

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE  
NC GESELLSCHAFT

Prüfrichtlinien und Prüfwerkstücke für  
hochdynamische Bearbeitungen (HSC)  
Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren für  
5-Achs-Simultan-Bearbeitung  
Testing guidelines and testing workpieces for  
high speed cutting (HSC)  
Milling machines and machining centres for the  
5-axis simultaneous milling

VDI/NCG 5211

Blatt 2 / Part 2

Entwurf / Draft

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.*

*Einsprüche bis 2014-02-28*

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchportal <http://www.vdi.de/einspruchportal>
- in Papierform an  
VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik  
Fachbereich Fabrikplanung und -betrieb  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung .....	2
Einleitung .....	3
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	4
<b>2 Prüfwerkstück</b> .....	4
<b>3 Formelemente</b> .....	7
<b>4 Prüfelemente</b> .....	13
4.1 Formelement 1 .....	13
4.2 Formelement 2 .....	15
4.3 Formelement 3 .....	16
4.4 Formelement 4 .....	17
4.5 Formelement 5 .....	19
4.6 Formelement 6 .....	20
4.7 Formelement 7 .....	21
4.8 Formelement 8 .....	22
4.9 Formelement 9 .....	23
4.10 Formelement 10 .....	25
4.11 Formelement 11 .....	26
4.12 Formelement 12 .....	27
4.13 Formelement 13 .....	28
4.14 Formelement 14 .....	28
4.15 Formelement 15 .....	30
4.16 Formelement 16 .....	31
4.17 Formelement 17 .....	32
4.18 Formelement 18 .....	33
4.19 Formelement 19 .....	35
4.20 Formelement 20 .....	35
4.21 Formelement 21 .....	36
4.22 Formelement 22 .....	37
4.23 Formelement 23 .....	38
4.24 Formelement 24 .....	39
4.25 Formelement 25 .....	41

Contents	Page
Preliminary note .....	2
Introduction .....	3
<b>1 Scope</b> .....	4
<b>2 Test workpiece</b> .....	4
<b>3 Form elements</b> .....	7
<b>4 Test workpieces</b> .....	13
4.1 Form element 1 .....	13
4.2 Form element 2 .....	15
4.3 Form element 3 .....	16
4.4 Form element 4 .....	17
4.5 Form element 5 .....	19
4.6 Form element 6 .....	20
4.7 Form element 7 .....	21
4.8 Form element 8 .....	22
4.9 Form element 9 .....	23
4.10 Form element 10 .....	25
4.11 Form element 11 .....	26
4.12 Form element 12 .....	27
4.13 Form element 13 .....	28
4.14 Form element 14 .....	28
4.15 Form element 15 .....	30
4.16 Form element 16 .....	31
4.17 Form element 17 .....	32
4.18 Form element 18 .....	33
4.19 Form element 19 .....	35
4.20 Form element 20 .....	35
4.21 Form element 21 .....	36
4.22 Form element 22 .....	37
4.23 Form element 23 .....	38
4.24 Form element 24 .....	39
4.25 Form element 25 .....	41

VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL)

Fachbereich Fabrikplanung und -betrieb

VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 2: Fertigungsverfahren  
VDI-Handbuch Kunststofftechnik

	Seite		Page
4.26 Formelement 26 .....	42	4.26 Form element 26 .....	42
4.27 Formelement 27 .....	44	4.27 Form element 27 .....	44
4.28 Formelement 28 .....	44	4.28 Form element 28 .....	44
4.29 Formelement 29 .....	46	4.29 Form element 29 .....	46
4.30 Formelement 30 .....	47	4.30 Form element 30 .....	47
4.31 Formelement 31 .....	48	4.31 Form element 31 .....	48
4.32 Formelement 32 .....	49	4.32 Form element 32 .....	49
4.33 Formelement 33 .....	51	4.33 Form element 33 .....	51
4.34 Formelement 34 .....	52	4.34 Form element 34 .....	52
4.35 Formelement 35 .....	53	4.35 Form element 35 .....	53
4.36 Formelement 36 .....	55	4.36 Form element 36 .....	55
4.37 Formelement 37 .....	56	4.37 Form element 37 .....	56
4.38 Formelement 38 .....	57	4.38 Form element 38 .....	57
4.39 Formelement 39 .....	59	4.39 Form element 39 .....	59
4.40 Formelement 40 .....	60	4.40 Form element 40 .....	60
4.41 Formelement 41 .....	62	4.41 Form element 41 .....	62
4.42 Formelement 42 .....	63	4.42 Form element 42 .....	63
4.43 Formelement 43 .....	64	4.43 Form element 43 .....	64
4.44 Formelement 44 .....	66	4.44 Form element 44 .....	66
4.45 Formelement 45 .....	67	4.45 Form element 45 .....	67
4.46 Formelement 46 .....	69	4.46 Form element 46 .....	69
<b>5 Material</b> .....	<b>70</b>	<b>5 Material</b> .....	<b>70</b>
<b>6 Auswertung</b> .....	<b>70</b>	<b>6 Evaluation</b> .....	<b>70</b>
Schrifttum .....	72	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 VDI-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 VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/5211](http://www.vdi.de/5211).

### 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 specified in the VDI Notices ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)).

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/5211](http://www.vdi.de/5211).

## Einleitung

Alle Prüflinge, die bisher hauptsächlich verwendet wurden (VDI 2851, NAS 913 und VDI/NCG 5211 Blatt 1), beziehen sich rein auf die 3-Achs-Bearbeitung oder auf die 3-achsige Hochgeschwindigkeitszerspanung.

Hinzu kommen noch zahlreiche Werkstücke von Maschinenherstellern, Steuerungsherstellern sowie kundenspezifische Teile, die oft von Hersteller gereicht und dort mit meist erheblichem Aufwand eingefahren werden. Nachteil vieler dieser sehr spezifischen Prüfstücke ist, dass sie zum Teil zu speziell auf ein vorgegebenes Bearbeitungsgebiet ausgerichtet sind bzw. nur die jetzigen Anforderungen des Kunden berücksichtigt werden, nicht aber alle Möglichkeiten der Maschine ausgenutzt werden.

Bei der 5-Achs-Bearbeitung kommen verstärkt hochdynamische Maschinensysteme mit hohen Beschleunigungen, Achsgeschwindigkeiten und Orientierungsbewegungen zum Einsatz, die in vielen Anwendungsfällen eine simultane Interpolation in mehreren Achsen erfordern. In den bisherigen Prüfwerkstücken konnte die simultane Orientierung aller Achsen nicht überprüft werden.

In diesem NCG-Prüfwerkstück sind wesentliche Geometrielemente und Bearbeitungsstrategien definiert, die es ermöglichen, Maschine und Steuerung, das heißt das Gesamtsystem hinsichtlich der Statik, Dynamik, Bearbeitungsgeschwindigkeit und Genauigkeit zu vergleichen und zu überprüfen. Dem Anwender des Prüfwerkstücks werden Hinweise gegeben, welche Eigenschaften sich an den Geometrielementen des Prüfstücks widerspiegeln.

Diese Richtlinie ergänzt folgende Richtlinien und Normen:

DIN ISO 230-1:1999-07 Werkzeugmaschinen; Prüfregele für Werkzeugmaschinen; Teil 1: Geometrische Genauigkeit von Maschinen, die ohne Last oder unter Schlichtbedingungen arbeiten (ISO 230-1:1996)

VDI/DGQ 3441:1977-03 Statistische Prüfung der Arbeits- und Positionsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen; Grundlagen

VDI/DGQ 3444:1978-09 Statistische Prüfung der Arbeits- und Positionsgenauigkeit von Koordinaten-Bohrmaschinen und Bearbeitungszentren

VDI/NCG 5211 Blatt 1:2013-08 Prüfrichtlinien und Prüfwerkstücke für hochdynamische Bearbeitungen (HSC); Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren für 3-Achs-Bearbeitung

## Introduction

All test objects mainly used previously (VDI 2851, NAS 913 and VDI/NCG 5211 Part 1) apply only to the 3-axis machining and to the 3-axis high-speed cutting.

In addition, numerous workpieces from machine manufacturers, controller manufacturers and customer-specific parts that often need to be passed from manufacturer to manufacturer where they are positioned normally with major effort are used. Many of these very specific test pieces have the disadvantage that they are sometimes specifically destined for a defined machining area or only consider the current requirements of the customer, but do not utilize all capabilities of the machine.

The 5-axis machining increasingly use highly-dynamic machine systems with high accelerations, axis speeds and orientation motions that in many application situations require a simultaneous interpolation in multiple axes. The simultaneous orientation of all axes could not be tested in the previous test workpieces.

This NCG test workpiece defines significant geometry elements and machining strategies that permit the machine and the controller, i.e. the complete system with regard to the static behavior, dynamics, machining speed and accuracy, to be compared and checked. The user of the test workpiece is given information which properties are reflected by the geometry elements of the test workpiece.

This standard supplements the following regulations and standards:

DIN ISO 230-1:1999-07 Machine tools; Test code for machine tools; Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or finishing conditions (ISO 230-1:1996)

VDI/DGQ 3441:1977-03 Statistical Testing of the Operational and Positional Accuracy of Machine Tools; Basis

VDI/DGQ 3444:1978-09 Statistical control of exactly working and positioning of coordinate drilling machines and machining centers

VDI/NCG 5211 Part 1:2013-08 Testing guidelines and testing workpieces for high speed cutting (HSC); Milling machines and machining centres for 3-axis machining

## 1 Anwendungsbereich

Diese Prüfrichtlinie sowie das definierte Prüfwerkstück, die Geometrielemente und das NC-Programm gemäß DIN 66025 kommen zur Anwendung bei 5-Achs-Simultan Fräsmaschinen.

Die 5-Achs-Technologie hat sich in vielen Bereichen der Fertigungstechnik bereits etabliert, in anderen Bereichen der Produktionstechnik ist die Tendenz stark steigend.

Die 5-Achs-Simultanbearbeitung bietet eine Reihe technologischer, geometrischer sowie wirtschaftlicher Vorteile gegenüber der reinen Dreiachsbearbeitung. Neben der Mehrseitenbearbeitung von Flächen und Konturen in einer Aufspannung bei der 3+2-Achs-Bearbeitung ergeben sich bei simultaner 5-Achs-Bearbeitung konstant günstigere technologische Eingriffsbedingungen mit positiven Auswirkungen auf Werkzeugverschleiß, Maßhaltigkeit, Oberflächengüte und Prozesssicherheit. Neben der Bearbeitbarkeit von Hinterschnitten können an steilen Wänden durch die Werkzeuganstellung kürzere Werkzeuge eingesetzt werden. Durch Flanken- oder Stirnfräsen mit Schaft- und Torusfräsern werden im Vergleich zum Punktkontakt bei abzeilenden Verfahren mit Kugelkopffräsern bessere Oberflächenqualitäten erzeugt. Durch die Umsetzung der 5-Achs-Technologie können daher die Bearbeitungszeiten deutlich reduziert und somit die Wirtschaftlichkeit der Herstellungsprozesse gesteigert werden.

## 1 Scope

This test regulation and the defined test workpiece, the geometry elements and the NC program in accordance with DIN 66025 apply for 5-axis simultaneous milling machines

The 5-axis technology has already established itself in many areas of manufacturing engineering with rapidly increasing tendency in other areas of production engineering.

The 5-axis simultaneous machining offers a number of technological, geometric and economical advantages compared with the pure 3-axis machining. In addition to the multisided machining of surfaces and contours in a single clamping for the 3+2-axis machining, the simultaneous 5-axis machining results in constant more favorable technological intervention conditions with positive effects on the tool wear, dimension accuracy, surface quality and process reliability. In addition to the machineability of the relief cuts, shorter tools can be used on steep walls with the tool positioning. Edge or face milling with end milling and toroid milling cutters produce better surface qualities compared with that achieved using the point contact for line-by-line milling using ballhead cutters. Consequently, the implementation of the 5-axis technology allows the machining times to be reduced significantly with the consequent improvement of the economics of the manufacturing processes.