

	Erdöl - und Erdgasindustrie Schnelllaufgetriebe für spezielle Anwendungen (ISO 13691:2001) Deutsche und englische Fassung EN ISO 13691:2002	DIN EN ISO 13691
--	---	--

ICS 21.206

Petroleum and natural gas industries— High-speed special-purpose gear units (ISO 13691:2001) —
German and English version EN ISO 13691:2002

Industries du pétrole et du gaz naturel— Engrenages à grande vitesse pour applications particulières (ISO 13691:2001) —
Version allemande et anglaise EN ISO 13691:2002

Die Europäische Norm EN ISO 13691:2002 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 12 „Materialien, Ausrüstungen und Offshore-Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie“ (Sekretariat: Frankreich) erstellt. Es handelt sich dabei um die unveränderte Übernahme von ISO 13691:2001, gemeinsam erarbeitet von ISO/TC 60 „Gears“ (Sekretariat: USA) mit ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“ (Sekretariat: USA), Unterkomitee 6 „Processing equipment and systems“ (Sekretariat: Frankreich). Für Deutschland haben an dieser Europäischen Norm der Normenausschuss Erdöl- und Erdgasindustrie (NÖG) und der Normenausschuss Maschinenbau (NAM) mitgearbeitet.

Fortsetzung 158 Seiten EN ISO

Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

— Leerseite —

Deutsche Fassung

**Erdöl- und Erdgasindustrie – Schnellaufgetriebe für spezielle
Anwendungen (ISO 13691:2001)**

Petroleum and natural gas industries - High-speed special-
purpose gear units (ISO 13691:2001)

Industries du pétrole et du gaz naturel - Engrenages à
grande vitesse pour applications particulières (ISO
13691:2001)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 1. August 2002 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen.....	4
3 Bezeichnungen	6
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Grundkonstruktion	10
5.1 Allgemeines.....	10
5.2 Getriebeauslegung	13
5.3 Getriebeelemente.....	18
5.4 Gehäuse.....	21
5.5 Gehäuseanschlüsse	23
5.6 Dynamik	25
5.7 Lager und Lagergehäuse	28
5.8 Schmierung	30
5.9 Material	31
5.10 Typenschilder und Drehrichtungspfeile.....	32
6 Zubehör.....	33
6.1 Allgemeines.....	33
6.2 Kupplungen und Kupplungsverschaltungen.....	33
6.3 Unterbauten.....	33
6.4 Steuerung und Instrumentierung.....	35
6.5 Leitungen und Zubehör.....	36
6.6 Spezialwerkzeuge	36
7 Inspektion, Erprobung und Vorbereitung für den Versand.....	36
7.1 Allgemeines.....	36
7.2 Inspektion	37
7.3 Erprobung.....	40
7.4 Vorbereitung für den Versand	43
8 Verkäuferdaten.....	44
8.1 Allgemeines.....	44
8.2 Angebote	45
8.3 Vertragsdaten.....	47
Anhang A (informativ) Spezialgetriebe — Datenblätter.....	49
Anhang B (informativ) Lateralkritisches Drehzahlprofil und Modusformen für typischen Rotor.....	57
Anhang C (informativ) Kupplungen für schnell laufende Getriebe.....	59
Anhang D (informativ) Verkäuferanforderungen bezüglich Zeichnungen und Daten.....	64
Anhang E (informativ) Verzahnungsinspektion	70
Anhang F (informativ) Checkliste des Abnahmebeamten.....	71
Anhang G (informativ) Beziehung der Zahnauslegungsfaktoren von ISO 13691, ISO 9084 und API 613	76
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	81
Literaturhinweise	82

Vorwort

Der Text der ISO 13691:2001 wurde erstellt vom Technischen Komitee ISO/TC 60 „Gears“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) und wurde als EN ISO 13691:2002 übernommen vom Technischen Komitee CEN/TC 12 „Materialien, Ausrüstungen und Offshore-Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie“, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis spätestens Mai 2003, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2003 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien, die Tschechische Republik, Ungarn und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 13691:2001 wurde von CEN ohne jede Änderung als EN ISO 13691:2002 angenommen.

ANMERKUNG Normative Verweisungen auf internationale Publikationen sind in Anhang ZA (normativ) aufgeführt.

Einleitung

Die vorliegende Internationale Norm basiert auf dem gesammelten Wissen und der gesammelten Erfahrung von Herstellern und Anwendern von Getrieben. Sie wurde entwickelt, um die Bedürfnisse von Erdölindustrie, Petrochemie und Erdgasindustrie zu erfüllen, ist aber nicht auf diese Industriebereiche beschränkt.

Ziel der vorliegenden Internationalen Norm ist es, Mindestanforderungen an Konstruktion und Fertigung zu stellen, so dass die Ausrüstung für den erforderlichen Zweck geeignet ist.

Energieeinsparung und Umweltschutz spielen bei allen Aspekten der Konstruktion, Anwendung und des Betriebs der Ausrüstung eine wichtige Rolle. Hersteller und Anwender von Ausrüstung müssen konsequent alternative, innovative Ansätze verfolgen, die den Energieverbrauch optimieren und/oder die Auswirkungen für die Umwelt reduzieren, ohne dass Sicherheit oder Zuverlässigkeit beeinträchtigt werden. Diese Ansätze müssen gründlich verfolgt werden. Kaufentscheidungen müssen zunehmend auf Prognosen der Kosten über die gesamte Lebensdauer und der Umweltfolgen beruhen, und nicht nur der reinen Kaufkosten.

Die vorliegende Internationale Norm verlangt vom Käufer die Spezifikation bestimmter Daten und Merkmale.

Der Anwender der vorliegenden Internationalen Norm sollte sich im Klaren sein, dass für individuelle Anwendungen zusätzliche oder andere Anforderungen erforderlich sein können. Die vorliegende Internationale Norm soll einen Verkäufer nicht davon abhalten, alternative Ausrüstung oder technische Lösungen für die individuelle Anwendung anzubieten. Ebenso soll der Käufer nicht davon abgehalten werden, diese abzunehmen. Dies trifft insbesondere auf innovative oder in der Entwicklung befindliche Technologie zu. Wenn eine Alternative angeboten wird, muss der Verkäufer Abweichungen von der vorliegenden Internationalen Norm angeben und hierzu nähere Informationen liefern.

Ein Punkt (●) am Beginn eines Absatzes zeigt an, dass entweder eine Entscheidung bzw. weitere Informationen des Käufers erforderlich sind. Diese Angaben sollten auf den Datenblättern erscheinen. Andernfalls sollten sie in der Anfrage bzw. im Auftrag angegeben sein.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Internationale Norm legt die Mindestanforderungen an ein- und zweistufige Präzisions-sondergetriebe mit Einfach- und Doppelschrägverzahnung und Übersetzung ins Schnelle oder Langsame mit parallelen Wellen mit Ritzeldrehzahlen von 3000 min^{-1} oder mehr oder Teilkreisgeschwindigkeiten von 25 m/s oder mehr fest. Diese Anwendungen müssen normalerweise länger kontinuierlich betrieben werden, ohne dass Ersatzmaschinen zur Verfügung stehen. Wichtig ist ein kontinuierlicher Betrieb der Anlage. Nach Vereinbarung kann die vorliegende Internationale Norm auf andere Bereiche angewendet werden.

Die vorliegende Internationale Norm legt auch ein Verfahren fest, um Getriebe auszulegen, die folgende Kriterien erfüllen:

- a) Getriebegenauigkeit
 - Verzahnungsqualität: Qualitätsgrad 4 oder besser gemäß ISO 1328-1:1995 Teilungs-Einzelabweichung f_{pt} und Teilungs-Gesamtabweichung F_p ,
 - Flankenlinien-Gesamtabweichung F_β zwischen Flanken von Ritzel und Rad: Qualitätsgrad 4 oder besser gemäß ISO 1328-1:1995;
- b) Bereich der Profilüberdeckung: $1,2 < \varepsilon_\alpha < 2,0$;
- c) Sprungüberdeckung $\varepsilon_\beta \geq 1,0$;
- d) Schrägungswinkel: $5 \leq \beta \leq 35^\circ$;
- e) Arbeitsflanken von Ritzel oder Zahnrad: mit Profiländerungen zum Erreichen einer optimalen Gesamt-zahnlastverteilung entlang der Kontaktlinie;
- f) Arbeitsflanken von Ritzel oder Zahnrad: geändert, um Dreh- und Biegeverformungen zu kompensieren und, falls erforderlich, bei Getrieben mit Teilkreisgeschwindigkeiten über 100 m/s auch Wärmeverformungen zu kompensieren;
- g) Getriebschmierung: reines Mineralöl, Viskosität VG-32 oder VG-46 (siehe ISO 3448);
- h) Material der Radzähne: Qualität MQ oder besser gemäß ISO 6336-5:1996.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 7-1, *Pipe threads where pressure-tight joints are made on the threads — Part 1: Dimensions, tolerances and designation.*

ISO 261, *ISO general-purpose metric screw threads — General plan.*

ISO 262, *ISO general-purpose metric screw threads — Selected sizes for screws, bolts and nuts.*

ISO 724, *ISO general-purpose metric screw threads — Basic dimensions.*

ISO 965-1, *ISO general-purpose metric screw threads — Tolerances — Part 1: Principles and basic data.*

ISO 965-2, *ISO general-purpose metric screw threads — Tolerances — Part 2: Limits of sizes for general purpose external and internal screw threads — Medium quality.*

ISO 965-3, *ISO general-purpose metric screw threads — Tolerances — Part 3: Deviations for constructional screw threads.*

ISO 1122-1, *Vocabulary of gear terms — Part 1: Definitions related to geometry.*

ISO 1328-1:1995, *Cylindrical gears — ISO system of accuracy — Part 1: Definitions and allowable values of deviations relevant to corresponding flanks of gear teeth.*

ISO 1940-1:1986, *Mechanical vibration — Balance quality requirements of rigid rotors — Part 1: Determination of permissible residual unbalance.*

ISO 2953, *Mechanical vibration — Balancing machines — Description and evaluation.*

ISO 3448:1992, *Industrial liquid lubricants — ISO viscosity classification.*

ISO 6336-3, *Calculation of load capacity of spur and helical gears — Part 3: Calculation of tooth bending strength.*

ISO 6336-5, *Calculation of load capacity of spur and helical gears — Part 5: Strength and quality of materials.*

ISO 6743-6, *Lubricants, industrial oils and related products (class L) — Classification — Part 6: Family C (Gears).*

ISO 7005-1, *Metallic flanges — Part 1: Steel flanges.*

ISO 7005-2, *Metallic flanges — Part 2: Cast iron flanges.*

ISO 8501-1:1988, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings.*

ISO 8579-1, *Acceptance code for gear units — Part 1: Test code for airborne sound.*

ISO 8821, *Mechanical vibration — Balancing — Shaft and fitment key convention.*

ISO 9084:2000, *Calculation of load capacity of spur and helical gears — Application to high speed gears and gears of similar requirement.*

ISO/TR 10064-4, *Cylindrical gears — Code of inspection practice — Part 4: Recommendations relative to surface texture and tooth contact pattern checking.*

ISO 10438-1, *Petroleum and natural gas industries — Lubrication, shaft-sealing and control-oil systems and auxiliaries — Part 1: General requirements.*

ISO 10438-2, *Petroleum and natural gas industries — Lubrication, shaft-sealing and control-oil systems and auxiliaries — Part 2: Special-purpose oil systems.*

ISO 10438-3, *Petroleum and natural gas industries — Lubrication, shaft-sealing and control-oil systems and auxiliaries — Part 3: General-purpose oil systems.*

ISO 10441, *Petroleum and natural gas industries — Flexible couplings for mechanical power transmission — Special purpose applications.*

ISO/TR 13593, *Enclosed gear drives for industrial applications.*

ISO/TR 13989-1, *Calculation of scuffing load capacity of cylindrical, bevel and hypoid gears — Part 1: Flash temperature method.*

ISO/TR 13989-2, *Calculation of scuffing load capacity of cylindrical, bevel and hypoid gears — Part 2: Integral temperature method.*

IEC 60079-0, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 0: General requirements.*

API 670, *Vibration, axial position and bearing-temperature monitoring systems.*

ASME B16.11, *Forged fittings, Socket-Welding and Threaded.*

ASME, *Boiler and pressure vessel code — Section V.*

ASME, *Boiler and pressure vessel code — Section VIII, Division 1.*

ASME Y 14.2 M, *Line conventions and lettering.*

ASTM A956, *Standard test method for Leeb hardness testing of steel products.*

ASTM E94, *Standard guide for radiographic examination.*

ASTM E125, *Standard reference photographs for magnetic particle indications on ferrous castings.*

ASTM E709, *Standard guide for magnetic particle examination.*

3 Bezeichnungen

Für die vorliegende Internationale Norm gelten die Bezeichnungen in ISO 1122-1 und die folgenden.

ANMERKUNG Der Ausdruck Auslegung (design) (wie z. B. Auslegungsleistung, Auslegungsdruck, Auslegungstemperatur, Auslegungsdrehzahl usw.) sollte in der Spezifikation des Käufers vermieden werden. Die Ausdrücke sollten nur vom Konstrukteur der Maschine oder vom Hersteller verwendet werden.

3.1

axial [horizontal] geteilte Gehäuseteilfugen

Gehäuseteilfuge parallel zur Wellenmitte

3.2

kritische Drehzahl

Wellendrehzahl, bei der das Rotorlagerstützsystem eine Resonanzfrequenz entsprechend der Erregerfrequenz bei dieser Drehzahl entwickelt

3.3

Rad

Getriebeelement mit niedrigerer Geschwindigkeit im Eingriff

3.4

Ritzel

Getriebeelement mit höherer Geschwindigkeit im Eingriff

3.5

Getriebeauslegungsleistung

maximale Leistung, die vom Käufer im Datenblatt angegeben und auf das Typenschild gestanzt wird

siehe 5.2.1.

3.6**Nennleistung**

Leistung, bei welcher ein Normalbetrieb zu erwarten und eine optimale Effizienz erwünscht ist

ANMERKUNG Die Nennleistung kann gleich oder niedriger sein als die Getriebeauslegungsleistung.

3.7**mechanische Auslegung**

Getriebeauslegungsleistung (3.5) multipliziert mit dem spezifizierten **Getriebeauswahlfaktor** (3.17)

3.8**Hunting-Zähnezahlverhältnis**

⟨kämmende Räder⟩ Kombination, bei der ein Zahn am Ritzel erst wieder Kontakt mit einem bestimmten Zahn des Rades hat, nachdem er alle anderen Radzähne berührt hat

3.9**Maximal zulässige Drehzahl**

höchste Drehzahl, bei welcher die Konstruktion des Herstellers einen Dauerbetrieb zulässt

3.10**Maximale Dauerdrehzahl**

⟨Antrieb mit veränderlicher Drehzahl⟩ Drehzahl mindestens gleich 105 % der Auslegungsdrehzahl

3.11**Maximale Dauerdrehzahl**

⟨Antrieb mit kontinuierlicher Drehzahl⟩ Drehzahl gleich der Auslegungsdrehzahl

3.12**Minimal zulässige Drehzahl**

niedrigste Drehzahl, bei welcher die Konstruktion des Herstellers einen Dauerbetrieb zulässt

3.13**Auslegungsantriebsdrehzahl**

spezifizierte (oder nominelle) Auslegungsdrehzahl des Antriebes, wie diese vom Käufer angegeben ist

3.14**Auslegungsabtriebsdrehzahl**

spezifizierte (oder nominelle) Auslegungsdrehzahl der angetriebenen Anlage, wie diese vom Käufer angegeben ist

ANMERKUNG Bei der Wahl der Zähnezahlen für Ritzel und Rad ist dem Verkäufer oft unmöglich, sowohl die Antriebsdrehzahl als auch die Abtriebsdrehzahlen gemäß den Angaben auf den Datenblättern genau zur Deckung zu bringen. Der Käufer gibt daher an, welche der beiden Drehzahlen spezifiziert ist, (d. h. unbedingt vom Verkäufer eingehalten werden muss) bzw. welche nur nominell ist (d. h. eine geringfügige Abweichung erlaubt). Der Buchstabe S wird verwendet, um die spezifizierte Drehzahl anzugeben, der Buchstabe N, um die nominelle Drehzahl anzugeben. Der Käufer gibt auf den Datenblättern ebenfalls den zulässigen Prozentsatz der Abweichung bei der angegebenen Übersetzung an.

3.15**Belastungswert für Flankenpressung**

σ_H

Flankenpressung, berechnet auf Grundlage der Hertzschen Pressung

3.16**Belastungswert für Biegespannung**

σ_F

Biegespannung, berechnet aus der Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdungsrisse an der Zahnfußausrundung

3.17

Getriebeauswahlfaktor

K_{SL}

Faktor, der auf den berechneten Belastungswert für die Flankenpressung und der Biegespannung angewendet wird, abhängig von den Merkmalen des Antriebs und der angetriebenen Anlage, um einer möglichen Überlast, Schocklast und/oder Dauerdrehschwingungscharakteristiken Rechnung zu tragen

3.18

Schnellschlussdrehzahl

Drehzahl, bei welcher die Notüberdrehzahlvorrichtung anspricht, um den Hauptantrieb auszuschalten

ANMERKUNG 1 Bei Wechselstrommotoren mit fester Frequenz entspricht die Schnellschlussdrehzahl der synchronen Drehzahl des Motors bei der höchsten Versorgungsfrequenz.

ANMERKUNG 2 Bei Dampfturbinen und Kolbenmotoren beträgt die Schnellschlussdrehzahl wenigstens 110 % der maximalen Dauerdrehzahl. Bei Gasturbinen beträgt die Schnellschlussdrehzahl wenigstens 105 % der maximalen Dauerdrehzahl.

3.19

Spezialanwendung

Anwendungen, die eine Auslegung der Maschine für einen ununterbrochenen Dauerbetrieb in einer wichtigen Anwendung erfordern, für die es in der Regel keine Ersatzmaschine gibt (keine Redundanz)

3.20

Gesamter angezeigter Rundlauf

Gesamtanzeige

TIR

Unrundheit eines Durchmessers oder einer Fläche, die mit einer Messuhr ermittelt wird

ANMERKUNG Die Anzeige der Messuhr bedeutet eine fehlende Rechtwinkligkeit, die dem abgelesenen Wert entspricht, oder eine Exzentrizität entsprechend der Hälfte des abgelesenen Wertes.

3.21

Gaußscher Pegel

magnetische Feldstärke eines Teiles, die mittels einer Hallsonde gemessen wird, ohne Interferenz eines in der Nähe befindlichen magnetischen Teils oder Gebildes

3.22

Anlagenverantwortlichkeit

Verantwortung für die Koordination der technischen Aspekte der Ausrüstung und aller Hilfssysteme, die zum Auftragsumfang gehören

ANMERKUNG Die Verantwortlichkeit für Merkmale, wie z. B. Leistungsanforderungen, Drehzahl, Drehrichtung, allgemeine Anordnung, Kupplungen, Dynamik, Geräusche, Schmierung, Dichtungssysteme, Materialprüfberichte, Instrumentierung, Verrohrung und Teileprüfung ist beinhaltet.

3.23

Käufer

Einzelperson oder Unternehmen, das dem Verkäufer eine Bestellung erteilt und eine Spezifikation erstellt

ANMERKUNG Der Käufer kann der Besitzer der Anlage sein, in der die Vorrichtung installiert wird, oder der Vertreter des Besitzers sein (oft der Verkäufer der Vorrichtung, die vom Getriebe angetrieben wird).

3.24

Verkäufer

Unternehmen, das die Vorrichtung liefert

ANMERKUNG Der Verkäufer kann der Hersteller der Vorrichtung oder der Vertreter des Herstellers sein und ist normalerweise für den Wartungssupport zuständig.

4 Symbole und Abkürzungen

Siehe Tabelle 1.

Tabelle 1

Symbol	Bedeutung oder Begriff	Einheit
a	Achsabstand	mm
b	Zahnbreite	mm
b_B	Zahnbreite einer Flanke bei einem Doppelschrägverzahnungsgetriebe	mm
B	gesamte Zahnbreite eines Doppelschrägverzahnungsgetriebes einschließlich Spaltbreite	mm
$d_{1,2}$	Bezugsdurchmesser von Ritzel, Rad	mm
$D_{1,2}$	Wellendurchmesser bei Kraftschluss von Ritzel, Rad	mm
f_{pt}	Teilungs-Einzelabweichung	μm
F_p	Teilungs-Gesamtabweichung	μm
F_t	Nenn-Umfangskraft je Zahneingriff	N
F_R	äußere Kraft (Kupplung)	N
F_β	Gesamtflankenlinienabweichung	μm
HBW	Brinell-Härte	—
HRC	Rockwell-Härtezahl (Skala C)	—
K_v	Dynamikfaktor	—
$K_{F\beta}$	Breitenlastverteilungsfaktor (Fußlast)	—
$K_{H\beta}$	Breitenlastverteilungsfaktor (Flankenpressung)	—
K_{SL}	Auswahlfaktor	—
m_n	Normalmodul	mm
$n_{1,2}$	Drehzahl von Ritzel, von Rad, nominell	min^{-1}
P	Getriebeauslegungsleistung	kW
Ra	rechnerischer Mittelrauwert	μm
u	Übersetzung $z_2/z_1 \geq 1$	—
v	Teilkreisgeschwindigkeit am Bezugszylinder	m/s
Y_F	Formfaktor	—
Y_S	Spannungskorrekturfaktor	—
Y_β	Schrägenfaktor (Fußlast)	—
z_1, z_2	Anzahl der Zähne von Ritzel, von Rad	—
Z_E	Elastizitätsfaktor	$\sqrt{\text{N/mm}^2}$
Z_H	Zonenfaktor	—
Z_β	Schrägenfaktor(Flankenpressung)	—
Z_e	Überdeckungsgradfaktor (Flankenpressung)	—
α_n	Normaleingriffswinkel	°
α_t	Stirneingriffswinkel	°
α_{wt}	Betriebseingriffswinkel	°

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Bedeutung oder Begriff	Einheit
β	Schrägungswinkel am Bezugszylinder	°
β_b	Schrägungswinkel am Grundkreis	°
ε_α	Profilüberdeckung	—
ε_β	Sprungüberdeckung	—
σ_F	berechnete Biegespannung	N/mm ²
σ_{FAD}	zulässige Auslegungsbiegespannung	N/mm ²
σ_H	berechnete Flankenpressung	N/mm ²
σ_{HAD}	zulässige Auslegungsflankenpressung	N/mm ²

5 Grundkonstruktion

5.1 Allgemeines

5.1.1 Die dieser Internationalen Norm unterliegende Ausrüstung (einschl. Zubehör) muss für die vorgeschriebenen Betriebsbedingungen geeignet sein und sie muss ausgelegt und gebaut werden für eine Mindestbetriebsdauer von 20 Jahren bei jeweils dreijährigem ununterbrochenem Dauerbetrieb. Dies wird jedoch lediglich als Konstruktionskriterium betrachtet.

5.1.2 Der Verkäufer trägt die Verantwortung für die Konstruktionskoordination der Ausrüstung und sämtlicher Hilfssysteme, die zum Auftragsumfang gehören.

- **5.1.3** Die Beherrschung des Schalldruckpegels (SPL) der Ausrüstung unterliegt der gemeinsamen Anstrengung des Käufers und des Verkäufers. Wenn nicht anders angegeben, muss die vom Verkäufer gelieferte Anlage den Anforderungen der ISO-Norm 8579-1 sowie dem maximal vom Verkäufer spezifizierten Schalldruckpegel entsprechen.

5.1.4 Die Ausrüstung muss so konzipiert sein, dass diese sicher die Schnellschlussdrehzahl erreicht. Rotoren für Getriebe, die von Turbinen angetrieben werden, müssen unter Vorbehalt anderweitiger Vereinbarungen so ausgelegt sein, dass diese auch bei vorübergehenden Drehzahlen von bis zu 130 % der Auslegungsdrehzahl sicher laufen.

5.1.5 Die Anordnung der Ausrüstung, einschließlich der Rohrleitungen und der Hilfsanlagen, soll gemeinsam vom Käufer und Verkäufer entwickelt werden. Die Anordnung soll adäquate Freiräume berücksichtigen und einen sicheren Zugang bei Betrieb und Wartung gewährleisten.

- **5.1.6** Alle elektrischen Bauteile und Anlagen müssen für den jeweiligen Bereich (Klasse, Gruppe und Abteilung) geeignet sein, wie in den Vorschriften von IEC 60079-0 gefordert, und den örtlichen Vorschriften, wie sie vom Käufer spezifiziert und vorgelegt werden, entsprechen.

5.1.7 Ölbehälter und Gehäuse, welche bewegliche, geschmierte Teile umgeben, (wie z. B. Lager, Wellendichtungen, feinstbearbeitete Teile, Instrumente und Steuerelemente) sind so zu konstruieren, dass möglichst wenig Feuchtigkeit, Staub und andere Fremdkörper während des Betriebes und des Leerlaufes eindringen können.

5.1.8 Die Anlage soll auf dem Prüfstand und auf dem ständigen Fundament innerhalb der angegebenen Abnahmekriterien arbeiten. Nach dem Einbau obliegt die Funktion der zusammenwirkenden Einheiten der gemeinsamen Verantwortlichkeit des Käufers und des Verkäufers, der die Verantwortlichkeit für die Einheit (Getriebe) trägt.

- **5.1.9** Viele Faktoren (wie z. B. Belastung durch Leitungen, Ausrichtung bei Betriebsbedingungen, tragende Konstruktionen, Behandlung während des Versandes und Behandlung und Montage vor Ort) können die Funktion vor Ort nachteilig beeinflussen. Um den Einfluss dieser Faktoren zu mindern, muss der Verkäufer die Grundrahmen- und Fundamentzeichnungen des Käufers begutachten und dazu Stellung nehmen. Darüber hinaus kann ein Vertreter des Verkäufers beauftragt werden, die Ausrichtung bei Betriebstemperatur zu überprüfen, und gebeten werden, während der Überprüfung der Anfangsausrichtung und des Verzahnungstragbildes anwesend zu sein.
- **5.1.10** Der Käufer hat anzugeben, ob die Aufstellung im Gebäude (geheizt oder ungeheizt) oder im Freien (mit oder ohne Überdachung) erfolgt sowie auch die Wetter- und Umgebungsbedingungen, unter welchen die Ausrüstung betrieben wird (einschließlich maximaler und minimaler Temperaturen und ungewöhnliche Feuchtigkeit, Staub oder korrosionsfördernde Bedingungen).

5.1.11 Die Getriebe dürfen vorbehaltlich anderweitiger Vereinbarungen keine Einlaufzeit bei verringerter Drehzahl und Last im Einsatz benötigen.

Es wird anerkannt, dass bei bestimmten Bedingungen die Einlaufzeit erforderlich sein kann. Wenn dies notwendig ist, so hat der Verkäufer die erforderliche Belastung, Drehzahl und Dauer dieser Einlaufzeit im Angebot anzugeben. Der Verkäufer muss ebenfalls im Angebot alle zusätzlichen, während der Einlaufzeit notwendigen Feld- und Inbetriebnahmeprüfungen angeben.

- **5.1.12** Das Getriebe muss so konstruiert sein, dass es allen inneren und äußeren Belastungen standhält, die umlaufenden Verzahnungen eigen sind. Das Getriebe muss in der Lage sein, den angegebenen äußeren Belastungen (Schub, Schmierölleitungen usw.) beim Betrieb mit der vom Verkäufer vorgeschriebenen Getriebeauslegungleistung standzuhalten.

5.1.13 Die gesamte Ausrüstung muss so konstruiert werden, dass sie eine schnelle und wirtschaftliche Wartung ermöglicht. Größere Teile, wie z. B. die Gehäusekomponenten und Lagergehäuse, müssen so konstruiert sein (mit Zentrierung oder verstiftet) und hergestellt werden, dass eine genaue Ausrichtung beim Wiedereinbau sichergestellt ist. Wenn möglich, sollten Bauteile asymmetrisch verstiftet, verkeilt oder mit Absatz versehen werden, um eine unkorrekte Montage zu verhindern.

5.1.14 Die Ersatzteile für das Getriebe und alle gelieferten Hilfsanlagen müssen sämtliche Kriterien dieser Internationalen Norm erfüllen.

- **5.1.15** Der Käufer spezifiziert die jeweilige Wellenanordnung, ausgewählt aus den Möglichkeiten gemäß Tabelle 2 und dargestellt in Bild 1. Der Käufer kann auch auf einer Kopie von Bild 1 wahlweise eine oder mehrere Montagebezeichnungen einkreisen und die Kopie mit der Anfrage übersenden. Wenn die Wellenanordnung zum Zeitpunkt der Anfrage unklar ist, wird der Käufer sämtliche in Betracht kommenden Kombinationen angeben.

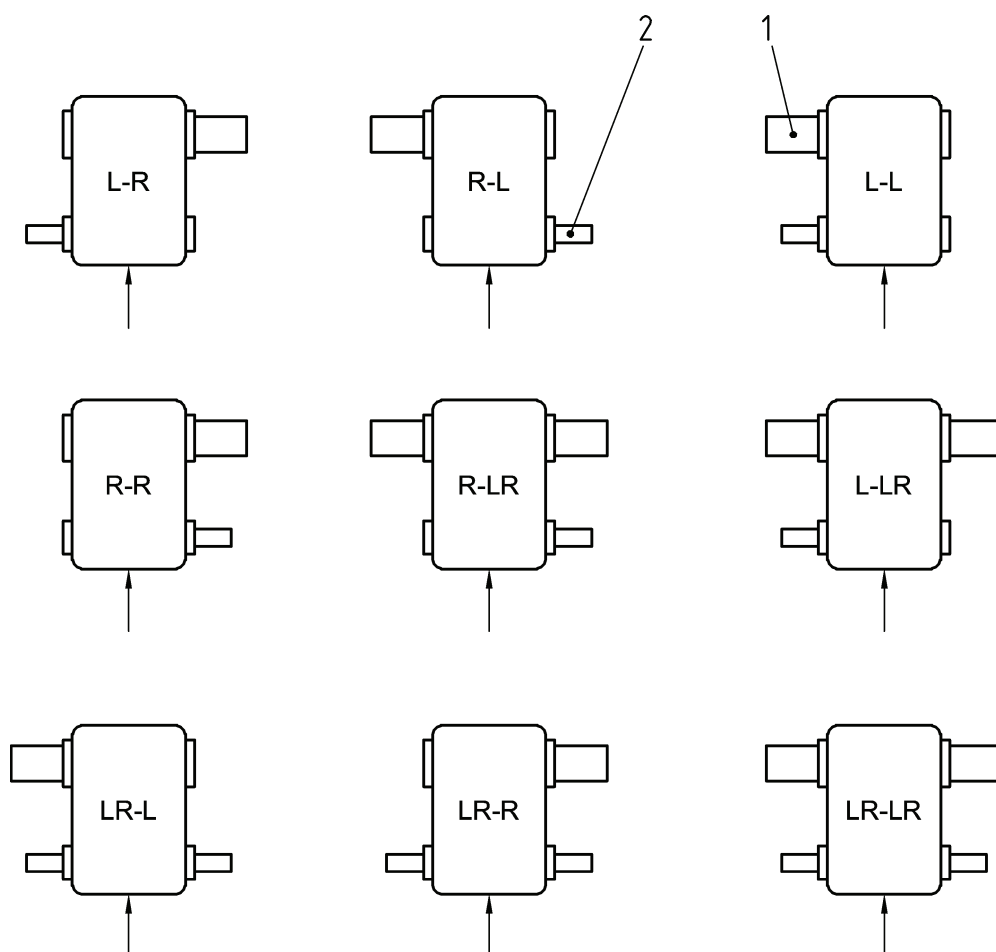
Tabelle 2 — Wellenanordnungskombinationen

Schnell laufende Welle	Langsam laufende Welle
L	R
R	L
L	L
R	R
R	LR
L	LR
LR	L
LR	R
LR	LR
ANMERKUNG L = links; R = rechts. Die Buchstaben beziehen sich auf Anzahl und Richtung der Wellenzapfen (siehe Bild 1).	

5.1.16 Die Drehrichtung der schnell- und langsam laufenden Welle ist entweder im Uhrzeigersinn (CW) oder entgegen dem Uhrzeigersinn (CCW), ausgehend von den Kupplungsenden auf die korrespondierenden Wellen gesehen.

5.1.16.1 Auf den Datenblättern, Zeichnungen und Tabellen ist die Wellendrehrichtung mit den Buchstaben CW oder CCW zu bezeichnen, wie mit Drehrichtungspfeilen in Bild 2 gekennzeichnet.

- **5.1.16.2** Der Käufer hat auf dem Datenblatt die Drehrichtung sowohl der langsam- wie der schnell laufenden Welle anzugeben. Wenn eine oder beide Wellen an jedem Ende einen Zapfen aufweisen, kann der Käufer auch die Drehrichtungen auf einer der entsprechenden Anordnungszeichnungen angeben (siehe Bild 1) und eine Kopie der Zeichnung mit der Anfrage vorlegen.
- **5.1.16.3** Bei der Festsetzung der endgültigen Bestelldaten hat der Käufer eine Skizze anzufertigen, aus der die Drehrichtung für jede Maschine des Wellenstranges hervorgeht.



Legende

- 1 Langsam laufende Welle
2 Schnell laufende Welle

ANMERKUNG 1 L = links; R = rechts

ANMERKUNG 2 Die Pfeile zeigen die Blickrichtung an, die zur Festlegung der Richtung der Wellenzapfen verwendet wurde. (Das Bild zeigt Draufsichten.)

ANMERKUNG 3 Buchstaben vor dem Bindestrich beziehen sich auf Anzahl und Richtung der Zapfen von schnell laufenden Wellen. Buchstaben nach dem Bindestrich beziehen sich auf Anzahl und Richtung der Zapfen von langsam laufenden Wellen.

ANMERKUNG 4 Das Material für dieses Bild wurde mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers der Norm AGMA 6010-F97 entnommen.

Bild 1 — Wellenanordnungsbezeichnungen (ein- und zweistufige Getriebe mit Einfach- und Doppelschrägverzahnung und Übersetzung ins Schnelle oder Langsame mit parallelen Wellen)

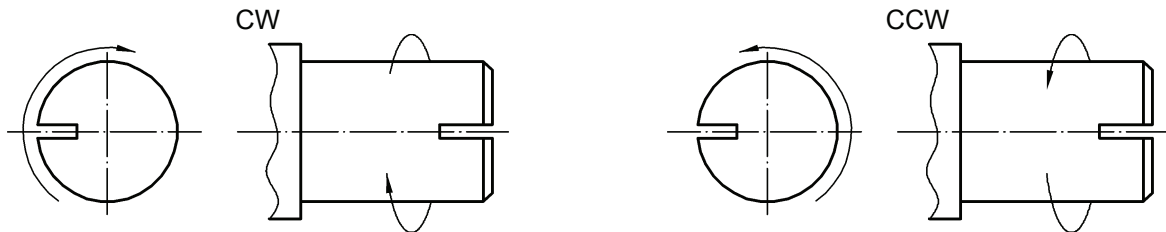


Bild 2 — Wellendrehrichtungsbezeichnungen

5.2 Getriebeauslegung

5.2.1 Allgemeines

Das Auslegungsverfahren für Getriebe, die nicht unter Punkt 1a) bis h) fallen, unterliegt einer Vereinbarung zwischen Käufer und Verkäufer.

In besonderen Fällen, in denen es wünschenswert oder sogar notwendig sein kann, von den Auslegungsregeln 5.2.1 bis 5.2.9 abzuweichen, müssen diese Abweichungen im Angebot vom Verkäufer beschrieben und begründet werden.

5.2.2 Getriebeauslegungsleistung P

- Die erforderliche Getriebeauslegungsleistung P wird vom Käufer angegeben. Sämtliche Arten des normalen und anomalen Betriebes sind zu berücksichtigen. Zu solchen Betriebsbedingungen zählen die Anzahl der Starts pro Zeiteinheit, reduzierte Last, Umkehrlast (falls möglich), reduzierte Drehzahl, Überlast und Überdrehzahl. Für Elektromotorenantriebe muss die Getriebeauslegungsleistung der vom Hersteller auf dem Motorleistungsschild angegebene Wert sein, multipliziert mit dem Motorservicefaktor.

Bei Getrieben, die unmittelbar mit einem Einfachantrieb gekuppelt sind, ist die erforderliche Getriebeauslegungsleistung die maximale Leistung des Antriebes.

Bei Getrieben, die zwischen zwei Arbeitsmaschinen angeordnet oder mit Doppelantrieben gekuppelt sind, sollte die Getriebeauslegungsleistung nicht geringer sein als Punkt a) oder b):

- 110 % der maximal für die vom Getriebe angetriebenen Anlage erforderliche Leistung;
- die Maximalleistung des Antriebes, anteilmäßig zwischen den angetriebenen Maschinen auf der Basis des normalen Leistungsbedarfes aufgeteilt.

Wenn das maximal übertragene Drehmoment bei einer anderen als der maximalen Dauerdrehzahl auftritt, dann wird dieses Drehmoment und die entsprechende Drehzahl vom Käufer auf den Datenblättern spezifiziert und gilt als die Basis für die Auslegung des Getriebes.

5.2.3 Auslegungskriterien

Für jeden Getriebeeingriff der Anlage werden Belastungswerte bezüglich folgender Kriterien berechnet:

- Flankenpressung (Grübchen),
- Zahnbiegespannung.

Die berechneten Belastungswerte dürfen nicht die zulässigen Auslegungsbelastungswerte gemäß Tabelle 3 überschreiten.

Zusätzlich muss die Widerstandsfähigkeit gegen Fressen berücksichtigt werden.

Die verwendeten Auslegungsfaktoren beruhen auf der Grundannahme, dass die Arbeitsflanken von Ritzel und Rad in nötigem Ausmaß geändert wurden, um Dreh- und Biegeverformungen zu kompensieren und, falls erforderlich, bei Zahnrädern mit Teilkreisgeschwindigkeiten über 100 m/s auch Wärmeverformungen zu kompensieren.

**Tabelle 3 — Zulässige Auslegungsbelastungswerte σ_{HAD} , σ_{FAD} —
Maximales (L/d) -Verhältnis des Ritzels**

Material	Zahn­härte	Zulässiger Auslegungs- belastungswert		Maximales L/d -Verhältnis des Ritzels	
		Flanken- pressung	Biege- spannung	doppel- schräg	einfach- schräg
		σ_{HAD}	σ_{FAD}		
		N/mm ²			
Vergütungsstahl	302 HBW	525	250	2,2	1,6
	321 HBW	542	256	2,2	1,6
	341 HBW	560	263	2,2	1,6
	363 HBW	580	270	2,2	1,6
Einsatzstahl und ein- satzgehärteter Stahl	58 HRC	760	350	2,0	1,6
Nitrierstahl	58 HRC	660	270	2,2	1,6
ANMERKUNG 1 HBW = Brinell-Härtezahl, HRC = Rockwell-Härtezahl „C“.					
ANMERKUNG 2 $L = b$ (einfachschrägverzahnte Getriebe); $L = B$ (doppelschrägverzahnte Getriebe); d = Teilkreis- durchmesser des Ritzels, in Millimeter.					
ANMERKUNG 3 Bei Getrieben mit Wechsellast bei jedem Lastzyklus müssen die Werte für σ_{FAD} um den Faktor 0,7 multipliziert werden.					

5.2.4 Flankenpressung

Die Belastung der Verzahnung bei Flankenpressung beruht auf der Basis der Hertzschen Pressung. Folgende Gleichung entnehmen wir dem Verfahren in ISO 9084 (siehe Anhang G).

$$\sigma_H = 426 \sqrt{\frac{F_t}{d_1 b} \cdot \frac{u+1}{u}} \sqrt{K_{SL}} \quad (1)$$

(Für ein doppelschrägverzahntes Getriebe gilt: $b = 2b_B$.)

Der Wert des Faktors K_{SL} in der vorhergehenden Gleichung wird gemäß 5.2.8 festgelegt. Die Symbole sind in Punkt 4 definiert.

Die Beziehung zwischen dem berechneten Belastungswert bei Flankenpressung σ_H und dem zulässigen Auslegungsbelastungswert bei Flankenpressung σ_{HAD} lautet folgendermaßen:

$$\sigma_H \leq \sigma_{HAD} \quad (2)$$

(siehe Tabelle 3).

5.2.5 Zahnbiegespannung

Die Biegespannung eines Getriebes ist ein Maß für die Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdungsrisse an der Zahnfußausrundung. Die berechnete Biegespannung σ_F wird separat für Ritzel und Rad ermittelt. Eine Erläuterung der verwendeten Faktoren finden Sie in Anhang G. Folgende Gleichung entnehmen wir dem Verfahren in ISO 9084 (siehe Anhang G).

$$\sigma_F = K_{SL} \cdot 1,55 \cdot Y_F \cdot Y_S \cdot Y_\beta \cdot \frac{F_t}{m_n b} \quad (3)$$

Die Werte der Faktoren in der vorhergehenden Gleichung werden gemäß 5.2.8 und 5.2.9 festgelegt. Für doppelschrägverzahnte Getriebe gilt: $b = 2b_B$.

Die Beziehung zwischen der berechneten Biegespannung σ_F und der zulässigen Auslegungsbiegespannungszahl σ_{FAD} lautet:

$$\sigma_F \leq \sigma_{FAD} \quad (4)$$

(siehe Tabelle 3).

5.2.6 Zulässige Auslegungsbelastungswerte σ_{HAD} , σ_{FAD}

5.2.6.1 Allgemeines

In Tabelle 3 sind die zulässigen Auslegungsbelastungswerte σ_{HAD} (für Flankenpressung) und σ_{FAD} (für Biegespannung) und maximale Länge-Durchmesser-Verhältnisse (L/d) der Ritzel für mehrere Materialien, die momentan Verwendung finden (siehe 7.2.2.6.3), enthalten.

Die in Tabelle 3 aufgeführten L/d -Werte gelten für schrägverzahnte Getriebe, wenn sie für die Übertragung der Auslegungsleistung konzipiert sind.

Wird ein höheres L/d -Verhältnis als in Tabelle 3 angegeben vorgeschlagen, muss der Getriebeverkäufer seinen Vorschlag, ein höheres L/d -Verhältnis anzuwenden, begründen. Die Zustimmung des Käufers ist erforderlich, wenn die L/d -Verhältnisse über den in Tabelle 3 angegebenen Werten liegen. Werden vom Käufer andere Betriebsbedingungen vorgegeben als die Getriebeauslegungsleistung, wie z. B. die Nennleistung, so muss der Getriebeverkäufer in seiner Analyse die Dauer und den Lastbereich für den Betrieb des Getriebes unter jeder Bedingung berücksichtigen, so dass eine korrekte Flankenkorrektur festgelegt werden kann. Wird eine Flankenkorrektur gewünscht, müssen Käufer und Verkäufer mit den bei der Nachprüfung, im Gehäuse, auf dem Trebelrollenstand oder auf dem Prüfstand ermittelten Tragbildern einverstanden sein.

Bei Vergütungsstahl können die folgenden Formeln verwendet werden, um die zulässigen Auslegungsbelastungswerte für Härten zwischen den Tabellenwerten zu ermitteln:

$$\sigma_{HAD} = 253 + 0,9 \text{ HBW} \quad (5)$$

$$\sigma_{FAD} = 149 + 0,33 \text{ HBW} \quad (6)$$

5.2.6.2 Härtekombinationen

Einige übliche Härtekombinationen von Ritzel und Rad sind in Tabelle 4 dargestellt. Diese Werte sind exemplarisch und stellen nicht die einzigen Härtekombinationen dar, die verwendbar sind.

Tabelle 4 — Einige übliche Härtekombinationen von Ritzel und Rad

Minimale Getriebehärte	Minimale Ritzelhärte
302 HBW	341 HBW
321 HBW	341 HBW
341 HBW	363 HBW
363 HBW	58 HRC ^a
58 HRC ^a	58 HRC ^a
58 HRC ^b	58 HRC ^a
58 HRC ^b	58 HRC ^b
^a Einsatzstahl und einsatzgehärteter Stahl	
^b Nitrierstahl	

5.2.7 Fressen

Bei Fressen handelt es sich um Schäden an der Radzahnoberfläche durch Fehlen oder Abreißen eines Schmierfilms zwischen sich berührenden Zahnflanken von kämmenden Rädern.

Die Gefahr von Fresssschäden hängt von den Eigenschaften des Radmaterials, vom verwendeten Schmiermittel, von der Oberflächenrauigkeit der Zahnflanken, von den Gleitgeschwindigkeiten und von der Last ab.

Folgende Verfahren zur Berechnung der Widerstandsfähigkeit gegen Fressen sind bewährt:

- a) Blitztemperaturmethode
- b) Integraltemperaturmethode

Beide Verfahren sind in ISO/TR 13989-1 und ISO/TR 13989-2 beschrieben.

Der Verkäufer kann gegebenenfalls ein anderes Verfahren zur Bewertung der Widerstandsfähigkeit gegen Fressen verwenden, muss aber Nachweise zur Durchführung des Verfahrens vorlegen.

5.2.8 Übliche Einflussfaktoren

5.2.8.1 Nominelle Tangentialbelastung F_t

Die nominelle Tangentialbelastung F_t wird im Stirnschnitt am Bezugszylinder auf Grundlage der Getriebeauslegungsleistung festgelegt.

$$F_t = \frac{1\,000\,P}{v} = \frac{19\,098 \times 1\,000\,P}{d_{1,2} \times n_{1,2}} \quad (7)$$

5.2.8.2 Teilkreisgeschwindigkeit v

Die Teilkreisgeschwindigkeit v wird am Bezugszylinder ermittelt.

$$v = \frac{d_{1,2} \times n_{1,2}}{19\,098} \quad (8)$$

5.2.8.3 Auswahlfaktor K_{SL}

Der Auswahlfaktor K_{SL} ermöglicht die Festlegung von schrittweisen Getriebebelastungen aus externen Quellen. Diese schrittweisen Belastungen können auf die Eigenschaften von Antrieben und angetriebenen Maschinen, möglichen Drehverstärkungseffekten im Kupplungsstrang und die Wahrscheinlichkeit zurückzuführen sein, dass sich im Industriebereich, für welchen die vorliegende Norm bestimmt ist, die Betriebsbedingungen für Antrieb oder angetriebene Maschinen ändern können.

Wenn die Merkmale des gesamten Maschinenstrangs und der Anwendung genau bekannt sind, kann die Stärke dieser Auswirkungen berechnet und ein entsprechender Wert K_{SL} ermittelt werden. Dieser berechnete Wert wird nach Vereinbarung verwendet.

Vorbehaltlich anderweitiger Vereinbarung gelten die Werte in Tabelle 5.

Tabelle 5 — Auswahlfaktoren K_{SL}

Angetriebene Ausrüstung	Antriebsart			
	Synchronmotoren und Motoren mit veränderlicher Frequenz	Induktions- motor	Gas- oder Dampfturbinen	Verbrennungs- motoren (mit mehreren Zylindern)
	Auswahlfaktoren K_{SL}			
Zentrifugalgebläse	1,6	1,4	1,6	1,7
Kompressoren				
Zentrifugal	1,6	1,4	1,6	1,7
Axial	1,6	1,4	1,6	1,7
Wälzkompressoren (radial, axial, Schraube usw.)	1,8	1,7	1,7	2,0
Kolben	2,1	2,0	2,0	2,3
Schütze	1,8	1,7	1,7	2,0
Extruder	1,8	1,7	1,7	—
Ventilatoren				
Zentrifugal	1,5	1,4	1,6	1,7
Künstlicher Zug	1,5	1,4	1,6	1,7
Saugzug	1,8	1,7	2,0	2,2
Generatoren und Erreger				
Basislast und kontinuierlich	1,1	1,1	1,1	1,3
Spitzenlastzyklus	1,3	1,3	1,3	1,7
Pumpen				
Zentrifugal (alle Anwen- dungen mit Ausnahme der nachfolgenden)	1,5	1,3	1,5	1,7
Zentrifugal, Kessel- speisung	1,8	1,7	2,0	—
Zentrifugal, heißes Öl	1,8	1,7	2,0	—
Zentrifugal, hohe Dreh- zahl (über 3.600 U/min)	—	1,7	2,0	—
Zentrifugal, Wasser- versorgung	1,6	1,5	1,7	2,0
Dreh, axialer Strom (alle Typen)	1,6	1,5	1,5	1,8
Wälzgetriebe	1,6	1,5	1,5	1,8
Kolben	2,1	2,0	2,0	2,3

5.2.9 Zahnbiegespannungsfaktoren

5.2.9.1 Formfaktor Y_F

Der Formfaktor berücksichtigt die Auswirkung der Zahnform auf die nominelle Biegespannung. Er basiert auf der Anwendung der Belastung auf den äußeren Rand von Tragbildern einzelner Zahnpaare.

Der Formfaktor Y_F wird gemäß ISO 9084 (Verfahren B aus ISO 6336-3:1996) separat für Ritzel und Rad festgelegt.

5.2.9.2 Spannungskorrekturfaktor Y_S

Der Spannungskorrekturfaktor ermöglicht das Umrechnen der nominellen Biegespannung in die lokale Zahnfußbelastung.

Der Formfaktor Y_S wird gemäß ISO 9084 separat für Ritzel und Rad festgelegt.

5.2.9.3 Schrägenfaktor Y_β

Der Schrägenfaktor ermöglicht das Umrechnen der Zahnfußbelastung des virtuellen Stirnrads in die Belastung des entsprechenden Schrägstirnrades.

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{120^\circ} \quad (9)$$

5.3 Getriebeelemente

5.3.1 Allgemeines

5.3.1.1 Alle Verzahnungen müssen fertiggeschnitten oder fertiggeschliffen werden, wenn das Rad mit der Welle montiert ist. Eines oder mehrere der folgenden Verfahren sind bei Fertigbearbeitung der Radverzahnung zu verwenden:

- a) Schleifen;
- b) Schaben;
- c) Honen;
- d) Präzisionsfräsen.

Alle Verzahnungen, die durch Schaben oder Honen fertigbearbeitet werden, müssen vorher gefräst werden. Schabewerkzeuge und rotierende Honwerkzeuge dürfen zusammen mit dem Werkstück keinen gemeinsamen Teiler haben. Genauigkeit der Radverzahnung und Änderungen von Profil und Flanke müssen dem Verfahren zur Getriebeauslegung entsprechen [siehe Punkt 1 a)]. Dies muss auf Anforderung des Käufers nachgewiesen werden.

5.3.1.2 Nicht galvanisch behandelte Zahnoberflächen müssen auf den Lastflanken gemäß ISO/TR 10064-4 entlang der Wälzlinie gemessen eine Oberflächenrauigkeit R_a von mindestens 0,8 µm oder besser haben.

5.3.1.3 Verzahnungen dürfen silber- oder kupferplattiert sein, als zusätzlicher Schutz gegen Fresserscheinungen beim Einlaufen. Ob diese Plattierung wünschenswert ist, muss zwischen Verkäufer und Käufer abgeklärt werden.

5.3.1.4 Bei einzelschrägverzahnten Getrieben muss die Konstruktion berücksichtigen, dass die Wirkungen der Drehmomente der Getriebeteile, die sich aus den axialen Zahnschüben ergeben, die erwartete Funktion der Getriebeeinheit nicht beeinträchtigen.

5.3.1.5 Erwünscht sind Zahntriebe ohne gemeinsamen Teiler der Zähnezahlen (Hunting Tooth). Um diese Anforderung zu erfüllen, muss der Verkäufer u. U. die genaue Übersetzung anpassen. Wenn diese Anpassung nicht durchführbar ist, hat der Verkäufer mit dem Käufer eine Lösung auszuhandeln.

5.3.1.6 Jedes Rad und jedes Ritzel muss zwei Lager haben. Fliegende Lagerungen werden nicht akzeptiert.

5.3.2 Qualitätssicherung

- **5.3.2.1** Vor der Fertigbearbeitung der einzelnen Räder oder Ritzel auf einer Fräs-, Schab- oder Schleifmaschine muss für jeden Rotor der Rundlauffehler mit einer elektronischen Messuhr oder mit einem gleichwertigen, vom Verkäufer genehmigten Gerät gemessen und protokolliert werden. Bei Rädern mit Teilkreisgeschwindigkeiten bis zu 60 m/s darf der gesamte Rundlauffehler nicht 12 µm überschreiten. Bei Rädern mit höheren Teilkreisgeschwindigkeiten darf der gesamte Rundlauffehler nicht 8 µm überschreiten. Bei vertikalen Wälzfräsmaschinen oder Schleifmaschinen, bei denen ein Zapfen für eine Überprüfung des Rundlaufes unzugänglich ist, muss der Rundlauffehler an dem zugänglichen Zapfen, und zwar an jedem Ende der Lagerstelle, protokolliert werden. Die Aufzeichnungen der Rundlauffehler müssen von dem Verkäufer mindestens 20 Jahre aufbewahrt werden und müssen dem Käufer auf Wunsch zur Verfügung gestellt werden.
- **5.3.2.2** Die Genauigkeit des Eingriffs muss nachgewiesen werden. Vorbehaltlich anderweitiger Vereinbarungen erfolgt dies durch Aufzeichnungen der Prüfungen von Profil-, Zahnbreiten- und/oder Tragbildabweichungen. Das Räderpaar als Zahnanlage muss auf dem Trebelrollenstand und in seinem Gehäuse im Werk des Verkäufers geprüft werden. Bei trockenem, entfettetem Getriebe wird an drei Stellen, ungefähr 120 Grad versetzt, an vier oder mehreren Zähnen dünn antuschiert (z. B. mit Preußisch Blau). (Es darf keine Druckerfarbe für die Zahnanlagenüberprüfung benutzt werden.) Die Zahnräder werden im richtigen Achsabstand und mit Parallelität von mindestens 40 µm pro Meter bei einer Gesamtfehlausrichtung von nicht mehr als 25 µm gehalten. Dann werden die tuschierten Zähne mit mäßigem Druck in der Richtung durch den Eingriff gedreht, in der die Verzahnung auf der normalerweise belasteten Zahnflanke Kontakt hat. Die Farbübertragung muss das Tragbild auf jeder Schräge wie vom Verkäufer vorgegeben zeigen. Vor der Durchführung der Zahnanlage-Erprobung muss der Verkäufer dem Käufer eine Zahnanlagenzeichnung oder eine technische Spezifikation des Verkäufers zur Verfügung stellen, welche die akzeptablen Tragbildanteile definiert. Räderpaare ohne Zahnbreitenkorrektur zeigen normalerweise etwa 80 % Kontakt über die Flankenbreite. Die Zeichnung oder Spezifikation, Messergebnisse und Ergebnisse der Kontaktprüfung auf dem Rollenstand und im Gehäuse müssen mindestens 20 Jahre aufbewahrt werden und dem Käufer auf Wunsch zur Verfügung gestellt werden.
- Wenn vom Käufer verlangt, ist das Ergebnis der Zahnanlagenprüfung in der Form aufzubewahren, dass die Kontrastfarbe mit einem Streifen durchsichtigen Klebebands von einem Zahn entfernt wird und anschließend auf ein bezeichnetes, weißes Blatt Papier aufgeklebt wird.

Die Verfahren für diese Prüfungen und die Abnahmekriterien müssen zwischen Verkäufer und Käufer vereinbart werden und der Annahme in den Auslegungsberechnungen entsprechen.

ANMERKUNG Wenn eine Verwendung zum Abstützen der Räder auf dem Rollenstand erforderlich ist, kann es notwendig sein, den Rundlauffehler der Wellenzentren oder Rollen mechanisch auszugleichen, um das tatsächliche Tragbild aufzuzeigen.

5.3.2.3 Der Verkäufer hat die axiale Stabilität für jedes Radpaar mit Doppelschrägverzahnung zu belegen durch

- a) Messen der ungefilterten Wellenschwingungen von Spitze zu Spitze. Sie darf beim Probelauf nicht größer sein als 50 µm.
- b) eine langsame Umdrehungsprüfung mit Anzeigegeräten. Bei diesem langsamen Durchdrehen wird vorzugsweise die Methode angewandt, bei der ein Teil in einer bestimmten axialen Stellung festgehalten wird (gewöhnlich das Rad) und die axiale Bewegung des anderen Teiles (gewöhnlich das Ritzel) angezeigt wird, während die Teile mindestens eine volle Umdrehung des Rades mit einem Schleppmoment in der Richtung machen, dass die normalerweise belasteten Zahnflanken zur Anlage kommen. Die axiale Bewegung des Ritzels darf nicht größer sein als 40 µm.

ANMERKUNG Bei lastlosen Bedingungen oder bei geringer Belastung auf dem Prüfstand können doppelschrägverzahnnte Ritzel gelegentlich axiale Bewegungen erzeugen, die größer sind als 50 µm.

5.3.3 Herstellung

5.3.3.1 Die Ritzel sind zusammen mit ihren Wellen zu schmieden, wenn der Käufer nicht ausdrücklich ein anderes Verfahren genehmigt.

5.3.3.2 Bei kontinuierlichen Teilkreisgeschwindigkeiten von mehr als 150 Meter pro Sekunde müssen Räder und Wellen in einem Stück geschmiedet werden. Bei Teilkreisgeschwindigkeiten von 150 Meter pro Sekunde und darunter können die Räder in einem Stück oder getrennt von der Welle geschmiedet werden. Getrennte Räder müssen Schmiedeteile sein oder Schweißkonstruktionen mit geschmiedeten Stahlringen und müssen auf ihren Wellen durch einen Schrumpfsitz gehalten werden. Die Teilkreisgeschwindigkeiten für jede Konstruktionsform in Tabelle 6 dürfen ohne besondere Genehmigung des Käufers nicht überschritten werden.

ANMERKUNG Schmiedeteile mit hohen Materialkonzentrationen können Defekte in der Homogenität wie Schwindungshohlräume, Trennstellen und nichtmetallische Einschlüsse aufweisen. Eigenspannungen durch Wärmebehandlung können diese Defekte verstärken und zu möglichen Herden für Risse führen. In einigen Fällen kann dieses Problem durch Hohlwellen behoben werden.

Große, in einem Stück geschmiedete Zahnräder müssen zusätzlichen zerstörungsfreien Prüfungen unterzogen werden. Mögliche Verfahren sind in SEP 1923 und ÖNORM M 3002 beschrieben.

Tabelle 6 — Teilkreisgeschwindigkeiten

Zahnradherstellverfahren	Teilkreisgeschwindigkeit bei maximaler Dauerdrehzahl m/s
Geschrumpfte Bandagen	60
Geschweißt mit geschmiedeten Ringen	125
Geschrumpfte Schmiedezahnräder	150

5.3.4 Wellen

5.3.4.1 Wellen sind so zu bemessen, dass sie die Getriebeauslegungsleistung innerhalb der Belastungsgrenzen von ISO/TR 13593 übertragen. Die Wellenendenanordnung muss ISO 10441 oder der Spezifikation des Käufers bzw. der Vereinbarung zwischen Verkäufer und Käufer entsprechen. Wellen müssen aus einem Stück und aus warm geschmiedetem oder heißgewalztem Stahl sein. Sie müssen über die ganze Länge sorgfältig bearbeitet und an den Lagerstellen entsprechend endbearbeitet sein.

5.3.4.2 Die Abtastbereiche der Rotorwellen für radiale Schwingungs-sonden müssen konzentrisch sein mit den Lagerzapfen. Alle Abtastbereiche der Wellen (sowohl Radialschwingungen als auch Axialpositionen) müssen frei sein von Schablonen oder Anreißmarkierungen bzw. jeden anderen Oberflächenstörungen, wie z. B. Ölbohrungen oder Keilnuten. Diese Bereiche dürfen nicht aufgeschromt, mit Hülsen versehen oder plattiert werden. Die Oberflächengüte R_a im Lieferzustand darf maximal $1\text{ }\mu\text{m}$ betragen, bewerkstelligt vornehmlich durch Honen oder Polieren. Diese Bereiche müssen entsprechend entmagnetisiert oder anderweitig behandelt werden, so dass der gesamte elektrische und mechanische Rundlauffehler 25 % der maximal zulässigen Schwingamplitude (Peak to Peak) nicht überschreitet oder die folgenden Werte, wobei der größere Wert gilt:

- a) für Bereiche, die mit radialen Schwingungs-sonden überwacht werden, $6\text{ }\mu\text{m}$;
- b) für Bereiche, die mit Achssonden überwacht werden, $12\text{ }\mu\text{m}$.

ANMERKUNG Stahlsorten, die zur Herstellung von Zahnrädern verwendet werden, neigen dazu, höhere elektrische Rundlauffehlerwerte zu erreichen, die mit herkömmlichen Mitteln, wie z. B. Entmagnetisieren, Glattwalzen und Elektrohämmern, schwer zu reduzieren sind. Wenn abzusehen ist, dass weitere Versuche, den elektrischen Rundlauf mit herkömmlichen Verfahren zu reduzieren, unwirksam sind, so können mit Einverständnis des Käufers andere Reduzierungsmethoden angewandt werden.

- **5.3.4.3** Falls spezifiziert trifft der Verkäufer Vorkehrungen gemäß 5.3.4.3.1, um Drehschwingungen zu messen.

5.3.4.3.1 Falls spezifiziert, ist im Gehäuse-Oberteil je Rotor eine Gewindeöffnung DN 25 vorzusehen und mit einem Stopfen zu verschließen, damit Detektoren zur Verwendung mit einem frequenzmodulierenden Drehschwingungsanalysator montiert werden können. Die Gewindeöffnungen sind in einer Ebene anzuordnen, welche senkrecht zur Mittelachse sowohl der Radwelle als auch der Ritzelwelle verläuft. Die Öffnungen müssen auch so angebracht werden, dass die Detektoren, welche in sie eingeschraubt werden, die vorbeilaufenden Zähne registrieren können.

Es kann auch ein anderes Verfahren zwischen Käufer und Verkäufer vereinbart werden.

- **5.3.4.4** Die Wellenendenanordnung für die Kupplungsmontage (in einem Stück verflanscht, zylindrisch, konisch usw.) wird vom Käufer spezifiziert und muss den Anforderungen von 6.2 entsprechen bzw. wird mit dem Verkäufer vereinbart.

5.3.4.5 Alle größeren Getriebeelemente müssen mit einer eindeutigen Identifizierungsnummer versehen sein. Besagte Nummer muss am Wellenende gegenüber der Kupplung oder an einer zugänglichen Stelle stehen, die keinen Wartungsschäden ausgesetzt ist.

5.3.4.6 Um den Aufbau von etwaigen Spannungen in der Welle zu vermeiden, darf der Restmagnetismus (Gaußscher Pegel in störungsfreier Umgebung) nicht 5 Gs übersteigen.

5.4 Gehäuse

5.4.1 Konstruktionsparameter

5.4.1.1 Das Getriebegehäuse muss entweder gegossen oder geschweißt sein, muss den Eingriff der Räder und die Ausrichtung des Rotors unter allen Betriebsbedingungen erhalten und muss nachteilige Verformungen durch Temperatur, Drehmoment und zulässige äußere Kräfte und Momente vermeiden.

5.4.1.2 Es sind Vorkehrungen zu treffen, damit das Gehäuse auf der Grundplatte verstiftet werden kann, und zwar an zwei Punkten, die so nahe wie möglich an der Vertikalebene der Mittellinie des Ritzels liegen, um Ausrichtungsfehler des schnell laufenden Ritzels mit der angeschlossenen Anlage zu minimieren. Gehäuse, die nicht vom Verkäufer verstiftet werden, müssen vorgebohrt sein. Winkel und Position der Vorbohrungen müssen vor Ort eine gute Zugänglichkeit gewährleisten.

5.4.1.3 Die bearbeitete Oberfläche der Montagefläche muss einen arithmetischen Mittenrauwert R_a zwischen $3,2 \mu\text{m}$ und $6,4 \mu\text{m}$ aufweisen. Befestigungs- oder Fundamentbolzenlöcher sind senkrecht zur Montagefläche zu bohren. Sie sind auf einen Durchmesser von zweimal dem Bohrungsdurchmesser anzuplanen.

5.4.1.4 Die Getriebegehäusefüße sind mit vertikalen Abdrückschrauben zu versehen.

5.4.1.5 Lagergehäusebohrungen müssen so genau sein, dass ein Radsatz, der auf einem Rotorprüfstand korrekt eingreift, dies auch im eigenen Gehäuse tut.

5.4.1.6 Die Gehäuse sind soweit praktikabel mit inneren Ölführungen zu konstruieren, um die Anzahl der äußeren Rohrleitungen gering zu halten. Sämtliche innere Rohrleitungen sind, falls möglich, zu schweißen und vorzugsweise sind Flansche für alle Anschlüsse zu verwenden. Schraubverbindungen sind nur vorzusehen, wenn diese für Wartungszwecke erforderlich sind.

5.4.1.7 Wenn der Raum die Verwendung von Rohren nicht erlaubt, können nahtlose Stahlrohre oder rostfreie Stahlrohre gemäß den entsprechenden Normen geliefert werden. Auf jeden Fall müssen aber rostfreie Stahlfittings verwendet werden. Die Rohrwandstärken müssen den Vorschriften gemäß Tabelle 7 entsprechen. Die Marke und die Art der Fittings müssen vom Käufer genehmigt werden.

Tabelle 7 — Mindestrohrwandstärken

Angaben in Millimeter

Nennrohrgröße	Mindestwandstärke
12,7	1,65
19,05	2,40
25,4	2,75

5.4.1.8 Die Konstruktion der inneren Rohrleitungen muss geeignete Abstützung und Schutz gegen Schäden durch Schwingungen oder durch den Versand, den Betrieb und die Wartung aufweisen. Freitragende Rohrleitungen müssen an allen Verbindungen vom Rohr zum Flansch in zwei Ebenen abgestützt sein.

5.4.1.9 Innenrohrleitungen und Öldurchgänge müssen vor Probeläufen gereinigt werden, um alle Verunreinigungen zu entfernen.

5.4.1.10 Gehäuse müssen für einen raschen Schmierölablauf konstruiert werden. Ölverschäumung, die zu übermäßiger Erwärmung des Öls führen könnte, ist zu minimieren. Bei Getrieben mit Teilkreisgeschwindigkeiten von über 125 m/s sind die folgenden Spezialkonstruktionen in Betracht zu ziehen:

- a) ein Zwischenboden im Getriebe;
- b) ein Zwischenraum von mind. 610 mm unterhalb des Zahnrades;
- c) Eingriffsrichtung;
- d) eine Ölablaufleitung zum Öltank, die von den anderen Ölabläufen unabhängig ist;
- e) ein zweiter Ölablauf voller Nennweite;
- f) größere Seiten- und Umfangsabstände zwischen Rädern bzw. Ritzel und Gehäuse;
- g) Ablenkbleche;
- h) vertikaler Ölablauf durch den Boden des Getriebegehäuses.

5.4.1.11 Ein Filterentlüfter ist vorzusehen. Der Filterentlüfter muss aus rostfreiem Austenitstahl gebaut sein. Seine Innenteile müssen aus rostfreiem Austenitstahl oder einer Kupfernickellegierung (z. B. Monel) bestehen. Der Entlüfter muss so konstruiert und angebracht werden, dass ein Austreten oder Abgabe von Öl an die Atmosphäre, der Aufbau von Druck im Gehäuse, das Eindringen von Wasser während heftiger Gewitterregen und das Eindringen von Schmutz aus der Luft vermieden werden. Der Filterentlüfteranschluss muss wenigstens eine Größe von DN 40 haben und seine Konstruktion muss einen einfachen Ausbau zu Inspektions- und Reinigungszwecken ermöglichen.

ANMERKUNG Im Allgemeinen empfiehlt der Getriebehersteller die Anbringung des Filterentlüfters auf dem Ablaufrohr, unmittelbar neben dem Gehäuse, ohne Lüfter auf dem Gehäuse selbst.

5.4.1.12 Ein oder mehrere abnehmbare, abgedichtete Schaulochdeckel sind am Getriebegehäuse vorzusehen, um die direkte optische Inspektion der ganzen Zahnbreite des Ritzels und des Rades zu gestatten. Die Schaulochöffnung muss mindestens so groß sein wie die Hälfte der Zahnbreite.

5.4.1.13 Das Innere des Gehäuses darf keine bleibende Beschichtung und keinen Farbanstrich bekommen, wenn der Käufer nicht das Material und die Anwendungsmethode genehmigt hat.

5.4.2 Teilfugen

Gehäuse, die axial geteilt sind, müssen eine Metall-auf-Metall-Teilfuge (mit geeignetem Dichtmittel) haben, die durch eine geeignete Teilflächenverschraubung gehalten wird. Dichtungen (einschließlich Schnurdichtungen) dürfen bei der Axialteilung nicht benutzt werden.

5.4.3 Verschraubung

5.4.3.1 Die Gehäuseverschraubung soll vorzugsweise mit Durchgangsschrauben erfolgen. Wo dies nicht durchführbar ist, sind Stehbolzen zu verwenden, sofern nicht Montage und Demontage die Verwendung von Stehbolzen verbieten. In derartigen Fällen werden Kopfschrauben akzeptiert.

5.4.3.2 Einzelheiten bezüglich der Gewinde müssen ISO 261, ISO 262, ISO 724 und ISO 965 entsprechen.

5.4.3.3 Stiftschraubenverbindungen sind mit eingesetzten Stiftschrauben zu liefern. Die Sackgewindelöcher dürfen nicht tiefer gebohrt werden als 1 1/2 mal den Außendurchmesser der Stiftschraube. Die ersten 1 1/2 Gewindegänge an beiden Enden einer jeden Stiftschraube müssen entfernt werden.

5.4.3.4 Es ist ausreichend Platz vorzusehen, so dass an den Verschraubungsstellen Steckschlüssel verwendet werden können.

5.4.4 Montage und Demontage

5.4.4.1 Es muss möglich sein, das Gehäuseoberteil abzunehmen, ohne die Rohrleitungen der Hauptölfzufuhr zu der unteren Gehäusehälfte zu stören.

5.4.4.2 Abdrückschrauben, Führungsstangen und Gehäusepassstifte sind vorzusehen, um die Demontage und Remontage zu erleichtern. Wenn Abdrückschrauben verwendet werden, um die Dichtflächen zu trennen, so muss eine der Dichtflächen abgesetzt sein (anplanen), um Undichtigkeit oder ungenauen Sitz wegen Aufwerfungen zu vermeiden. Ausreichend lange Führungsstangen sollen eine Beschädigung der Innenteile oder der Gehäusestiftschrauben während der Demontage bzw. Remontage des Gehäuses vermeiden. Hebeösen oder Ringschrauben sind vorzusehen, um das Oberteil des Gehäuses alleine abzuheben. Anleitungen zum Anheben des montierten Getriebes müssen vom Verkäufer erteilt werden.

5.5 Gehäuseanschlüsse

5.5.1 Vorzugsweise ist ein einziger Schmierölauf vorzusehen.

5.5.2 Der Anschluss eines einzigen Schmierölablaufanschlusses vom Getriebegehäuse wird bevorzugt. Die Mindestablaufrohrgröße auf der Basis der gesamten Zulaufmenge zum Getriebegehäuse ist aus Tabelle 8 zu entnehmen. Der Ablaufanschluss und das Ablaufrohr sind größenmäßig so auszulegen, dass sich eine Ölablaufgeschwindigkeit von nicht mehr als 0,4 m/s ergibt, wobei davon ausgegangen wird, dass die Ablaufleitung nur halb gefüllt ist.

Tabelle 8 — Ablaufrohrgrößen

Zulaufmenge l/min	Mindestablaufrohrgröße mm
26	75
56	100
170	150
380	200
585	250
830	300
1 000	350

- **5.5.3** Wenn es vorgegeben wird, müssen Gehäuse mit einem Spülgasanschluss von mindestens DN 15 versehen sein. Die Anordnung muss einen Gasstrom durch das Gehäuse zum Filterentlüfter gewährleisten.

5.5.4 Öffnungen für Größen DN 32, DN 65, DN 90, DN 125, DN 175 und DN 225 sind nicht zu verwenden.

5.5.5 Alle Anschlüsse des Käufers am Getriebegehäuse müssen zur Demontage zugänglich sein, ohne dass das Getriebe bewegt wird.

5.5.6 Ölzulauf und Ölablauf müssen so verlaufen, wie vorgegeben. Sie müssen mit Flanschen versehen oder bearbeitet sowie mit Stiftschrauben versehen sein. Ihre Mindestnennweite ist DN 20. Wenn geflanschte oder bearbeitete und mit Stiftschrauben versehene Öffnungen nicht möglich sind, sind Gewindeöffnungen in den Nennweiten DN 20 bis DN 40 zulässig. Diese Gewindeanschlüsse sollen eingebaut werden, wie spezifiziert in den Abschnitten 5.5.6.1 bis 5.5.6.4.

5.5.6.1 Ein Rohrnippel, vorzugsweise nicht länger als 150 mm, ist in das Gewindeloch einzuschrauben.

5.5.6.2 Rohrnippel müssen bis DN 25 mindestens Schedule 160 nahtlos sein und mindestens Schedule 80 für DN 40.

5.5.6.3 Der Rohrnippel muss einen Vorschweißflansch oder einen glatten Flansch haben.

5.5.6.4 Der Gewindeanschluss darf nicht dichtgeschweißt sein.

5.5.7 Flansche müssen je nach Gültigkeit ISO 7005-1 oder ISO 7005-2 entsprechen, mit Ausnahme der unter 5.5.7.1 bis 5.5.7.2 spezifizierten Fälle.

5.5.7.1 Gusseisenflansche müssen eine flache Stirnfläche aufweisen und eine Mindeststärke von Klasse 250 gemäß ISO 7005-2 für Flansche bis DN 200.

5.5.7.2 Außer für Gusseisenteile sind Flansche mit flacher Stirnfläche und formschlüssiger Dichtung akzeptabel.

5.5.7.3 Flansche, die dicker sind oder einen größeren Außendurchmesser haben als in ISO 7005-1 oder ISO 7005-2 verlangt sind zulässig.

- **5.5.7.4** Anschlüsse, die nicht von ISO 7005-1 oder ISO 7005-2 abgedeckt sind, erfordern die Zustimmung des Käufers. Wenn vorgegeben, sind passende Teile vom Verkäufer zu liefern.

5.5.8 Bearbeitete und verstiftete Anschlüsse müssen den Anforderungen gemäß ISO 7005-1 oder 7005-2 entsprechen, was das Anplanen und Bohren betrifft. Stiftschrauben und Muttern müssen eingebaut geliefert werden.

5.5.9 Gewindeanschlüsse dürfen maximal DN 40 sein. Gewindelöcher und Augen für Rohrgewinde müssen ISO 7-1 entsprechen. Rohrgewinde müssen konisch ausgeführt sein gemäß ISO 7-1.

5.5.10 Nicht mit Rohrleitungen verbundene Gewindelöcher müssen mit massiven Stahlstopfen verschlossen sein. Stopfen, die vielleicht später herausgenommen werden, müssen aus korrosionsbeständigem Material sein. Gewinde müssen geölt werden. Dichtband darf nicht verwendet werden für Gewinde von Stopfen, die in Ölleitungen eingesetzt werden. Kunststoffstopfen sind nicht erlaubt.

5.6 Dynamik

5.6.1 Kritische Drehzahlen

5.6.1.1 Wenn die Frequenz einer periodischen Anregung (Erregerfrequenz) an einem Rotorlagerstützsystem mit der Eigenfrequenz dieses Systems übereinstimmt, kann dieses System in Schwingungen versetzt werden. Eine Wellendrehzahl, bei der das Rotorlagerstützsystem eine Resonanzfrequenz entsprechend der Erregerfrequenz bei dieser Drehzahl entwickelt, wird als „kritische Drehzahl“ bezeichnet.

5.6.1.2 Eine Anregung oder eine Erregerfrequenz kann geringer, gleich oder größer sein als die Synchronfrequenz des rotierenden Teiles. Zu potentiellen Anregungen gehören u. a.:

- a) Unwucht im Rotorsystem;
- b) Ölfilmfrequenzen;
- c) innere Reibfrequenzen;
- d) Zahneingriffs- und Seitenbandfrequenzen sowie andere Frequenzen infolge von Verzahnungsungenauigkeiten der Herstellung;
- e) Frequenzen durch Fehlausrichtung der Kupplung;
- f) Frequenzen durch lose Teile im rotierenden System;
- g) asynchrone Wirbelfrequenzen;
- h) Anfahrfrequenzen von elektrischen Synchronmotoren oder vorübergehende Drehschwingungsresonanzen während des Anfahrens;
- i) Drehmomentschwankungen durch harmonische Frequenzen bei elektrischen Antrieben mit veränderlicher Frequenz;
- j) Betriebsdrehzahlen von anderen Getriebeteilen in der Anlage.

5.6.1.3 Langsamdrehen, Anfahren und Abstellen von rotierenden Anlagen darf keinen Schaden verursachen, wenn kritische Drehzahlen durchfahren werden.

5.6.1.4 Drei lateralkritische Modi sind im Allgemeinen von Bedeutung für Getriebe: Die Starrkörper-schwingung (translational or bouncing mode), die Kippschwingung (pivoted or rocking mode) und die erste biegekritische Eigenfrequenz (first bending mode). Die Frequenz, bei welcher diese Arten vorkommen, variiert mit dem Grad der übertragenen Last, in erster Linie durch die Änderung der Steifigkeit des Lagerölfilms (siehe Anhang B). Die Getrieberotoren müssen die Bedingungen gemäß 5.6.1.4.1 bis 5.6.1.4.3 erfüllen.

5.6.1.4.1 Bei Betrieb mit dem maximalen Drehmoment müssen die drei definierten kritischen Drehzahlen der einzelnen Rotoren mindestens 20 % oberhalb der maximalen Dauerdrehzahl dieses Rotors sein.

5.6.1.4.2 Wenn das Betriebsdrehmoment zwischen 50 % und 100 % des maximalen Drehmoments liegt, muss die Abstandsspanne oberhalb der maximalen Dauerdrehzahl des einzelnen Rotors mindestens 10 % bis 20 % linear zum übertragenen Drehmoment betragen.

5.6.1.4.3 Wenn Betriebsbedingungen ohne Last (weniger als 50 % des maximalen Drehmoments) oder weniger als 70 % der maximalen Dauerdrehzahl festgelegt werden, muss der Verkäufer zusätzlich zur starr-kritischen Analyse eine Analyse der gedämpften Biegeschwingungen vorlegen. Leerlauf muss hinsichtlich einwandfreien Anlagebetriebes mit betrachtet werden.

ANMERKUNG Getriebe müssen auch in Leerlaufperioden unbeschadet betrieben werden können.

5.6.1.5 Der Getriebeverkäufer muss Analysen der lateralkritischen Drehzahl für alle rotierenden Teile durchführen. Die Analysen müssen folgendes berücksichtigen:

- a) Lagerölfilm, Lageraufbau und Steifigkeit der Getriebegehäuseabstützung;
- b) von jeder Getriebewelle aufzunehmende Kupplungsmasse (Masse der Kupplungsnaben plus der Hälfte der Masse der Kupplungszwischenhülse) Die Kupplungsmasse ist am entsprechenden Schwerpunkt, bezogen auf das Wellenende, anzusetzen. Masse und Schwerpunkt gibt der Käufer der Kupplung an.
- **5.6.1.6** Der Verkäufer hat eine Ausarbeitung vorzulegen mit einer grafischen Darstellung der ungedämpften kritischen Drehzahlen über der Steifigkeit der Abstützung oder dem Prozentsatz der Drehmomentbelastung. Die grafische Darstellung muss alle möglichen Betriebsbedingungen umfassen, welche unter 5.6.1.4 spezifiziert sind, und die Erprobung im Leerlauf (ca. 10 % Nenndrehmoment) bei maximaler Dauerdrehzahl berücksichtigen. Mit Genehmigung des Käufers kann, oder falls vorgegeben, muss der Verkäufer eine grafische Darstellung der gedämpften, unwuchterregten Rotorschwingungen zusätzlich zu den ungedämpften, kritischen Drehzahlen vorlegen.
- 5.6.1.7** Resonanzschwingungen des Getriebes oder des Lagergehäuses dürfen innerhalb des spezifizierten Bereiches von Betriebszahlen bzw. den spezifizierten Abstandsmargen nicht vorkommen.
- **5.6.1.8** Die ungedämpften natürlichen Drehfrequenzen des kompletten Strangs müssen mindestens 10 % über bzw. 10 % unter möglichen Erregerfrequenzen innerhalb des vorgegebenen Betriebsdrehzahlbereichs liegen (von minimalen bis maximalen Dauerdrehzahlen).
- 5.6.1.9** Die in 5.6.1.4 und 5.6.1.8 angegebenen Abstandsspannen sollen eine Überlappung des kritischen Drehzahlbereichs mit dem Betriebsdrehzahlbereich verhindern.

5.6.2 Wuchtung

5.6.2.1 Alle Getriebeteile müssen nach endgültiger Montage des Rotors in mehreren Ebenen dynamisch gewuchtet werden. Rotoren mit einer einzigen Passfeder müssen entsprechend der Halbpassfederspezifikation von ISO 8821 gewuchtet werden. Die maximale Restunwucht ist zu berechnen aus der folgenden Gleichung:

$$U_{\max} = \frac{6\,350}{N} \cdot W \quad (10)$$

Dabei gilt:

$U_{\max}$ ist die Menge der Restunwucht in Gramm/Millimeter

W ist die statische Belastung des Wellenzapfens in Kilogramm

N ist die maximale Dauerdrehzahl in Umdrehungen pro Minute

5.6.2.2 Nach der abschließenden Wuchtung des montierten Rotors muss die Eichung der Wuchtmaschine gemäß ISO 2953 geprüft werden. Mit der Genehmigung des Käufers kann anstelle der Eichprüfung, die nach der Wuchtung des Rotors durchgeführt wird, die Dokumentation einer Eichprüfung eingereicht werden, die weniger als einen Monat vor der Wuchtung des Rotors durchgeführt wurde.

- **5.6.2.3** Wenn vorgeschrieben, muss nach Abschluss der abschließenden Wuchtung des gefügten Rotors die Empfindlichkeit des Wuchtmaschinensystems gemäß ISO 2953 bestätigt und aufgezeichnet werden.
- **5.6.2.4** Falls vorgeschrieben, muss, nachdem die endgültige Wuchtung eines jeden gefügten Rotors abgeschlossen ist, eine Restunwuchtprüfung gemäß ISO 1940-1 durchgeführt werden. Das Gewicht aller Halbpasfedern, die während der endgültigen Wuchtung des montierten Rotors verwendet wurden, muss aufgezeichnet werden.

5.6.3 Schwingungen

5.6.3.1 Während der Werksprüfungen mit dem montierten Getriebe bei maximaler Dauerdrehzahl oder einer anderen Drehzahl im angegebenen Betriebsdrehzahlbereich darf die Doppelamplitude der Schwingung für jede Welle in jeder Ebene, gemessen an der Welle neben jedem Radiallager, nicht größer sein als der folgende Wert oder 50 µm. Maßgebend ist der jeweils kleinere Wert:

$$A = 25,4 \sqrt{\frac{12\,000}{N}} \quad (11)$$

Dabei gilt:

A ist die Amplitude der ungefilterten Schwingung in tatsächlichen Mikrometern von Spitze zu Spitze

N ist die maximale Dauerdrehzahl in Umdrehungen pro Minute

Bei jeder Drehzahl über der maximalen Dauerdrehzahl, bis einschließlich der Drehzahl entsprechend der Schnellschlussdrehzahl des Antriebs, darf die Schwingung nicht über 150 % des maximalen Wertes liegen, der bei der maximalen Dauerdrehzahl aufgezeichnet wurde.

5.6.3.2 Elektrische und mechanische Rundlauffehler werden beim Drehen des Rotors in V-Blöcken an Längsmitten der Zapfenmittellinie festgelegt und aufgezeichnet, während die Messung des Rundlauffehlers mit Hilfe einer kontaktlosen Schwingungssonde und einer Messuhr an der Mittellinie der Sondenposition sowie je einem SONDENDURCHMESSER nach beiden Seiten erfolgt. Schwingungssonde und Messuhr müssen im rechten Winkel zur selben Fläche des V-Blocks ausgerichtet sein.

5.6.3.3 Genaue Aufzeichnungen des elektrischen und mechanischen Rundlauffehlers, für 360° an jeder Sondenposition, müssen Bestandteil des mechanischen Prüfberichtes sein.

5.6.3.4 Wenn der Verkäufer nachweisen kann, dass ein elektrischer oder mechanischer Rundlauffehler vorliegt, dann kann dieser Wert vom Schwingungssignal, das während des Werksprobelaufes gemessen wurde, bis zu maximal 25 % vom Probelaufwert, der gemäß Formel (11) in 5.6.3.1 berechnet wurde, oder 6,4 µm, je nachdem welcher Wert größer ist, vektoriell abgezogen werden.

5.6.3.5 Wenn Beschleunigungsmesser zur Messung der Gehäuseschwingungen vorgeschrieben wurden, müssen diese während des mechanischen Probelaufs auch verwendet werden. Der gesamte Schwingungspegel während des mechanischen Probelaufs darf nicht über den in Tabelle 9 genannten Werten liegen.

Tabelle 9 — Gehäuseschwingungspegel

Messbedingungen	Frequenzbereich ^a	
	10 Hz bis 2,5 kHz	2,5 kHz bis 10 kHz
	Schwingungspegel	
	Drehzahl (U/min) ^b	Beschleunigung (Spitze)
Ungefiltert	4 mm/s	$4g_n$ ^c
Gefilterte Komponente ^d	2,5 mm/s	—
^a Die genannten Schwingungspegel gelten nur für horizontal versetzte Räder. Die zulässigen Schwingungspegel für vertikal versetzte Räder sind doppelt so hoch wie die in der Tabelle genannten Werte. ^b g_n = Erdbeschleunigung = 9,81 m/s ² . ^c Die genannten Schwingungspegel gelten für Schwingungen innerhalb der spezifizierten Frequenzbereiche. ^d Die gefilterte Komponente beinhaltet Schwingungsspitzen innerhalb des Frequenzbereichs.		

5.7 Lager und Lagergehäuse

5.7.1 Allgemeines

5.7.1.1 Radial- und Drucklager müssen hydrodynamische Flüssigfilmlager sein.

5.7.1.2 Lager müssen so konzipiert sein, dass sie nicht falsch montiert werden können.

5.7.1.3 Falls nicht anders vorgeschrieben, müssen Drucklager und Radiallager mit Lagermetalltemperaturfühlern gemäß ISO 10438 (alle Teile) und API 670 ausgerüstet werden.

5.7.2 Radiallager

5.7.2.1 Hydrodynamische Radiallager müssen für eine leichte Montage geteilt und präzisionsgebohrt sein, und vom Schalen- oder Segmentlagertyp mit austauschbaren lagermetallbeschichteten Buchsen, Segmenten oder Schalen auf Stahluntergrund. Diese Lager müssen gegen Mitdrehen verstiftet sein und dürfen sich in axialer Richtung nicht bewegen. Die Lagerkonstruktion muss hydrodynamische Instabilitäten unterdrücken und ausreichende Dämpfung im gesamten Bereich der zulässigen Lagerspiele gewährleisten, um die Rotorschwingungen auf die maximal vorgeschriebenen Amplituden zu begrenzen (siehe 5.6.3), während die Maschine bei vorgegebenen Betriebsdrehzahlen, einschließlich sämtlicher kritischer Drehzahlen, belastet oder unbelastet läuft. Das Lager muss so konzipiert sein, dass beim Austausch von Lagerbuchsen, -segmenten oder -schalen die Kupplungsnabe nicht entfernt werden muss. Um die Einstellung des Getriebeeingriffs zu erleichtern, kann ein Lager justierbar sein.

5.7.2.2 Die spezifische Lagerlast darf nicht über den in Tabelle 10 genannten Werten liegen. Die Mindestölfilmdicke darf nicht unter den in Tabelle 10 genannten Werten liegen.

Tabelle 10 — Nennkonstruktionsgrenzwerte für hydrodynamische Lager

Lagertyp	Last auf spezifische Projektionsfläche N/mm ²	Mindestölfilmdicke mm
Radiallager — zylindrisches Profil oder Kippsegment	3,8	0,025
Drucklager — Kippsegment	3,0	0,015

5.7.3 Drucklager

5.7.3.1 Wenn nicht ausdrücklich vom Käufer genehmigt, sind für sämtliche doppelschrägverzahnten Getriebe an der langsam laufenden Welle Drucklager vorzusehen. Bei einzelschrägverzahnten Getrieben sind an jeder Welle Drucklager vorzusehen. Nach Vereinbarung können die axialen Kräfte der Radzähne durch Druckkamm am Ritzel kompensiert werden und ein Drucklager ist an der langsam oder schnell laufenden Welle vorzusehen. Wenn Getriebe ohne Drucklager geliefert werden, sind Membrankupplungen oder Kupplungen mit begrenztem Lagerspiel zu verwenden, um die bestimmte axiale Lage der angeschlossenen rotierenden Teile beizubehalten. (Siehe Bild C.1, Teil A bis F, für typische Systemanordnungen, wo Drucklager bei doppelschrägverzahnten Getrieben weggelassen werden können.)

Sämtliche Getriebe ohne Drucklager müssen mit Anlaufbunden auf der langsam laufenden Welle geliefert werden, damit das rotierende Teil nicht das Getriebegehäuse berührt. Das axiale Spiel darf nicht kleiner als 12 µm sein.

5.7.3.2 Hydrodynamische Drucklager müssen lagermetallbeschichtete Stahl-Segmentlager sein, ausgelegt für den gleichen Schub in beide Richtungen und für dauernde Druckschmierung beider Seiten. Beide Seiten müssen Kippsegmente mit Lastselbstausgleichsmechanismus besitzen, so dass sichergestellt ist, dass jedes Segment die gleiche Schubbelastung trägt, selbst bei geringen Abweichungen in der Dicke der Segmente untereinander. Aus einem Stück mit der Welle gefertigte Anlaufbunde werden bevorzugt. Sofern austauschbare Anlaufbunde geliefert werden (für Montage- und Wartungszwecke) müssen diese fest mit der Welle verbunden sein, um Passungsrost zu vermeiden. Sobald aus einem Stück gefertigte Druckbunde geliefert werden, müssen sie mindestens 3,2 mm Materialzugabe für Nacharbeiten bei Beschädigung des Bundes haben. Beide Seiten des Bundes müssen eine Oberflächengüte R_a von mindestens 0,4 µm haben und der Planschlag jeder Seite darf im montierten Zustand nicht größer sein als 12,7 µm.

5.7.3.3 Die Drucklager sind für den Dauerbetrieb auszulegen bei allen angegebenen Bedingungen, einschließlich aller durch die Kupplung übertragenen äußeren Kräfte. Drucklager sind zu wählen für nicht mehr als 50% der Lagerbelastungsgrenzen (auf der Basis von Prüfdaten) für die angegebene Anwendung hinsichtlich Drehzahl, Schmiermittel und Schmiermittelltemperatur. Die Projektionsbelastung darf nicht über und die Mindestölfilmdicke nicht unter den in Tabelle 9 genannten Werten liegen. Die Basis der Auslegung ist mit dem Käufer zu prüfen und von diesem zu genehmigen. Die von der Kupplung übertragene äußere Kraft ist zu allen inneren Schubkräften zu addieren. Wenn die Schubkräfte zweier oder mehrerer angeschlossener Rotoren oder kämmender Zahnräder von einem Drucklager aufgenommen werden, sind diese Schubkräfte linear zu addieren. Die von einer elastischen Kupplung übertragene, kleinste äußere Kraft muss 5.7.3.3.1 bis 5.7.3.3.3 entsprechen.

5.7.3.3.1 Bei Kupplungen, die so angeordnet sind, dass die äußere Kraft durch einen Antriebsmotor mit einem Wellenende und Loslagern erzeugt wird, wird die äußere Kraft angesehen als gleich mit der maximalen magnetischen Zentrierkraft des Motors. Wenn die maximale magnetische Zentrierkraft nicht angegeben ist, so ist eine Kraft von 1,5 Newton pro Kilowatt Motornennleistung anzunehmen.

5.7.3.3.2 Bei Zahnkupplungen (die anders liegen als in 5.7.3.3.1) muss die äußere Kraft nach folgender Formel berechnet werden:

$$F_R = \frac{250 \times 9\,549 \times P}{n_{1,2} \times D_{1,2}} \quad (12)$$

ANMERKUNG Der Wellendurchmesser $D_{1,2}$ ist ein Näherungswert des Teilungsradius der Kupplung.

5.7.3.3.3 Schubkräfte bei Kupplungen mit flexiblen Elementen sind auf der Grundlage der maximal zulässigen Verformung zu berechnen, die der Kupplungshersteller erlaubt.

5.7.4 Lagergehäuse

5.7.4.1 In der vorliegenden Internationalen Norm bezieht sich der Ausdruck Lagergehäuse auf alle Umhüllungen der Lager, einschließlich des Getriebegehäuses. Lagergehäuse für hydrodynamische Lager mit Druckschmierung sind so zu konstruieren, dass Aufschäumen möglichst vermieden wird. Das Ablaufsystem muss geeignet sein, um den Öl- und Schaumpegel unterhalb der Wellenenddichtungen zu halten. Dichtungen dürfen an Abschlussdeckeln der Gehäuse nicht verwendet werden, wenn sie das Axialspiel des Drucklagers beeinträchtigen würden.

5.7.4.2 Die Lagergehäuse müssen am Welleneintritt mit austauschbaren Labyrinthdichtungen und Ölabweisern bestückt sein. Lippendichtungen sind nicht zulässig. Die Dichtungen und die Ölabweiser müssen aus nichtfunkenerzeugendem Material bestehen. Die Konstruktion der Dichtungen und der Ölabweiser muss das Öl wirkungsvoll im Gehäuse halten und das Eindringen von Fremdkörpern in das Gehäuse verhindern. Wellenöldichtungen müssen zur Demontage und Remontage ohne Entfernen der Kupplungen leicht zugänglich sein.

5.7.4.3 Für die Montage von zwei radialen Schwingungssonden in jedem Lagergehäuse und zwei axialen Positionssonden am Drucklager eines jeden Getriebes sind Vorkehrungen zu treffen. Der Einbau der Sonden hat gemäß API 670 zu erfolgen.

5.8 Schmierung

5.8.1 Das Getriebe muss druckgeschmiert sein. Sprühdüsen für die Verzahnung sind vorzusehen.

5.8.2 Getriebe und Schmiersystem sind so zu konzipieren, dass die Temperatur des aus dem Gehäuse ablaufenden Öls 80 °C bei einer Zulauftemperatur von 50 °C nicht übersteigt, und dass ein hoher mechanischer Wirkungsgrad und Maßhaltigkeit gewährleistet und die maximalen Temperaturen der Verzahnungsteile begrenzt sind. Wenn die Ölzulauftemperatur 50 °C übersteigt, ist der Lagerkonstruktion, dem Öldurchsatz und dem zulässigen Temperaturanstieg besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Ölaustritte aus Drucklagern müssen tangential in die Ölrückhalteinrichtung bzw. in die Drucklagerpatrone ausgeführt werden, sofern keine Ölrückhalteinrichtung verwendet wird.

- **5.8.3** Die Ölanlage ist entweder vom Käufer oder vom Verkäufer, wie jeweils vorgeschrieben, zu liefern.

5.8.4 Falls nicht anders vorgegeben, wird von Schmierung durch Mineralöl ausgegangen.

5.8.5 Falls nicht anders vorgegeben, müssen die unter Druck stehenden Schmiersysteme den Vorschriften nach ISO 10438-1, ISO 10438-2 und ISO 10438-3 entsprechen.

5.8.6 Sofern ein Ölsystem zwei oder mehr Maschinen (wie z. B. einen Kompressor, ein Getriebe und einen Motor) versorgt, werden die Ölcharakteristiken vom Käufer auf den Datenblättern spezifiziert. Grundlage sind die mit sämtlichen Verkäufern dieser Maschine getroffenen Vereinbarungen.

Das übliche Schmiermittel, das in einem gemeinsamen Ölsystem verwendet wird, ist ein Mineralöl mit Viskositätsgrad VG 32 oder VG 46 gemäß ISO 3448:1992. Das Schmiermittel muss die Mindestanforderung Fresslaststufe 6 in ISO 14635 erfüllen. EP-Öl ist normalerweise nicht erforderlich. Das Schmiermittel muss die Anforderungen gemäß ISO 6743-6 erfüllen.

5.9 Material

5.9.1 Allgemeines

5.9.1.1 Die verwendeten Materialien müssen der Herstellernorm für die spezifizierten Betriebsbedingungen entsprechen, es sei denn Datenblätter oder diese Norm verlangen etwas anderes (siehe 6.5, Materialvorschriften für zusätzliche Rohrleitungen). Die Metallurgie aller Hauptkomponenten muss aus dem Angebot des Verkäufers klar hervorgehen.

5.9.1.2 Alle Materialien müssen unter Bezugnahme auf entsprechende internationalen Normen identifiziert werden. Wenn keine entsprechenden Internationalen Normen vorhanden sind, muss die Bezugnahme auf international anerkannte nationale Normen oder Industrienormen erfolgen. Wenn keine entsprechende Normen vorhanden sind, legt der Verkäufer vollständige Angaben zum Material, einschließlich der chemischen Zusammensetzung, Wärmebehandlung und mechanischen Eigenschaften vor. Einige Grobkornstähle (z. B. ASTM A515) können kerbempfindlich sein und zu Sprödigkeit neigen. Die Verwendung solcher Stähle ist unzulässig.

5.9.1.3 Der Verkäufer hat die Prüfungen und Inspektionsverfahren anzugeben, die notwendig sind, um sicherzustellen, dass die Materialien für den Betrieb zufriedenstellend sind. Diese Prüfungen und Inspektionen sind im Angebot unter Bezugnahme auf ASTM-Normen oder entsprechende anerkannte Normen aufzuführen. Der Käufer kann in Betracht ziehen, zusätzliche Prüfungen und Inspektionen vorzuschreiben, insbesondere für Materialien in kritischen Komponenten.

5.9.1.4 Für Rad- und Ritzelzähne muss geschmiedeter oder heißgewalzter Stahl von hoher Qualität verwendet werden. Das Material muss die Anforderungen an Flankenpressung und Zahnbiegespannung gemäß 5.2 erfüllen. Bei der Auswahl des Materials hat der Verkäufer zu bedenken, ob Rad und Ritzel vergütet, einsatzgehärtet oder nitriert sein sollen. Die Materialqualität der Radzähne muss dem Materialqualitätsgrad MQ gemäß ISO 6336-5:1996 entsprechen oder diesen übertreffen. Material und Fertigungsverfahren werden vom Käufer vorgelegt.

5.9.1.5 Gussteile müssen stabil und frei von Seigerungen, Einschlüssen, Rissen, Zunder, Blasen und ähnlichen Defekten sein. Die Oberfläche von Gussteilen muss gereinigt werden durch Sandstrahlen, Kugelstrahlen, Beizen oder einem anderen Standardverfahren. Gussnähte und Überreste von Angüssen müssen durch Putzen, Feilen oder Schleifen entfernt werden.

5.9.1.6 Mit Kernen geschlossene Hohlräume und solche, die mit Verschlussstopfen versehen sind, sind nicht zulässig.

5.9.2 Schweißen von rotierenden Teilen

5.9.2.1 Alle Schweißungen müssen von Arbeitern durchgeführt werden, die für die zu schweißenden Materialien qualifiziert sind. Das Qualifikationsverfahren ist zwischen dem Käufer und dem Verkäufer gemeinsam festzulegen. Die Verfahren in Abschnitt IX der ASME-Richtlinie für Kessel und Druckbehälter werden als Richtlinie vorgeschlagen.

5.9.2.2 Alle Nähte müssen durchgeschweißt sein. Alle Schweißungen müssen doppelt sein. Wenn allerdings nur eine Schweißseite zugänglich ist, ist ein Stützring, ein selbstschmelzender Einsatz oder Schutzgas-schweißung mit innerer Gasabsaugung zu verwenden.

5.9.2.3 Der Verkäufer ist für die Überprüfung aller Reparaturen und Reparaturschweißungen verantwortlich, um sicherzustellen, dass sie richtig wärmebehandelt und zerstörungsfrei auf ihre Güte und Ordnungsmäßigkeit geprüft wurden sowie dass sie mit den anzuwendenden qualifizierten Verfahren ausgeführt wurden.

5.9.2.4 Reparaturschweißungen im Bereich der Verzahnung sind verboten.

5.9.3 Wärmebehandlung

5.9.3.1 Die Wärmebehandlung ist nach einer groben Oberflächenbearbeitung durchzuführen, um die erforderlichen mechanischen Eigenschaften gemäß ISO 63369-5 zu erreichen.

5.9.3.2 Nach der Vorbearbeitung des Rohlings aus Vergütungsstahl und der Wärmebehandlung müssen die Räder auf die richtige Härte im Verzahnungsbereich geprüft werden. Bei oberflächengehärteten Teilen muss die endgültige Zahnhärte durch eine geeignete zerstörungsfreie Methode wie ASTM A956 geprüft werden.

5.9.3.3 Gehäuse, gegossen oder in geschweißter Ausführung, müssen vor der Endbearbeitung und nach dem Schweißen bzw. Reparaturschweißen entspannt werden.

5.9.4 Niedrige Temperaturen

- Bei Betriebstemperaturen unter minus -29°C und sofern für niedrige Umgebungstemperaturen vorgeschrieben, müssen Stähle bei der niedrigsten spezifizierten Temperatur eine Schlagfestigkeit besitzen, die sie entsprechend der Kerbschlagarbeit aus Abschnitt VIII, Abteilung 1, UG-84 des ASME-Codes qualifiziert. Bei Werkstoffen und Dicken, die vom Code nicht abgedeckt werden, muss der Käufer die Vorschriften auf den Datenblättern angeben.

5.10 Typenschilder und Drehrichtungspfeile

Typenschilder und Drehrichtungspfeile müssen aus rostfreiem Austenitstahl oder einer Kupfer-Nickel-Legierung (Monel oder Gleichwertiges) hergestellt und mit Stiften aus ähnlichem Material leicht sichtbar befestigt werden. Folgende Angaben müssen mindestens auf dem Typenschild deutlich eingraviert sein:

- a) Name des Verkäufers (Herstellers);
- b) Größe und Typ des Getriebes;
- c) Übersetzung;
- d) Seriennummer;
- e) Getriebeauslegungsleistung;
- f) Auslegungsantriebsdrehzahl in Umdrehungen pro Minute;
- g) Auslegungsabtriebsdrehzahl in Umdrehungen pro Minute;
- h) Getriebeauswahlfaktor gemäß der vorliegenden Internationalen Norm;
- i) Positionsnummer des Käufers;
- j) Anzahl der Radzähne;
- k) Anzahl der Ritzelzähne.

6 Zubehör

6.1 Allgemeines

- Der Käufer hat auf dem Datenblatt das Zubehör anzugeben, das der Verkäufer zu liefern hat.

6.2 Kupplungen und Kupplungsverschalungen

- **6.2.1** Elastische Kupplungen und Kupplungsverschalungen zwischen dem Antrieb, dem Getriebe und der angetriebenen Anlage müssen von dem Hersteller der angetriebenen Anlage geliefert werden, falls nicht anders angegeben. Falls vorgeschrieben, müssen Kupplungshälften vom Verkäufer montiert werden.

6.2.2 Kupplungen müssen ISO 10441 entsprechen. Marke, Typ und Anordnung der Kupplung müssen vom Käufer und den Verkäufern des Antriebs, der Getriebe und der angetriebenen Anlage vereinbart werden.

6.2.3 Informationen über die Wellen, Keilnutabmessungen (falls vorgesehen) und Wellenbewegungen aufgrund von Axialspiel und Wärmeeinwirkungen sind dem Käufer vom Verkäufer vorzulegen.

6.2.4 Der Käufer der Kupplung liefert den Leerlaufadapter, der für die mechanischen Probeläufe erforderlich ist [siehe 7.3.2.1 f)].

ANMERKUNG Anhang C ist eine Richtlinie für die Auswahl der Kupplungstypen und die Anordnung der Drucklager in Wellensträngen mit schnell laufenden Getrieben.

6.2.5 Die Auslegung der Wellen-Naben-Verbindung muss entsprechend ISO 10441 vorgenommen werden.

6.2.6 Die Montage der Kupplung muss ISO 10441 entsprechen.

6.3 Unterbauten

6.3.1 Allgemeines

- **6.3.1.1** Falls vorgeschrieben, werden die Getriebe mit Grundplatten oder Grundrahmen geliefert. In den Abschnitten 6.3.1.2 bis 6.3.1.2.12 bezieht sich der Begriff Unterbau sowohl auf Grundrahmen als auch auf Grundplatten.

6.3.1.2 Ober- und Unterseite der Unterbauten müssen parallel bearbeitet sein. Ihre rechnerische Oberflächenrauigkeit R_a muss durchschnittlich 5 µm oder besser sein.

6.3.1.3 Die Unterbauten sind mit Vertikaljustierschrauben zu versehen.

6.3.1.4 Wenn die aufzunehmende Ausrüstung über 500 kg wiegt, sind die Unterbauten mit horizontalen Abdrückschrauben der gleichen Größe oder größer als die vertikalen Abdrückschrauben im Getriebegehäuse zu liefern. Die Laschen, an denen diese Abdrückschrauben befestigt sind, werden an den Unterbauten befestigt, damit diese beim Einlegen oder Entfernen der Unterlegbleche nicht stören.

6.3.1.5 Die Maschinenabstützungen müssen so konstruiert sein, dass eine Änderung in der Ausrichtung, hervorgerufen durch ein ungünstiges Zusammentreffen von Druck, Drehmoment und zulässigen Rohrleitungskräften, auf 50 µm an beiden Kupplungsflanschen begrenzt bleibt.

- **6.3.1.6** Wenn Epoxydharz-Ausguss in den Datenblättern angegeben ist, muss der Verkäufer alle auszugießenden Flächen der Unterbauten handelsüblich sandstrahlen, gemäß Grade Sa 2 in ISO 8501-1:1998, und diese Flächen dann mit einem anorganischen Zinksilikat behandeln. Das anorganische Zinksilikat muss mit der Epoxydharz-Vergussmasse kompatibel sein. Der Verkäufer stellt dem Käufer Anweisungen für die Vorbereitung des anorganischen Zinksilikats vor Ort bereit.

ANMERKUNG Epoxyd-Grundierungen sind nach der ersten Anwendung nur begrenzt gebrauchsfähig. Der Verkäufer der Vergussmasse muss kontaktiert werden, um eine ordnungsgemäße Vorbereitung der Unterbauten zum ausreichenden Abbinden der Vergussmasse vor Ort zu gewährleisten.

6.3.1.7 Ankerschrauben dürfen zur Befestigung der Maschinen auf den Unterbauten nicht verwendet werden.

6.3.1.8 Für die Ausrüstungen, die anderweitig montiert werden, dürfen Unterbauten nicht gebohrt werden. Unterbauten, die eingegossen werden, müssen mit 50 mm großen Radien versehen werden (in der Draufsicht).

6.3.1.9 Unterbauten müssen mindestens 25 mm über die drei Seiten der Ausrüstungsfüße hinausragen.

6.3.1.10 Der Verkäufer der Unterbauten liefert Unterlegbleche (Pakete) aus rostfreiem Austenitstahl mit einer Gesamtstärke von mindestens 3,0 mm zwischen den Ausrüstungsfüßen und den Unterbauten. Keines der Unterlegblechpakete darf die Befestigungsschrauben berühren.

6.3.1.11 Ankerschrauben müssen vom Käufer geliefert werden.

6.3.1.12 Wenn der Verkäufer die Unterbauten liefert, werden Befestigungen zur Montage der Ausrüstung auf dem Unterbau (Befestigungsschrauben) und alle Abdruckschrauben vom Verkäufer geliefert.

6.3.2 Grundrahmen

6.3.2.1 Wenn ein Grundrahmen vorgeschrieben ist, müssen in den Datenblättern alle Hauptbauteile genannt sein, die darauf montiert sind. Ein Grundrahmen muss eine ungeteilte Schweißkonstruktion sein, sofern Verkäufer und Käufer nicht gemeinsam vereinbart haben, dass der Grundrahmen aus mehreren Teilen bestehen kann. Mehrteilige Grundrahmen müssen an den Teilflächen bearbeitet und verstiftet sein, um eine genaue Remontage vor Ort zu ermöglichen.

6.3.2.2 Sofern nicht anders vorgeschrieben, ist der Grundrahmen unter den Bauteilen des Antriebsstranges hindurchzuziehen, so dass jede Ölleckage, die von diesen Bauteilen ausgeht, vom Grundrahmen aufgefangen wird.

6.3.2.3 Wenn vorgeschrieben, ist der Grundrahmen mit Nivellierklötzen oder -platten, geschützt durch abnehmbare Deckel, zu versehen. Diese Klötze oder Platten müssen nach dem Einbau für eine Nivellierung vor Ort zugänglich sein, wobei die Ausrüstung montiert und der Grundrahmen auf dem Fundament stehen muss.

- **6.3.2.4** Wenn vorgeschrieben, muss der Grundrahmen für Ständermontage geeignet sein (d. h. ausreichende Steifheit aufweisen, so dass er an bestimmten Punkten abgestützt werden kann), ohne durchgehende Untergießung der Bauteile. Die Konstruktion des Grundrahmens für eine Ständermontage muss zwischen Käufer und Verkäufer gemeinsam abgestimmt werden.

6.3.2.5 Der Grundrahmen muss mit Hebeösen für das Anheben an vier Punkten versehen sein. Beim Anheben des Grundrahmens mit allen montierten Teilen darf sich dieser nicht verziehen oder beschädigt werden, auch dürfen die darauf montierten Ausrüstungsteile in keiner Weise beschädigt werden.

6.3.2.6 Die Unterseite des Grundrahmens muss zwischen den Verstrebungen offen sein. Wird der Unterbau auf ein Betonfundament gestellt, muss mindestens eine Vergussöffnung von 0,01 m² und nicht weniger als 75 mm in jeder Trennwandsektion vorhanden sein. Die Löcher müssen so angeordnet sein, dass ein Vergießen unter allen lasttragenden Bauteilen möglich ist. Gegebenenfalls müssen die Löcher auch für ein Vergießen zugänglich sein, wenn die Ausrüstung bereits montiert ist. Die Löcher müssen erhöhte Kanten von 13 mm haben und, wenn sie an Stellen angeordnet sind, wo Flüssigkeiten auf das offenliegende Vergussmaterial tropfen könnten, mit Metalldeckeln mit einer Mindeststärke von 1,5 mm versehen sein. Entlüftungslöcher von mindestens 13 mm müssen am höchsten Punkt einer jeden Trennwandsektion des Grundrahmens vorgesehen sein.

- **6.3.2.7** Die Auflagen am Boden des Grundrahmens müssen in einer Ebene angeordnet sein, damit ein plangeleiches Fundament entsteht. Falls vorgeschrieben, muss der Verkäufer Untergrundplatten bereitstellen.

6.3.2.8 Wenn nicht anders vorgeschrieben, sind nicht rutschende Planken auf sämtlichen begehbaren Arbeitsflächen des Grundrahmens vorzusehen.

6.3.2.9 Die Auflagen des Grundrahmens sind nach dem Schweißen des Grundrahmens planparallel zu bearbeiten.

6.3.3 Grundplatten und Untergrundplatten

6.3.3.1 Wenn Grundplatten vorgeschrieben sind, müssen diese neben den Anforderungen unter 6.3.2 auch jene in den Abschnitten 6.3.3.1.1 und 6.3.3.1.2 erfüllen.

6.3.3.1.1 Es muss ausreichend Arbeitsfreiraum an den Ankerschrauben vorgesehen werden, damit Steckschlüssel verwendet werden können und um die Maschinen durch Verwendung der horizontalen und vertikalen Abdruckschrauben bewegen zu können.

6.3.3.1.2 Grundplatten müssen aus Stahl und ausreichend stark sein, um die zu erwartenden Belastungen von den Maschinenfüßen auf das Fundament zu übertragen. Die Stärke der Platten darf auf keinen Fall weniger als 38 mm betragen.

6.3.3.2 Wenn Unterplatten vorgeschrieben sind, müssen diese aus Stahl von mindestens 25 mm Stärke sein. Die Endbearbeitung der Kontaktflächen dieser Untergrundplatten muss mit denen der Untergrundplatten übereinstimmen.

6.4 Steuerung und Instrumentierung

6.4.1 Allgemeines

6.4.1.1 Instrumente und Einbau müssen mit allen genauen Vorschriften der Käuferanfrage oder Bestellung oder beidem übereinstimmen. Wenn keine ausführlichen Spezifikationen vorliegen, müssen Instrumente und Einbau den Vorschriften von API 670 entsprechen.

6.4.1.2 Wenn nichts anderes vorgeschrieben ist, muss die Instrumentierung für den Einbau im Freien geeignet sein.

6.4.1.3 Alle Steuerelemente und Instrumente müssen für die jeweilige Bereichsklasse geeignet sein und die jeweiligen Normen, lokalen Gesetze und Richtlinien erfüllen.

6.4.2 Schwingungs- und Axialpositionssonden

6.4.2.1 Soweit nicht anders vorgeschrieben, sind gemäß API 670 Radialwellenschwingungssonden, Beschleunigungsmesser und Axialpositionssonden einzubauen und gemäß API 670 zu eichen.

Die Anzahl der Axialsonden sollte auf den Getriebetyp (einfach- oder doppelschrägverzahnt) und die Drucklageranordnung abgestimmt sein.

6.4.2.2 Beschleunigungsmesser sind horizontal auf den Gehäusen der Antriebs- und Abtriebslager unterhalb der Teilfuge anzuordnen, sofern keine anders lautenden Vorgaben gemacht wurden.

Bezüglich anderer Anordnungspositionen sind die Wartungsanforderungen zu berücksichtigen (Kabelverlegung, Entfernen der Deckel usw.).

6.4.2.3 Radialwellenschwingungssonden müssen in X-Y-Position auf den Antriebs- und Abtriebslagern mit entsprechenden Vorkehrungen für X-Y-Sonden angeordnet sein. Die Welle muss außerdem an den Messspuren aller Radiallager rolliert sein, sofern keine anders lautenden Vorschriften gemacht wurden.

6.4.2.4 Axialpositionssonden werden am freien Ende von An- und Abtriebswelle angeordnet, sofern nicht anders angegeben.

ANMERKUNG Getriebewellen ohne Drucklager haben möglicherweise ein Axialspiel, wofür Axialpositionssonden mit erweitertem Linearbereich benötigt werden.

- **6.4.2.5** Falls vorgeschrieben, muss ein Aufnehmer für die Phasenwinkelanzeige an einer Welle oder an beiden Wellen nach API 670 montiert werden.

6.5 Leitungen und Zubehör

Sofern nicht anders vorgegeben, müssen Schmierölleitungen und Zubehörteile den Anforderungen nach ISO 10438-1 entsprechen.

6.6 Spezialwerkzeuge

6.6.1 Sofern Spezialwerkzeug oder Montagevorrichtungen zur Demontage, Montage oder Wartung der Anlage benötigt werden, sind diese im Angebot zu nennen und als Bestandteil der Erstlieferung der Maschine zu liefern. Für Anlagen, die aus mehreren Einheiten bestehen, ist die Notwendigkeit bestimmter Mengen an Sonderwerkzeugen und Montagevorrichtungen zwischen dem Verkäufer und Käufer gemeinsam zu klären. Diese oder ähnliche Sonderwerkzeuge sind während der Montage im Werk und der Demontage nach der Erprobung der Ausrüstung zu verwenden.

- **6.6.2** Wenn Sonderwerkzeuge geliefert werden, müssen diese in einer separaten, stabilen Metallkiste verstaut und als „Special tools for (Anhänger oder Schild mit Pos.nr.)“ gekennzeichnet sein. Jedes Werkzeug muss mit einem Schild oder einem Anhänger versehen sein, der seinen Verwendungszweck angibt.

7 Inspektion, Erprobung und Vorbereitung für den Versand

7.1 Allgemeines

7.1.1 Der Käufer ist an Inspektion und Erprobung folgendermaßen beteiligt.

- a) Der Käufer muss den Umfang, in dem er an den Inspektionen und Erprobungen teilzunehmen gedenkt, sowie die von ihm benötigte Ankündigungsfrist angeben.
- b) Sofern Werkstattinspektionen und -erprobungen vom Käufer vorgeschrieben wurden, müssen sich Käufer und Verkäufer treffen, um abzusprechen, wann die Fertigung angehalten wird, Teilnahme- und Beobachtungstests und den Besuch des Abnahmebeamten zu koordinieren.
 - 1) Beobachtungstests werden unter Anwesenheit von Käufer oder seinem Vertreter durchgeführt, nachdem die Produktion gestoppt wurde. Bei mechanischen Probeläufen oder Leistungsprüfungen setzt dies eine schriftliche Meldung voraus, dass die interne, vorläufige Erprobung erfolgreich war.
 - 2) Beobachtungstests bedeuten, dass der Käufer von dem Zeitplan der Abnahmen oder Erprobungen Kenntnis erhält. Jedoch wird die Abnahme oder die Erprobung durchgeführt wie geplant, auch wenn der Käufer oder sein Vertreter nicht anwesend ist. Der Verkäufer soll danach mit der Bearbeitung fortfahren. (Der Käufer muss damit rechnen, dass er sich länger im Herstellerwerk aufhält als für einen Teilnahmetest.)

- 3) Falls vorgeschrieben, müssen der Vertreter des Käufers, der Vertreter des Verkäufers oder beide ihr Einverständnis mit der Checkliste des Abnahmebeamten in Anhang F erklären, indem sie die unterzeichnete und datierte Checkliste dem Käufer vor dem Versand vorlegen.
- c) Nach vorheriger Mitteilung des Käufers an den Verkäufer, ist einem Vertreter des Käufers Zugang zum Werk des Verkäufers und dessen Unterlieferanten zu gewähren, so dass sich dieser über den laufenden Fortschritt der Herstellung, Erprobung oder Inspektion der Ausrüstung informieren kann.

7.1.2 Der Verkäufer hat seine Unterlieferanten über die Inspektions- und Erprobungsanforderungen des Käufers in Kenntnis zu setzen.

7.1.3 Der Verkäufer muss den Käufer rechtzeitig über die Durchführung von Inspektionen und Erprobungen in Kenntnis setzen, an denen dieser teilnehmen (witness) oder die er beobachten (observe) möchte.

7.1.4 Ausrüstung zur Durchführung des vorgeschriebenen Inspektion und Erprobung ist vom Verkäufer beizustellen.

7.1.5 Dem Vertreter des Käufers müssen die Qualitätssicherungsmaßnahmen des Verkäufers bei Bedarf zur Prüfung offen gelegt werden.

7.2 Inspektion

7.2.1 Allgemeines

7.2.1.1 Der Verkäufer muss folgende Daten mindestens 20 Jahre zur Überprüfung und Nachvollziehung durch den Käufer oder dessen Vertreter auf Nachfrage bereithalten:

- a) notwendige Materialbescheinigungen, wie z. B. Stahlwerksprüfberichte;
- b) Einkaufsspezifikation für alle Positionen der Stücklisten;
- c) Probelaufdaten zur Überprüfung, dass die Vorschriften der Spezifikation eingehalten wurden;
- d) Ergebnisse von Qualitätskontrollen einschl. vollständig gekennzeichnete Protokolle sämtlicher Wärmebehandlungen und der Röntgenprüfung;
- e) falls vorgeschrieben, die endgültigen Montage-, Wartungs- und Laufspiele.

- **7.2.1.2** Der Käufer kann folgendes vorschreiben:

- a) Teile, die einer Erprobung auf der Oberfläche und/oder unter der Oberfläche unterzogen werden sollen;
- b) Art der notwendigen Inspektion, wie z. B. Magnetpulververfahren, Farbeindringverfahren, Röntgen- und Ultraschallprüfungen.

7.2.2 Materialinspektion

7.2.2.1 Allgemeines

- Falls Röntgen-, Ultraschall-, Magnetpulver- oder Flüssigkeitseindringverfahren für Schweißnähte oder Werkstoffe erforderlich oder vorgeschrieben sind, gelten die in den Abschnitten 7.2.2.2 bis 7.2.2.5 genannten Kriterien, sofern keine anderen Kriterien vom Käufer genannt wurden. Gusseisen kann gemäß 7.2.2.4 und 7.2.2.5 geprüft werden. Schweiß-, Gusseisen- oder Schmiedeeisenteile können gemäß 7.2.2.2 bis 7.2.2.5 geprüft werden. Rotierende Teile siehe 7.2.2.6.

7.2.2.2 Röntgenprüfung (siehe 7.2.2.1)

7.2.2.2.1 Die Röntgenprüfung hat gemäß ASTM E94 zu erfolgen.

7.2.2.2.2 Der Abnahmestandard für die Herstellung von geschweißten Teilen ist in Abschnitt VIII, Abteilung 1, UW-52 der ASME-Richtlinie für Kessel und Druckbehälter definiert. Der Abnahmestandard, der für Gussteile verwendet wird, ist in Abschnitt VIII, Abteilung 1, Anhang 7 der ASME-Richtlinie definiert.

7.2.2.3 Ultraschallprüfung (siehe 7.2.2.1)

7.2.2.3.1 Die Ultraschallprüfung ist gemäß Abschnitt V, Artikel 5 und 23 der ASME-Richtlinie für Kessel und Druckbehälter durchzuführen.

7.2.2.3.2 Der Abnahmestandard für die Herstellung von geschweißten Teilen ist in Abschnitt VIII, Abteilung 1, Anhang 12 der ASME-Richtlinie für Kessel und Druckbehälter definiert. Der Abnahmestandard, der für Gussteile verwendet wird, ist in Abschnitt VIII, Abteilung 1, Anhang 7 der ASME-Richtlinie definiert.

7.2.2.4 Magnetpulverprüfung (siehe 7.2.2.1)

7.2.2.4.1 Sowohl nasse als auch trockene Methoden der Magnetpulverprüfung müssen ASTM E709 entsprechen.

7.2.2.4.2 Der Abnahmestandard für die Herstellung von geschweißten Teilen ist in Abschnitt VIII, Abteilung 1, Anhang 6 und 25 der ASME-Richtlinie für Kessel und Druckbehälter definiert. Die Möglichkeit der Akzeptanz von Fehlern in Gussteilen beruht auf einem Vergleich mit den Fotos in ASTM E125. Für jede Art von Fehler darf die Schwere des Fehlers nicht über den in Tabelle 11 genannten Grenzwerten liegen.

Ungeachtet der allgemeinen Grenzwerte in 7.2.2 obliegt es dem Verkäufer, die Konstruktionsgrenzwerte der Ausrüstung zu ändern, wenn strengere Anforderungen erforderlich sind. Fehler, welche die Grenzen gemäß 7.2.2 überschreiten, müssen beseitigt werden, um die genannten Qualitätsmaßstäbe zu erfüllen, entsprechend der jeweiligen Prüfmethode.

**Tabelle 11 — Maximale Schwere von Fehlern
bei Gussteilen**

Typ	Fehler	Grad der Schwere
I	Lineare Defekte	1
II	Schwund	2
III	Einschlüsse	2
IV	Abkühlungen und Kernnägeln	1
V	Porosität	1
VI	Schweißnähte	1

7.2.2.5 Flüssigkeitseindringprüfung (siehe 7.2.2.1)

7.2.2.5.1 Die Flüssigkeitseindringprüfung ist gemäß Abschnitt V, Artikel 6 der ASME-Richtlinie für Kessel und Druckbehälter durchzuführen.

7.2.2.5.2 Der Abnahmestandard für die Herstellung von geschweißten Teilen ist in Abschnitt VIII, Abteilung 1, Anhang 8 und 24 der ASME-Richtlinie für Kessel und Druckbehälter definiert. Der Abnahmestandard, der für Gussteile verwendet wird, ist in Abschnitt VIII, Abteilung 1, Anhang 7 der ASME-Richtlinie für Kessel und Druckbehälter definiert.

7.2.2.6 Rotierende Teile

7.2.2.6.1 Zertifikate über die wichtigsten rotierenden Bauteile müssen 20 Jahre nach dem Versanddatum aufbewahrt werden und dem Käufer auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden. Alle Arbeitsprotokolle, ob im Zuge der normalen Herstellung oder als Teil einer Reparatur erstellt, müssen vollständig gekennzeichnet sein. Besagte Informationen umfassen:

- a) chemische und physikalische Daten von Proben, die mit den Bauteilen hergestellt und wärmebehandelt wurden;
- b) Protokolle sämtlicher Wärmebehandlungen und anschließend festgestellter Härte;
- c) Aufzeichnungen der Röntgenprüfung und Protokolle der Ultraschallprüfung, sofern diese Prüfungen durchgeführt wurden;
- d) bei oberflächengehärteten Rädern Härten und Einsatztiefen, die anhand von einem Probestück ermittelt wurden, das zusammen mit dem Werkstück behandelt wurde;
- e) bei Vergütungsstahlrädern Härten, die an mindestens drei unterschiedlichen Positionen der unbearbeiteten Zahnfläche ermittelt wurden.

7.2.2.6.2 Alle Schweißungen an rotierenden Teilen einschließlich Nähte zwischen Zahnrad und Welle müssen 100 % geprüft werden. Alle zugänglichen Oberflächen von Schweißnähten müssen nach dem Reinigen und nach dem Entspannen inspiziert werden. Vorzuziehen sind Magnetpulver- oder Ultraschallprüfungen. Andere Verfahren wie Farbeindring- und Röntgenprüfungen sind nur zulässig, wenn sie von Käufer und Verkäufer vereinbart werden.

7.2.2.6.3 Das Material von Zahnrädern und Ritzeln unterliegt bezüglich Qualitätskontrolle und -inspektion als Mindestanforderung den Bestimmungen von ISO 6336-5 entsprechend dem Materialqualitätsgrad MQ.

7.2.2.7 Zusätzliche Inspektion

Zusätzliche Verzahnungsinspektionen können erforderlich sein, falls von Käufer und Verkäufer vereinbart. Solche Inspektionen können u. a. umfassen: Prüfung von Zahnteilung, Teilkreisrundlauf, Profil und Schrägungswinkel.

7.2.3 Mechanische Inspektion

7.2.3.1 Während der Montage der Anlage und vor der Erprobung müssen Bauteile (einschließlich eingegossener Durchlässe in diesen Bauteilen) und alle Leitungen und Zubehörteile durch Beizen oder eine andere geeignete Methode gereinigt werden, um Fremdkörper, Korrosionsspuren und Zunder zu entfernen.

- **7.2.3.2** Falls vorgeschrieben, kann der Käufer eine Inspektion der Sauberkeit der Ausrüstung sowie aller Rohrleitungen und des vom Verkäufer gelieferten Zubehörs, bevor die endgültige Montage der Rohrleitungen erfolgt, durchführen.
- **7.2.3.3** Falls vorgeschrieben, muss die Härte von Bauteilen, Schweißnähten und solchen Bereichen, die einer Wärmeeinwirkung ausgesetzt sind, daraufhin geprüft werden, ob Werkstoffversuche dieser Teile innerhalb der zulässigen Toleranzen liegen. Methode, Umfang, Dokumentation und Anwesenheit bei der Durchführung der Versuche sind zwischen Verkäufer und Käufer zu vereinbaren.

7.3 Erprobung

7.3.1 Allgemeines

7.3.1.1 Getriebe müssen gemäß 7.3.2 geprüft werden. Weitere Prüfungen, die vom Käufer festgelegt werden können, sind in 7.3.3 beschrieben.

7.3.1.2 Mindestens sechs Wochen vor dem ersten planmäßigen Probelauf muss der Verkäufer dem Käufer zur Prüfung und Stellungnahme detaillierte Angaben zur Durchführung aller Probelläufe vorlegen, einschließlich der Abnahmekriterien für alle geprüften Parameter.

7.3.1.3 Der Verkäufer verständigt den Käufer wenigstens fünf Arbeitstage im Voraus über den Termin, an dem die Ausrüstung für eine Erprobung zur Verfügung steht. Wird der Termin für die Erprobung verlegt, muss der Verkäufer den Käufer mindestens fünf Arbeitstage vor dem neu festgelegten Termin informieren.

7.3.2 Mechanische Probelläufe

7.3.2.1 Vor der Durchführung der mechanischen Erprobung müssen folgende Bedingungen erfüllt sein.

- a) Für die mechanischen Probelläufe müssen die vertraglich vereinbarten Lager verwendet werden.
- b) Sämtliche Öldrücke, Viskositäten und Temperaturen müssen den Betriebswerten entsprechen, welche im Betriebshandbuch des Herstellers für die jeweils zu prüfende Einheit empfohlen werden. Die gesamte Getriebeölmengende muss festgehalten werden.
- c) Die Feinheit der Prüfstandsfilter muss 10 µm oder weniger betragen. Weitere Komponenten der Ölanlage nach den Filtern müssen die Sauberkeitsanforderungen gemäß ISO 10438-1, ISO 10438-2 und ISO 10438-3 erfüllen, bevor der Probelauf durchgeführt werden kann.
- d) Teilfugen und Verbindungen des Gehäuses und der Ölanlage sind auf Dichtheit zu untersuchen. Etwaige Leckagen sind zu beseitigen.
- e) Alle Alarm-, Schutz- und Steuerungsvorrichtungen, die während des Probelaufs verwendet werden, sind zu prüfen und entsprechend einzustellen.
- f) Die mechanischen Probelläufe werden mit angebauten Kupplungshälften und Leerlaufadaptern oder Simulatoren durchgeführt, die ein Moment ergeben, das so groß ist wie das einer vorgeschriebenen Kupplungshälfte plus der Hälfte des Kupplungszwischenstücks. Die einzelnen Platten des Leerlaufadapters gehören zum Spezialwerkzeug und sind bei Beendigung der Probelläufe mitzuliefern.
- g) Alle mitbestellten Schwingungssonden, Kabel, Schwingungsdemodulatoren und Beschleunigungsmesser sind während des Probelaufs zu benutzen. Wenn die Sonden nicht vom Verkäufer mitgeliefert werden oder die gekauften Sonden nicht mit den Werkstattanzeigegeräten kompatibel sind, werden Werkstattsonden mit Anzeigen benutzt, die den Genauigkeitsanforderungen von API 670 entsprechen.
- h) Die Prüfstands-ausrüstung umfasst Instrumente, welche die Dauerüberwachung der Drehzahl, der Spitze-zu-Spitze-Amplitude und des Phasenwinkels ($x-y-y'$) sowie deren grafische Darstellung erlauben. Die Schwingungsamplitude und die Wellenmittelpunktbahn werden am Oszillographen dargestellt.

7.3.2.2 Während der Durchführung der mechanischen Probeläufe müssen folgende Bedingungen erfüllt sein.

- a) Der Verkäufer muss eine detaillierte Aufzeichnung der endgültigen Abnahmeprüfungen erstellen, wobei während der ersten Stunde alle 15 Minuten Eintragungen gemacht werden und für den Rest der Prüfungen alle 30 Minuten. Die Einträge enthalten folgende Informationen:
 - 1) Zulauföltemperatur und -druck;
 - 2) Ölmenge;
 - 3) Ölaustrittstemperatur;
 - 4) Wellenschwingung, Frequenz und Amplitude, gefiltert (synchron) und ungefiltert (gesamt);
 - 5) Lagertemperaturen;
 - 6) Gehäuseschwingung (siehe Tabelle 9).
 - b) Die Schwingungscharakteristiken, die an den Instrumenten, wie in 7.3.2.1 g) und 7.3.2.1 h) beschrieben, abgelesen werden, bilden die Basis zur Annahme oder Ablehnung der Maschine (siehe 5.6.3).
 - c) Wenn eine Messung seismischer Prüfwerte vereinbart wurde, werden Schwingungsdaten (Kleinst- und Größtwerte) aufgezeichnet und auf eine bestimmte Richtung in einer Ebene quer zu jeder Lagermittellinie (bezogen) gemessen (wenn möglich); dabei werden Werksinstrumente verwendet.
 - d) Die Getriebe sind mit maximaler Dauerdrehzahl zu fahren, bis Lager- und Schmieröltemperaturen stabil sind.
 - e) Das Getriebe muss mindestens 15 Minuten lang mit 110 % der maximalen Dauerdrehzahl gefahren werden.
 - f) Das Getriebe muss 4 Stunden lang mit maximaler Dauerdrehzahl gefahren werden.
- ANMERKUNG Die Reihenfolge der Schritte in 7.3.2.2 e) und 7.3.2.2 f) ist optional.
- g) Der mechanische Betrieb der gesamten geprüften Ausrüstung sowie der zur Erprobung verwendeten Instrumentierung muss zufriedenstellend sein. Die gemessene, ungefilterte Schwingung darf nicht über den in 5.6.3 genannten Grenzwerten liegen und muss innerhalb des gesamten Betriebsdrehzahlbereiches aufgezeichnet werden (siehe 5.3.2.3).
 - h) Für Wellenschwingungen, die mit berührungslosen Messwertaufnehmern bei maximaler Dauerdrehzahl des Getriebes gemessen werden, sind Schwingungsamplituden bei asynchronen Frequenzen zu prüfen. Der Bereich soll mindestens Frequenzen von 0,25 Mal der Synchrodrehzahl des langsam laufenden Rades bis zu 4 Mal der Synchrodrehzahl des schnell laufenden Rades abdecken, jedoch nicht weniger als 1.500 Hertz. Wenn die Amplitude von bestimmten asynchronen Schwingungen über 20 % des zulässigen Schwingungspegels gemäß 5.6.3.1 beträgt, müssen Käufer und Verkäufer gemeinsam Vereinbarungen treffen, was die Notwendigkeit zusätzlicher Erprobungen und die Freigabe des Getriebes für den Versand betrifft.
 - i) Für Gehäuseschwingungen, die mit auf dem Gehäuse montierten Beschleunigungsaufnehmern bei maximaler Dauerdrehzahl des Getriebes ermittelt werden, sind Amplituden in einem maximalen Frequenzbereich von 10 Hz bis zu und einschließlich 10 kHz zu ermitteln. Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte dürfen nicht über den in 5.6.3.5 und in Tabelle 9 genannten zulässigen Werten liegen.
 - j) Die mechanischen Probeläufe müssen gewährleisten, dass keine schädlichen Resonanzen im Betriebsdrehzahlbereich auftreten.

- k) Eine grafische Darstellung synchroner Schwingungsamplituden und Phasenwinkel gegenüber der Drehzahl für den Auslauf ist vor und nach dem vierstündigen Probelauf zu erstellen. Grafische Darstellungen sind sowohl für gefilterte (je eine pro Umdrehung) und ungefilterte Schwingungspegel, falls vorgeschrieben, zu erstellen. Diese Daten sind auch in polarer Form darzustellen. Der in der Darstellung abgedeckte Drehzahlbereich reicht von 400 U/min bis zur spezifizierten Schnellschlussdrehzahl des Antriebs.
- l) Schmieröleintrittsdrücke und -temperaturen müssen innerhalb des im Betriebshandbuch genannten Bereichs verändert werden. Dies hat während des vierstündigen Probelaufs zu erfolgen.
- m) Falls vorgeschrieben, müssen von allen Echtzeitschwingungsdaten Bandaufzeichnungen erstellt werden.
- n) Falls vorgeschrieben, müssen die Bandaufzeichnungen der Echtzeitschwingungsdaten dem Käufer zur Verfügung gestellt werden.
- o) Für eine Erprobung bei zusätzlichen Drehzahlen sind die Dauer der Erprobung bei jeder Drehzahl und die aufzuzeichnenden Daten vom Käufer zum Zeitpunkt des Kaufs vorzuschreiben.

7.3.2.3 Nach der Durchführung des mechanischen Probelaufs müssen folgende Bedingungen erfüllt sein.

- a) Die obere Gehäusehälfte ist abzuheben und der Zahneingriff auf ordnungsgemäße Anlage und Oberflächenbeschädigung durch die Erprobung zu untersuchen.
- b) Hydrodynamische Lager müssen entfernt, geprüft und wieder montiert werden, nachdem die mechanischen Probelläufe durchgeführt wurden.
- c) Wenn Lager oder Dichtungen ausgetauscht oder geändert werden müssen oder die Demontage des Gehäuses zum Austauschen oder Ändern anderer Teile erforderlich ist, um mechanische Fehler oder Leistungsmängel zu beheben, wird der erste Probelauf nicht akzeptiert. Der endgültige Probelauf wird nach Austausch oder Korrektur vorgenommen.

7.3.2.4 Wenn ein Reserveradsatz bestellt wurde, um eine Parallelfertigung zu ermöglichen, wird auch dieser einem mechanischen Probelauf gemäß den Anforderung der vorliegenden Norm unterzogen.

● 7.3.3 Optionale Erprobungen

7.3.3.1 Allgemeines

Falls vorgeschrieben, sind die in 7.3.3.2 bis 7.3.3.6 beschriebenen Erprobungen durchzuführen.

7.3.3.2 Probelauf bei voller Drehzahl / Voll- oder Teillast

Das Getriebe muss für die Übertragung der ausgelegten Teil- oder Nennlast geprüft werden, wie zwischen dem Käufer und Verkäufer vereinbart. Der Probelauf findet bei Auslegungsantriebsdrehzahl statt. Die Last wird mechanisch oder hydraulisch aufgebracht (Bremsdynamo, Pronyscher Zaum usw.), bis Lager- und Schmieröltemperaturen stabil sind. Einzelheiten der Erprobung, einschließlich der Schwingungsgrenzen, müssen vor der Bestellung ausgehandelt werden. Wenn Prüfstandsbremsen ein ausreichendes Drehmoment erreichen, nicht aber die erforderliche Drehzahl, müssen prüfstandseigene Untersetzungsgetriebe verwendet werden. Dies ist einer Erprobung bei reduzierter Drehzahl vorzuziehen.

Wenn Probelläufe bei Teil- oder Volllast vorgeschrieben sind, muss die Schmieranlage auf dem Prüfstand des Verkäufers mit einer automatischen Abschaltvorrichtung bei unzulänglicher Schmierölversorgung ausgestattet sein. Siehe ANMERKUNG in 7.3.3.3.

7.3.3.3 Probelauf bei vollem Drehmoment / langsamer Rollversuch

Das volle Drehmoment bei Getriebeauslegungsleistung und Auslegungsantriebs- oder -abtriebsdrehzahl ist zu berechnen. Dann ist die entsprechende Welle durch mechanische oder hydraulische Mittel bei einer Drehzahl, die für den Prüfstand des Verkäufers geeignet ist, mit dem vollen Drehmoment zu belasten.

BEISPIEL Bei 10.000 U/min entsprechen 14,9 MW einem Drehmoment von 14,2 kNm. Einer Drehzahl von 50 U/min entspricht einem Drehmoment von 75 kW.

Schwingungs- und Temperaturgrenzwerte, die an anderer Stelle in der vorliegenden Internationalen Norm erwähnt werden, haben keine Geltung.

Die Dauer der Erprobung muss vor der Bestellung ausgehandelt werden.

ANMERKUNG Der Versuch bei vollem Drehmoment / langsamen Rollversuch ist gedacht, um nur den Zahnkontakt und die Tragfähigkeit nachzuweisen. Das ermittelte Tragbild kann aber beeinflusst werden, da Vor-Ort-Bedingungen am Prüfstand nicht simuliert werden können. Bei Getrieben, bei denen eine Änderung der Zahnbreite vor allem auf Wärmeverformungen zurückzuführen ist, ergibt ein Probelauf bei vollem Drehmoment / langsamen Rollversuch ein Tragbild, das unter Umständen nicht dem Tragbild bei Betrieb vor Ort entspricht. Es können Lagerschäden auftreten, da niedrige Drehzahlen eine Bildung eines vollständigen hydrodynamischen Ölfilms in den Lagern verhindern.

7.3.3.4 Probelauf bei vollem Drehmoment / statischer Test

Eine Welle des Getriebes wird blockiert. Das volle Drehmoment, wie in 7.3.3.3 berechnet, wird dann an der anderen Welle durch mechanische oder hydraulische Mittel aufgebracht. Dieses Verfahren wird wiederholt an verschiedenen Eingriffspunkten des Zahntriebes angewandt. Die Anzahl der Lastanwendungen ist vor der Bestellung auszuhandeln. (Siehe ANMERKUNG in 7.3.3.3.)

7.3.3.5 Verspannungsdrehmomenterprobung (Back to Back)

Zwei gleiche Getriebe sind an An- und Abtrieb zusammenzukoppeln (Eingangswelle an Eingangswelle und Ausgangswelle an Ausgangswelle). Dann wird das volle, in 7.3.3.3 berechnete Drehmoment eingeleitet, indem man das Zwischenstück entfernt und die eine Welle entgegen ihrem Gegenstück dreht, während die anderen Wellen gekuppelt bleiben. Dieses Drehmoment wird in dem System durch mechanische oder hydraulische Mittel aufrechterhalten (z. B. Kupplungshälften mit Passfedern auf den Wellen, Drehmoment eingeleitet, dann Kupplungshälften zusammen verschraubt). Die Getriebe sind dann mit Auslegungsdrehzahl für An- und Abtrieb zu fahren. Die Dauer des Laufes ist vor der Bestellung auszuhandeln.

7.3.3.6 Geräuschpegelprüfung

Die Geräuschpegelprüfung muss entsprechend ISO 8579-1 durchgeführt werden.

7.4 Vorbereitung für den Versand

7.4.1 Die Ausrüstung muss entsprechend der vorgeschriebenen Versandart vorbereitet werden. Die Vorbereitung der Anlage muss eine sechsmonatige Freilandlagerung, gerechnet vom Zeitpunkt des Versands, gestatten, ohne dass eine Demontage vor der Inbetriebnahme notwendig ist. Wenn eine Lagerung für längere Zeiträume in Betracht gezogen wird, hat sich der Käufer mit dem Verkäufer wegen der anzuwendenden Verfahren in Verbindung zu setzen.

7.4.2 Der Verkäufer muss dem Käufer seine Konservierungsvorschriften vorlegen, deren Beachtung für den Erhalt der Konservierung und für die Lagerung zwischen Eintreffen am Bestimmungsort und der Inbetriebnahme maßgebend ist.

7.4.3 Die Anlage wird für den Versand vorbereitet, nachdem sämtliche Erprobungen und Inspektionen durchgeführt sind und die Ausrüstung vom Käufer abgenommen ist. Die Vorbereitungen umfassen die Punkte 7.4.3 a) bis 7.4.3 j).

- a) Außenflächen, mit Ausnahme der bearbeiteten Oberflächen, müssen mindestens einen Anstrich nach Herstellerstandard erhalten. Dieser Anstrich darf weder Blei noch Chrom enthalten.

- b) Alle bearbeiteten Außenflächen müssen mit einem geeigneten Konservierungsmittel behandelt werden.
- c) Das Innere des Getriebes muss sauber sein, frei von Zunder, Schweißresten und Fremdkörpern und muss mit einem geeigneten Konservierungsmittel besprüht oder gespült werden, das mit einem Lösungsmittel entfernt werden kann. Das Konservierungsmittel muss in alle Öffnungen eingebracht werden, während das Getriebe langsam durchdreht.
- d) Innenflächen von Lagergehäusen und Hilfsausrüstungen der Ölanlage aus Kohlenstoffstahl (z. B. Behälter, Kessel und Rohrleitungen) müssen mit einem geeigneten, in Öl löslichen Konservierungsmittel eingestrichen werden.
- e) Flanschöffnungen müssen mit Metallverschlüssen von mindestens 5 mm Stärke, Gummidichtungen und mindestens vier Schrauben mit Originalabmessung versehen sein. Bei mit Stehbolzen versehenen Öffnungen müssen sämtliche vorgesehenen Muttern benutzt werden, um die Verschlüsse zu sichern.
- f) Gewindeanschlüsse sind mit Stahlkappen oder Stahlverschlusschrauben mit rundem Kopf gemäß ANSI B16.11 zu versehen. Die Kappen oder Verschlusschrauben müssen aus einem Material bestehen, dessen Qualität dem Druckgehäuse entspricht oder diese übertrifft. Auf keinen Fall dürfen nicht-metallische Kappen oder Verschlusschrauben (beispielsweise aus Kunststoff) verwendet werden.
- g) Hebepunkte und Schwerpunkt müssen auf der Verpackung deutlich gekennzeichnet sein. Der Käufer muss die empfohlene Hebevorrichtung bereitstellen.
- h) Die Ausrüstung muss mit Positions- und Seriennummern identifiziert werden. Alles getrennt verschickte Material muss mit sicher befestigten, korrosionsbeständigen Metallschildern gekennzeichnet werden, welche die Positions- und Seriennummern der Ausrüstung, für welches das Material bestimmt ist, angeben. Darüber hinaus muss in Kisten verschicktes Material mit zwei Packlisten versehen sein, eine innen und eine an der Außenseite der Verpackung.
- i) Wenn Getriebeteile als Ersatz gekauft wurden, sind diese für die Lagerung im Gebäude ohne Heizung über mindestens 3 Jahre zu konservieren. Die rotierenden Teile sind mit einem Konservierungsmittel zu behandeln und in eine Hülle mit Dampfsperrschicht, aus der ein Dampfphasenhemmstoff langsam entweicht, einzuschweißen. Die rotierenden Teile müssen in einem Verschlag verpackt werden, der geeignet ist für Inland- oder Exportversand, wie angegeben. Es sind geeignete Bleibleche von mindestens 3 mm Dicke oder vom Käufer festgelegte Bleche zwischen den rotierenden Teilen und den Verschlägen an den Abstützbereichen zu verwenden. Die Rotoren dürfen nicht an den Zapfen abgestützt werden.
- j) Offenliegende Wellen und Wellenkupplungen müssen in wasserdichtes, elastisches Wachstuch oder dampfdurchlässiges Papier eingewickelt werden. Nahtstellen sind mit öldichtem Klebeband abzudichten.

8 Verkäuferdaten

8.1 Allgemeines

8.1.1 Die Informationen, die vom Verkäufer erteilt werden müssen, sind in 8.2 und 8.3 genannt. Der Verkäufer muss das Formular „Verkäuferanforderungen an Zeichnungen und Daten (VDDR)“ (siehe Anhang D) ausfüllen und dem/den in der Anfrage bzw. dem Auftrag genannten Empfänger(n) übersenden. Aus diesem Formular muss der Terminplan für die Übersendung von Zeichnungen, Kurven und Daten hervorgehen, wie im Angebot bzw. Auftrag vereinbart sowie Anzahl und Art der vom Käufer benötigten Kopien.

8.1.2 In Begleitbriefen, in Zeichnungsschriftfeldern oder auf Titelblättern sind folgende Informationen anzugeben:

- a) Firmenname des Käufers/Betreibers;
- b) Auftrag/Projekt;
- c) Positionsnummer und Bezeichnung der Ausrüstung;
- d) Anfrage- oder Auftragsnummer;

- e) jede andere Identifizierung, die in der Anfrage oder im Auftrag spezifiziert ist;
 - f) Angebotsnummer des Verkäufers, Werksauftragsnummer, Seriennummer oder eine andere Referenznummer, die erforderlich ist, um eingehende Korrespondenz zuordnen zu können.
- **8.1.3** Ein Koordinationsgespräch sollte innerhalb von 4 bis 6 Wochen nach Auftragserteilung, vorzugsweise im Werk des Verkäufers, abgehalten werden. Soweit nicht anders vorgeschrieben, muss der Verkäufer im Vorfeld dieses Gesprächs eine Tagesordnung vorbereiten und verteilen, die mindestens folgende Punkte umfasst:
- a) Auftrag, Lieferumfang, genaue Auftragsdaten des Verkäufers und des Unterverkäufers;
 - b) Datenblätter;
 - c) geltende Spezifikationen und vorher vereinbarte Ausnahmen;
 - d) Terminpläne für die Übersendung von Daten, Produktion und Prüfungen;
 - e) Qualitätssicherungsprogramm, Verfahren und Abnahmekriterien;
 - f) Inspektion, Terminverfolgung und Prüfung;
 - g) Skizzen und Stücklisten von Hilfssystemen;
 - h) räumliche Anordnung der Ausrüstung, Wellendrehrichtung, Verrohrung und Hilfssysteme;
 - i) Kupplungsauswahl;
 - j) Dimensionierung und geschätzte Belastung der Druck- und Radiallager;
 - k) Analyse der Rotordynamik;
 - l) Prüfung der Unterlieferanten;
 - m) sonstige technische Punkte.

8.2 Angebote

8.2.1 Allgemeines

Der Verkäufer muss das Original und die angeforderte Menge an Kopien des Angebotes an den Empfänger senden, der in der Anfrage genannt ist. Dieses Angebot muss die unter 8.2.2 bis 8.2.4 genannten Daten beinhalten sowie die Aussage, dass das System mit allen seinen Bauteilen genau den Anforderungen der vorliegenden Norm entspricht. Sollte das Getriebe und seine Bauteile nicht genau mit der vorliegenden Norm übereinstimmen, hat der Verkäufer eine Liste beizufügen, aus der jede Abweichung genau hervorgeht und erläutert wird. Ferner muss der Verkäufer genaue Angaben machen, die es dem Käufer ermöglichen, alternativ vorgeschlagene Konstruktionen zu beurteilen. Sämtlicher Schriftverkehr ist gemäß Abschnitt 8.1.2 eindeutig zu kennzeichnen.

8.2.2 Zeichnungen

8.2.2.1 Die im Formular „Verkäuferanforderungen an Zeichnungen und Daten“ (siehe Anhang D) genannten Zeichnungen müssen dem Angebot beiliegen. Mindestens sind jedoch folgende Daten anzugeben:

- a) eine Übersichts- oder Umrisszeichnung für jedes Getriebe mit Angabe der Gesamtabmessungen, Wartungsabstände, Gesamtmassen, Montagmassen und maximalen Wartungsmassen (für jedes Teil anzugeben). Drehrichtung sowie Größe und Anordnung der wichtigsten Käuferanschlüsse sind anzugeben;

- b) Schnittzeichnungen mit genauen Angaben zur angebotenen Ausrüstung;
- c) Skizzen, aus denen die Art des Anhebens des montierten Getriebes hervorgeht. [Diese Information kann auch in den Zeichnungen angegeben werden, die unter Punkt a) genannt sind.]

8.2.2.2 Wenn Standardzeichnungen, -skizzen und -stücklisten verwendet werden, müssen diese überarbeitet werden, so dass daraus die korrekten Massen- und Maßangaben sowie die aktuelle Ausrüstung und der angebotene Lieferumfang hervorgeht.

8.2.3 Technische Daten

Das Angebot muss folgende Daten enthalten:

- a) Datenblätter des Käufers mit Eintragungen des Verkäufers und Unterlagen, in denen die Einzelheiten des Angebots genau beschrieben sind;
- b) Geräuschdatenblatt, falls vorhanden; falls nicht vorhanden, ein alternatives Formular des Verkäufers;
- c) Formular „Verkäuferanforderungen an Zeichnungen und Daten“ (siehe Anhang D), in dem die Termine angegeben sind, an welchen sich der Verkäufer einverstanden erklärt hat, die vorgeschriebenen Daten als Bestandteil des Vertrags zu übersenden;
- d) Terminplan für den Versand der Ausrüstung in Wochen nach Auftragserhalt;
- e) Liste der wichtigsten Verschleißteile, aus der die Austauschbarkeit mit anderen Einheiten des Käufers hervorgeht;
- f) Liste der empfohlenen Ersatzteile für die Inbetriebnahme, einschließlich aller Positionen, die der Verkäufer aus Erfahrung vermutlich für notwendig erachtet;
- g) Liste der zu Wartungszwecken gelieferten Spezialwerkzeuge. Der Verkäufer hat alle metrischen Positionen zu kennzeichnen, die im Angebot enthalten sind;
- h) Aufstellung besonderer Schutzmaßnahmen, die für den Start, den Betrieb und Leerlaufperioden unter den örtlichen Bedingungen, wie auf den Datenblättern angegeben, erforderlich sind. In dieser Liste sind sowohl die vom Käufer durchzuführenden Schutzmaßnahmen zu benennen als auch jene, die Teil des Lieferumfangs des Verkäufers sind;
- i) komplette Aufstellung der Versorgungsanforderungen, einschließlich der Schmierölmenge, des Förderdrucks, der vom Öl abzuführende Wärmemenge und der Auslegungsleistung, wie auf dem Typenschild eingraviert (Ungefähre Wertangaben sind als solche zu benennen und zu kennzeichnen.);
- j) Beschreibung der Erprobungen und Inspektionen für Materialien, wie gemäß 5.9.1.3 erforderlich;
- k) Beschreibung besonderer Anforderungen, wie in 5.9.1.2 beschrieben;
- l) Liste ähnlicher installierter Maschinen, die unter analogen Betriebsbedingungen wie die im Angebot spezifizierte Anlage laufen
- m) Einschränkungen bezüglich Anfahren, Abschalten und Betrieb der Ausrüstung, die notwendig sind, um diese insgesamt vor Schaden zu bewahren.

8.2.4 Optionen

- Falls vorgeschrieben, hat der Verkäufer eine Liste bezüglich der Durchführung besonderer oder optionaler Erprobungen vorzulegen, die vom Käufer gefordert oder vom Verkäufer vorgeschlagen wurden.