Einflüsse zur gezielten Prozessverbesserung
- Beurteilen der Wirkung von Prozessverbesserungsmaßnahmen
- Beurteilen ihrer Toleranzen
- Festlegen der Eingriffsgrenzen von Qualitätsregelkarten

2 Normative Verweise

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

VDI/VDE 2645 Blatt 2:2014-09 Fähigkeitsuntersuchung von Maschinen der Schraubtechnik; Maschinenfähigkeitsuntersuchung; MFU

VDI/VDE 2647:2013-02 Typprüfung von Schraubwerkzeugen; Drehmoment- und Drehmoment-/Drehwinkelprüfung

VDI/VDE 2862 Blatt 1:2012-04 Mindestanforderungen zum Einsatz von Schraubsystemen und -werkzeugen; Anwendungen in der Automobilindustrie

VDI/VDE 2862 Blatt 2:2015-02 Mindestanforderungen zum Einsatz von Schraubsystemen und -werkzeugen; Anwendungen im Anlagen-, Maschinen- und Apparatebau sowie für Flanschverbindungen an drucktragenden Bauteilen

ment are considered for a process capability test.

The PCT provides additional indications for:

- identifying systematic influences on a targeted process improvement
- evaluating the impact of process improvement measures
- evaluating the tolerances
- specifying action limits of quality charts

2 Normative references

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

VDI/VDE 2645 Part 2:2014-09 Capability test for fastening technology; Machine capability test; MCT

VDI/VDE 2647:2013-02 Type test of nutrunning tools; Torque and torque/angle checking

VDI/VDE 2862 Part 1:2012-04 Minimum restrictions for application of fastening systems and tools; Applications in the automotive industry

VDI/VDE 2862 Part 2:2015-02 Minimum requirements for application of fastening systems and tools; Applications in plant construction, mechanical engineering, equipment manufacturing and for flange connections in components under pressure boundary