

DIN ISO 21940-23



ICS 21.120.40

Ersatz für
DIN ISO 7475:2004-04

**Mechanische Schwingungen –
Auswuchten von Rotoren –
Teil 23: Verkleidungen und andere Schutzmaßnahmen für die
Messstation von Auswuchtmaschinen (ISO 21940-23:2012)**

Mechanical vibration –

Rotor balancing –

Part 23: Enclosures and other protective measures for the measuring station of balancing machines (ISO 21940-23:2012)

Vibrations mécaniques –

Équilibrage des rotors –

Partie 23: Enceintes et autres mesures de protection pour le poste de mesurage des machines à équilibrer (ISO 21940-23:2012)

Gesamtumfang 31 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	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Liste der signifikanten Gefährdungen	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Risikobewertung	8
4.3 Zugang zur Auswuchtmaschine	10
5 Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen	10
5.1 Allgemeine Anforderungen	10
5.2 Spezifische Anforderungen	13
6 Nachprüfung der Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen	17
7 Benutzerinformationen	17
7.1 Allgemeine Anforderungen	17
7.2 Betriebsanleitung	17
7.3 Kennzeichnung	18
Anhang A (normativ) Auswahl von Verkleidungen der Schutzklasse C	19
Anhang B (informativ) Einrichtung für die Aufprallprüfung	27
Anhang C (informativ) Beispiele für Schutzeinrichtungen	28
Literaturhinweise	31

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 21940-23:2012 „Mechanical vibration — Rotor balancing — Part 23: Enclosures and other protective measures for the measuring station 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 UA (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 2806	siehe	DIN ISO 2806
Normen der Reihe ISO 9355	siehe	Normen der Reihe DIN EN 894
ISO 12100	siehe	DIN EN ISO 12100
ISO 13849-1	siehe	DIN EN ISO 13849-1
ISO 13850	siehe	DIN EN ISO 13850
ISO 13851	siehe	DIN EN 574
ISO 13854	siehe	DIN EN 349
ISO 13855	siehe	DIN EN ISO 13855
ISO 13857	siehe	DIN EN ISO 13857
ISO 14118	siehe	DIN EN 1037
ISO 14119	siehe	DIN EN ISO 14119
ISO 14120	siehe	DIN EN 953
Normen der Reihe ISO 14122	siehe	Normen der Reihe DIN EN ISO 14122
ISO/IEC Guide 51	siehe	DIN 820-120

Die Deutschen Normen sind im nationalen Anhang NA aufgeführt.

Normen mit der Bezeichnung EN xxx sind identisch mit Deutschen Normen mit der Bezeichnung DIN EN xxx.

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

— *Part 1: Introduction* ¹⁾

— *Part 2: Vocabulary* ²⁾

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*

- *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⁾
- *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 7475:2004-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normnummer geändert;
- b) Schutzklasse 0 gestrichen;
- c) Norm redaktionell überarbeitet und an die aktuelle Terminologie angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN 45690: 1994-02

DIN 45690 Bbl.1: 1999-11

DIN ISO 7475: 2004-04

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*

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 820-120, *Normungsarbeit — Teil 120: Leitfaden für die Aufnahme von Sicherheitsaspekten in Normen (ISO/IEC Guide 51)*

DIN EN 349, *Sicherheit von Maschinen — Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen*

DIN EN 574, *Sicherheit von Maschinen — Zweihandschaltungen — Funktionelle Aspekte — Gestaltungsleitsätze*

DIN EN 894 (alle Teile), *Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen*

DIN EN 953, *Sicherheit von Maschinen — Trennende Schutzeinrichtungen — Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen*

DIN EN 1037, *Sicherheit von Maschinen — Vermeidung von unerwartetem Anlauf*

DIN EN ISO 12100, *Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung*

DIN EN ISO 13849-1, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze*

DIN EN ISO 13850, *Sicherheit von Maschinen — Not-Halt — Gestaltungsleitsätze*

DIN EN ISO 13855, *Sicherheit von Maschinen — Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen*

DIN EN ISO 13857, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen*

DIN EN ISO 14119, *Sicherheit von Maschinen — Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen — Leitsätze für Gestaltung und Auswahl*

DIN EN ISO 14122 (alle Teile), *Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen*

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

DIN ISO 2806, *Industrielle Automatisierungssysteme — Numerische Steuerung von Maschinen — Begriffe*

Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 23: Verkleidungen und andere Schutzmaßnahmen für die Messstation von Auswuchtmaschinen

Einleitung

Ein Ziel bei der Konstruktion und dem Einsatz von Auswuchtmaschinen ist es bereits, die Gefährdungen möglichst gering zu halten, die direkt von der Benutzung der Maschine ausgehen. Der stärker werdende Ruf nach immer größerer Sicherheit in der Arbeitswelt fordert jedoch weitere Schutzmaßnahmen, insbesondere in Bezug auf den auszuwuchtenden Rotor. Es können potenzielle Gefährdungen für die Bedienungsperson der Auswuchtmaschine oder die Werkhalle in ihrer Nähe bestehen, z. B. kann Bedienungspersonal mit Maschinenteilen oder dem Rotor in Berührung kommen, es können sich Rotorteile oder Ausgleichsmassen lösen und wegfliegen, der Rotor kann von den Lagerständern abheben oder bersten.

Spezialauswuchtmaschinen, wie sie z. B. in der Serienfertigung in der Automobilindustrie benutzt werden, besitzen üblicherweise alle nötigen Schutzmaßnahmen, da das auszuwuchtende Werkstück sowie die Betriebsbedingungen der Maschine bekannt sind und vom Maschinenhersteller berücksichtigt werden können. Bei Universal-Auswuchtmaschinen sind jedoch im Allgemeinen dem Hersteller der Auswuchtmaschine die auszuwuchtenden Werkstücke nicht bekannt, und er hat daher keinen Einfluss auf die Einsatzart, sodass elementare Schutzmaßnahmen auf offensichtliche Gefahren begrenzt sind, z. B. solche von einer Gelenkwelle oder von einem Antriebsriemen. Der Hersteller der Auswuchtmaschine hat dem Benutzer jedoch ausreichende Informationen zur Verfügung zu stellen, damit er solche möglichen Gefährdungen beurteilen kann, die entweder von dem Rotor ausgehen, der sich in der Auswuchtmaschine befindet, oder von dem bestimmungsgemäßen Betrieb der Auswuchtmaschine hervorgerufen werden. In Ergänzung dieser Informationen ist auch der Benutzer der Auswuchtmaschine gehalten, die von seinen Rotoren ausgehenden möglichen Gefährdungen zu nennen, um es dem Hersteller der Auswuchtmaschine zu ermöglichen, entsprechende Schutzvorkehrungen mitzuliefern, oder der Benutzer muss ausreichende Schutzmaßnahmen in eigener Verantwortung treffen.

Wenn die Rotoren nicht im Vorhinein bekannt sind, z. B. bei Wartung und Reparatur, ist eine gute Abschätzung vonnöten. Tabelle A.2 enthält typische Werte für verschiedene Auswuchtmaschinen-Größen, jedoch hat der Benutzer der Auswuchtmaschine bei jedem auszuwuchtenden Rotortyp zu kontrollieren, ob die Schutzmaßnahmen alle Gefahren abdecken.

Die meisten nationalen Vorschriften verlangen gewisse Mindest-Schutzmaßnahmen. Die Beachtung derartiger Vorschriften in Verbindung mit den Empfehlungen, die dieser Teil von ISO 21940 enthält, werden im Allgemeinen für einen hinreichenden Schutz der Bedienungsperson der Auswuchtmaschine und der in ihrer Nähe Beschäftigten ausreichen. Es wird jedoch Anwendungsfälle geben, in denen die empfohlenen Verkleidungen oder anderen Schutzvorkehrungen so kostenintensiv sind oder ihre Benutzung so zeitaufwendig ist, dass andere Sicherheitsmaßnahmen, z. B. Räumung der Umgebung bis zu einer ausreichenden Entfernung, Fernbedienung der Auswuchtmaschine, Durchführung der Arbeit außerhalb der gewöhnlichen Arbeitszeit, in Betracht gezogen werden müssen.

Die Betrachtung der Unfallwahrscheinlichkeit kann wichtig sein, wenn ein Rotor bei oder oberhalb seiner höchsten Betriebsdrehzahl ausgewuchtet oder geschleudert werden muss. Dabei kann ein größeres Versagen des Rotors nicht mit der gleichen Sicherheit ausgeschlossen werden wie beim niedrigtourigen Auswuchten.

Andererseits kann ein Rotor, der bei niedriger Drehzahl ausgewuchtet wird, aus einer Anzahl verschiedener Komponenten zusammengesetzt sein, wie z. B. das Schaufelrad einer Turbine. Es erhebt sich dann die Frage, ob eine Verkleidung für das niedrigtourige Auswuchten dem Durchschlag einer Schaufel widerstehen sollte oder ob es ausreichend ist, den Schutz vor dem Durchschlag von Ausgleichsmassen sicherzustellen, die sich während des Auswuchtens lösen könnten. Wenn die Wahrscheinlichkeit des Wegfliegens einer Schaufel praktisch nicht besteht, kann durchaus ein Schutz gegen wegfliegende Ausgleichsmassen ausreichend sein.

Da sich dieser Teil von ISO 21940 allgemein mit Auswuchtmaschinen und Schutzmaßnahmen befasst, können keine Details des Risikos bei speziellen Rotortypen und speziellen Auswuchtmaschinen angegeben werden. Es ist daher in der Regel erforderlich, in jedem einzelnen Fall entsprechende Untersuchungen anzustellen, die auf den jeweils vorliegenden Rotorparametern basieren. In diesem Zusammenhang sollte die Gefahrenanalyse auch die Eigenschaften der Auswuchtmaschine berücksichtigen. Hinsichtlich des Ausmaßes von Folgeschäden kann es von entscheidender Bedeutung sein, Kenntnis darüber zu haben, wieviel Unwucht die Lager und Lagerstände der Auswuchtmaschine für den Fall aushalten können, dass ein Rotor teilweise versagt, z. B. wenn Einzelteile vom Rotor wegfliegen.

Die von diesem Teil von ISO 21940 behandelten signifikanten Gefährdungen sind in Abschnitt 4 aufgeführt. Die Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen, um diese Gefährdungen zu vermeiden oder zu verringern, sind in Abschnitt 5 genannt. Die Vorgehensweisen zur Nachprüfung dieser Anforderungen und Schutzmaßnahmen sind in Abschnitt 6 zu finden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 21940 legt Anforderungen an Verkleidungen und andere Schutzmaßnahmen fest, die dazu dienen, die mechanischen Gefährdungen so klein wie möglich zu halten, die vom Rotor in der Unwucht-Messstation einer fliehkraftnutzenden Auswuchtmaschine ausgehen. Die Gefährdungen ergeben sich durch den Betrieb von Auswuchtmaschinen mit den verschiedensten Rotoren und unter den verschiedensten Auswuchtbedingungen. Dieser Teil von ISO 21940 definiert verschiedene Schutzklassen, die Verkleidungen und andere Schutzmaßnahmen gewähren, sowie die Grenzen der Anwendbarkeit für jede Schutzklasse.

Vorrichtungen zum Ausgleich der Massenverteilung eines Rotors und Vorrichtungen zum Ein- und Auslagern des Rotors werden in diesem Teil von ISO 21940 nicht behandelt, auch wenn sie mit der Messstation verbunden sind.

Spezielle Eigenschaften der Verkleidungen, wie z. B. Geräuschminderung, Reduktion von Ventilationsverlusten oder ein Vakuum (dies kann nötig sein, um schaufelbesetzte Rotoren mit Auswuchtdrehzahl drehen zu können), werden in diesem Teil von ISO 21940 nicht behandelt.

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 4849, *Personal eye-protectors — Specifications*

3 Begriffe

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

4 Liste der signifikanten Gefährdungen

4.1 Allgemeines

Signifikante Gefährdungen, die von der Messstation einer fliehkraftnutzenden Auswuchtmaschine ausgehen, sind zusammen mit Beispielen für die entsprechenden Gefahrensituationen, Tätigkeiten und Gefahrenzonen in Tabelle 1 aufgeführt.

4.2 Risikobewertung

Der Anwender dieses Teils von ISO 21940 (d. h. der Benutzer der Auswuchtmaschine, der Konstrukteur, der Hersteller oder der Lieferant) muss eine Risikobewertung durchführen. Als ein Teil der Risikobewertung muss der Anwender dieses Teils von ISO 21940 den beabsichtigten Einsatz der Auswuchtmaschine einschließlich Rüsten, Einstellen, Wartung, Reparatur und Reinigung sowie vernünftigerweise vorhersehbaren unsachgemäßen Gebrauch der Maschine beschreiben. Als ein Teil der Risikobewertung muss der Anwender dieses Teils von ISO 21940 des Weiteren nachprüfen, ob die Liste der Gefährdungen in Tabelle 1 auf die betrachtete Auswuchtmaschine zutrifft.

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

Tabelle 1 — Liste signifikanter spezifischer Gefährdungen und Beispiele für Gefahrenquellen an der Messstation von Auswuchtmaschinen

Punkt	Spezifische Gefährdung	Beispiele für Gefahrenquellen	Zugeordnete Tätigkeit	Entsprechende Gefahrenzone
1	Mechanisch			
1.1	Quetschen	freie Bewegung des Werkstücks	Einlagern des Werkstücks	zwischen Rotor und Lagerständer
1.2	Scheren	Rotation des Werkstücks	Kontrolle des Bandantriebs	im Bereich der Antriebswelle, des Rotors und der Führungsrollen
			Schmieren von Rollen	zwischen Lagerzapfen und Rolle
		Bewegung des Werkstücks in axialer Richtung während der Rotation	bei der Kontrolle des Auswuchtvorgangs	zwischen Rotor und Lagerständer, Zugangsbereich um die Maschine
		kraftbetriebenes Schließen der Spannvorrichtung	Einlagern des Rotors	zwischen Rotor und Spannvorrichtung
1.3	Stoß	Herausschleudern des Rotors	Radial-Gegenlager nicht geschlossen, große Unwuchten, hohe Auswuchtdrehzahl	im näheren Bereich um die Maschine, aber auch in größerer Entfernung, abhängig von der Drehzahl und der Energie der Massen
		Herausschleudern von Rotorteilen	lose Teile, übermäßige Auswuchtdrehzahl	
		Bersten des Rotors		
		Herausschleudern von Ausgleichsmassen	ungenügend befestigte Massen	
1.4	Einstich, Durchstich	Gelenkwelle nicht an den Rotor gekuppelt und Antrieb startklar	Einschalten des Antriebs	im Bereich der Gelenkwelle
		Rotation eines Rotors mit hervorstehenden Teilen	Kontrolle der Maschineneinstellung, während sich der Rotor dreht	am Rotor
1.5	Einziehen	laufender Bandantrieb	Kontrolle des Bandantriebs	zwischen dem Band und dem Rotor oder den Führungsrollen
		Rotation eines Rotors mit hervorstehenden Teilen	Kontrolle der Maschineneinstellung, während sich der Rotor dreht	am Rotor
1.6	Rutschen, Stolpern und Stürzen	Herausschleudern von Schmiermittel aus einem Gleitlager	während des Betriebs der Maschine	Fußbodenbereich um die Maschine
1.7	übermäßige Schwingungen	mechanische Schwingungen aufgrund von Unwuchten und Biegeeigenformen	Auswuchten bei hohen Drehzahlen, Schleudern	im näheren Bereich um die Maschine, aber auch in größerer Entfernung, abhängig von der Stärke der Schwingungen
2	Elektrisch			
2.1	hohe Spannung	Berühren von unter Strom stehenden Teilen		
2.2	Antriebsenergie	Wiederaanlaufen nach Unterbrechung der Energieversorgung	während des Einstellens des Rotors	im Bereich des Rotors und Antriebs
		Ausfall der Drehzahlregelung während des Umschlagens	Umschlagen des Rotors	zwischen Rotor und Spannvorrichtung
3	übermäßiges Geräusch	Auswuchten eines schaufelbesetzten Rotors, Antrieb mit Druckluft	Auswuchtlauf	in der Nähe der Maschine

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Punkt	Spezifische Gefährdung	Beispiele für Gefahrenquellen	Zugeordnete Tätigkeit	Entsprechende Gefahrenzone
4	Außerachtlassung ergonomischer Grundsätze			
4.1	ungesunde Haltung oder übermäßige Anstrengung (wiederholte Beanspruchung)	Heben sowie Ausstrecken des Arms beim Umgang mit dem Werkstück und mit Maschinenteilen	während des Ein- oder Auslagerns sowie der Wartung	Stelle des Ein- und Auslagerns, die Stellen der Wartungsarbeiten
		ungenügende Berücksichtigung der Anatomie der Hände/Arme und Füße/Beine	während des Betriebs der Auswuchtmaschine	Arbeitsplatz
4.2	ungenügende Beleuchtung vor Ort	Abschätzen und Genauigkeit manueller Tätigkeiten beim Einstellen und Einlagern	während des Einlagerns und Einstellens	an den Antriebselementen, den Lagerständen und der Stelle des Ein- und Auslagerns
5	menschliches Fehlverhalten	versehentliche Betätigung von Steuerelementen, unsachgemäße Behandlung von Schutzschaltern	Ermitteln der Unwucht, während des Einstellens	im Bereich des Rotors
ANMERKUNG Diese Auflistung sollte nicht als vollständig angesehen werden.				

4.3 Zugang zur Auswuchtmaschine

Die Risikobewertung muss davon ausgehen, dass Zugang zur Auswuchtmaschine aus allen Richtungen besteht. Die Risiken sowohl für die Bedienungsperson(en) als auch für andere Personen, die Zugang zu den Gefahrenzonen haben können, sind zu benennen, wobei alle Gefährdungen betrachtet werden müssen, die während der Lebensdauer der Auswuchtmaschine auftreten können. Die Bewertung muss eine Analyse der Auswirkungen eines oder mehrerer Ausfälle von Sicherheitsfunktionen des Steuerungssystems beinhalten.

5 Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen

5.1 Allgemeine Anforderungen

5.1.1 Generelle Vorbemerkung

Die Auswuchtmaschine muss sicher und in der Weise am Fundament (oder Fußboden) befestigt werden, dass sie allen Belastungen zuverlässig widersteht, die von der Masse des Rotors, der Unwucht, von Teilchen oder Rotorteilen, die vom Rotor wegfliegen, und den notwendigen Bewegungen der Verkleidung beim Öffnen und Schließen ausgehen.

Beim Betrieb einer Auswuchtmaschine können verschiedene potenzielle Gefährdungen für die Bedienungsperson der Auswuchtmaschine oder die Werkhalle in ihrer Nähe bestehen, beispielsweise

- kann Bedienungspersonal mit sich bewegenden Maschinenteilen oder mit dem Rotor in Berührung kommen,
- können sich Rotorteile oder Ausgleichsmassen lösen und wegfliegen,
- kann der Rotor von den Lagerständen abheben oder bersten.

Es ist deshalb notwendig, dass allgemeine Sicherheitsanforderungen zwei Bereiche abdecken: Schutz vor gefährdender Berührung mit bewegten Bauteilen (in der Hauptsache der sich drehende Rotor) und Schutz gegen Teilchen oder Rotorteile, die vom Rotor wegfliegen.