

# DIN ISO 21940-11:2023-04 (D)

## Mechanische Schwingungen - Auswuchten von Rotoren - Teil 11: Verfahren und Toleranzen für Rotoren mit starrem Verhalten (ISO 21940-11:2016 + Amd 1:2022)

---

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort . . . . .	5
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise . . . . .	7
Vorwort . . . . .	8
Einleitung . . . . .	9
1 Anwendungsbereich . . . . .	10
2 Normative Verweisungen . . . . .	10
3 Begriffe . . . . .	10
4 Wesentliche Aspekte des Auswuchtens . . . . .	10
4.1 Allgemeines . . . . .	10
4.2 Darstellung der Unwucht . . . . .	10
4.3 Auswirkungen der Unwucht . . . . .	11
4.4 Bezugsebenen für Unwuchttoleranzen . . . . .	11
4.5 Ausgleichsebenen . . . . .	14
4.5.1 Allgemeines . . . . .	14
4.5.2 Rotoren, die nur eine Ausgleichsebene benötigen . . . . .	14
4.5.3 Rotoren, die zwei Ausgleichsebenen benötigen . . . . .	14
4.5.4 Rotoren mit mehr als zwei Ausgleichsebenen . . . . .	14
4.6 Zulässige Restunwucht . . . . .	15
5 Ähnlichkeitsbetrachtungen . . . . .	15
5.1 Allgemeines . . . . .	15
5.2 Zulässige Restunwucht und Rotormasse . . . . .	15
5.3 Zulässige bezogene Restunwucht und Betriebsdrehzahl . . . . .	16
6 Festlegung der Unwuchttoleranzen . . . . .	16
6.1 Allgemeines . . . . .	16
6.2 Ableitung der Unwuchttoleranzen . . . . .	16
6.3 Auswucht-Gütestufe G . . . . .	17
6.3.1 Klassifizierung . . . . .	17
6.3.2 Sonderkonstruktionen . . . . .	17
6.3.3 Zulässige Restunwucht . . . . .	21
6.4 Experimentelle Ermittlung . . . . .	21
6.5 Unwuchttoleranzen, die auf Lagerkräften oder Schwingungen gründen . . . . .	21
6.5.1 Lagerkräfte . . . . .	21
6.5.2 Schwingungen . . . . .	22
6.6 Auf bewährter Erfahrung gründende Verfahren . . . . .	22
7 Zuordnung der zulässigen Restunwucht zu den Toleranzebenen . . . . .	22
7.1 Eine Ebene . . . . .	22
7.2 Zwei Ebenen . . . . .	22
7.2.1 Allgemeines . . . . .	22
7.2.2 Grenzen für Innenbord-Rotoren . . . . .	23
7.2.3 Grenzwerte für Außenbord-Rotoren . . . . .	23
8 Zuordnung der Unwuchttoleranzen zu den Ausgleichsebenen . . . . .	24
8.1 Allgemeines . . . . .	24
8.2 Eine Ebene . . . . .	25
8.3 Zwei Ebenen . . . . .	25
9 Zusammengebaute Rotoren . . . . .	25
9.1 Allgemeines . . . . .	25
9.2 Auswuchten des Rotors als Zusammenbau . . . . .	25
9.3 Auswuchten der einzelnen Bauteile . . . . .	25
10 Berücksichtigung von Abweichungen beim Nachweis von zulässigen Restunwuchten . . . . .	26
10.1 Allgemeines . . . . .	26
10.2 Unwuchttoleranz . . . . .	26

10.3	Gesamtabweichung von Unwuchtmessungen	26
10.4	Nachweis der zulässigen Restunwucht	26
10.4.1	Allgemeines	26
10.4.2	Unwuchtmesswerte innerhalb der Toleranz	27
10.4.3	Unwuchtmesswerte außerhalb der Toleranz	27
10.4.4	Bereich der Unsicherheit	27
11	<b>A1</b> Angabe notwendiger Informationen zum Auswuchten in der Entwurfsphase	27
Anhang A	(informativ) Beispiel zum Festlegen der zulässigen Restunwucht, ausgehend von der Auswucht-Gütestufe G, und ihre Verteilung auf die Toleranzebenen	28
A.1	Angaben zum Rotor	28
A.2	Festlegen von $U_{per}$ nach Gleichung (6)	29
A.3	Festlegen von $U_{per}$ nach Bild 2	29
A.4	Zuordnung zu den Toleranzebenen (Lagerebenen)	31
A.5	Überprüfung der Grenzwerte für Innenbord-Rotoren nach 7.2.2	31
A.6	Ergebnis	31
Anhang B	(informativ) Festlegen der Unwuchttoleranzen, ausgehend von Grenzwerten für die Lagerkräfte	32
B.1	Allgemeines	32
B.2	Beispiel	32
B.2.1	Annahme	32
B.2.2	Berechnung	32
Anhang C	(informativ) Festlegen der Unwuchttoleranzen, ausgehend von bewährter Erfahrung	34
C.1	Allgemeines	34
C.2	Ähnliche Rotoren	34
C.2.1	Allgemeines	34
C.2.2	Extrapolation von bekannten Rotoren	34
C.2.3	Berechnung	34
C.3	Unterschiedliche Rotoren	35
Anhang D	(informativ) Regeln zur Zuordnung der Unwuchttoleranzen von den Toleranzebenen zu den Ausgleichsebenen	36
D.1	Allgemeines	36
D.2	Ausgleichsebenen zwischen den Toleranzebenen	36
D.3	Ausgleichsebenen außerhalb der Toleranzebenen	37
D.4	Komplexere Geometrie	38
Anhang E	(informativ) <b>A1</b> Angabe von Unwuchttoleranzen in technischen Zeichnungen	39
E.1	Allgemeines	39
E.2	Beispiel	39
Literaturhinweise		41

## Bilder

Bild 1	— Unterschiedliche Darstellung ein und derselben Unwucht eines Rotors mit starrem Verhalten	13
Bild 2	— Zulässige bezogene Restunwucht als Funktion der Auswucht-Gütestufe G und der Betriebsdrehzahl $n$ (siehe 6.3)	20
Bild 3	— Innenbord-Rotor mit unsymmetrischer Lage des Massenmittelpunkts	23
Bild 4	— Außenbord-Rotor mit Massenmittelpunkt im Wellenüberhang	24
Bild A.1	— Rotormaße	28
Bild A.2	— Beispiel zur Ermittlung von $e_{per}$ aus Bild 2	30
Bild D.1	— Zuordnung zu Ausgleichsebenen zwischen den Toleranzebenen	36
Bild D.2	— Zuordnung zu Ausgleichsebenen außerhalb der Toleranzebenen	37
Bild E.1	— Rotorskizze <b>A1</b>	40

## Tabellen

Tabelle 1	— Leitwerte für die Auswucht-Gütestufe von Rotoren mit starrem Verhalten	17
Tabelle E.1	— Notwendige Angaben zur Bestimmung der Unwuchttoleranz	39
Tabelle E.2	— Beispiel für notwendige Angaben zur Bestimmung der Unwuchttoleranz	39