

# DIN ISO 16084:2021-06 (D)

## Auswuchten von rotierenden Werkzeugen und Werkzeugsystemen (ISO 16084:2017)

---

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort .....	6
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise .....	7
Vorwort .....	8
Einleitung .....	9
1 Anwendungsbereich.....	11
2 Normative Verweisungen .....	11
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	11
3.1 Begriffe .....	11
3.2 Symbole und Abkürzungen .....	13
4 Anforderungen .....	18
4.1 Allgemeines .....	18
4.1.1 Einspannungsgenauigkeiten.....	18
4.1.2 Einfluss von Auswuchtmaschinen.....	18
4.1.3 Auswirkungen und häufige Folgen von zulässigen Restunwuchten nach ISO 1940-1.....	19
4.1.4 Systembedingte Eigenschaften von Werkzeugmaschinen und Komponenten .....	19
4.2 Auswuchtanforderungen, basierend auf der Spindellast.....	19
4.2.1 Allgemeines .....	19
4.2.2 Bestimmung der Auswuchtanforderungen.....	22
4.2.3 Messgenauigkeit von Auswuchtmaschinen, Einfluss der Rundlaufgenauigkeit und Wiederholbarkeit der Messergebnisse .....	26
4.2.4 Anwendungskriterium für statisches bzw. dynamisches Auswuchten.....	27
4.2.5 Zulässige dynamische Restunwuchten.....	28
4.2.6 Auswuchtanforderungen an geführte Werkzeugsysteme.....	33
4.2.7 Einfluss des HSK (Hohlschaftkegel) auf die dynamische Unwucht .....	35
4.3 Sicherheitsbezogene Unwuchtbegrenzung (G 40) nach ISO 15641 .....	36
4.4 Graphische Darstellung der Auswuchtanforderungen .....	37
4.5 Sonderwerkzeuge mit asymmetrischen Grundkörpern.....	38
5 Auswuchten von Werkzeugsystemen .....	39
5.1 Allgemeines .....	39
5.2 Auswuchten von Werkzeugsystemkomponenten .....	41
5.3 Einfluss der Winkellage von Komponentenunwuchten.....	42
5.4 Einfluss von Einspannverlagerungen .....	42
5.5 Integration von nach ISO 1940-1 ausgewuchteten Werkzeugsystemkomponenten .....	44
5.6 Berechnung der zulässigen Drehzahl in Abhängigkeit einer tatsächlichen Unwucht .....	44
5.7 Bestimmung und Berechnung der axialen Lage eines Massenschwerpunkts .....	45
5.7.1 Experimentelle Bestimmung des Schwerpunkts .....	45
5.7.2 Berechnung des Schwerpunkts eines modularen Werkzeugsystems .....	45
5.8 Auswuchten von Werkzeugen und Komponenten mit alternativen Schnittstellen.....	46
5.9 HSK-Adapter mit rotationssymmetrischen Werkzeugen.....	46
5.10 Hinweise zum Aufbau und Auswuchten von Werkzeugsystemen .....	47
6 Datendarstellung und Datenaustausch.....	48
Anhang A (informativ) Zulässige Restunwuchten — Theoretischer Ansatz und Berechnungsbeispiele.....	50
A.1 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen für Anhang A, Anhang B und Anhang D .....	50

A.2	Grundlagen.....	52
A.3	Ansatz.....	53
A.4	Umrechnung der zulässigen statischen Restunwucht in die zulässigen dynamischen Unwuchten zweier Ebenen.....	54
A.4.1	Fall D: Werkzeugschwerpunkt CG zwischen den Ebenen P1 und P2 (P1-CG-P2).....	54
A.4.2	Werkzeugschwerpunkt CG nicht zwischen den Ebenen P1 und P2.....	57
A.4.3	Herleitung „Auswuchten von Komponenten eines Werkzeugsystems“.....	62
A.4.4	Maximale radiale Verlagerung von Komponenten innerhalb eines Werkzeugsystems.....	68
A.5	Berechnungsbeispiele.....	69
A.5.1	Statisches Auswuchten eines Einzelwerkzeugs ( $L_{BL} \leq L_{STAT,MAX}$ ).....	69
A.5.2	Momentenunwucht aufgrund quasi-statischen Auswuchtens ( $L_{BL} \leq L_{STAT,MAX}$ ).....	70
A.5.3	Dynamisches Auswuchten eines Einzelwerkzeugs ( $L_{BL} > L_{STAT,MAX}$ ).....	72
A.5.4	Dynamisches Auswuchten eines „Werkzeugs im Fall F“ unter Berücksichtigung von G40.....	74
	Anhang B (informativ) Berechnungsbeispiele für Werkzeugsysteme.....	77
B.1	Berechnungsbeispiel für das Auswuchten eines Standardwerkzeugsystems aus drei Komponenten.....	77
B.2	Auswuchten der Werkzeugkomponenten nach 5.2.....	79
B.3	Dynamisches Auswuchten des zusammengebauten Werkzeugsystems von Bild B.1.....	81
	Anhang C (normativ) XML-Dateistruktur für die Dokumentation von Auswuchtinformationen.....	83
	Anhang D (informativ) Grundlegende Unwuchtgleichungen, Zusammenhänge und praktische Hinweise.....	85
	Literaturhinweise.....	88
<b>Bilder</b>		
	Bild 1 — Mögliche Komponenten eines modularen Werkzeugsystems.....	12
	Bild 2 — Werkzeug-Spindel-Modell mit unwuchtbedingten Kräften.....	20
	Bild 3 — Modell einer Spindel und eines Werkzeugs mit dynamischer Zwei-Ebenen-Unwucht.....	20
	Bild 4 — Statische Unwucht im Werkzeugschwerpunkt CG.....	21
	Bild 5 — Momentenunwucht durch quasi-statisches Auswuchten.....	21
	Bild 6 — Modell eines Werkzeug-Spindel-Systems mit den wesentlichen Parametern.....	22
	Bild 7 — $U_{STAT,MAX}$ und $U_{STAT,PER}$ in Abhängigkeit des Winkels $\alpha$ zwischen $U_{P1,PER}$ und $U_{P2,PER}$ .....	28
	Bild 8 — Fall D: Werkzeugschwerpunkt CG zwischen den Ebenen P1 und P2 (P1-CG-P2).....	29
	Bild 9 — Fall E: Werkzeugschwerpunkt CG zwischen Spindelreferenzebene RP und Ebene P1 (CG-P1-P2).....	31
	Bild 10 — Fall F: Werkzeugschwerpunkt CG hinter Ebene P2 (P1-P2-CG).....	32
	Bild 11 — Kurzes Feinbohrwerkzeug mit Führungsleisten, $L < 2,2 \times D_S$ und $L_{BL} < b_{MIN}$ .....	34
	Bild 12 — Längeres Feinbohrwerkzeug mit Führungsleisten, $L > 2,2 \times D_S$ und $L_{BL} < b_{MIN}$ .....	34
	Bild 13 — Zulässige statische Restunwuchten eines HSK-63-Werkzeugs bzw. einer HSK-63-Komponente.....	37

Bild 14 — Sonderwerkzeug für Vorwärtsbearbeitung und einstufige Rückzugsbearbeitung .....	38
Bild 15 — Beispiele gebräuchlicher Standardwerkzeugsysteme ( $k_{\text{SYS}} \leq 3$ ).....	39
Bild 16 — Schwerpunkte $L_{\text{CG},i,\text{SYS}}$ in einem Standardwerkzeugsystem.....	41
Bild 17 — Arten und Kombinationen von radialen und winkelbezogenen Verlagerungen .....	43
Bild 18 — Radiale Verlagerungen: zufällig (P) oder richtungsgleich (Q, R) .....	43
Bild 19 — Das Gleichgewicht bestimmt den Schwerpunkt einer Komponente bzw. eines Werkzeugsystems .....	45
Bild 20 — HSK-A 63-Spannzangenaufnahme mit unterschiedlichen Auswuchtlängen $L_{\text{BL}}$ .....	47
Bild A.1 — Zwei-Feld-Balken zur Berechnung der Belastung des vorderen Lagers .....	53
Bild A.2 — Werkzeugschwerpunkt CG zwischen den Ebenen P1 und P2 (Fall D $\equiv$ P1-CG-P2) .....	54
Bild A.3 — Werkzeugschwerpunkt CG zwischen Referenzebene RP und Ebene P1 (Fall E $\equiv$ CG-P1-P2).....	57
Bild A.4 — Werkzeugschwerpunkt CG zwischen der Ebene P2 und dem vorderen Werkzeugende (Fall F $\equiv$ P1-P2-CG).....	59
Bild A.5 — Vergleich des zulässigen statischen Unwuchten eines HSK-63 und eines Standardwerkzeugsystems .....	68
Bild A.6 — HSK-A63-Einzelwerkzeug für statisches Auswuchten.....	70
Bild A.7 — Momentenunwucht aufgrund quasi-statischen Auswuchtens.....	71
Bild A.8 — HSK-A63-Einzelwerkzeug für dynamisches Auswuchten.....	73
Bild A.9 — HSK-A80-Einzelwerkzeug.....	75
Bild B.1 — Standardwerkzeugsystem aus drei Komponenten.....	77
Bild B.2 — Positionen der verschiedenen Schwerpunkte CG .....	78
Bild D.1 — Unwucht, verursacht durch die Masse $m_U$ auf dem Radius $r$ .....	85
Bild D.2 — Unwucht, bezogen auf die radiale Verlagerung $e_{\text{CG}}$ des Massenschwerpunkts CG.....	85
Bild D.3 — Durch den Massenausgleich wird der Schwerpunkt CG zurück auf die Drehachse verschoben.....	86
 <b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 — Gewichtungsfaktoren $f_{\text{BAL}}$ .....	23
Tabelle 2 — Schnittstellenspezifische Parameter.....	25
Tabelle 3 — Dynamische Unwuchten von statisch ausgewuchteten HSK-A- und HSK-C-Schäften .....	36
Tabelle 4 — Parameter $k_{\text{SYS}}$ für Sonderwerkzeugsysteme aus bis zu 6 Komponenten .....	42

<b>Tabelle 5 — XML-Datendefinitionseinträge.....</b>	<b>49</b>
<b>Tabelle B.1 — Technische Daten der Komponenten und des Werkzeugsystems von Bild B.1.....</b>	<b>77</b>
<b>Tabelle B.2 — Zulässige statische Unwuchten der einzelnen Komponenten und des Werkzeugsystems aus Bild B.1.....</b>	<b>81</b>