

DIN ISO 21940-21



ICS 21.120.40

**Mechanische Schwingungen –
Auswuchten von Rotoren –
Teil 21: Beschreibung und Bewertung von Auswuchtmaschinen
(ISO 21940-21:2012)**

Mechanical vibration –

Rotor balancing –

Part 21: Description and evaluation of balancing machines (ISO 21940-21:2012)

Vibrations mécaniques –

Équilibrage des rotors –

Partie 21: Description et évaluation des machines à équilibrer (ISO 21940-21:2012)

Gesamtumfang 60 Seiten

Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Daten zu Eigenschaften und Leistungen der Auswuchtmaschine.....	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Daten für horizontale Auswuchtmaschinen.....	7
4.3 Daten für vertikale Auswuchtmaschinen	11
5 Eigenschaften der Maschinen	15
5.1 Arbeitsprinzip.....	15
5.2 Anordnung der Maschine	15
5.3 Messsystem.....	16
5.4 Ebenentrennung	17
5.5 Einstellen und Kalibrieren der Messeinrichtung	17
5.6 Andere Einrichtungen	18
6 Kleinste erreichbare Restunwucht.....	18
7 Wirtschaftlichkeit	19
7.1 Allgemeines	19
7.2 Zeit je Messlauf	19
7.3 Unwuchtreduziervhältnis	20
8 Randbedingungen, die die Leistungsfähigkeit beeinflussen.....	20
9 Anforderungen an die Installation	20
9.1 Allgemeines	20
9.2 Anforderungen an die Elektrik und Pneumatik	20
9.3 Fundament.....	20
10 Testrotoren und Testmassen	21
10.1 Allgemeines	21
10.2 Testrotoren	21
10.3 Testmassen	23
11 Überprüfungs-Tests.....	32
11.1 Anforderungen an die Überprüfung der Leistungsfähigkeit und der Parameter	32
11.2 Pflichten des Herstellers und des Nutzers.....	32
11.3 Erfordernis einer Waage	33
11.4 Test und Testwiederholung	33
11.5 Testdrehzahl.....	33
11.6 Test der kleinsten erreichbaren Restunwucht U_{ker}	33
11.7 Test des Unwuchtreduziervhältnisses URV	37
11.8 Test des Momentenunwucht-Einflusses an Ein-Ebenen-Maschinen	47
11.9 Test der Umschlag-Kompensation	47
11.10 Vereinfachte Tests	48
Anhang A (informativ) Informationen des Nutzers für den Hersteller der Auswuchtmaschine.....	49
Anhang B (informativ) Diagramme der URV-Grenzen	54
Anhang C (informativ) Wellen für Außenbord-Testrotoren Typ C.....	57
Anhang D (informativ) Anpassungen der entsprechend ISO 2953:1985 gefertigten Testrotoren an diesen Teil von ISO 21940	59
Literaturhinweise	60

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 21940-21:2012 „Mechanical vibration — Rotor balancing — Part 21: Description and evaluation of balancing machines“ ist vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration, shock and condition monitoring“, Unterkomitee SC 2 „Measurement and evaluation of mechanical vibration and shock as applied to machines, vehicles and structures“, dessen Sekretariat vom DIN geführt wird, erarbeitet worden. Die deutsche Mitarbeit erfolgte durch den Ausschuss NA 001-03-06-01 (NALS/VDI C 6.1) „Auswuchten und Auswuchtmaschinen“ des Normenausschusses Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 1925	siehe DIN ISO 1925
ISO 1940-1	siehe DIN ISO 1940-1
ISO 11342	siehe DIN ISO 11342
ISO 21940-14	siehe DIN ISO 21940-14

Die Deutschen Normen sind im nationalen Anhang NA aufgeführt.

Die Internationale Norm ISO 21940 mit dem Haupttitel *Mechanical vibration — Rotor balancing* besteht aus folgenden Teilen:

- *Part 1: Introduction* ¹⁾
- *Part 2: Vocabulary* ²⁾
- *Part 11: Procedures and tolerances for rotors with rigid behaviour* ³⁾
- *Part 12: Procedures and tolerances for rotors with flexible behaviour* ⁴⁾
- *Part 13: Criteria and safeguards for the in-situ balancing of medium and large rotors* ⁵⁾

¹⁾ Überarbeitung von ISO 19499:2007, *Mechanical vibration — Balancing — Guidance on the use and application of balancing standards*

²⁾ Überarbeitung von ISO 1925:2001, *Mechanical vibration — Balancing — Vocabulary*

³⁾ Überarbeitung von ISO 1940-1:2003 + Cor.1:2005, *Mechanical vibration — Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state — Part 1: Specification and verification of balance tolerances*

⁴⁾ Überarbeitung von ISO 11342:1998 + Cor.1:2000, *Mechanical vibration — Methods and criteria for the mechanical balancing of flexible rotors*

⁵⁾ Überarbeitung von ISO 20806:2009, *Mechanical vibration — Criteria and safeguards for the in-situ balancing of medium and large rotors*

- *Part 14: Procedures for assessing balance errors* ⁶⁾
- *Part 21: Description and evaluation of balancing machines* ⁷⁾
- *Part 23: Enclosures and other protective measures for the measuring station of balancing machines* ⁸⁾
- *Part 31: Susceptibility and sensitivity of machines to unbalance* ⁹⁾
- *Part 32: Shaft and fitment key convention* ¹⁰⁾

⁶⁾ Überarbeitung von ISO 1940-2:1997, *Mechanical vibration — Balance quality requirements of rigid rotors — Part 2: Balance errors*

⁷⁾ Überarbeitung von ISO 2953:1999, *Mechanical vibration — Balancing machines — Description and evaluation*

⁸⁾ Überarbeitung von ISO 7475:2002, *Mechanical vibration — Balancing machines — Enclosures and other protective measures for the measuring station*

⁹⁾ Überarbeitung von ISO 10814:1996, *Mechanical vibration — Susceptibility and sensitivity of machines to unbalance*

¹⁰⁾ Überarbeitung von ISO 8821:1989, *Mechanical vibration — Balancing — Shaft and fitment key convention*

Hinweise

Die Abkürzung URR für *unbalance reduction ratio* wurde mit URV *Unwuchtreduziervhältnis* übersetzt.

U_{mar} für englisch *minimum achievable residual unbalance* wurde mit U_{ker} *kleinste erreichbare Restunwucht* übersetzt.

Der Index T für *travelling* wurde mit W für *wandernd* übersetzt.

Tabellen 1 und 2, Anmerkung 3: In ISO 1940-1 wird die gesamte zulässige Restunwucht nicht auf die beiden Ausgleichsebenen, sondern auf zwei Toleranzebenen aufgeteilt. Diese Toleranzebenen sollten auch hier zugrunde gelegt werden.

In den Tabellen 5 und C.1 sind einige Zahlen gegenüber denjenigen in ISO 2953:1985 geändert worden.

Tabelle A.1, Fußnote k: Entsprechend ISO 1940-1 werden die Unwuchttoleranzen bei Rotoren mit starrem Verhalten in Toleranzebenen angegeben, nicht in den Ausgleichsebenen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 1925, *Mechanische Schwingungen — Auswuchttechnik — Begriffe*

DIN ISO 1940-1, *Mechanische Schwingungen — Anforderungen an die Auswuchtgüte von Rotoren in konstantem (starrem) Zustand — Teil 1: Festlegung und Nachprüfung der Unwuchttoleranz*

DIN ISO 11342, *Mechanische Schwingungen — Verfahren und Kriterien für das mechanische Auswuchten nachgiebiger Rotoren*

DIN ISO 21940-14, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 14: Verfahren zur Ermittlung von Abweichungen beim Auswuchten*

Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 21: Beschreibung und Bewertung von Auswuchtmaschinen

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 21940 legt Anforderungen fest, mit denen die Leistungsfähigkeit von Maschinen für das Auswuchten rotierender Teile ermittelt werden kann. Dabei werden folgende Tests verwendet:

- a) Test für die kleinste erreichbare Restunwucht, U_{ker} -Test;
- b) Test für das Unwuchtreduziervhältnis, URV-Test;
- c) Test für den Einfluss der Momentenunwucht bei Ein-Ebenen-Auswuchtmaschinen;
- d) Test der Umschlag-Kompensation (Doppelkompensation).

Diese Tests werden während der Abnahme einer Auswuchtmaschine und später regelmäßig in Intervallen durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Auswuchtmaschine die aktuellen Auswuchtaufgaben handhaben kann. Für die regelmäßig wiederkehrenden Tests sind vereinfachte Verfahren festgelegt. Tests für andere Maschineneigenschaften und Leistungsdaten sind jedoch in diesem Teil von ISO 21940 nicht enthalten.

Für diese Tests sind drei Arten von Testrotoren festgelegt, die besonders präpariert sind und ein weites Gebiet von Anwendungen auf horizontalen und vertikalen Auswuchtmaschinen abdecken. Ein Anhang beschreibt die empfohlenen Änderungen an Testrotoren, die entsprechend ISO 2953:1985 ausgeführt wurden.

Außerdem betont dieser Teil von ISO 21940 die Bedeutung der Art und Weise, wie der Hersteller die Eigenschaften einer Auswuchtmaschine spezifiziert. Die Verwendung des spezifizierten Formats erlaubt es den Nutzern, die Produkte verschiedener Hersteller zu vergleichen. Zusätzlich werden in einem Anhang Hinweise gegeben, in welcher Form die Nutzer ihre Daten und Anforderungen an einen Hersteller von Auswuchtmaschinen geben.

Dieser Teil von ISO 21940 gilt für Auswuchtmaschinen, die Rotoren mit bei Auswuchtdrehzahl starrem Verhalten aufnehmen und antreiben. Dabei werden Betrag und Winkel des erforderlichen Unwuchtausgleichs in einer oder mehreren Ebenen angezeigt. Deshalb ist er für Rotoren mit starrem Verhalten anwendbar, aber auch – im Zusammenhang mit niedrigtourigen Auswuchtverfahren – für Rotoren mit wellenelastischem Verhalten. Er gilt für wegmessende Auswuchtmaschinen ebenso wie für kraftmessende Auswuchtmaschinen. Technische Anforderungen an derartige Auswuchtmaschinen sind enthalten, jedoch sind spezielle Eigenschaften ausgeschlossen, wie sie mit einem automatischen Ausgleich verbunden sind.

Dieser Teil von ISO 21940 legt keine Auswuchtkriterien fest. Derartige Kriterien sind in ISO 1940-1 und ISO 11342 (nur die niedrigtourigen Auswuchtverfahren) festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 1925, *Mechanical vibration — Balancing — Vocabulary*¹¹⁾

¹¹⁾ Die neue Nummer nach der Überarbeitung ist ISO 21940-2.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 1925.

4 Daten zu Eigenschaften und Leistungen der Auswuchtmaschine

4.1 Allgemeines

Der Hersteller muss – soweit zutreffend – die Daten, wie sie in 4.2 für horizontale Auswuchtmaschinen bzw. in 4.3 für vertikale Auswuchtmaschinen aufgeführt sind, angeben, und zwar in einem ähnlichen Format.

ANMERKUNG Die Informationen, die der Nutzer dem Hersteller der Auswuchtmaschine zur Verfügung stellt, sind in Anhang A zusammengestellt.

4.2 Daten für horizontale Auswuchtmaschinen

4.2.1 Rotormasse und Begrenzungen der Unwucht

4.2.1.1 Die maximale Masse m eines Rotors, der ausgewuchtet werden kann, muss für den Bereich der Auswuchtdrehzahlen ($n_1, n_2, \dots$) angegeben werden.

Das maximale Massenträgheitsmoment $m r^2$ eines Rotors um die Schaftachse, wobei m die Rotormasse und r der Trägheitsradius ist, das die Maschine in der angegebenen Zeit beschleunigen kann, muss für den Bereich der Auswuchtdrehzahlen ($n_1, n_2, \dots$) zusammen mit der zugehörigen Zyklenzahl (siehe Tabelle 1) angegeben werden.

4.2.1.2 Die Wirtschaftlichkeit (siehe Abschnitt 7) muss folgendermaßen angegeben werden.

4.2.1.2.1 Zeit je Messlauf:

- a) Zeit für das Einrichten der Mechanik: s
- b) Zeit für das Einstellen des Messsystems: s
- c) Zeit für die Vorbereitung des Rotors: s
- d) Mittlere Beschleunigungszeit: s
- e) Zeit für die Gewinnung der Messwerte (einschließlich der Einschwingzeit): s
- f) Mittlere Verzögerungszeit: s
- g) Übertragen der Messwerte auf den Rotor: s
- h) Weitere benötigte Zeit: s
- i) Gesamtzeit für den Messlauf [Summe a) bis h)]: s

4.2.1.2.2 Unwuchtreduziervhältnis URV für Innenbord-Rotoren: %

4.2.1.2.3 Unwuchtreduziervhältnis URV für Außenbord-Rotoren: %

Tabelle 1 — Daten für horizontale Auswuchtmaschinen

Hersteller:		Modell:				
Auswuchtdrehzahlen oder -drehzahlbereiche (siehe auch 4.2.3.1)		n_1	n_2	n_3	n_4	...
Rotormasse (siehe Anmerkung 1)	kg	maximal, $m_{\max}$				
		minimal				
Temporäre Überlastungskraft je Lagerständer (siehe Anmerkung 1)		N				
Maximale negative Kraft je Lagerständer (siehe Anmerkung 1)		N				
Maximales Messenträgheitsmoment des Rotors um die Schaftachse (siehe Anmerkung 2)		kg·m ²				
Zyklenzahl (siehe Anmerkung 2)						
Maximale Unwucht (siehe Anmerkung 3)	g·mm/kg or g·mm	messbar				
		zulässig				
a) Für Innenbord-Rotoren Kleinste erreichbare spezifische Restunwucht e_{ker} (siehe Anmerkung 4 und Abschnitt 6)	g·mm/kg	maximale Masse, $m_{\max}$				
		0,2 $m_{\max}$				
		minimale Masse				
Zugehöriger Ausschlag der analogen Größenanzeige, mm oder Anzahl der digitalen Einheiten (siehe Anmerkung 4)		maximale Masse, $m_{\max}$				
		0,2 $m_{\max}$				
		minimale Masse				
b) Für Außenbord-Rotoren Kleinste erreichbare spezifische Restunwucht e_{ker} (siehe Anmerkung 4 und Abschnitt 6)	g·mm/kg	maximale Masse, $m_{\max}$				
		0,2 $m_{\max}$				
		minimale Masse				
Zugehöriger Ausschlag der analogen Größenanzeige, mm oder Anzahl der digitalen Einheiten (siehe Anmerkung 4)		maximale Masse, $m_{\max}$				
		0,2 $m_{\max}$				
		minimale Masse				
ANMERKUNG 1 Die gelegentliche Überlastung wird nur für die kleinste Auswuchtdrehzahl angegeben. Sie ist die maximale Kraft je Lagerständer, die von der Maschine ohne sofortige Beschädigung aufgenommen werden kann. Die negative Kraft ist die aufwärts gerichtete statische Last, verursacht durch einen Rotor, dessen Schwerpunkt außerhalb der Lagerständer liegt.						
ANMERKUNG 2 Die Zyklenzahl für eine bestimmte Auswuchtdrehzahl ist diejenige Anzahl von Starts und Stopps je Stunde, die eine Maschine ohne Beschädigung ausführen kann, wenn ein Rotor mit dem größten Massenträgheitsmoment ausgewuchtet wird.						
ANMERKUNG 3 Im Allgemeinen gilt für Rotoren mit starrem Verhalten und zwei Ausgleichsebenen die Hälfte des angegebenen Wertes für jede Ebene, für scheibenförmige Rotoren der ganze angegebene Wert für eine Ebene. ^{N1)}						
ANMERKUNG 4 Die Grenzen für wegmessende Maschinen werden im Allgemeinen in Gramm-Millimeter/Kilogramm (spezifische Unwucht, g·mm/kg) angegeben, weil dieser Wert ein Maß für die Verlagerung des Rotors und damit für die Bewegung der Lagerständer der Auswuchtmaschine darstellt. Für kraftmessende Maschinen werden diese Grenzen im Allgemeinen in Gramm-Millimeter (g·mm) angegeben, weil diese Maschinen üblicherweise in der Fabrik so kalibriert werden, dass sie Unwuchten in diesen Einheiten anzeigen (siehe Abschnitt 6). Bei Zwei-Ebenen-Maschinen ist dies das Ergebnis, wenn die kleinste erreichbare Restunwucht auf die beiden Ebenen aufgeteilt worden ist.						

N1) Nationale Fußnote: Siehe Hinweis im nationalen Vorwort.

4.2.2 Rotorabmessungen

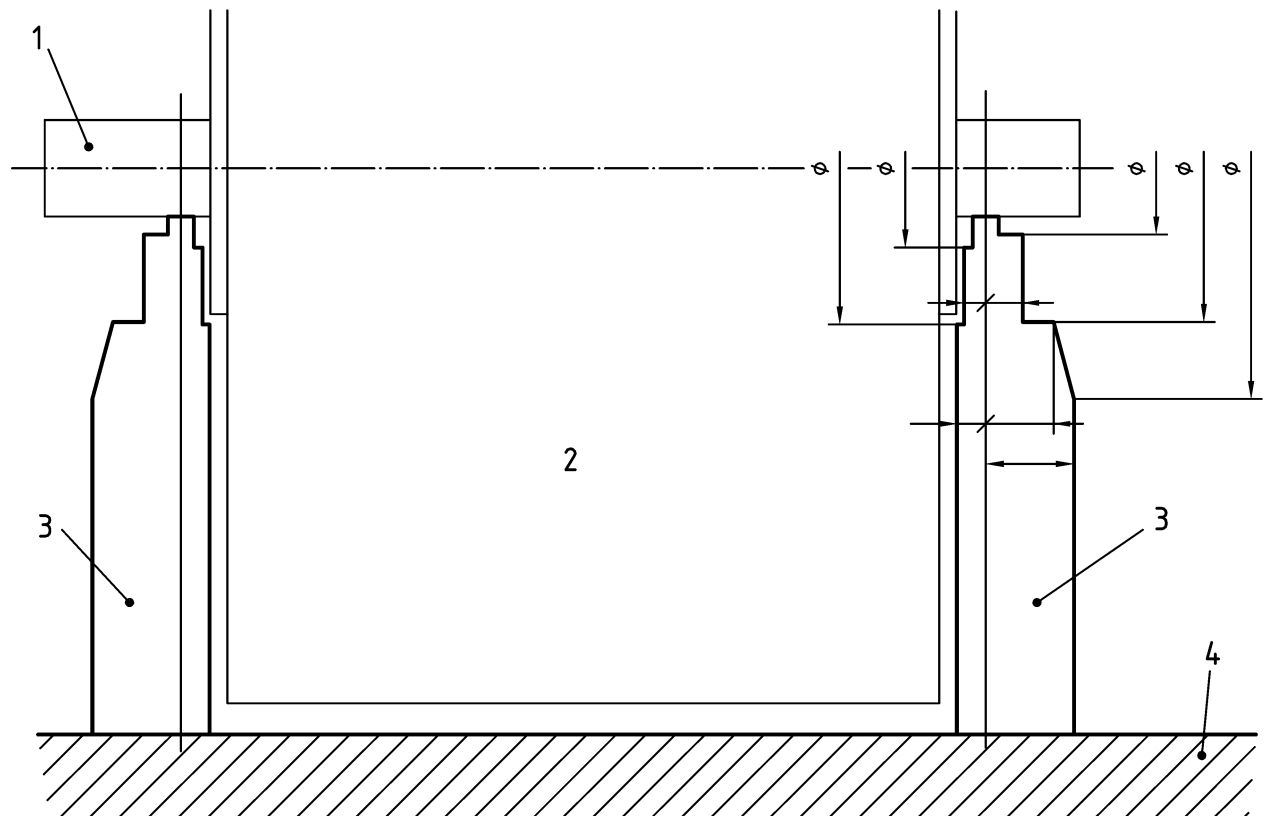
4.2.2.1 Geliefert werden müssen angemessene Umrisszeichnungen der Lagerständer und anderer Hindernisse, wie z. B. der Bandantriebsmechanik, der Halterungen für Abdeckungen, der Axialgegenhalter und der Verbundstangen, damit der Nutzer ermitteln kann, welche maximale Rotorkontur aufgenommen werden kann und welches Zubehör und welche Aufnahmen erforderlich sind.

Eine Kombination von einem großen Zapfendurchmesser mit einer hohen Auswuchtdrehzahl kann zu einer übermäßigen Umfangsgeschwindigkeit des Zapfens führen. Die maximale Umfangsgeschwindigkeit des Zapfens muss angegeben werden.

Falls ein Bandantrieb geliefert wird, müssen der maximale und der minimale Durchmesser, der für den Antrieb genutzt werden kann, oder andere geeignete Durchmesser angegeben werden.

Der Hersteller muss angeben, ob die axiale Position des Antriebs angepasst werden kann.

4.2.2.2 Die Begrenzung der Rotorkontur muss angegeben werden (siehe Bild 1).



Legende

- 1 Welle
- 2 Rotor
- 3 Lagerständer
- 4 Bett

Wenn der linke Lagerständer kein Spiegelbild des rechten Lagerständers ist, müssen die Abmessungen getrennt angegeben werden.

Das Profil des Bandantriebs muss, wenn zutreffend, gezeigt werden.

**Bild 1 — Beispiel einer Lagerständer-Zeichnung,
mit der die Begrenzung der Rotorkontur dargestellt wird**

4.2.2.3 Rotordurchmesser:

- a) Maximaler Durchmesser über dem Bett: mm
- b) Maximaler Durchmesser, den das Band antreiben kann: mm
- c) Minimaler Durchmesser, den das Band antreiben kann: mm

4.2.2.4 Abstand zwischen den Mitten der Lagerzapfen:

- a) Maximum: mm
- b) Minimum: mm
- c) Maximaler Abstand vom Kupplungsflansch zur Mittellinie des entfernten Lagers: mm
- d) Minimaler Abstand vom Kupplungsflansch zur Mittellinie des benachbarten Lagers: mm

4.2.2.5 Durchmesser des Lagerzapfens:

- a) Maximum: mm
- b) Minimum: mm

Maximal zulässige Umfangsgeschwindigkeit des Zapfens: m/s

4.2.2.6 Die Begrenzung der Lage der Ausgleichsebenen (in Übereinstimmung mit den Angaben in 5.4) muss angegeben werden.

4.2.2.7 Die Ausgleichsebenen-Einflussverhältnisse (in Übereinstimmung mit den Angaben in 5.4 und in Verbindung mit dem Testrotor) müssen angegeben werden.

4.2.3 Antrieb

4.2.3.1	Auswuchtdrehzahl min ⁻¹	Nennmoment am Rotor N·m
n_1		
n_2		
n_3		
n_4		
n_5		
n_6		
n_7		
n_8		
	oder	oder
	stufenlos veränderbar	stufenlos veränderbar
von		
bis		

4.2.3.2 Drehmoment:

- a) Losbrechmoment: % des Nennmoments am Rotor
- b) Anfahrmoment einstellbar von % bis % des Nennmoments am Rotor
- c) Drehmomentsspitze % des Nennmoments am Rotor

ANMERKUNG Meistens wird das größte Drehmoment für die Beschleunigung des Rotors benötigt. Im Fall eines Rotors mit hoher Luftleistung oder Reibleistung kann jedoch das größte Drehmoment bei der Auswuchtdrehzahl erforderlich sein. Falls ein Axial Schub auftritt, muss er durch entsprechende Vorkehrungen berücksichtigt werden.

4.2.3.3 Art des Rotorantriebs:

BEISPIELE Stirnseitiger Antrieb mit Gelenkwelle, stirnseitiger Antrieb mit Band, Bandantrieb, Magnetfeld, angetriebene Tragrollen, Druckluftstrahl.

4.2.3.4 Antriebsmotor (Art des Motors):

- a) Nennleistung: kW
- b) Motordrehzahl: min^{-1}
- c) Anschlussdaten, Spannung/Frequenz/Phasen: / /

4.2.3.5 Bremse

- a) Art der Bremse:
- b) Bremsmoment einstellbar von % bis % des Nennmoments
- c) Kann die Bremse als Feststellbremse genutzt werden? Ja / Nein

4.2.3.6 Motor und Steuerung stimmen mit folgenden Normen überein:**4.2.3.7 Drehzahlregelung:**

Genau oder konstant auf % von min^{-1} , oder min^{-1}

4.2.4 Momentenunwucht-Einflussverhältnis: $\text{g} \cdot \text{mm}/(\text{g} \cdot \text{mm}^2)$

ANMERKUNG Dieser Wert gilt nur für Ein-Ebenen-Auswuchtmaschinen. Er beschreibt den Einfluss der Momentenunwucht eines Rotors auf die Anzeige der resultierenden Unwucht.

4.2.5 Anforderungen an die Druckluft: Pa, ... m^3/s .**4.3 Daten für vertikale Auswuchtmaschinen****4.3.1 Rotormasse und Begrenzungen der Unwucht**

4.3.1.1 Die maximale Masse m eines Rotors, der ausgewuchtet werden kann, muss für den Bereich der Auswuchtdrehzahlen ($n_1, n_2, \dots$) angegeben werden.

Das maximale Massenträgheitsmoment $m r^2$ eines Rotors um die Schaftachse, wobei m die Rotormasse und r der Trägheitsradius ist, das die Maschine in der angegebenen Zeit beschleunigen kann, muss für den Bereich der Auswuchtdrehzahlen ($n_1, n_2, \dots$) zusammen mit der zugehörigen Zyklenzahl (siehe Tabelle 2) angegeben werden.

Tabelle 2 — Daten für vertikale Auswuchtmaschinen

Hersteller:		Modell:				
Auswuchtdrehzahlen oder Drehzahlbereiche (siehe auch 4.3.3.1)		n_1	n_2	n_3	n_4	...
Rotormasse (siehe Anmerkung 1)	kg	maximal, $m_{\max}$				
		minimal				
Temporäre Überlastungskraft (siehe Anmerkung 1)		N				
Maximales Messenträgheitsmoment des Rotors um die Schaftachse (siehe Anmerkung 2)		kg·m ²				
Zyklenzahl (siehe Anmerkung 2)						
Maximale Unwucht (siehe Anmerkung 3)	g·mm/kg or g·mm	messbar				
		zulässig				
Kleinste erreichbare spezifische Restunwucht e_{ker} (siehe Anmerkung 4 und Abschnitt 6)	g·mm/kg	maximale Masse, $m_{\max}$				
		0,2 $m_{\max}$				
		minimale Masse				
Zugehöriger Ausschlag der analogen Größenanzeige, mm oder Anzahl der digitalen Einheiten (siehe Anmerkung 4)		maximale Masse, $m_{\max}$				
		0,2 $m_{\max}$				
		minimale Masse				

ANMERKUNG 1 Die gelegentliche Überlastung wird nur für die kleinste Auswuchtdrehzahl angegeben. Sie ist die maximale Kraft, die von der Maschine ohne sofortige Beschädigung aufgenommen werden kann.

ANMERKUNG 2 Die Zyklenzahl für eine bestimmte Auswuchtdrehzahl ist diejenige Anzahl von Starts und Stopps je Stunde, die eine Maschine ohne Beschädigung ausführen kann, wenn ein Rotor mit dem größten Massenträgheitsmoment ausgewuchtet wird.

ANMERKUNG 3 Im Allgemeinen gilt für Rotoren mit starrem Verhalten und zwei Ausgleichsebenen die Hälfte des angegebenen Wertes für jede Ebene, für scheibenförmige Rotoren der ganze angegebene Wert für eine Ebene.^{N2)}

ANMERKUNG 4 Die Grenzen für wegmessende Maschinen werden im Allgemeinen in Gramm-Millimeter/Kilogramm (spezifische Unwucht, g·mm/kg) angegeben, weil dieser Wert ein Maß für die Verlagerung des Rotors und damit für die Bewegung der Lagerung der Auswuchtmaschine darstellt. Für kraftmessende Maschinen werden diese Grenzen im Allgemeinen in Gramm-Millimeter (g·mm) angegeben, weil diese Maschinen üblicherweise in der Fabrik so kalibriert werden, dass sie Unwuchten in diesen Einheiten anzeigen (siehe Abschnitt 6). Bei Zwei-Ebenen-Maschinen ist dies das Ergebnis, wenn die kleinste erreichbare Restunwucht auf die beiden Ebenen aufgeteilt worden ist.

4.3.1.2 Die Wirtschaftlichkeit (siehe Abschnitt 7) muss folgendermaßen angegeben werden.

4.3.1.2.1 Zeit je Messlauf:

- a) Zeit für das Einrichten der Mechanik: s
- b) Zeit für das Einstellen des Messsystems: s
- c) Zeit für die Vorbereitung des Rotors: s
- d) Mittlere Beschleunigungszeit: s
- e) Zeit für die Gewinnung der Messwerte (einschließlich der Einschwingzeit): s

N2) Nationale Fußnote: Siehe Hinweis im nationalen Vorwort.

- f) Mittlere Verzögerungszeit: s
- g) Übertragen der Messwerte auf den Rotor: s
- h) Weitere benötigte Zeit: s
- i) Gesamtzeit für den Messlauf [Summe a) bis h)]: s

4.3.1.2.2 Unwuchtreduziervhältnis URV: %

4.3.2 Rotorabmessungen

4.3.2.1 Wenn die Maschine über zwei oder mehr Drehzahlen verfügt, müssen die Rotorabmessungen für jede Drehzahl angegeben werden. Falls die Maschine mit einer stufenlos regelbaren Drehzahl ausgestattet ist, muss diese Information in Form einer Tabelle, einer Gleichung oder eines Diagramms gegeben werden.

Geliefert werden müssen angemessene Zeichnungen für die Anschlussfläche der Spindel oder Aufnahmeplatte und für andere Hindernisse, wie z. B. Bohrköpfe und Schaltschränke, die oberhalb der Aufnahmeplatte liegen, damit der Nutzer ermitteln kann, welche maximale Rotorkontur aufgenommen werden kann und welches Zubehör und welche Aufnahmen erforderlich sind.

4.3.2.2 Maximaler Durchmesser: mm

4.3.2.3 Rotorhöhe:

a) Maximale Gesamthöhe: mm

b) Maximale Höhe des Schwerpunktes: mm

bei 100 % der maximalen Masse: mm

bei 50 % der maximalen Masse: mm

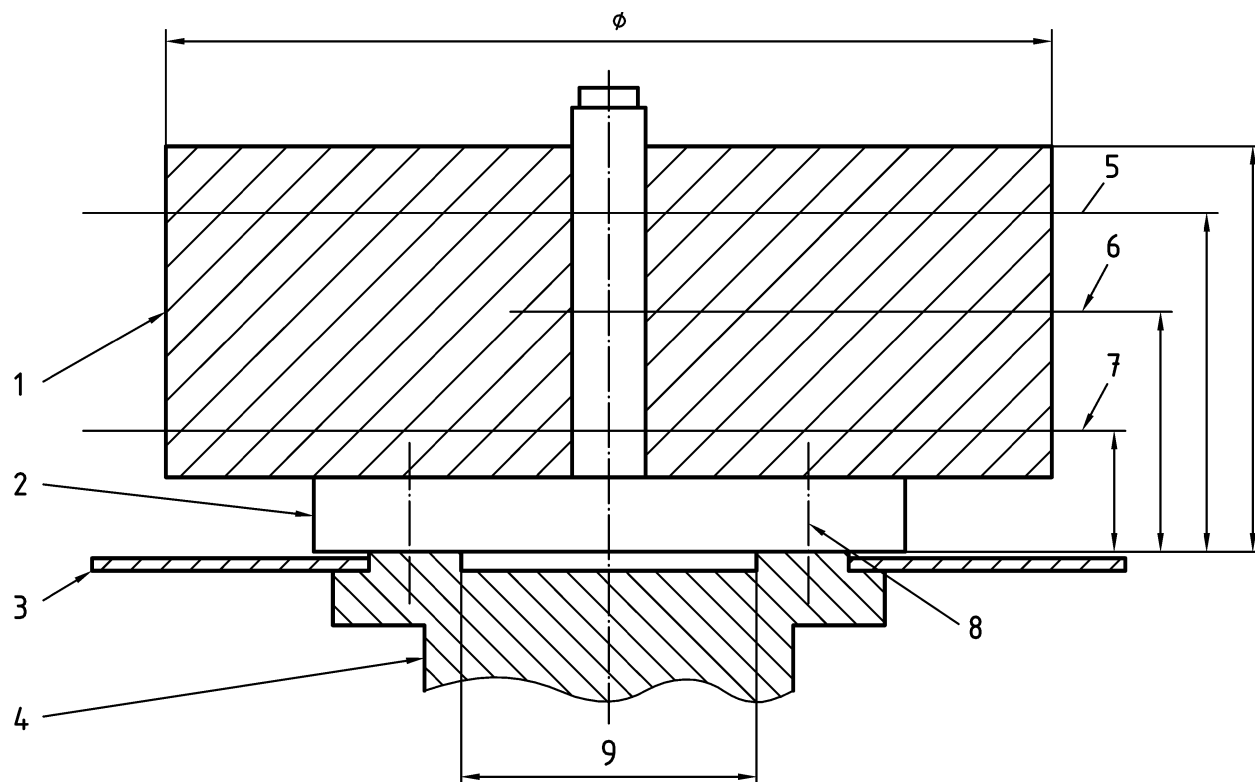
bei 25 % der maximalen Masse: mm

4.3.2.4 Die Begrenzung der Rotorkontur, auch durch Maschinenspindel und Aufnahmeplatte, muss angegeben werden (siehe Bild 2).

4.3.2.5 Die Begrenzung der Lage der Ausgleichsebenen (in Übereinstimmung mit den Angaben in 5.4) muss angegeben werden.

4.3.3 Antrieb

4.3.3.1	Auswuchtdrehzahl min^{-1}	Nennmoment am Rotor $\text{N}\cdot\text{m}$
n_1		
n_2		
n_3		
n_4		
n_5		
n_6		
n_7		
n_8		



Legende

- | | |
|-------------------------|--|
| 1 Rotor | 6 Schwerpunktsebene |
| 2 Aufnahme | 7 untere Ausgleichsebene |
| 3 Skalenscheibe | 8 Befestigungsbohrungen für die Aufnahme |
| 4 Spindel | 9 Zentrierdurchmesser |
| 5 obere Ausgleichsebene | |

Bild 2 — Beispiel des Montageanschlusses einer vertikalen Maschine zur Beschreibung der Begrenzung der Rotorkontur

4.3.3.2 Drehmoment:

- a) Losbrechmoment: % des Nennmoments am Rotor
- b) Anfahrmoment einstellbar von % bis % des Nennmoments am Rotor
- c) Drehmomentsspitze % des Nennmoments am Rotor

ANMERKUNG Meistens wird das größte Drehmoment für die Beschleunigung des Rotors benötigt. Im Fall eines Rotors mit hoher Luftleistung oder Reibleistung kann jedoch das größte Drehmoment bei der Auswuchtdrehzahl erforderlich sein.

4.3.3.3 Antriebsmotor (Art des Motors):

- a) Nennleistung: kW
- b) Motordrehzahl: min^{-1}
- c) Anschlussdaten: Spannung/Frequenz/Phasen: / /

4.3.3.4 Bremse

- a) Art der Bremse:
- b) Bremsmoment einstellbar von % bis % des Nennmoments
- c) Kann die Bremse als Feststellbremse genutzt werden? Ja / Nein

4.3.3.5 Motor und Steuerung stimmen mit folgenden Normen überein:

4.3.3.6 Drehzahlregelung :

Genau oder konstant auf % von min^{-1} , oder min^{-1}

4.3.4 **Momentenunwucht-Einflussverhältnis:** $\text{g}\cdot\text{mm}/(\text{g}\cdot\text{mm}^2)$

ANMERKUNG Dieser Wert gilt nur für Ein-Ebenen-Auswuchtmaschinen. Er beschreibt den Einfluss der Momentenunwucht eines Rotors auf die Anzeige der resultierenden Unwucht.

4.3.5 **Anforderungen an die Druckluft:** Pa, ... m^3/s .

5 **Eigenschaften der Maschinen****5.1** **Arbeitsprinzip**

Das Arbeitsprinzip der Auswuchtmaschine muss angemessen beschrieben werden, z. B. das Messen der Bewegung, der Kraft, der Resonanz, der Kompensation.

5.2 **Anordnung der Maschine**

5.2.1 Der Hersteller muss die allgemeine Gestaltung der Auswuchtmaschine und die wesentlichen Konstruktionsmerkmale beschreiben, z. B.:

- horizontale oder vertikale Drehachse,
- wegmessendes oder kraftmessendes Stützsystem,
- Resonanz-Maschine mit mechanischem Kompensator.

5.2.2 Der Hersteller muss Angaben zu den folgenden Bereichen machen, soweit anwendbar.

5.2.2.1 Komponenten, die den Rotor tragen, z. B.:

- Prismenlager,
- Tragrollen,
- Gleitlager-Halbschalen,
- geschlossene Kugellager, Rollenlager oder Gleitlager,
- Vorrichtungen, mit denen Rotoren mit ihren Betriebslagern aufgenommen werden können,
- Vorrichtungen, mit denen komplette Aggregate aufgenommen werden können.

Anforderungen an die Lagerschmierung müssen detailliert dargestellt werden, soweit zutreffend.

5.2.2.2 Hilfsmittel zur Aufnahme des Axialschubs des Rotors, ihre Funktion und das Einrichten (nur bei horizontalen Maschinen).

5.2.2.3 Art(en) der Messwertwandler, die zum Messen der Unwuchtwirkung verwendet werden.

5.2.2.4 Der Antrieb und seine Steuerung.

5.3 Messsystem

5.3.1 Allgemeines

Eine Auswuchtmaschine muss eine Einrichtung haben, um den Betrag der Unwucht und ihre Winkellage zu ermitteln. Diese Einrichtung muss beschrieben werden, z. B.:

- wattmetrisches Messsystem,
- voltmetrisches Messsystem mit phasenempfindlichem Gleichrichter (einschließlich der Systeme mit Frequenzumrichtung),
- voltmetrisches Messsystem mit Stroboskop und Filter,
- voltmetrisches Messsystem mit Markierung der Winkelposition direkt am Rotor,
- Kompensator mit mechanischer oder elektrischer Anzeige.

5.3.2 Größenanzeiger

Der Hersteller muss die Einrichtung beschreiben, mit der die Größe angezeigt wird, z. B.:

- wattmetrische oder voltmetrische Komponentenanzeige,
- wattmetrische oder voltmetrische Größenanzeige,
- wattmetrische oder voltmetrische Vektoranzeige,
- mechanische oder optische Anzeige,
- analoge oder digitale Anzeige.

5.3.3 Winkelanzeiger

Der Hersteller muss die Einrichtung beschreiben, mit der der Winkel angezeigt wird, z. B.:

- wattmetrische oder voltmetrische Komponentenanzeige,
- wattmetrische oder voltmetrische Vektoranzeige,
- direkte Winkelanzeige in Grad auf einer Skala,
- Oszilloskop, Stroboskopanzeige,
- mechanische oder optische Anzeige,
- analoge oder digitale Anzeige.

5.3.4 Arbeitsweise des Messsystems

Der Hersteller muss den Ablauf beschreiben, wie Anzeigen erhalten werden, indem mindestens die folgenden Aspekte berücksichtigt werden.

- a) Wie viele Messläufe werden benötigt, um
 - die zwei Anzeigen für das Ein-Ebenen-Auswuchten zu erhalten?
 - die vier Anzeigen für das Zwei-Ebenen-Auswuchten zu erhalten?
- b) Ist ein Anzeiger für jede Anzeige vorhanden, oder muss zwischen den Anzeigen umgeschaltet werden?
- c) Werden die Anzeigen nach dem Messlauf gehalten?
- d) Ist ein separater Plus-Minus-Schalter für jede Ebene vorgesehen, der die Anzeige der schweren oder der leichten Stelle erlaubt?

5.4 Ebenentrennung

5.4.1 Dieser Abschnitt gilt nicht für Ein-Ebenen-Auswuchtmaschinen; für diese gilt 5.4.2.

Der Hersteller muss angeben, ob eine Ebenentrennung geliefert wird. Wenn ja, müssen mindestens die folgenden Angaben gemacht werden.

- a) Wie wird sie für einzelne Rotoren eines Typs gehandhabt, der vorher noch nicht ausgewuchtet wurde?
- b) Wie wird sie für einzelne Rotoren einer Serie mit identischen Abmessungen und Masse gehandhabt?
- c) Die Grenzen der Rotorgeometrie, bis zu der die Ebenentrennung wirksam ist, muss durch eine Wirksamkeitsangabe definiert werden, die auf dem Ausgleichsebenen-Einflussverhältnis basiert. Dabei muss Folgendes angegeben werden:
 - das Verhältnis von Lagerabstand zu Ebenenabstand, für das die Ebenentrennung wirksam ist,
 - ob eine oder beide Ausgleichsebenen zwischen oder außerhalb der Lager liegen können,
 - ob der Schwerpunkt zwischen oder außerhalb der beiden gewählten Ausgleichsebenen oder den Lagern liegen kann;
- d) Ob das Messsystem auch für die direkte Messung der resultierenden Unwucht und des Unwuchtpaares genutzt werden kann.

5.4.2 Für vertikale oder horizontale Ein-Ebenen-Maschinen muss der Hersteller angeben, in welchem Maße die Maschine den Einfluss einer Momentenunwucht unterdrücken kann (siehe 11.8).

5.5 Einstellen und Kalibrieren der Messeinrichtung

5.5.1 Allgemeines

Der Hersteller muss den Vorgang, wie die Einstellung und Kalibrierung erfolgt, und die Mittel zur Überprüfung beschreiben.

Der Hersteller muss angeben, ob die Anzeige auf jede gewünschte Einheit eingestellt werden kann, gleichgültig ob für praktische Ausgleichseinheiten oder Unwuchteinheiten.

Der Hersteller muss die Anzahl der Läufe angeben, die zum Kalibrieren der Auswuchtmaschine erforderlich sind, und zwar

- für das Ein-Ebenen-Auswuchten,
- für das Zwei-Ebenen-Auswuchten.

Der Hersteller muss die maximal zulässige Änderung der Wiederholpräzision der Drehzahl während der Kalibrierung und dem Betrieb in Prozent angeben.

5.5.2 Wegmessende Maschinen

Der Hersteller muss angeben, wie die Kalibrierung für den ersten Rotor mit einer speziellen Masse und Gestalt durchgeführt wird (z. B. ob der Rotor mit einer Versuch-und-Irrtum-Methode ausgewuchtet werden muss oder ob ein Kompensator vorgesehen ist, ob Kalibriermassen benötigt werden) und ob eine vollständige oder teilweise Neukalibrierung erforderlich ist, wenn die Auswuchtdrehzahl verändert wird.

Wenn ein Kompensator vorgesehen ist, müssen die Grenzen der Anfangsunwucht, der Rotorgeometrie und der Drehzahl angegeben werden, für die der Kompensator wirksam ist.

5.5.3 Kraftmessende Maschinen

Der Hersteller muss angeben, ob die Auswuchtmaschine über eine kalibrierte Einstellung verfügt und auf den Rotor eingestellt werden kann oder ob sie vom Nutzer für unterschiedliche Auswuchtdrehzahlen, Rotor-massen und Rotorabmessungen kalibriert werden muss.

5.6 Andere Einrichtungen

Spezielle Einrichtungen, die die Leistungsfähigkeit der Auswuchtmaschine beeinflussen, müssen detailliert beschrieben werden, z. B.:

- Anzeige in Komponenten eines beliebigen Koordinatensystems,
- Unwuchtanzeige, zerlegt in Komponenten, die in begrenzten Sektoren von mehr als zwei Ausgleichsebenen liegen,
- Ausgleichseinheiten,
- Einrichtungen zum Übertragen des gemessenen Winkels oder des Betrages der Unwucht auf den Rotor,
- passender Ausgang für die Verbindung mit einem Computer, Drucker oder anderen Peripheriegeräten.

6 Kleinste erreichbare Restunwucht

Die kleinste Restunwucht, die auf einer Auswuchtmaschine erreicht werden kann, muss als spezifische Unwucht in Gramm-Millimeter je Kilogramm (g·mm/kg) zusammen mit der entsprechenden Anzeige der Unwuchtgröße angegeben werden.

Diese kleinste erreichbare spezifische Restunwucht e_{ker} muss für den gesamten Bereich der Rotormassen und der Auswuchtdrehzahlen der Maschine angegeben werden.

Um die angegebene Restunwucht zu erreichen, muss der Hersteller überlegen, ob die Genauigkeit für den Zweck angemessen ist bei

- Betragsanzeige,
- Winkelanzeige,
- Ebenentrennung,
- Empfindlichkeitsschalter,
- Antrieb, Lagerung usw.