

DIN ISO 21940-13



ICS 21.120.40

Ersatz für
DIN ISO 20806:2010-03

**Mechanische Schwingungen –
Auswuchten von Rotoren –
Teil 13: Kriterien und Sicherheitshinweise für das Auswuchten von
mittleren und großen Rotoren am Aufstellungsort (ISO 21940-13:2012)**

Mechanical vibration –

Rotor balancing –

Part 13: Criteria and safeguards for the in-situ balancing of medium and large rotors
(ISO 21940-13:2012)

Vibrations mécaniques –

Équilibrage des rotors –

Partie 13: Critères et sauvegardes relatifs à l'équilibrage in situ des rotors moyens et
grands (ISO 21940-13:2012)

Gesamtumfang 30 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Auswuchten am Aufstellungsort	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Gründe für das Auswuchten am Aufstellungsort	8
4.3 Ziele des Auswuchtens am Aufstellungsort	9
5 Kriterien für die Durchführung des Auswuchtens am Aufstellungsort	9
6 Sicherheitshinweise	10
6.1 Sicherheit des Personals beim Arbeiten in der Nähe eines rotierenden Rotors	10
6.2 Außergewöhnliche Betriebszustände beim Auswuchten am Aufstellungsort	10
6.3 Gestaltung der Ausgleichsmassen und ihrer Befestigung sowie Unversehrtheit der Maschine	11
6.4 Sicherheitsvorkehrungen bei bestimmten Maschinen	11
7 Messung	11
7.1 Einrichtungen zur Schwingungsmessung	11
7.2 Messabweichungen	12
7.3 Messung des Winkelbezugs	12
8 Betriebsbedingungen	14
9 Dokumentation	15
9.1 Allgemeines	15
9.2 Einleitung zur Dokumentation	15
9.3 Schwingungsmesseinrichtung	16
9.4 Ergebnisse	16
9.5 Textteil	18
Anhang A (normativ) Sicherheitshinweise und -maßnahmen beim Auswuchten bestimmter Maschinen am Aufstellungsort	19
Anhang B (informativ) Beispiel für die Dokumentation der Auswuchtung eines Gebläses ≤ 1 MW am Aufstellungsort	20
Anhang C (informativ) Beispiel für die Dokumentation der Auswuchtung eines großen Turbinen-Generator-Satzes > 50 MW am Aufstellungsort	24
Literaturhinweise	30

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Die Internationale Norm ISO 21940-13:2012 „Mechanical vibration — Rotor balancing — Part 13: Criteria and safeguards for the in-situ balancing of medium and large rotors“ 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.

Zu den im Inhalt genannten 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 2954	siehe	DIN ISO 2954
Normen der Reihe ISO 7919	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 7919
Normen der Reihe ISO 10816	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 10816
ISO 10817-1	siehe	DIN ISO 10817-1
ISO 11342	siehe	DIN ISO 11342
ISO 13373-1	siehe	DIN ISO 13373-1
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⁾

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*

- *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⁾
- *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⁾

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 20806:2010-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normnummer geändert;
- b) Norm redaktionell geringfügig überarbeitet und an die aktuelle Terminologie angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 20806: 2005-03, 2010-03

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*

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*

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 2954, *Mechanische Schwingungen von Hubkolbenmaschinen und von Maschinen mit rotierenden Bauteilen — Anforderungen an Schwingstärkemessgeräte*

DIN ISO 7919 (alle Teile), *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an rotierenden Wellen*

DIN ISO 10816 (alle Teile), *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen*

DIN ISO 10817-1, *Messeinrichtung für die Schwingungen rotierender Wellen — Teil 1: Erfassung der relativen und der absoluten Radialschwingungen*

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

DIN ISO 13373-1:2002-07, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung — Teil 1: Allgemeine Anleitungen*

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

Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 13: Kriterien und Sicherheitshinweise für das Auswuchten von mittleren und großen Rotoren am Aufstellungsort

Einleitung

Auswuchten ist der Vorgang, durch den die Massenverteilung eines Rotors geprüft und, wenn nötig, korrigiert wird, um sicherzustellen, dass die Restunwucht oder die Schwingungen der Lagerzapfen oder Lagerständer und/oder die Lagerkräfte in festgelegten Grenzen liegen. Viele Rotoren werden vor dem Einbau in ihre endgültigen Lager in speziellen Auswuchtanlagen ausgewuchtet. Wenn jedoch Instandsetzungsarbeiten vor Ort ausgeführt werden oder keine Auswuchtmaschine zur Verfügung steht, ist es üblich, den Rotor an seinem Aufstellungsort auszuwuchten.

Im Gegensatz zum Auswuchten in einer speziellen Auswuchtmaschine hat das Auswuchten am Aufstellungs-ort den Vorteil, dass der Rotor in seiner Betriebsumgebung aufgestellt ist. Daher müssen keine Kompromisse bezüglich der dynamischen Eigenschaften der Lagerung und Lagerabstützung des Rotors und bezüglich des Einflusses weiterer Komponenten eines ganzen Wellenstrangs eingegangen werden. Andererseits besteht ein erheblicher Nachteil darin, dass die Zugänglichkeit zum Rotor eingeschränkt ist und dass die ganze Maschine in Bewegung gesetzt werden muss. Die eingeschränkte Zugänglichkeit kann die Anzahl der Ebenen begrenzen, in denen sich Ausgleichsmassen anbringen lassen, und der Einsatz der ganzen Maschine verursacht sowohl Ausfall- als auch Betriebskosten. Wenn der Rotor eine sehr große Unwucht besitzt, kann es wegen der eingeschränkten Zugänglichkeit zu den Ausgleichsebenen und der Verfügbarkeit ausreichend großer Ausgleichsmassen gegebenenfalls unmöglich sein, ihn am Aufstellungsort auszuwuchten.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 21940 legt Vorgehensweisen fest, die beim Auswuchten von mittleren und großen Rotoren zu befolgen sind, die am Aufstellungsort in ihre endgültigen Lager eingebaut sind. Er gibt die Bedingungen an, unter denen eine Auswuchtung am Aufstellungsort durchgeführt werden kann, behandelt die erforderliche Messausrüstung, die Sicherheitsvorkehrungen und nennt die Anforderungen an die Dokumentation und ihre Archivierung.

Dieser Teil von ISO 21940 kann als Grundlage für einen Vertrag über die Durchführung einer Auswuchtung am Aufstellungsort dienen.

Dieser Teil von ISO 21940 enthält keine Anleitung, wie sich die Ausgleichsmassen aus den Schwingungsmesswerten berechnen lassen.

ANMERKUNG Die in diesem Teil von ISO 21940 festgelegten Vorgehensweisen treffen auf mittlere und große Maschinen zu. Die Prinzipien gelten jedoch häufig gleichermaßen für kleinere Maschinen, wenn es notwendig ist, das Schwingungsverhalten und die Anordnung der Ausgleichsmassen zu dokumentieren und zu archivieren.

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⁾

ISO 1940-1, *Mechanical vibration — Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state — Part 1: Specification and verification of balance tolerances*¹²⁾

ISO 2954, *Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery — Requirements for instruments for measuring vibration severity*

ISO 7919 (alle Teile), *Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts*

ISO 10816 (alle Teile), *Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts*

ISO 10817-1, *Rotating shaft vibration measuring systems — Part 1: Relative and absolute sensing of radial vibration*

ISO 11342, *Mechanical vibration — Methods and criteria for the mechanical balancing of flexible rotors*¹³⁾

3 Begriffe

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

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

¹²⁾ Die neue Nummer nach der Überarbeitung ist ISO 21940-11.

¹³⁾ Die neue Nummer nach der Überarbeitung ist ISO 21940-12.

4 Auswuchten am Aufstellungsort

4.1 Allgemeines

Beim Auswuchten am Aufstellungsort werden am Rotor an einer begrenzten Anzahl von zugänglichen und geeignet gestalteten Stellen entlang des Rotors Ausgleichsmassen angebracht. Dadurch werden die Schwingungen des Rotors und/oder der Lagerständer und/oder die Unwucht auf zulässige Werte verringert, sodass die Maschine in allen Betriebszuständen sicher betrieben werden kann. Damit sich zulässige Schwingungen eines Wellenstrangs bei der üblichen stationären Betriebsdrehzahl ergeben, sind die Schwingungen bei den Drehzahlen in Übergangszuständen^{N1)} unter Umständen in einem gewissen Maße überhöht; das ist bei einer erfolgreichen Auswuchtung aber normal.

ANMERKUNG Es kann sich vereinzelt ergeben, dass Maschinen, die gegen Unwucht sehr empfindlich sind, nicht für alle Betriebszustände zufriedenstellend ausgewuchtet werden können. Das ist gewöhnlich dann der Fall, wenn die Maschine in der Nähe einer schwach gedämpften Systemresonanz läuft (siehe ISO 10814, die überarbeitet wird unter der Nummer ISO 21940-31) und die Unwucht lastabhängig ist.

Meistens stehen vor Ort nur begrenzte Mess- und Datenverarbeitungsmöglichkeiten zur Verfügung (im Vergleich zu einer Auswuchtmaschine), sodass dann eine zusätzliche Messausrüstung für die Durchführung einer Auswuchtung am Aufstellungsort erforderlich ist. Darüber hinaus müssen beim Lauf des Rotors mit Ausgleichsmassen eventuell notwendige Sicherheitsvorkehrungen bedacht werden.

4.2 Gründe für das Auswuchten am Aufstellungsort

4.2.1 Obwohl die einzelnen Rotoren in einer hoch- oder tiefabgestimmten Auswuchtmaschine (je nachdem welche geeignet ist) zufriedenstellend ausgewuchtet werden können, kann das Auswuchten am Aufstellungsort erforderlich werden, wenn sie zu einem Wellenstrang gekuppelt wurden. Das liegt an einer Reihe von Unterschieden zwischen den realen Bedingungen der vollständigen Maschine und den idealisierten Bedingungen in der Auswuchtmaschine, z. B.:

- a) unterschiedliche dynamische Eigenschaften der Rotorlagerung der installierten Maschine und der Rotorlagerung in der Auswuchtanlage;
- b) Abweichungen beim Zusammenbau, die bei der Montage der Maschine entstehen, aber mit vernünftigem Aufwand nicht gefunden und korrigiert werden können;
- c) Rotorsysteme, die vor dem Zusammenbau nicht ausgewuchtet werden können;
- d) eine Veränderung des Unwuchtverhaltens des Rotors unter den Bedingungen des realen Betriebs.

4.2.2 Darüber hinaus kann eine Auswuchtung erforderlich sein, um Veränderungen am Rotor auszugleichen, die durch den Betrieb bedingt sind, z. B.:

- a) Verschleiß;
- b) Verlust von Bauteilen, etwa Erosionsschutzschilde an Rotorblättern;
- c) eine Reparatur, bei der Bauteile verändert oder ersetzt wurden;
- d) Verschiebung von Bauteilen auf dem Wellenstrang, was sich in einer Unwucht äußert, wie z. B. Kurzschlussringe an einem Generator, Turbinenräder an einer Gasturbine oder Kupplungen.

ANMERKUNG Rotorblätter werden üblicherweise als ausgewuchtete Sätze montiert. Das ist jedoch dann oft nicht möglich, wenn nur einige Rotorblätter ersetzt werden.

N1) Nationale Fußnote: Übergangszustände sind solche, in denen sich die Drehzahl ändert, z. B. Hochlauf und Auslauf.

4.2.3 Auswuchten am Aufstellungsort kann auch aus einer Reihe von wirtschaftlichen und technischen Überlegungen heraus notwendig sein, z. B.:

- a) die Aufwendungen für die Anschaffung einer Auswuchtmaschine lassen sich nicht rechtfertigen;
- b) wenn am gewünschten Ort oder zum erforderlichen Zeitpunkt keine geeignete Auswuchtmaschine zur Verfügung steht;
- c) wenn Demontage der Maschine und Transport des oder der Rotoren zu einer geeigneten Auswuchtanlage nicht wirtschaftlich sind.

4.2.4 Nach der Inbetriebnahme oder einer Instandsetzung können Maschinen beim üblichen Betrieb und/oder in Übergangszuständen unzulässig hohe Schwingungen aufweisen im Vergleich zur üblichen Praxis, vertraglichen Vorgaben oder Angaben in Internationalen Normen, wie den Normen der Reihen ISO 7919 und ISO 10816. Durch eine Auswuchtung am Aufstellungsort ist es häufig möglich, die Maschinenschwingungen auf zulässige Werte zu verringern.

4.3 Ziele des Auswuchtens am Aufstellungsort

Das Ziel des Auswuchtens besteht darin, die Schwingungen auf Werte zu verringern, die für den Dauerbetrieb zulässig sind. Bei der Mehrzahl der Maschinen müssen die Grenzwerte der breitbandig gemessenen Schwingungen entweder der üblichen Praxis oder dem zutreffenden Teil von ISO 7919 (für die Wellenschwingungen) und ISO 10816 (für die Lagerständer- und Gehäuseschwingungen) entsprechen.

Wenn aber die Unwucht von Belang ist, ist der Betrag der Unwucht auf zulässige Werte zu verringern (Einzelheiten siehe ISO 1940-1 und ISO 11342).

5 Kriterien für die Durchführung des Auswuchtens am Aufstellungsort

Vor einer Auswuchtung am Aufstellungsort muss die Durchführbarkeit untersucht werden, um zu entscheiden, ob die zur Verfügung stehenden Ausgleichsebenen geeignet sind, Einfluss auf das beobachtete Schwingungsverhalten zu nehmen. Denn eine eingeschränkte Zugänglichkeit zu den Ausgleichsebenen und Messorten an der vollständig zusammengebauten Maschine kann das Auswuchten am Aufstellungsort unpraktikabel machen. Soweit möglich, sollte die Erfahrung aus vorangegangenen Auswuchtungen am Aufstellungsort genutzt werden. Gelegentlich kann eine Modalanalyse erforderlich sein.

Das Auswuchten am Aufstellungsort darf nur unter den folgenden Bedingungen ins Auge gefasst werden:

- a) die Ursachen der hohen Schwingungen sind bekannt und können nicht durch Maßnahmen an der Quelle verringert werden;
- b) man kommt nach der Analyse des Schwingungsverhaltens zu dem Schluss, dass die Auswuchtung ein sicheres und praktikables Vorgehen ist;
- c) der unter den vorgeschriebenen üblichen Betriebsbedingungen vor und während des Auswuchtens beobachtete Schwingungsvektor ist stationär und reproduzierbar;
- d) da das Anbringen von Ausgleichsmassen lediglich die drehfrequente Schwingungskomponente beeinflusst, ist das Auswuchten am Aufstellungsort nur dann sinnvoll, wenn diese Komponente einen signifikanten Anteil an der Gesamtschwingung hat.^{N2)}

N2) Nationale Fußnote: Gemeint ist hier, dass das Auswuchten am Aufstellungsort nicht sinnvoll ist, wenn der Anteil der umlauffrequenten (drehfrequenten) Schwingung unbedeutend ist.