

DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.

DIN 4312

Industrieturbinen

Dampf- und Gasentspannungsturbinen

Grundlagen für den Bau von Industrieturbinen

Normenausschuß Maschinenbau (NAM)
im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

BEUTH VERLAG GMBH · BERLIN

Industrieturbinen

Dampf- und Gasentspannungsturbinen

Grundlagen für den Bau von Industrieturbinen

DIN
4312

Turbines for industrial application; steam and gas expansion turbines; guidelines for the construction of turbines for industrial application

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	8 Hilfsausrüstungen	10
2 Zweck	1	8.1 Rohrleitungen	10
3 Allgemeine Benennungen	1	8.2 Eintrittssieb und Wasserabscheider	11
4 Grundlagen	2	8.3 Elektrische Anlagenteile	11
4.1 Einheiten	2	8.4 Werkstoffe für Hilfsausrüstungen	11
4.2 Begriffe	2	8.5 Kondensation	11
4.3 Arbeitsfluid	4	9 Ölvorsorgung, Schmier- und Steuerölsystem	11
5 Anfrage und Angebot	4	9.1 Allgemeines	11
5.1 Allgemeines	4	9.2 Ölsorten	12
5.2 Anfrage	4	9.3 Ölbehälter	12
5.3 Angebot	4	9.4 Pumpen und Antrieb	12
5.4 Gewährleistung	4	9.5 Ölfilter	13
5.5 Begrenzung der Geräuschemission	4	9.6 Ölkühler	14
6 Turbinen	5	10 Regelung und Instrumentierung	14
6.1 Allgemeines	5	10.1 Allgemeines	14
6.2 Gehäuse	5	10.2 Turbinenregelsysteme	14
6.3 Äußere Kräfte und Momente	6	10.3 Sicherheits- und Schutzeinrichtungen	15
6.4 Schraubenverbindungen	6	10.4 Instrumentierung	16
6.5 Gehäuseöffnungen für Rohranschlüsse	6	11 Kontrollen und Prüfungen	17
6.6 Turbinenläufer	7	11.1 Allgemeine Bestimmungen	17
6.7 Gehäuse-Einbauteile	7	11.2 Kontrollen von Werkstoff und Teilen	18
6.8 Labyrinthdichtungen	7	11.3 Turbinenerprobungen	19
6.9 Ausgleichkolben und Ausgleichleitung	7	12 Vorbereitung zum Versand	19
6.10 Lager und Lagergehäuse	7	12.1 Konservierung	19
6.11 Wellendichtungen	7	12.2 Markierungen	19
6.12 Schwingungsverhalten	8	12.3 Transport und Handhabung	19
6.13 Schwingungsüberwachung	8	13 Montage und Inbetriebnahme am Aufstellungsort	20
6.14 Auswuchten	9	13.1 Vorbereitung am Aufstellungsort	20
6.15 Grundrahmen und Grundplatten	9	13.2 Montage am Aufstellungsort	20
6.16 Einspritzvorrichtungen	9	13.3 Probetrieb	20
6.17 Schilder und Richtungspfeile	9	13.4 Personalausbildung	20
7 Arbeitsmaschinen, Getriebe, Kupplungen	9	14 Industrieturbinen-Datenblätter	20
7.1 Arbeitsmaschinen	9	14.1 Allgemeines	20
7.2 Getriebe	9	14.2 Bemerkungen und Kommentare zu den im Industrieturbinen-Datenblatt Nr 1101 aufgeführten Unterlagen	20
7.3 Kupplungen	10	Stichwortverzeichnis	22
7.4 Läuferdreheinrichtung	10	Industrieturbinen-Datenblätter	24

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Industrieturbinen (Dampf- und Gasentspannungsturbinen) axialer und radialer Durchflußrichtung. Sie enthält Mindestanforderungen für ein- bzw. mehrstufige Gleich- oder Überdruckturbinen, die in kritischem Betrieb – d. h. ohne Reserveeinheiten – verwendet werden können.

Turbinen, die die Anforderungen dieser Norm nicht erfüllen, sollten bei kritischem Betrieb eine Reserveeinheit erhalten.

Die vorliegende Norm enthält außerdem bestimmte Anforderungen an Arbeitsmaschinen, Getriebe, Schmier- und Sperrmedienanlagen, Steuerungen, Instrumenten-ausstattungen und Hilfsgeräte von Turbinenanlagen. Je nach den Erfordernissen kann diese Norm durch zusätzliche Spezifikationen ergänzt, oder es kann auf bestimmte Forderungen dieser Norm verzichtet werden.

2 Zweck

Zweck dieser Festlegungen ist es, die Herstellung und Beschaffung von Turbinen für die Industrie zu erleichtern. Der Mehraufwand an Konstruktion und Ausrüstung, der sich durch die Anwendung dieser Norm gegenüber der bisherigen Verkäuferrichtlinie ergibt, muß im angemessenen Verhältnis zu der Bedeutung der Turbine als Teil der Gesamtanlage stehen.

3 Allgemeine Benennungen

Dampf- bzw. Gasentspannungsturbinen sind Wärmekraftmaschinen mit rotierenden Laufteilen, in denen das Enthalpiegefälle eines dampf- bzw. gasförmigen Fluids in einer oder mehreren Stufen in mechanische Arbeit umgewandelt wird.

Fortsetzung Seite 2 bis 73

Normenausschuß Maschinenbau (NAM) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

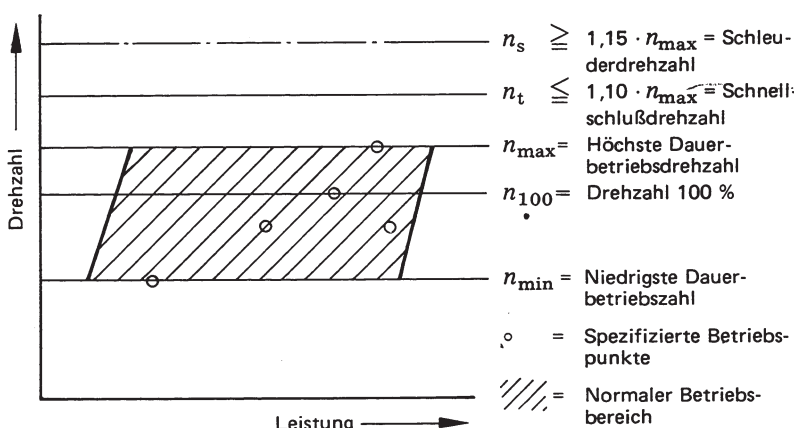
4 Grundlagen

4.1 Einheiten

In dieser Norm werden die SI-Einheiten (System International d'Unites) angewandt.

4.2 Begriffe

Nr	Benennung	Definition
4.2.1	Leistungen	
4.2.1.1	Auslegungsleistung	Leistung im Auslegungspunkt, gemessen an der Kupplung der Turbine bzw. an den Klemmen des Generators. Der Auslegungspunkt ist definiert als Betriebspunkt optimalen Wirkungsgrades. Der dazugehörige Auslegungszustand (Drücke, Temperaturen, Drehzahl) ist vom Käufer auf dem Industrieturbinen-Datenblatt 201/1 vorzugeben.
4.2.1.2	Maximalleistung	Maximal geforderte Leistung bei Auslegungszustand, gemessen an der Kupplung der Turbine bzw. an den Klemmen des Generators
4.2.2	Örtlichkeiten	Wenn nicht anders vorgeschrieben, gilt:
4.2.2.1	Standardeintritt	Schnellschlußventil/Eintrittsflansch bzw. Gehäuseflansch für Einspeisung
4.2.2.2	Standardaustritt	Gehäuseaustrittsflansch für Entnahme, Anzapfung und Abdampf
4.2.3	Drücke	(Siehe auch DIN 1314)
4.2.3.1	Absoluter Druck	Der von einem absoluten Vakuum aus gemessene Druck. Er ist gleich der algebraischen Summe des atmosphärischen Druckes und des Druckmeßgerätdruckes (statischer Druck oder Gesamtdruck).
4.2.3.2	Gesamtdruck	Der sich ergebene Druck, wenn der Dampf- oder Gasstrom zum Stillstand kommt und seine kinetische Energie durch isentrope Verdichtung vom Strömungszustand in den Stillstandszustand verwandelt wird.
4.2.3.3	Eintrittsdruck	Absoluter Gesamtdruck am Standardeintritt
4.2.3.4	Austrittsdruck	Absoluter Gesamtdruck am Standardaustritt
4.2.3.5	Zulässiger höchster Betriebsdruck	Absoluter Druck im Gehäuse oder in Kammern unterteilter Gehäuse, mit dem das Dampfnetz oder das Gehäuse abgesichert ist (Einstellwert der Sicherheitsventile)
4.2.3.6	Gehäuseberechnungsdruck	Maximaler, im Dauerbetrieb möglicher absoluter Druck, unter dem die einzelnen Gehäuseteile mit der zugehörigen Gehäuseberechnungstemperatur stehen können
4.2.4	Temperaturen	
4.2.4.1	Gesamttemperatur	Temperatur, die sich ergibt, wenn der Dampf- oder Gasstrom zum Stillstand kommt und seine kinetische Energie durch eine isentrope Verdichtung aus dem Strömungszustand in den Stillstandszustand verwandelt wird. Der Unterschied der Gesamttemperatur zur praktisch gemessenen Temperatur ist vernachlässigbar.
4.2.4.2	Eintrittstemperatur	Gesamttemperatur am Standardeintritt
4.2.4.3	Austrittstemperatur	Gesamttemperatur am Standardaustritt
4.2.4.4	Zulässige höchste Betriebstemperatur	Höchste absolute Dampf- oder Gastemperatur, die in einem Gehäuse oder in Kammern unterteilter Gehäuse im Dauerbetrieb auftreten kann. Kurzzeitige Überschreitungen der maximalen Betriebstemperatur nach IEC 45.
4.2.4.5	Gehäuseberechnungstemperatur	Maximale, im Dauerbetrieb mögliche Temperatur, unter der die einzelnen Gehäuseteile mit dem jeweiligen Gehäuseberechnungsdruck stehen können
4.2.5	Feuchte	
4.2.5.1	Gasfeuchte	Verhältnis der in einem bestimmten Volumen tatsächlich enthaltenen Wassermasse zu der Wassermasse, die erforderlich ist, um unter den vorliegenden Bedingungen von Druck und Temperatur Sättigung zu erzeugen
4.2.5.2	Dampf- oder Gasfeuchte	Verhältnis der Gewichtsteile von unverdampftem Medium zum Gesamtgewicht des Mediums
4.2.6	Massenströme	
4.2.6.1	Dampf- oder Gasdurchsatz	Dampf- oder Gasmassenstrom, den die Turbine einschließlich der durch die Turbinenwellen angetriebenen Hilfseinrichtungen zur Erzeugung der spezifizierten Kupplungsleistung bzw. Klemmenleistung bei den verschiedenen Betriebspunkten benötigt

Nr	Benennung	Definition
4.2.6.2	Entnahme bzw. Anzapfmassenstrom	Dampf- oder Gasmassenstrom, der bei einem Druck unterhalb des Eintrittsdruckes, jedoch oberhalb des Austrittsdruckes aus der Turbine entnommen wird
4.2.6.3	Abdampf- oder Abgasmassenstrom	Dampf- oder Gasmassenstrom, der durch den Gehäuseaustritt in das Gegen-drucknetz oder in die Kondensationsanlage geleitet wird
4.2.6.4	Spezifischer Dampf- bzw. Gasdurchsatz	Dampf- bzw. Gasmassenstrom je kW, bezogen auf die Leistung an der Turbinenabtriebskupplung bzw. an den Klemmen; bei Turbinen mit integrier-tem Getriebe wird ersatzweise auf die Leistung an der Getriebeabtriebs- kupplung bezogen
4.2.7	Drehzahlen	 Bild 1. Begriffsbestimmungen 4.2.7.1 Niedrigste Dauerbetriebsdrehzahl $n_{\min}$ Niedrigste Drehzahl des spezifizierten Drehzahlbereichs 4.2.7.2 Drehzahl 100 % n_{100} Drehzahl im Auslegungspunkt 4.2.7.3 Höchste Dauerbetriebsdrehzahl $n_{\max}$ Höchste Drehzahl des spezifizierten Drehzahlbereichs 4.2.7.4 Schnellschlußdrehzahl n_t Drehzahl, bei der die Turbine selbsttätig abschaltet. Sie beträgt höchstens $1,10 \cdot n_{\max}$ 4.2.7.5 Schleuderdrehzahl n_s Prüfdrehzahl des fertigen Läufers. Sie beträgt mindestens $1,15 \cdot n_{\max}$, Prüfung mindestens 3 Minuten lang, bei Raumtemperatur. 4.2.7.6 Kritische Drehzahl Siehe Abschnitt 6.12 4.2.7.7 Leerlaufdrehzahl n_L Drehzahl im Leerlauf der Turbine mit abgekuppelter Arbeitsmaschine
4.2.8	Betriebspunkte	
4.2.8.1	Spezifizierte Betriebspunkte	Alle Betriebspunkte, die in den Industrieturbinen-Datenblättern Nr 201 und Nr 202 aufgeführt sind. Welcher von den spezifizierten Betriebspunkten der Auslegungspunkt sein soll, ist vom Käufer anzugeben.
4.2.8.2	Garantiepunkt(e)	Einer oder mehrere der spezifizierten Betriebspunkte, die auf dem Industrieturbinen-Datenblatt eingetragen sind und bei denen Garantiewerte einzuhalten sind. Es können auch Betriebspunkte mit gedrosseltem Arbeitsfluid garantiert werden.
4.2.9	Drehzahlregelung	
4.2.9.1	Proportionalgrad (P-Grad) x_p	Differenz der Drehzahlen bei Leerlauf und Maximalleistung, ausgedrückt in % der höchsten Dauerbetriebsdrehzahl $x_p = \frac{n_L - n_{\max}}{n_{\max}} \cdot 100$ Hierbei wird zugrunde gelegt: a) Die Fluidaten entsprechen den Auslegungsdaten und bleiben unverändert. b) Der Drehzahlswert ist auf die Drehzahl $n_{\max}$ eingestellt und bleibt unverändert.

Nr	Benennung	Definition
4.2.9.2	Drehzahlabweichungen	c) Externe Regeleinrichtungen greifen nicht ein. Bei Entnahmeturbinen (oder Mehrdruckturbinen) erhält man den P-Grad bei der kleinstmöglichen Entnahmemenge, bei der noch die Auslegungsleistung gefahren werden kann, wobei das Druckregelsystem nicht im Eingriff ist. Abweichungen vom eingestellten Drehzahl-Sollwert, wobei alle anderen Bedingungen unverändert bleiben. Sie beinhalten die Umkehrspanne der Drehzahl sowie kontinuierliche Drehzahlschwankungen infolge mangelnder Stabilität des Drehzahlregelsystems. Die Drehzahlschwankungen werden angegeben als Bandbreite der positiven und negativen Abweichung vom eingestellten Drehzahlsollwert, ausgedrückt in % der maximalen Dauerbetriebsdrehzahl.
4.2.9.3	Drehzahlunempfindlichkeit	Prozentuale Änderung der Drehzahl, die notwendig ist, um ein Nachstellen der Stellventile und damit eine Korrektur der Drehzahl zu bewirken. Sie ist bedingt durch Spiele und Reibung im Meßwerk und im Übertragungssystem.
4.2.9.4	Stabilität	Kennzeichnung der Fähigkeit des Regelsystems, im Beharrungszustand kontinuierliche Drehzahlschwankungen zu verhindern und nach Leistungsänderungen den neuen Beharrungszustand mit gedämpften Schwingungen zu erreichen. Kontinuierliche Drehzahlschwankungen sind die charakteristischen Eigenschwingungen des Regelsystems.
4.2.9.5	Maximale Überschwingweite	Vorübergehender Drehzahlanstieg, der bei plötzlicher Entlastung von Maximalast vorübergehend auftritt. Die maximale Überschwingweite wird auf die maximale Dauerbetriebsdrehzahl bezogen und in % ausgedrückt.

4.3 Arbeitsfluid

Der Käufer hat das Arbeitsfluid (Dampf oder Gas) zu spezifizieren. Für korrosive oder umweltschädliche Fluide sind die Analysen einzureichen, damit notwendige Maßnahmen vereinbart werden können. Korrosive und umweltschädliche Eigenschaften des Arbeitsfluids sind vom Käufer genau zu bezeichnen.

5 Anfrage und Angebot

5.1 Allgemeines

Die Industrieturbinen-Datenblätter sind Teil der Anfrage oder des Auftrages. Sollte ein Widerspruch zwischen dieser Norm und der Anfrage bestehen, so gelten für das Angebot die Angaben in der Anfrage. Im Auftragsfall haben die in der Bestellung angegebenen Informationen Gültigkeit.

Unterlagen, die zur Anfrage, zum Angebot oder zum Auftrag gehören, dürfen nicht an Dritte weitergegeben werden, es sei denn, dies ist für die Erstellung des Angebotes oder für die Durchführung des Auftrages notwendig.

Die dem Käufer zur Prüfung vorgelegten und von ihm schriftlich genehmigten Unterlagen sind Bestandteil des Auftrages. Die Genehmigung entbindet Verkäufer und Käufer nicht von deren vertraglichen Verpflichtungen.

Die Verantwortlichkeit bezüglich der Koordinierung von Arbeitsmaschinen und Turbinen ist vor Abschluß des Vertrages zu definieren.

5.2 Anfrage

Der Käufer soll die Industrieturbinen-Datenblätter so weit wie möglich ausfüllen. Hierin sind alle Angaben zu machen, die für den Verkäufer zur Erstellung des Angebotes notwendig sind. Eine eindeutige Aussage ist immer dort zu treffen, wo diese Norm eine Auswahl vorsieht oder eine Entscheidung erforderlich macht.

Der Käufer soll alle Ausnahmen oder Abweichungen von dieser Norm, die vom Verkäufer zu beachten sind, angeben.

Der Käufer soll in seiner Anfrage auch die Reserveteile angeben, die im Angebot zu nennen sind. Ergänzt werden können diese durch Vorschläge des Verkäufers.

5.3 Angebot

Der Verkäufer soll die Industrieturbinen-Datenblätter ergänzen und seinem Angebot beifügen. Er soll, wo notwendig, Zusätze machen, um seinen Lieferumfang zu beschreiben.

Positionen, die nicht in der Anfrage genannt sind, jedoch vom Verkäufer gewünscht werden, sollen in seinem Angebot angegeben werden.

In dem Angebot soll die Lieferzeit genannt werden.

Dem Angebot sind Schemata über das Regel-, Fluid- und Ölsystem mit entsprechenden Erläuterungen beizufügen.

Im Angebot müssen alle Abweichungen von dieser Norm genannt werden.

Für Richtangebote sollen die Industrieturbinen-Datenblätter A1, A2 und A3 verwendet werden.

Die Liefergrenze und ihr Koordinierungsanteil sind vom Verkäufer im Angebot anzugeben.

5.4 Gewährleistung

Umfang, Art und Dauer der Gewährleistung sind Bestandteile des Vertrages.

5.5 Begrenzung der Geräuschemission

Forderungen in bezug auf Geräuschgüte an Turbinen und Zubehörteilen sollen vom Käufer zum Zeitpunkt der Abgabe der Anfrage genannt werden. Es liegt in der Verantwortung des Käufers, dem Verkäufer die Geräuschspezifikationen, die am Betriebsort aufgrund gesetz-

licher Bestimmungen und behördlicher Vorschriften anzuwenden sind, mitzuteilen.

Der Verkäufer soll in seinem Angebot die voraussichtlichen Schalleistungs- oder Schalldruckpegel für seinen Lieferumfang angeben.

Die Werte sind in der Regel entsprechend dem Industrieturbinen-Datenblatt Nr 208 für die Baugruppen getrennt anzugeben. Bei örtlich geschlossenen Baueinheiten sind die Gesamtpegel zu nennen.

Geräuschmessungen, sofern vereinbart, sind nach DIN 45 635 Teil 15 (z. Z. Entwurf) (identisch mit dem Entwurf der IEC-Abnahmeregeln „Geräuschmessung für Abnahmeversuche an Dampfturbinen“) durchzuführen. Die Verantwortlichkeit für die Durchführung der Geräuschmessungen am Betriebsort, wie im Industrieturbinen-Datenblatt angegeben, soll zwischen Käufer und Verkäufer vereinbart werden.

Der Verkäufer soll Schallsisolierungen oder andere schalldämpfende Einrichtungen separat anbieten, soweit sie über das üblicherweise Vorgesehene hinausgehen und soweit sie erforderlich werden, um die Geräuschbegrenzungsvorschrift zu erfüllen.

Weitere spezielle Geräuschmessungen sind zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren.

6 Turbinen

6.1 Allgemeines

6.1.1 Auslegungsmerkmale

Die Turbinen und Hilfseinrichtungen sind für mindestens dreijährigen Dauerbetrieb in allen spezifizierten Betriebspunkten ausulegen. Das An- und Abfahren sowie spezifizierte momentane Überlastungen sind mit zu berücksichtigen.

Es ist zu vereinbaren, bei welchen vom Auslegungszustand abweichenden Betriebszuständen die Turbine welche Leistung zu erbringen hat. Der Hersteller nennt die durch die mechanische Festigkeit der Turbine gegebene maximal zulässige Leistung; letztere kann kleiner als die von der Turbine abgegebenen möglichen Leistungen bei abweichenden Betriebszuständen sein (Industrieturbinen-Datenblatt 201/2).

Die Anordnung der Maschinen sowie der Hilfseinrichtungen ist zu vereinbaren, bevor der Auftrag für die Anlage erteilt wird. Sie ist so zu planen, daß für Betrieb und Wartung genügend Platz bleibt.

Der Verkäufer liefert mit der Turbine alle besonderen Vorrichtungen und Ausrüstungen, die durch seine spezielle Konstruktion bedingt und für einen Zusammenbau der Bestandteile erforderlich sind, einschließlich der Spezialwerkzeuge. Die Hauptteile sind so auszubilden, daß bei einem Wiederzusammenbau unter Verwendung der ursprünglichen Teile ein genaues Ausrichten möglich ist.

Zwecks leichten Zusammenbaus und leichter Zerlegung sind Heberinge, Ringschrauben, Abdrückschrauben oder ähnliche Vorrichtungen und Führungstifte vorzusehen. Wenn Abdrückschrauben vorgesehen sind, ist darauf zu achten, daß die Dichtflächen nicht beschädigt werden.

Regeleinrichtungen, Lagergehäuse, Wellendichtungen und Ölversorgungsanlagen sind so auszufüllen, daß sowohl im Betrieb als auch im Stillstand möglichst wenig Feuchtigkeit, Staub und Fremdstoffe in die Turbine eindringen können.

Die Turbinen und die Hilfseinrichtungen müssen sich für die vom Käufer auf dem Industrieturbinen-Datenblatt

angegebenen Ortsverhältnisse und klimatischen Bedingungen eignen.

Wo sich Wasser ansammeln kann, muß eine Möglichkeit zum Entwässern der Gehäuse- und Rohrleitungsteile vorhanden sein.

Alle Teile und Anlagen, die durch niedrige Umgebungstemperaturen ausfallen oder Schaden nehmen können, sind entsprechend zu schützen.

Für die Schmier- und Steuerölsysteme bzw. Teile der Systeme sind erforderlichenfalls Heizungen vorzusehen (siehe Abschnitt 9.1.8).

Kann Rückwärtslauf auftreten, ist dies vom Käufer anzugeben. Die einzelnen Umstände sind zu klären und die Maßnahmen für den entsprechenden Notlauf zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren.

6.1.2 Schweißungen

Alle Schweißungen an den Gehäusen, den druckführenden Gußstücken und Rohren sind nach den folgenden Bedingungen auszuführen:

- Die Werkstoffe müssen sich für das Schweißen eignen und die Schweißzusatzstoffe müssen sich mit dem Grundmetall vertragen.
- Die Schweißverfahren sind nach den Werkstoffeigenschaften, der Dicke des Stückes und der Belastung der Schweißverbindung auszuwählen.
- Schweißnähte, welche die Sicherheit und Betriebssicherheit des Bauteiles beeinflussen, sind von Schweißern mit Prüfung nach DIN 8560 herzustellen. Die Schweißqualität muß DIN 8563 Teil 3 entsprechen. Die jeweiligen Bewertungsgruppen sind im Angebot anzugeben.
- Wenn nicht anders vorgeschrieben, werden alle Schweißungen unter der Verantwortung des Verkäufers und nach dessen Verfahrensweise ausgeführt.

6.1.3 Reparaturarbeiten

Es ist bei Auftragsvergabe festzulegen, für welche Teile bei Reparaturarbeiten die Genehmigung des Käufers einzuholen ist.

6.1.4 Wärmedämmung

Mit Ausnahme der Abdampfteile von Kondensationsturbinen sind die Turbinengehäuse zu isolieren. Die Isolierung ist für eine Maximaltemperatur an der Außenfläche von 80 °C auszulegen. Die maßgebenden sicherheitstechnischen Anforderungen nach DIN 31 001 Teil 1 und Teil 2 sind zu beachten. Es dürfen nur asbestfreie Wärmedämmungen eingesetzt werden.

6.1.5 Schutz gegen Stillstandskorrosion

Dem Käufer wird empfohlen, die Turbine bei längerem Stillstand gegen Stillstandskorrosion zu schützen.

6.2 Gehäuse

6.2.1 Allgemeine Berechnung

Das Gehäuse und die Gehäusestutzen sind mindestens für den Betrieb unter den ungünstigsten Bedingungen bei gleichzeitiger Einwirkung von Druck und Temperatur, die mit den spezifizierten Betriebsbedingungen zu erwarten sind, zu berechnen. Das Gehäuse kann für die Festigkeitsberechnung und Druckproben unterteilt werden. In einem solchen Fall werden die Berechnungsdrücke und Teilgehäuse nach den vorstehenden Grundsätzen bestimmt.

Bei Gehäusen, die nicht aus korrosionsbeständigen Werkstoffen hergestellt sind, ist zusätzlich zu rechnerisch ermittelten Mindestwanddicken eine geeignete Korrosionszugabe erforderlich.

Gehäuse-Einbauteile: Siehe Abschnitt 6.7

Die Festigkeitsnähte, welche die Gehäuseteile verbinden, sind durch Glühen zu entspannen.

An die Gehäuse angeschweißte Rohre: Siehe Abschnitt 6.5

6.2.2 Werkstoffe

Wenn zwischen Käufer und Verkäufer nicht anders vereinbart, wählt der Verkäufer den Gehäusewerkstoff nach folgenden Überlegungen aus:

- a) Einströmteile aus Stahl oder Stahlguß bei Eintrittsdruck und -temperatur $> \text{absolut } 25 \text{ bar oder } > 350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (623 K). Für Eintrittszustände mit niedrigeren Werten sind die Normwerkstoffe des Verkäufers zulässig.
- b) Abströmteile für Kondensationsturbinen aus Gußeisen mit Lamellengraphit sind zulässig, wenn der Austrittsdruck $\leq \text{absolut } 5 \text{ bar}$ ist, bei einer Austrittstemperatur von maximal $260 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (533 K). Auch Teile aus Stahlblech in Schweißausführung sind zulässig.
- c) Abströmteile für Gegendruckturbinen
 - aus Gußeisen mit Kugelgraphit, wenn der Austrittsdruck $\leq \text{absolut } 25 \text{ bar}$ ist, bei einer Austrittstemperatur von maximal $350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (623 K).
 - aus Stahlguß
 - als Schweißausführung
- d) Gehäuse für Gasentspannungsturbinen
Für Temperaturen unter $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (233 K) sind besondere kaltzähe Werkstoffe zu nehmen.

6.3 Äußere Kräfte und Momente

Der Verkäufer gibt die Stutzenverschiebung durch Wärmebewegung der Turbine sowie die zulässigen Kräfte und Momente an den Gehäusestutzen an, an welche der Käufer seine Leitungen anschließen muß. Diese Angaben sind – wenn spezifiziert – im Angebot zu machen.

Die Kräfte und Momente müssen den sicheren Betrieb der Turbine bei jeder spezifizierten Betriebsbedingung erlauben, einschließlich Stillstand (Ausrichtungsabweichung, interne Toleranzen, Gehäuse- und Flanschbeanspruchung). Die alleinige Verantwortung für die Anordnung der Rohrleitungen und deren Berechnung aufgrund der Stutzenverschiebungen unter Berücksichtigung der zulässigen Kräfte und Momente hat der Planer und Lieferant der Rohrleitungsanlage. Er hat dafür zu sorgen, daß die zulässigen Werte nicht überschritten werden.

Das Ergebnis der Rohrleitungsberechnungen wird dem Verkäufer übermittelt und von diesem kommentiert. Dies beeinträchtigt nicht die vorerwähnte Verantwortung des Rohrleitungsplaners bzw. -lieferanten.

6.4 Schraubenverbindungen

Metrische Gewinde sind nach ISO 261 bzw. DIN 13 Teil 12 auszuführen. Schraubenverbindungen mit Dehnschaft können auch metrisches Gewinde mit vergrößertem Spiel nach DIN 2510 Teil 2 aufweisen.

Es sind möglichst wenige Gewindelöcher für Schrauben vorzusehen. Durchgangsschrauben sind anzustreben; Stiftschrauben ist gegenüber Kopfschrauben der Vorzug zu geben. Gewindelöcher dürfen nicht in die Druckräume reichen und die verbleibende Werkstoffdicke muß ausreichen, um einen Leckverlust zu verhindern.

Die Werkstoffe für die Gehäuseschrauben sind unter Berücksichtigung der Gehäuseauslegungstemperaturen auszuwählen. Der Verkäufer soll die Ausführung der Teilfugenschrauben so auswählen, daß den Gesichtspunkten

- einfache Montage,
 - zulässige Spannungen der Schrauben,
 - zulässige Spannung im Flansch,
 - Temperaturengleich zwischen Flansch und Schraube
- Rechnung getragen wird.

6.5 Gehäuseöffnungen für Rohranschlüsse

Anschlußstutzen für Fluidleitungen mit einem absoluten Druck $\geq 10 \text{ bar}$ sollen folgenden Forderungen entsprechen:

- a) Die Anschlüsse am Gehäuse sind möglichst als Flanschverbindungen auszuführen. Es sind auch Anschweißstutzen erlaubt. Falls Stiftschrauben verwendet werden, sind diese einschließlich der Muttern vom Verkäufer beizustellen. Von DN 15 bis einschließlich DN 40 nach DIN 2401 Teil 2 sind mit Gewinde versehene oder glatte Anschlußöffnungen zulässig. In die Öffnungen ist ein Anschlußrohr (nahtloses Stahlrohr) einzuschrauben bzw. einzustecken, dichtzuschweißen oder hartzulöten. Für Anschlüsse am Gehäuse von DN 15 bis DN 40 nach DIN 2401 Teil 2 sind auch Rohrverschraubungen zulässig. In konstruktionsbedingten Sonderfällen ist DN 10 zulässig.
- b) Turbineninterne Leitungen, die bei Demontage nicht gelöst zu werden brauchen, können auch durch Schweißen verbunden werden.
- c) Die Flansche sind nach DIN 2501 Teil 1, und zwar für mindestens PN 16 auszulegen. Sie sind ab PN 64 mit Dichtleiste zu versehen. Die Flansche bis PN 40 und die aus Gußeisen können mit ebenen Dichtflächen ausgeführt werden. Für Austrittsflansche nach DIN 2501 Teil 1 ist Ausführung PN 10 zulässig.
- d) Werden Rohre oder irgendwelche Teile (mit Ausnahme von Instrumenten) durch Gewindemuffen aus Stahl miteinander verbunden, so sollen Dichtschweißungen vorgenommen werden. Die Dichtschweißung soll aus mindestens zwei Lagen bestehen, wobei die Dicke der fertiggestellten Schweißung maximal 10 mm sein soll.
- e) Gewindebohrungen, Angüsse und Gewindeverbindungen sollen nach DIN 76 Teil 1 oder nach DIN 3852 Teil 1 und Teil 2 ausgeführt werden. Ihre Anzahl soll so klein wie möglich gehalten werden.
- f) Gewindelöcher, an die keine Rohrleitungen angeschlossen werden, sind durch Verschlußschrauben mit Bund in schwerer Ausführung nach DIN 910 Teil 1 oder Teil 2 (z. Z. Entwurf) zu verschließen.
- g) Anschlußöffnungen, Rohre, Armaturen, Flansche usw. sollen mindestens DN 15 haben. Falls dies aus konstruktiven Gründen nicht durchführbar ist, hat der Verkäufer den Käufer darauf hinzuweisen.
- h) Bei giftigen, korrosiven oder brennbaren Gasen sind Flanschanschlüsse zu verwenden (Thermometeranschlüsse siehe Abschnitt 10.4.4).
- i) Alle Flansche, an die der Käufer oder ein anderer Lieferant, der von diesem beauftragt ist, anschließt, sind gemäß den Angaben auszuführen, die der Käufer in der Bestellung macht. Ist dies nicht möglich, werden die Gegenflansche vom Verkäufer geliefert. Alle Flansche, an die vom Verkäufer gelieferte Hilfsleitungen angeschlossen werden, können nach Verkäuferrichtlinien ausgeführt werden.

6.6 Turbinenläufer

Die Turbinenläufer sind so auszulegen, daß sie bei höchster zulässiger Betriebstemperatur kurzzeitig bis auf 5 % über die Schnellschlußdrehzahl hochlaufen können.

Die Turbinenwellen sind im allgemeinen als Vollwellen auszuführen und aus einem Stück (Monoblock) zu schmieden oder zu walzen. Bei großen Wellen und/oder aus Anfahrgründen können auch geschweißte Wellen verwendet werden.

Bei Radscheibenwellen können die Scheiben mit der Welle aus einem Stück oder aufgesetzt sein.

Jede aufgesetzte Scheibe ist vor dem Montieren einzeln zu wuchten. Der zusammengebaute Läufer ist dynamisch zu wuchten, mindestens nach Qualität 2,5 nach VDI-Richtlinie 2060.

Läuferwerkstoffe:

Bei der Wahl der Werkstoffe für Turbinenwellen und Beschau felung sind die Beanspruchungen aus den verschiedenen Anforderungen wie Spannung aus statischen und dynamischen Kräften, hohen Temperaturen, Schwingungen, Korrosion usw. zu berücksichtigen.

Das Verhalten des angetriebenen Maschiensatzes (z. B. Pumpen eines Verdichters) ist vom Käufer zu spezifizieren.

6.7 Gehäuse-Einbauteile

Die Konstruktion der Gehäuse-Einbauteile muß die richtige Lage zum Turbinenläufer durch entsprechende Befestigung im Außengehäuse bei allen Betriebsbedingungen sicherstellen.

Die Gehäuse-Einbauteile sind mindestens für den Betrieb unter den ungünstigsten Bedingungen bei gleichzeitiger Einwirkung von Druck und Temperatur, die mit den spezifizierten Betriebsbedingungen zu erwarten sind, auszulegen.

6.8 Labyrinthdichtungen

Innere Dichtungen zwischen stehenden und drehenden Teilen sind als berührungsfreie Dichtungen auszuführen. Die Dichtspitzen können an den stehenden oder drehenden Teilen eingebaut sein. Sie müssen sich mit vertretbarem Aufwand austauschen lassen. Bei stehenden Spitzen sind Schutzhülsen auf der Welle gestattet.

6.9 Ausgleichkolben und Ausgleichleitung

Bei einflutigen Turbinen in Überdruckbauart kann ein Ausgleichkolben mit Ausgleichleitung erforderlich sein, damit die Axialbelastung des Axiallagers kleingehalten wird. Der Ausgleichkolben kann entweder als glatter oder gestufter Kolben ausgebildet sein.

Bei zweiflutigen Turbinen, in denen die Strömung in entgegengesetzter axialer Richtung durch einzelne Stufen oder Gruppen von Stufen geleitet wird, kann ein Ausgleichkolben entfallen oder es kann eine Zwischendichtung zwischen zwei Turbinenstufen die Aufgabe des Ausgleichkolbens übernehmen. Eine Ausgleichleitung ist dann unnötig.

Der Ausgleichkolben ist mit einer Labyrinthdichtung nach Abschnitt 6.8 zu versehen.

6.10 Lager und Lagergehäuse

Die Lager müssen austauschbar sein, ohne daß die obere Gehäusehälfte einer waagrecht geteilten Turbine oder der Deckel einer senkrecht geteilten Turbine abgenommen zu werden braucht.

Die Lagergehäuse können an das Turbinengehäuse angegossen oder mit diesem als gesonderte Bestandteile verbunden sein; dabei ist auf zuverlässige und wiederholbare Zentrierung der Lagergehäuse zu achten.

Die Radiallager werden nach Wahl des Verkäufers geliefert. Die Lager sind so ausgelegt, daß der Ölfilm unter allen Betriebszuständen bis einschließlich Abschalt-drehzahl stabil bleibt.

Das Axiallager ist ein doppelwirkendes Lager. Für die Hauptlastrichtung sollte das Lager ein Segmentlager sein. Das Axiallager ist so groß zu dimensionieren, daß es zusätzlich über die Kupplung von außen übertragene Kräfte aufnehmen kann. Bei Verwendung einer Zahnkupplung soll der Reibungskoeffizient $\mu = 0,15$ für die Berechnung des zu übertragenden Axialschubes eingesetzt werden. Der Verkäufer erhält vom Gesamtverantwortlichen für den Wellenstrang die notwendigen Angaben für das Getriebe und die Kupplung, damit er das Axiallager entsprechend bemessen kann. Der Axialring kann mit der Welle aus einem Stück bestehen oder austauschbar sein. Für Umfangsgeschwindigkeiten ≤ 25 m/s können Wälzlager eingesetzt werden.

Die Lagergehäuse werden so ausgeführt, daß Lagergehäuse-schwingungsmeßgeräte angebracht werden können. Ferner muß die Möglichkeit vorhanden sein, zwei berührungslose Meßaufnehmer für die Wellenschwingung im Winkelabstand von 80 bis 100 ° im oder in der Nähe mindestens eines Wellenlagers einzusetzen.

Alle Gleitlager erhalten Druckschmierung. Ein Schäumen im Öl Ablauf soll weitgehendst unterdrückt werden, die Querschnitte der Ölrücklaufleitungen sind entsprechend auszulegen.

Beim Antrieb von Verdichtern und Pumpen müssen die Axial- und Radiallager Notlaufeigenschaften für Rückwärtslauf haben (siehe Abschnitt 6.1.1).

6.11 Wellendichtungen

Eine Wellendichtung hat die Aufgabe, einen Dampf- oder Gasaustritt zwischen Läufer und Gehäuse zu verhindern. Zu diesem Zweck sind Wellendichtungen eingebaut.

Je nach dem, welche Aufgaben eine Wellendichtung während des Betriebes oder des Stillstandes zu erfüllen hat, ist die Dichtungsart zu wählen:

- Labyrinthdichtung
- Segmentdichtung
- Dichtung mit mechanischer Berührung
- Schwimmende Ringdichtung

Der Käufer unterrichtet den Verkäufer von allen ungünstigen Bedingungen, unter denen die Wellendichtung Verwendung findet.

Bei Gasentspannungsturbinen dürfen giftige, brennbare und explosionsgefährliche Gase nicht in die umgebende Atmosphäre entweichen.

Wellendichtungen für Dampf, die gegen Unterdruck abdichten, sollten mit einer Kammer für die Sperrmedien versehen sein. Die Sperrleitung soll mit Einstellventil ausgeführt werden. Der Wrasendampfaustritt soll sichtbar sein.

Der Einbau eines Leckdampfkondensators kann insbesondere bei höheren Gegendrücken zweckmäßig sein und ist dann zwischen dem Käufer und Verkäufer zu vereinbaren.

6.12 Schwingungsverhalten

6.12.1 Biegeschwingungen

6.12.1.1 Allgemeines

Jede Welle besitzt Restunwuchten. Diese sind kontinuierlich oder auch als Einzelunwuchten mit unterschiedlichen Beträgen und Winkellagen längs der Wellenachse in unbekannter Weise verteilt. Sie erzeugen bei Drehung der Welle Fliehkräfte, die radiale Wellenschwingungen erregen und dynamische Beanspruchungen bewirken.

Es sind alle konstruktiven Maßnahmen zu treffen, die eine stabile Wuchtgüte bei stationärem Betrieb sicherstellen (z. B. durch Auswahl geeigneter Zahnkupplungen). Die Gehäuseführungen sind so zu dimensionieren, daß die betrieblichen Bewegungen infolge Wärmedehnung und zulässiger Rohraktionen keine negativen Auswirkungen auf das Biegeschwingsverhalten der Welle haben.

Im gesamten spezifizierten Betriebsdrehzahlbereich sind die Amplituden der Wellenschwingungen und die dynamischen Beanspruchungen vom Verkäufer voll verantwortlich zu ermitteln. Es kann bei geometrisch baugleichen Maschinen auf vorhandene Berechnungsergebnisse zurückgegriffen werden. Die Ergebnisse sind mit zulässigen Grenzwerten zu vergleichen.

6.12.1.2 Grundlagen für die Berechnung

Für die Rechnung ist die Unwucht in $g \cdot mm$ nach der Beziehung

$$U = 9\,550 \cdot \frac{Q \cdot m}{n}$$

anzusetzen, wobei Q die Gütestufe in mm/s , m die Masse in kg und n die maximale Betriebsdrehzahl in min^{-1} bedeutet. Für die Bestimmung der Unwucht U ist für Q der Wert $2,5 \text{ mm/s}$ und für m die Läufersmasse in kg anzunehmen.

- a) Es sind bei elastischer Lagerung alle Eigenschwingungsformen, die unterhalb der Schnellschlußdrehzahl vorkommen, sowie die nächsthöhere Eigenschwingungsform über der Schnellschlußdrehzahl zu untersuchen.

Die erste Eigenschwingungsform soll im allgemeinen durch Anordnung der gesamten Restunwucht U in Läuferritte angeregt werden. Bei Turbinen mit fliegend angeordneten Laufrädern ist hierfür die Unwucht mit je $U/2$ am Laufrad und in der Mitte zwischen den Lagern um 180° versetzt anzunehmen.

Die zweite Eigenschwingungsform ist anzuregen durch eine um 180° versetzte Anordnung zweier Unwuchten vom Betrag $U/2$, die in der Nähe der Lager anzunehmen sind.

- b) Für Turbinenwellen mit aufgesetzter Zahnkupplung ist zusätzlich eine Rechnung mit einer auf der turbinenseitigen Kupplungshälfte angebrachten Unwucht durchzuführen. Bei dieser Rechnung ist für die Unwucht der Wert $U/2$ anzunehmen.
- c) Lage und Aufteilung weiterer Unwuchten können zwischen Käufer und Verkäufer vereinbart werden (z. B. bei sehr langen Kupplungshülsen oder starrgekuppelten Torsionswellen).

6.12.1.3 Grenzwerte für Rechenergebnisse

Im gesamten Betriebsdrehzahlbereich müssen sich für alle Unwuchtverteilungen

Schwingwegamplituden $\hat{s} \leq 1\,400/\sqrt{n} \mu m$ und dynamische Lagerpressung $\hat{p} \leq 0,6 \text{ N/mm}^2$ errechnen.

Als Wellenschwingwegamplitude $\hat{s}$ gilt die große Halbachse der elliptischen kinetischen Wellenbahn in der

Lagerungsebene. Die dynamische Lagerpressung $\hat{p}$ ist gleich der großen Halbachse der Schwingungsellipse der umlaufenden Lagerkraft, dividiert durch das Produkt aus tragender Lagerbreite mal Lagerdurchmesser.

6.12.2 Torsionsschwingungen

Wenn nicht anders vereinbart, führt bei Generatoranlagen der Turbinenverkäufer, bei allen anderen Anlagen der Verkäufer der Arbeitsmaschine die Analyse der Torsionsschwingungen für den gesamten Wellenstrang vollverantwortlich durch. Der Verkäufer der Turbine bzw. des Generators hat die hierzu erforderlichen Angaben auf Anforderung zur Verfügung zu stellen. Torsionsschwingungsanalysen sind in der Regel für den Kurzschlußfall beim Generatorantrieb sowie beim Antrieb von Kolbenverdichtern, wo starke Torsionsschwingungsanregungen möglich sind, erforderlich. Der Turbinenhersteller prüft die hieraus resultierenden Spannungen in seinen höchstbelasteten Bauteilen. Die Beanspruchungen müssen unter den zulässigen Festigkeitswerten liegen.

6.13 Schwingungsüberwachung

6.13.1 Meßverfahren

Wird eine Schwingungsüberwachung gefordert, können die folgenden zwei Meßverfahren eingesetzt werden, um Schwingungen zu erfassen.

- Berührungslose Messung der radialen Wellenschwingungen relativ zum Lager
- Messung der absoluten Schwingungen der Lagergehäuse

Welche der beiden Meßverfahren aussagekräftiger ist, hängt im wesentlichen vom Verhältnis der Steifigkeiten des aus Welle und Lagerung gebildeten Systems ab und muß zwischen Verkäufer und Käufer vereinbart werden.

Werden die Wellenschwingungen überwacht (Fall a), sind am oder in der Nähe der Radiallager je Meßebe zwei Meßwertempfänger mit um 80 bis 100° zueinander versetzten Meßeinrichtungen vorzusehen.

Bei der Überwachung der Lagergehäuseschwingungen (Fall b) ist an jedem Gehäuse mindestens ein Meßwertempfänger anzubringen.

Die den Meßwertempfängern nachgeschalteten Meßgeräte müssen als Mindestanforderung ein Anzeigeinstrument und einen einstellbaren Grenzwertkontakt aufweisen, um eine Alarmauslösung zu ermöglichen (siehe Abschnitt 10.4.8.3).

Als Meßwert für die Wellen- und Lagergehäuseschwingungen dient die Schwingwegamplitude mit der Maßeinheit $1 \mu m$ (Einfachamplitude).

6.13.2 Zulässige Schwingungen

Die Wellenschwingungen werden nach der Richtlinie VDI 2059 Blatt 3 beurteilt. Als Grenzkurve für die maximal zulässigen Schwingwegamplituden im stationären Betrieb gilt die Kurve A und Bild 2 dieser Richtlinie.

Als Leitfaden für die maximal zulässigen effektiven Schwingwegamplituden der Lagergehäuse im stationären Betrieb gilt die Richtlinie VDI 2056. Zulässig ist der Bereich „gut“ für die Maschinengruppen G oder T, je nach Art der Fundamentierung.

Wichtiger als die Einhaltung absoluter Grenzwerte ist die Beachtung von Amplitudenänderungen bei gleicher Drehzahl. Unabhängig von der Höhe des üblichen Pegels

deuten während des Dauerbetriebs bleibende Änderungen von mehr als 25 % der absoluten Grenzen auf Unregelmäßigkeiten hin. Die auf thermische Ausgleichsvorgänge zurückzuführenden, nach gewissen Zeiten wieder verschwindenden Amplitudenerhöhungen nach dem Anfahren, nach raschen Last- und/oder Temperaturänderungen sind jedoch tolerierbar.

6.14 Auswuchten

Sinn des Auswuchtens ist es, den Läufer in einer solchen Zustand zu versetzen, daß im Betrieb die vorgenannten Schwingungswerte nicht überschritten werden. Abhängig von der Drehzahl ist zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren:

- a) Auswuchten bei niedriger Drehzahl als Starrkörper in zwei Ausgleichsebenen. Als Gütestufe empfiehlt sich der Wert $G = 2,5$ nach ISO 1940 bzw. $Q = 2,5$ nach VDI 2060.
- b) Auswuchten bei Betriebsdrehzahl
Verbindlich einzuhaltende Grenzwerte sind nicht festgelegt. Einzelheiten sind zwischen Verkäufer und Käufer zu vereinbaren.

Bei beiden Verfahren ist der Läufer zunächst allein auszuwuchten, anschließend mit montiertem Kupplungsstern. Die Kupplung ist mit maximal $Q = 2,5$ allein auszuwuchten. Beim Wuchtlauf mit montiertem Kupplungsstern dürfen am Kupplungsstern keine Massenveränderungen vorgenommen werden.

6.15 Grundrahmen und Grundplatten

Ein gemeinsamer Grundrahmen oder getrennte Grundplatten, die starr mit dem Fundament verbunden sein können, werden für die Turbine oder für die Turbine und Anlagenteile vorgesehen.

Der Grundrahmen bzw. die Grundplatte erhalten bearbeitete Flächen für einen einwandfreien Sitz der Teile der Anlage, die darauf stehen. Zwischen Maschine und Grundrahmen sind Ausrichtplatten zulässig.

Für die Ausrichtung des Grundrahmens auf dem Fundament werden Stellschrauben oder Unterlegbleche mitgeliefert.

Falls erforderlich, sind für das Untergießen in den Grundplatten Öffnungen mit einem Durchmesser von wenigstens 100 mm zu schaffen. Sie werden so angeordnet, daß sich kein Öl über der unbedeckten Untergießmasse ansammeln kann.

Ist der Ölbehälter im Grundrahmen integriert, können die Ölpumpe und andere Bestandteile des Ölsystems hierauf montiert werden. Die Auflageflächen zur Befestigung dieser Teile sind so dick zu wählen, daß Gewindebohrungen nicht in den Innenraum des Ölbehälters führen. Für den Ölbehälter gelten, soweit zutreffend, die Angaben nach Abschnitt 9.3.

6.16 Einspritzvorrichtungen

Wenn die Turbine mit Einspritzvorrichtungen zu liefern ist, ist dies im Auftrag anzugeben, damit die erforderlichen Anschlüsse am Turbinengehäuse vorgesehen werden können.

Für das Einspritzen von Flüssigkeiten sind die Stutzen so anzubringen, daß eine gleichmäßige, feine Verteilung der Flüssigkeit im Dampf- bzw. Gasstrom erzielt wird.

Eine mit einer Einspritzanlage ausgerüstete Turbine muß entsprechende Entleerungsmöglichkeiten haben.

Wenn nicht anders vereinbart, umfaßt die Lieferung der Einspritzanlagen:

- a) Eingebaute Einspritzstutzen mit vorgeschalteten Absperr- und Einstellventilen
- b) Abblöhröhre mit Absperrventilen; diese Leitungen enden im Gebiet der Grundplatte.

Der Verkäufer nennt die höchstzulässige Flüssigkeitsmenge, die eingespritzt werden kann, ohne daß die Turbine Schaden leidet.

6.17 Schilder und Richtungspfeile

Die Drehrichtung der Turbine wird zwischen dem Verkäufer der Turbine und dem Käufer der Arbeitsmaschine festgelegt. Auf dem Gehäuse der Arbeitsmaschine sind Drehrichtungspfeile aufzugießen oder aus korrosionsbeständigem Werkstoff aufzusetzen.

Die Turbine erhält ein Typschild aus korrosionsbeständigem Werkstoff. Auf dem Schild müssen folgende Angaben enthalten sein:

- Name des Herstellers
- Herstell-Nummer
- Modell-Nummer (Typ)
- Baujahr
- Maximalleistung in kW (nach Abschnitt 4.2.1.2)
- Höchste Dauerbetriebsdrehzahl in min^{-1} (nach Abschnitt 4.2.7.3)
- Maximaler Eintrittsdruck in bar (nach Abschn. 4.2.3.3)
- Maximale Eintrittstemperatur in $^{\circ}\text{C}$ (nach Abschnitt 4.2.4.2)
- Maximaler/minimaler Austrittsdruck in bar (nach Abschnitt 4.2.3.4)

7 Arbeitsmaschinen, Getriebe, Kupplungen

7.1 Arbeitsmaschinen

Die Art der Arbeitsmaschine sowie die an sie und dadurch an die Turbine gestellten Anforderungen werden vom Käufer angegeben, um eine ordnungsgemäße Auslegung der Turbinenanlage sicherzustellen.

7.2 Getriebe

Die folgenden Angaben beziehen sich auf ein- oder mehrstufige Stirnradgetriebe und auf Planetengetriebe sowie Verzweigungsgetriebe mit mehreren Abtriebswellen.

7.2.1 Verzahnung

Die Verzahnung des Getriebes ist als Schräg- oder als Doppelschrägverzahnung auszuführen. Geradverzahnung ist nur nach Vereinbarung möglich. Die Wahl der Verzahnungsgeometrie obliegt dem Lieferanten des Getriebes.

7.2.2 Getriebeberechnung

Das Getriebe soll nach den Normen der Reihe DIN 3990 berechnet werden.

7.2.3 Maximales Drehmoment, Kurzschlußbelastungen

Die Getriebeeinheit soll in der Lage sein, das sich bei allen spezifizierten Betriebspunkten ergebende maximale Drehmoment, multipliziert mit dem entsprechenden Betriebsfaktor, im Dauerbetrieb zu übertragen. Betriebsfaktoren sind in VDI 2151 Blatt 1 und Blatt 2 festgelegt. Wird ein Generator angetrieben, so sind auch Kurzschlußbelastungen zu berücksichtigen. In diesem Falle ist mit einem Vielfachen des maximalen Momentes zu rechnen.

Die Kurzschlüsse können wie folgt berücksichtigt werden:

- a) Dadurch, daß der Strang kurzschlußfest ausgelegt ist
- b) Durch Einbau einer Sollbruchstelle. Diese Sollbruchstelle ist so zu dimensionieren, daß sie das schwächste Glied im ganzen Antriebsstrang darstellt. Die Trennung muß eintreten, bevor die höchste zulässige Beanspruchung im Antriebsstrang erreicht wird.

7.2.4 Axialschub

Wenn Axiallager im Getriebe vorgesehen werden, sind sie so auszulegen, daß sie den Axialschub, der durch die Kupplungen übertragen wird, sowie alle axialen Getriebekräfte und gegebenenfalls den Axialschub aus dem Turbinenteil aufnehmen können.

7.2.5 Auswuchten

Die sich drehenden Teile des Getriebes sind entsprechend den Angaben in Abschnitt 6.14 statisch und dynamisch auszuwuchten. Einzelheiten sind je nach Art und Größe des Getriebes zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren.

7.2.6 Zusätzliche Bedingungen

- Biege- und torsionskritische Drehzahlen (siehe Abschnitt 6.12.1 und 6.12.2)
- Schmierölqualität (siehe Abschnitt 9.2.2)
- Die Drehrichtungen aller Wellen sind durch gegossene Richtungspfeile oder durch Richtungspfeile aus korrosionsfestem Material auf dem Getriebegehäuse gut sichtbar anzugeben.
- Geräusche (siehe Abschnitt 5.5)

7.3 Kupplungen

7.3.1 Auswahl

Die Art der Kupplung und deren Eigenschaften sind zwischen dem Käufer und dem Verkäufer von Arbeitsmaschine und Turbine abzustimmen.

7.3.2 Maximales Drehmoment, Kurzschlußbelastungen

Die Kupplung soll in der Lage sein, das sich bei allen spezifizierten Betriebspunkten ergebende maximale Drehmoment, multipliziert mit dem entsprechenden Betriebsfaktor, im Dauerbetrieb zu übertragen. Betriebsfaktoren sind in VDI 2151 Blatt 1 und Blatt 2 festgelegt.

Bei Turbinen, die Generatoren antreiben, sind Kurzschlußbelastungen zu berücksichtigen.

Die Auswirkungen dieser Belastungen können gemildert werden durch:

- a) Optimierung des Torsionsschwingungsverhaltens der Anlage durch Einsatz einer Kupplung mit entsprechender Drehelastizität.
- b) Eine Kupplung mit Sollbruchstelle bei einem Drehmoment, das kleiner ist als das höchstzulässige Drehmoment im Antriebsstrang (siehe Abschnitt 7.2.3).

7.3.3 Eigenschaften

Die Kupplungen sind so auszubilden, daß die Turbine in nicht gekuppeltem Zustand betrieben werden kann.

Bei Zahnkupplungen mit Druckölschmierung ist die Konstruktion so auszuführen, daß Schlamm- und Schmutzbildung in der Kupplung vermieden wird.

Kupplungen sind so zu gestalten und anzuordnen, daß man an die beiden Kupplungshälften, die Lager und die äußeren Wellendichtungen gelangen kann, ohne Arbeitsmaschinen, Getriebe und Turbinen zu demontieren.

7.3.4 Lieferumfang

Vor Vertragsabschluß sollen der Käufer und der Verkäufer eine Vereinbarung darüber treffen, wer die ausgewuchteten Kupplungen zwischen den einzelnen Maschinen zu liefern hat.

7.3.5 Auswuchten

Kupplungs-naben und -hülsen sind vor der Montage statisch und dynamisch auszuwuchten (siehe Abschnitt 6.14). Kupplungsbolzen sollen nach Gewicht ausgewählt und nach ihrer Anordnung im Flansch gekennzeichnet werden, um Änderungen des Wuchtzustandes nach einer Demontage zu vermeiden.

7.3.6 Kupplungsbefestigung

Kupplungshälften, die nicht mit der Welle aus einem Stück gefertigt sind, sollen mittels eines zylindrischen oder konischen Schrumpfsitzes ohne Paßfedern auf die Welle aufgebracht werden. Sofern Paßfedern benutzt werden, sind sie immer an diametral gegenüberliegenden Stellen vorzusehen. Wird nur eine Paßfeder vorgesehen, ist eine Abstimmung mit dem Käufer erforderlich.

7.3.7 Kupplungsverschalung

Kupplungsverschalungen sind so anzuordnen, daß die Kupplungen ohne Schwierigkeiten überprüft werden können. Die Schmierölleitungen der Kupplungen unterliegen den Angaben in Abschnitt 8.1. Die maßgebenden Sicherheitsvorschriften sind bei der Konstruktion zu beachten nach DIN 31 001 Teil 1 und Teil 2.

7.3.8 Axialspiel

Im Industrieturbinen-Datenblatt Nr 401 soll angegeben werden, ob Kupplungen mit begrenztem Axialspiel benötigt werden.

7.3.9 Reibungskoeffizient

Zur Bestimmung des an Zahnkupplungen auftretenden Axialschubes ist mit einem Reibungskoeffizienten von $\mu = 0,15$ zu rechnen.

7.4 Läuferdreheinrichtung

Sofern spezifiziert oder vom Verkäufer für erforderlich gehalten, ist die Turbine mit einer Läuferdreheinrichtung auszurüsten, um schädliche Verformungen des Läufers während der Anwärm- oder Abkühlphase zu verhindern.

Während des Drehbetriebes ist die Versorgung der Lager mit Schmieröl sicherzustellen, anderenfalls ist die Dreheinrichtung automatisch abzuschalten bzw. deren Inbetriebnahme zu verhindern.

Soweit erforderlich ist die Dreheinrichtung gegen die Auswirkung des Rückwärtslaufes des Läufers zu sichern.

8 Hilfsausrüstungen

8.1 Rohrleitungen

Zu den Hilfsrohrleitungen gehören alle Leitungen für

- Schmieröl
- Steueröl
- Sperr- und Leckfluide
- Entwässerung
- Entlüftung
- Meßleitungen

Der Verkäufer soll sämtliche Hilfsrohrleitungen und deren Zubehörteile liefern, soweit sie innerhalb der Abgrenzung der zu liefernden Anlagenteile liegen. Die Lieferung der die Anlagenteile verbindenden Rohrleitungen ist gesondert zu vereinbaren.



Die Rohrleitungen sollen so konstruiert sein, daß sie angemessene Flexibilität aufweisen und die übliche Zugänglichkeit für den Betrieb, die Wartung sowie die Reinigung möglich ist. Die Rohrleitungen sind so zu befestigen, daß Vibrationen auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden.

Die maßgebenden sicherheitstechnischen Anforderungen nach DIN 31 001 Teil 1 und Teil 2 sind zu beachten.

Die Abmessungen von Rohren, Ventilen und Armaturen sollen DN 15 nicht unterschreiten. Ausgenommen hiervon sind Meß- und Impulsleitungen. Rohre und Rohrverbindungen sollen aus Stahl bestehen. Die Werkstoffe der Ventile, einschließlich der Stell- und Sicherheitsventile, sollen entsprechend den Druckstufen nach DIN 2401 Teil 2 ausgewählt werden; mindestens muß jedoch PN10 vorgesehen werden.

Rohrleitungen sollen aus nahtlosem Rohr nach DIN 2448 bestehen, vorzugsweise mit Außendurchmesser nach Reihe 1 und mindestens mit Normalwanddicke.

Für Rohrleitungen größerer Durchmesser können nach Vereinbarung auch längsnahtgeschweißte Rohre nach DIN 2458 eingesetzt werden. Es sind auch Präzisionsstahlrohre nach DIN 2391 Teil 1 und Teil 2 zugelassen. Für nicht rostende Leitungen sind entsprechende Rohre nach DIN 2462 Teil 1 und Teil 2 und DIN 2463 Teil 1 und Teil 2 zu verwenden.

Die Nennweiten der Rohre müssen DIN 2402 entsprechen. Gleiches gilt für die Maße der verschiedenen Anschlüsse.

Hilfsrohrleitungen sollen vorzugsweise gebogen und geschweißt werden. Die Anzahl der mit Gewinde versehenen Anschlüsse ist auf ein Minimum zu beschränken. Die Schweißung soll DIN 8563 Teil 3 entsprechen.

Schweißnähte, welche die Sicherheit und Betriebssicherheit des Bauteiles beeinflussen, sind vom Schweißer mit Prüfung nach DIN 8560 herzustellen. Die Schweißqualität muß DIN 8563 Teil 3 entsprechen. Die jeweiligen Bewertungsgruppen sind im Angebot anzugeben.

Ölrückflußleitungen sind so zu bemessen und anzuordnen, daß staufreier Abfluß (unter Berücksichtigung einer möglichen Schaumbildung) erzielt wird. Horizontal verlegte Leitungen sollen stetiges Gefälle von mindestens 10 mm/m zum Ölbehälter hin haben.

Ölleitungen sind vor Inbetriebnahme der Anlage gründlich zu reinigen; Ölleitungen aus Kohlenstoffstahl sind zu beizen.

In Systemen brennbarer Fluide (z.B. Ölsystemen) dürfen bei Betriebsdrücken oberhalb 16 bar und bei Rohrnennweiten über DN 25 keine Schneidringverschraubungen verwendet werden.

Darüber hinausgehende Forderungen sind vom Kunden in der Anfrage zu spezifizieren.

8.2 Eintrittssieb und Wasserabscheider

Vor dem Schnellschlußventil der Turbine ist ein austauschbares, korrosionsbeständiges und widerstandsfähiges Eintrittssieb anzuordnen. Für die Inbetriebnahme kann der Einsatz eines zusätzlichen Feinsiebes vereinbart werden. Es ist auf gute Austauschbarkeit ohne Lösen der Rohrleitungen zu achten.

Ist der Dampf am Turbineneintritt weniger als 50 °C überhitzt, muß zusätzlich ein Wasserabscheider eingebaut werden (gehört nicht zum Lieferumfang des Turbinenverkäufers). Der Wasserabscheider ist stetig über einen Kondensatableiter zu entwässern.

8.3 Elektrische Anlagenteile

Wenn nichts anderes vereinbart wird, werden die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel nach den geltenden VDE-Bestimmungen ausgeführt.

Besondere Vorschriften, denen die elektrische Anlage entsprechen muß, sind vom Käufer in der Anfrage zu nennen.

8.4 Werkstoffe für Hilfsausrüstungen

Die Werkstoffe sollen vorzugsweise den DIN-Normen entsprechen. Die Gütevorschriften des Turbinenverkäufers für die Auslegungen bei den spezifizierten Betriebszuständen können zugrunde gelegt werden, sofern nicht etwas anderes vereinbart ist.

8.5 Kondensation

Sofern im Lieferumfang enthalten, wird zwischen Käufer und Verkäufer vereinbart, nach welchen Vorschriften die Kondensationsanlage auszulegen, zu fertigen und zu prüfen ist.

9 Ölversorgung, Schmier- und Steuerölsystem

9.1 Allgemeines

9.1.1 Lieferumfang

Wenn nicht anders vereinbart, liefert der Turbinenverkäufer das Ölsystem der Turbine.

Wenn die Lieferung der Ölversorgungsanlage durch jemand anderes erfolgt, hat der Turbinenverkäufer im Angebot seine Anforderungen bezüglich Versorgung der Turbine bekanntzugeben, und zwar mindestens:

- erforderliche Ölmenge
- erforderlicher Betriebsdruck am Übergabeflansch
- Vorlauftemperatur hinter Ölkühler
- abzuführende Wärmemenge
- Ölaufwärmung
- gewünschte Ölqualität
- erforderliche Filterfeinheit

9.1.2 Versorgungsbereich

Wird die Ölversorgungsanlage vom Turbinenverkäufer geliefert, muß dieser dafür sorgen, daß sie es ermöglicht, Öl mit ausreichendem Druck bei allen spezifizierten Betriebspunkten für folgende Einrichtungen, sofern vorhanden, zur Verfügung zu stellen:

- a) Lager der Turbine und Schmierstellen anderer Ausrüstungsteile, die vom Turbinenverkäufer geliefert werden
- b) Getriebe, Kupplungen, sofern sie für Durchflussschmierung vorgesehen sind
- c) Turbinenregelung und Schnellschluß- und Stellventile
- d) Angetriebene Maschinen und deren Ausrüstungsteile (vom Käufer in der Anfrage zu spezifizieren)

9.1.3 Kompakteinheiten

Falls die Ölversorgungsanlage separat angeordnet wird, soll sie, soweit möglich, als Kompakteinheit ausgeführt, fertig montiert und verrohrt zum Versand gebracht werden.

Für Wartung und Austausch der Einzelaggregate muß Zugänglichkeit gegeben sein.

9.1.4 Armaturenanordnung

Um Bedienungsfehler auszuschalten, sollen in der Haupt-ölleitung nur diejenigen Armaturen, z. B. Umschaltarmaturen für Filter und Kühler, die für die einwandfreie Funktion und für die Sicherheit der Ausrüstung erforderlich sind, verwendet werden. Für das Entlüften, Entleeren und Füllen von Teilen der Ausrüstung sind entsprechende Ventile zu liefern, die das Durchführen dieser Arbeiten während des Betriebes der Turbine ermöglichen. Ebenso sind zum Austausch der Pumpen und Kühler entsprechende Armaturen vorzusehen.

9.1.5 Ausführung der Rohrleitungen

Für die Ausführung der Rohrleitungen gilt Abschnitt 8.1.

9.1.6 Druckbehälter

Druckbehälter im Ölsystem werden nach Käuferspezifikation, sonst nach Verkäuferstandard gebaut. Sofern sie abnahmepflichtig sind, gelten die vom Käufer spezifizierten Richtlinien.

9.1.7 Fettschmierung

Stellen, die Fettschmierung erfordern, sind mit zugänglicher Schmiervorrichtung zu versehen.

9.1.8 Heizeinrichtung

Ist nach Abschnitt 6.1.1 eine Heizeinrichtung erforderlich, soll sie das Öl im Ölbehälter von der spezifizierten niedrigsten Umgebungstemperatur auf die zum Anfahren erforderliche Mindesttemperatur in 12 Stunden erwärmen. Art, Umfang und Ausführung der Heizeinrichtung sind zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren. Infrage kommt eine Beheizung des Öles durch Dampf, Heißwasser, Elektrizität, über Heizschlangen, Ölkühler oder Heizkörper. Die Oberflächentemperatur der Heizeinrichtung auf der Ölseite darf 120 °C nicht überschreiten. Der Ölbehälter ist, sofern spezifiziert, so auszubilden, daß erforderlichenfalls eine Begleitheizung und eine Wärmeisolierung angebracht werden können. Bei Verwendung von Wärmeträgeröl ist ein entsprechendes Ausgleichsgefäß mit Entlüftung vorzusehen.

9.2 Ölsorten

9.2.1 Ölqualität

Die in der Ölversorgung als Steuer- und Schmieröle verwendeten Ölsorten müssen den Anforderungen nach DIN 51 515 Teil 1 entsprechen.

9.2.2 Wahl des Schmieröltyps

Die aus DIN 51 515 Teil 1 auszuwählenden Schmieröltypen sind zwischen den Verkäufern der Turbine, der Kupplungen, des Getriebes und der Arbeitsmaschine sowie den Käufern abzustimmen. Einheitlichkeit der Ölqualität für den gesamten Turbosatz ist anzustreben.

Die festgelegten Schmieröltypen und die Füllmenge sind in der Betriebsanleitung anzugeben. Ebenso sind in die Betriebsanleitung Empfehlungen für die Pflege und die Prüfintervalle aufzunehmen. Sofern nicht anders spezifiziert, ist das Öl vom Käufer beizustellen.

9.3 Ölbehälter

9.3.1 Bauart

Das Öl kann je nach Turbinenbauart in der Grundplatte der Turbine, in einem separaten Behälter oder im Lager- bzw. Getriebegehäuse gespeichert werden.

9.3.2 Entgasung, Verweilzeit

Eine einwandfreie Entgasung muß sichergestellt sein. Die Verweilzeit des Öles in separat angeordneten Ölbehältern soll mindestens 8 Minuten betragen. Werden Lagergehäuse, Getriebegehäuse oder Grundplatte mit integriertem Ölbehälter ausgebildet, kann mit Zustimmung des Käufers eine kürzere Verweilzeit gewählt werden. Für die Berechnung der Verweilzeit sind die von den Maschinen zurückfließenden Ölmengen zum Ansatz zu bringen. Öl-massenströme für kurzzeitige Regelvorgänge bleiben unberücksichtigt. Als Behälterinhalt gilt die gesamte Behälterfüllung bis zum üblichen Ölniveau im Behälter. Ist die Anlage mit einem Hochbehälter oder Ähnlichem ausgerüstet, muß der Ölbehälter auch die dort enthaltene Menge noch mit aufnehmen können.

9.3.3 Allgemeine Ausführungskriterien

Jeder Ölbehälter muß eine einwandfreie Entlüftung erhalten. Der Behälter muß gegen Eindringen von Staub, Spritz-, Regen- oder Schwallwasser geschützt sein.

Für auf dem Behälter montierte Ausrüstungsteile sind Abstandsleisten anzubringen, damit keine Gewindelöcher bis in den Behälterinnenraum gebohrt werden.

Innere Rippen und Wände sind so auszuführen, daß Schmutz- und Wasseransammlungen und Druckpolster vermieden werden. Die Reinigungsöffnungen sollen so groß wie möglich und leicht zugänglich sein.

Das Innere des Ölbehälters muß bei Lieferung frei von Rost oder Zunder und bei gegossenen Ölbehältern frei von Sandstellen sein. Der Rostschutz ist, sofern spezifiziert, nach Ausführungsanweisungen des Käufers, sonst nach Wahl des Verkäufers vorzunehmen. An der tiefsten Stelle des Behälters ist ein Entleerungsanschluß einschließlich Entleerungsarmaturen vorzusehen. Anschlüsse sind als Flanschverbindungen auszuführen.

9.3.4 Zusätzliche Ausführungskriterien für separat angeordnete Behälter

Jeder separate Ölbehälter muß einen geeigneten Boden erhalten. Das Behälter-Ölvolumen zwischen Mindestbetriebszustand und dem Stand, bei dem die Pumpe zu kavitieren beginnt, soll eine Betriebszeit von 5 Minuten ermöglichen. Hierbei wird der gesamte Ölrückfluß von der Maschine bei üblichen Betriebspunkt der Turbine als Basis genommen.

Anmerkung: Bei der Projektierung und Bemessung des Behälters muß das Entgasen berücksichtigt werden.

9.4 Pumpen und Antrieb

9.4.1 Ölhauptpumpe

Die Ölhauptpumpe kann je nach Turbinenbauweise angetrieben werden:-

- a) Von der Turbinenwelle oder Getriebewelle
- b) Durch einen separaten Antrieb (Turbine oder Motor)

9.4.2 Ölhilfspumpe und Notölversorgung

Die Ölhilfspumpe wird, sofern nicht anders vereinbart, als Vollastölhilfspumpe ausgeführt. Diese Pumpe muß für Dauerbetrieb geeignet sein. Die Energiequellen für Ölhaupt- und Ölhilfspumpenantriebe sollen möglichst unabhängig voneinander sein.

Bei Anlagen, die mit dem automatischen Einschalten der Ölhilfspumpe nicht gleichzeitig automatisch abgeschaltet

werden, besteht die Gefahr, daß bei Ausfall der Ölhilfspumpe die Maschinenanlage ohne ausreichende Ölversorgung ausläuft.

Zur Sicherstellung der Ölversorgung während des Auslaufens ist in diesem Fall zusätzlich eine Ölnotpumpe oder ein Hochbehälter zu empfehlen. Spätestens mit dem Einspringen der Ölnotpumpe bzw. mit Entleeren des Hochbehälters muß die Anlage automatisch abgeschaltet werden.

Bei Turbinenanlagen, deren Lager nach dem Abstellen nachgekühlt werden müssen, kommt nur eine Ölnotpumpe in Betracht.

Der Ölnotpumpenantrieb erhält eine von Ölhaupt- und Ölhilfspumpe unabhängige Energieversorgung.

Ist die Ölnotpumpe auch für die Schmierölversorgung bei Läuferdrehbetrieb nach Abschnitt 7.4 auszulegen, so ist dies zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren.

9.4.3 Anhebeölpumpe

Zur Reduzierung des Losbrechmomentes schwerer Turbinenläufer und/oder Läufer der Arbeitsmaschine bei Vorhandensein einer Läuferdrehrichtung (siehe Abschnitt 7.4) kann eine zusätzliche Anhebeölpumpe vorgesehen werden.

Absicherung nach Abschnitt 9.4.5; eine Druckentlastung in das Schmier- und Regelölsystem ist zu verhindern. Soweit vom Pumpenhersteller für erforderlich gehalten, ist saugseitig ein Sieb vorzusehen.

9.4.4 Ausführung

Die Pumpen können als Verdrängerpumpen (z. B. Zahnrad- oder Schraubenspindelpumpe) oder als Kreiselpumpen ausgeführt werden. Die Pumpenleistung für Schmier- und Steuerölsysteme sollen für Maximaldurchsatz der Systeme mit einem Mindestzuschlag von 20 % bei vollem Enddruck ausgelegt werden. Bei Turbinen mit Betriebsdrehzahlbereich ist die Auslegung der mechanisch angetriebenen Ölhauptpumpe zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren.

Die separat angetriebenen Pumpen werden entsprechend der Spezifikation des Käufers durch Motor oder Turbine angetrieben. Die Aufstellung kann mit horizontaler oder vertikaler Welle erfolgen.

- a) Turbinen für Schmier- und Sperrölpumpenantrieb unterliegen nicht dieser Norm. Sie brauchen nicht mit einer Schnellschlußeinrichtung versehen zu werden, wenn der Läufer der Turbine und der zugeordneten Pumpe sicher die bei Durchgangsdrehzahlen auftretenden Beanspruchungen aufnimmt. Das Ölsystem ist in diesem Fall für die Verhältnisse bei Durchgangsdrehzahl auszulegen.
- b) Vertikal auf dem Ölbehälter angeordnete Turbinen müssen mit einer zuverlässigen Wellenabdichtung ausgerüstet sein, die mit Sicherheit ein Eindringen von Kondensat in das Öl während des Betriebes und bei Stillstand verhindert.

Ölhilfspumpen erhalten eine automatische Einschaltvorrichtung, damit der Öldruck erhalten bleibt und ein sicherer Betrieb sichergestellt ist, wenn die Ölhauptpumpe ausfällt oder aus anderen Gründen der Öldruck nachläßt. Die Einschaltvorrichtung muß unabhängig vom Schmierölmangelschutz arbeiten. Über den Lieferumfang der automatischen Einschaltvorrichtung müssen Vereinbarungen getroffen werden.

Unzulässiger Druckabfall beim Anfahren der Ölhilfspumpe muß vermieden werden. Die Funktionsfähigkeit der Einschaltautomatik und der Hilfspumpe muß bei laufender Ölhauptpumpe kontrolliert werden können.

9.4.5 Absicherung des Ölsystems

Für jede Verdrängerpumpe ist ein separat montiertes Sicherheitsventil für die volle Fördermenge der Pumpe vorzusehen. Bei Kreiselpumpen ist das Ölsystem druckmäßig für Nullförderung vorzusehen.

9.4.6 Druckhalteeinrichtung

Es sind Druckhalteeinrichtungen vorzusehen, die einen etwa konstanten Druck in den einzelnen Ölsystemen sicherstellen. Falls Druckhalteventile (Druckregelventile) vorgesehen sind, müssen sie stoß- und flatterfrei arbeiten und so angeordnet sein, daß sie während des Betriebes einstellbar sind. Das Überschußöl ist in den Ölbehälter zurückzuführen. Druckhalteventile sollen so bemessen sein, daß sie den normalen Druck bei minimalem Ölbedarf und bei 2 Pumpen in Betrieb halten.

9.4.7 Kombiniertes Schmier- und Steuerölsystem

Besteht die Ölversorgung aus einem kombinierten Schmier- und Steuerölsystem, so kann – wenn nicht anders spezifiziert – die Förderung von Schmieröl und Steueröl von einer gemeinsamen Pumpe auf Steueröldruck oder von zwei getrennten Pumpen auf jeweils Steueröl- und Schmieröldruck erfolgen.

9.5 Ölfilter

9.5.1 Aufgabe der Filterung

Schmieröl und Steueröl sind grundsätzlich zu filtern. Auf die Filterung des Kraftöles für die Stellwerke und das Öl für den Notauslauf (Notölpumpe, Hochbehälter) kann verzichtet werden.

9.5.2 Filterfeinheit

Die Filter sollen mindestens 90 % aller Teilchen mit einer Abmessung von $\geq 25 \mu\text{m}$ zurückhalten.

Bei höheren Anforderungen sind entsprechende andere Filter einzusetzen.

Der Alterungsprozeß des Öles kann unter anderem durch Filterung im Nebenstrom verlangsamt werden.

9.5.3 Doppelölfilter

Wenn nicht anders spezifiziert, müssen Doppelölfilter je für maximale Ölmenge verwendet werden. Die Umschaltbarkeit während des Betriebes muß ohne Druckeinbruch sichergestellt sein, d.h. Doppelölfilter sind mit Umschaltventilen für nicht unterbrochene volle Strömung zu liefern.

9.5.4 Druckverluste

Bei sauberen Filtern und normalen ¹⁾ Betriebstemperaturen und Mengen soll der Druckabfall nicht mehr als 0,35 bar betragen. Differenzdruck-Überdrucksicherheitsventile für Schmierölfilter sind nicht zugelassen.

Bei Hochdruckhydrauliksystemen sind Abweichungen im Angebot zu nennen.

9.5.5 Ausführung

Die Filtergehäuse und -deckel müssen aus Stahl und für einen maximalen Betriebsdruck ausgelegt sein, der nicht geringer ist als der Einstelldruck des Sicherheitsventils bei Verdrängerpumpen oder als der maximale Enddruck von Kreiselpumpen (siehe Abschnitt 9.4.4). Der Prüfdruck für die Filtergehäuse muß dem 1,5fachen des maximalen Betriebsdruckes entsprechen. Die Werkstoffe der Filtereinsätze müssen gegen Wasser im Öl korrosions-

¹⁾ Normaler Druck und normale Temperatur siehe Betriebsanleitung

beständig sein. Der Filtereinsatz muß einen Differenzdruck von mindestens 3 bar aushalten. Jedes Filtergehäuse ist mit einer Dauerentlüftung und mit einem Entleerungsanschluß mit Absperrventil auszurüsten. Außerdem ist eine Fülleitung mit Absperrventil zwischen den Filtergehäusen zum Füllen der Filter mit Öl vor der Inbetriebnahme vorzusehen.

9.5.6 Schaltung

Die Filter sollen den Ölkühlern nachgeschaltet sein.

9.6 Ölkühler

9.6.1 Einfachölkühler

Der Ölkühler wird als Einfachölkühler ausgeführt, sofern nichts anderes vereinbart wird. Eine Umföhrungseinrichtung, die ein kurzeitiges Außerbetriebnehmen des Ölkühlers während des Betriebes der Turbine ermöglicht, ist zugelassen. Der Ölfluß darf jedoch dabei nicht unterbrochen werden.

9.6.2 Doppelölkühler

Werden Doppelölkühler verwendet, sind diese, sofern nicht anders spezifiziert, je für maximale Ölmenge mit Umschaltarmatur vorzusehen. Die Schaltung der Kühler ist nur als Parallelschaltung vorzusehen. Der Ölfluß darf beim Umschalten während des Betriebes nicht unterbrochen werden, d. h. es darf ölseitig beim Umschalten kein Druckabfall erfolgen.

9.6.3 Kühlerauslegung

Jeder Ölkühler soll so bemessen sein, daß er die maximal abzuföhrnde Wärmemenge bei maximaler Kühlmittel-Eintrittstemperatur ableiten kann. Die Aufwärmung, für die der Kühler auszulegen ist, muß vom Käufer angegeben werden. Wenn nicht anders vereinbart, sind für die Auslegung folgende Verschmutzungsfaktoren zu berücksichtigen:

Geschlossener Kreis (behandeltes Wasser)	$0,85 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$
Übliches Kühlwasser	$1,7 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$
Brackwasser	$3,4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$

Die für den Betrieb des gesamten Turbosatzes von den Verkäufern zugelassenen Ölein- und -austrittstemperaturen sind einzuhalten. Die Kühlwassergeschwindigkeit in den Rohren soll 1 m/s bei Auslegung nicht unterschreiten.

Für Rohre aus Kupfer und Kupferknetlegierungen sind die Empfehlungen nach DIN 1785 zu beachten.

Der ölseitige und kühlwasserseitige Druckverlust soll 1 bar bei sauberem Kühler nicht überschreiten. Der Betriebsdruck auf der Ölseite soll, wenn nicht anders spezifiziert, höher sein als auf der Wasserseite.

Die normale ¹⁾ und maximale Kühlwassertemperatur ist vom Käufer anzugeben.

9.6.4 Ausführung

Doppelölkühler sind so anzuordnen, daß jedes Röhrenbündel ungehindert während des Betriebes der Turbine ausgebaut werden kann. Leitungen zum Füllen des Kühlers mit Öl vor der Inbetriebnahme sind vorzusehen. Jeder Kühler ist ölseitig, sofern erforderlich auch wasser-

seitig, mit Anschlüssen für Entlüftung und Entleerung einschließlich Armaturen auszurüsten. Eine ölseitige Dauerentlüftung ist vorzusehen.

Die Kühler sollen aus Mantel und Deckel und herausziehbarem Röhrenbündel bestehen. Sie sind festigkeitsmäßig nach AD-Merkblättern 2) auszulegen.

Der ölseitige Auslegungsdruck soll nicht niedriger sein als der Einstellwert der Sicherheitsventile bei Verdrängerpumpen oder der maximal mögliche Enddruck bei Kreislumpen. Kühlwasserseitig ist der Ölkühler für den vom Käufer genannten Wasserdruck, mindestens jedoch für absolut 7 bar auszulegen.

Für die Kühlrohre sollen keine Rohre unter 10 mm Innendurchmesser verwendet werden. Die Wanddicke beträgt bei Stahl mindestens 2 mm, bei Kupfer-Zink-Legierung mindestens 1 mm und bei nichtrostendem Stahl und bei Titan mindestens 0,5 mm.

Sofern nichts anderes vorgeschrieben ist oder sich aus den spezifizierten Kühlwassereigenschaften ergibt, sind für die Ölkühler folgende Werkstoffe vorzugsweise zu verwenden:

- Mantel, Deckel und Kammern: Stahl
- Rohrböden: Kupfer-Zink-Legierung oder Stahl mit Korrosionsschutzüberzug
- Rohre: Kupfer-Zink-Legierung

Als besonders korrosionsbeständige Werkstoffe können nach Vereinbarung zwischen Käufer und Verkäufer Cu Ni 10 Fe und Cu Ni 30 Fe verwendet werden.

Ist kühlwasserseitig im Vor- und Rücklauf eine Absperrarmatur vorhanden und kann es daher zu einer Überschreitung des zulässigen Auslegungsdruckes kommen, muß der Kühler wasserseitig mit einem Sicherheitsventil versehen sein.

Die Lieferung des Sicherheitsventils ist zu vereinbaren. Das Sicherheitsventil muß nicht am Kühler sein, es kann auch in der Rohrleitung angeordnet sein.

9.6.5 Sonderbauarten

Sonderbauarten, wie z. B. Luftkühler, sind vom Käufer in der Anfrage zu spezifizieren.

10 Regelung und Instrumentierung

10.1 Allgemeines

10.1.1 Begriffe und Definitionen

Begriffe und Definitionen sind in DIN 19 226 festgelegt.

10.1.2 Daten für die Auslegung

Der Käufer nennt in der Anfrage auf dem Industrieturbinen-Datenblatt die erforderlichen Daten und die zu beachtenden Klassifikationen für die Auslegung der Geräte.

10.2 Turbinenregelsysteme

Der Verkäufer hat das für den Anwendungsfall geeignete Regelungssystem vorzusehen. Entsprechende Angaben über die Art der Arbeitsmaschine und deren Betriebsverhalten sind vom Käufer in der Anfrage aufzuführen.

¹⁾ Siehe Seite 13

²⁾ Zu beziehen bei: Carl Heymanns Verlag KG, Gereonstr. 18 – 32, 5000 Köln 1

10.2.1 Drehzahlregelung

Je nach Anwendungsfall bzw. Klasse muß die Drehzahlregelung folgenden Anforderungen entsprechen:

Klasse 1

Zeitverhalten: PI
 Proportionalgrad: 0 bis 0,5 %
 Drehzahlabweichung: $\pm 0,25$ %
 Überschwingweite: bis 1 % unter n_t

Vorzugsweiser Einsatz:

Alle Arbeitsmaschinen, bei denen die Drehzahl unabhängig von der Belastung konstant gehalten werden muß, z. B. Generatoren im Inselbetrieb, Papierverarbeitungs-
 maschinen.

Klasse 2

Zeitverhalten: P
 Proportionalgrad: 4 bis 6 %
 Drehzahlabweichung: $\pm 0,25$ %
 Überschwingweite: bis 1 % unter n_t

Vorzugsweiser Einsatz:

Für höhere Anforderungen an die Regelqualität, z. B. Generatoren im Parallelbetrieb, Saugzuggebläse

Klasse 3

Zeitverhalten: P
 Proportionalgrad: 6 bis 10 %
 Drehzahlabweichung: $\pm 0,75$ %
 Überschwingweite: bis 1 % unter n_t

Vorzugsweiser Einsatz:

Für übliche Anforderungen an die Regelqualität, z. B. Kesselspeisepumpen, Umwälzpumpen, Verdichter

Die endgültige Festlegung der erforderlichen Klasse ist zwischen Verkäufer und Käufer zu vereinbaren, wobei die Art der Arbeitsmaschine und deren spezieller Einsatz beachtet werden müssen.

10.2.2 Begrenzung der maximalen Dauerbetriebsdrehzahl

Durch Einbau einer Begrenzung muß sichergestellt sein, daß die maximale Dauerbetriebsdrehzahl nicht überschritten wird. Die Begrenzung muß zur Schnellschlußprobe aufhebbar sein.

10.2.3 Drehzahlverstellung

Die Drehzahl muß von Hand verstellt werden können. Wird Drehzahlverstellung auch über ein Steuersignal verlangt (elektrisch, pneumatisch, hydraulisch) oder erforderlich, so ist der Regler zusätzlich mit einem Verstellorgan (Sollwertversteller) auszurüsten, das das Steuersignal empfängt und den Sollwert des Reglers einstellt. Das Verstellorgan ist so einzurichten, daß

- a) der Regler die Turbine jederzeit unter Kontrolle hat,
- b) die Turbinendrehzahl sich analog dem Steuersignal unter Berücksichtigung eines P -Grades ändert,
- c) eine Signaländerung von ± 2 % des Signalbereiches eine Änderung der Turbinendrehzahl auslöst,
- d) wenn nicht anders festgelegt, eine Steigerung des Steuersignals die Turbinendrehzahl erhöht,
- e) der benötigte Drehzahlbereich dem vollen Bereich des Steuersignals entsprechen muß,
- f) bei Ausfall des Signals oder Versagen des Sollwertverstellers auch weiterhin die Handverstellung möglich ist.

10.2.4 Konstruktive Ausführung

Das Signalübertragungssystem und die Ventilsteuerung (einschließlich ihrer Anschlüsse) sind konstruktiv so auszuführen, daß ein Betrieb nach Abschnitt 6.1.1 sichergestellt ist.

10.3 Sicherheits- und Schutzeinrichtungen

10.3.1 Schnellschlußventil

Die Turbine erhält ein oder zwei parallel von den Stellventilen getrennt arbeitende Schnellschlußventile. Im Schnellschlußfall schließen die Schnellschluß- und Stellventile gleichzeitig. Kombinierte Schnellschlußstellventile sind nach Absprache zwischen Käufer und Verkäufer zulässig. Der Schnellschlußmechanismus muß bei maximalem Dampfdruck geöffnet werden können. Das Ansprechen der Schnellschlußventile und damit die Absperrung der Zufuhr des Arbeitsfluids zur Turbine soll durch folgende Schutzeinrichtungen eingeleitet werden:

- a) Drehzahlwächter bei Überdrehzahl
- b) Druckwächter bei zu geringem Lageröldruck
- c) Örtlich direkt von Hand
- d) Magnetventil für Fernabstellung
- e) Andere vom Verkäufer für erforderlich erachtete oder vom Käufer vorgeschriebene Schutzeinrichtungen (z. B. gegen zu niedrigen Austrittsdruck)

Bei Turbinen, die in explosionsgefährdeter Umgebung aufgestellt werden, muß der Auslösemechanismus funkenfrei arbeiten. Auslöse- und Schnellschlußvorrichtungen, Schnellschlußventile, Ventilspindeln, Spindelstopfbuchsen sowie alle verbindenden Elemente (Gestänge, Hebel, Gelenke, Klinken) müssen aus geeignetem Werkstoff bestehen und so ausgeführt sein, daß sie einwandfrei funktionieren. Wenn spezifiziert, ist das Schnellschlußventil mit einer Gängigkeitsprüfeinrichtung zu versehen. Der Prüfungsvorgang muß während des Betriebes der Turbine möglich sein. Die dabei maximal mögliche Leistung ist anzugeben.

10.3.2 Drehzahlwächter

Jede Turbine muß gegen das Überschreiten der maximal zulässigen Drehzahl mit einer vom Drehzahlregler unabhängigen Schutzeinrichtung (mechanisch oder elektronisch) ausgerüstet sein, die bei Erreichung der Schnellschlußdrehzahl die Zufuhr des Arbeitsfluids zur Turbine absperrt. Ist an der Turbine kein Drehzahlregler vorhanden, muß ein zweiter, unabhängiger Drehzahlwächter vorgesehen werden. Sofern die Funktionsprüfung des Drehzahlwächters bei Betriebsdrehzahl vorgesehen ist, muß die Sicherung der Turbine gegen Überschreiten der maximal zulässigen Drehzahl erhalten bleiben. Das Prüfverfahren muß in der Betriebsanleitung beschrieben sein.

10.3.3 Wellenlagewächter

Wenn spezifiziert, ist die Turbine mit einer Schutzeinrichtung auszurüsten, die bei unzulässiger axialer Verschiebung des Läufers die Zufuhr des Arbeitsfluids zur Turbine absperrt.

10.3.4 Sicherheitsventile

Die Turbinen müssen mit einem Sicherheitsventil für maximalen Volumenstrom gegen zu hohen Entnahme- bzw. Abdampfdruck geschützt werden. Wenn diese Drücke durch mindestens zwei voneinander unabhängige Einrichtungen (Druckregler, Druckwächter, Druckbegrenzer usw.) abgesichert sind, genügt ein Sicherheitsventil für 10 % des maximalen Volumenstromes. Die Sicherheitsventile sind vor dem Abdampfschieber (bzw.

vor der Rückschlagklappe) in der Rohrleitung einzubauen. In den Fällen, in denen das Abdampfsystem für den vollen Frischdampfdruck ausgelegt ist, kann auf ein Abdampfsicherheitsventil verzichtet werden. Entnahme- bzw. Anzapfleitungen sind mit Rückschlagarmaturen auszurüsten, die zusätzlich schnellschlußabhängig gesteuert werden. Die Liefergrenzen sind in der Anfrage bzw. im Angebot festzulegen.

10.3.5 Sicherung gegen Kondensat

Die Turbine ist abzusichern gegen

- einströmendes Kondensat aus den Zuführungsleitungen,
- rückströmendes Kondensat aus den Abführungsleitungen
- Kondensatsammlungen innerhalb der Turbine.

Sämtliche fluidbeaufschlagten Rohrleitungs- und Gehäuseteile sind mit ausreichend dimensionierten Entwässerungsanschlüssen auszurüsten, die eine rückstaufreie Abführung des anfallenden Kondensats ermöglichen. Folgende Ausführungen sind möglich.

- Äußere Wellenabdichtungen:
Ablauf über offenes Rohr mit Wasservorlage (Wasserschloß)
- Rohrleitungs- und Gehäuseteile mit Betriebsdrücken > 1 bar (absolut) und Betriebstemperaturen $> 50^\circ\text{C}$ über Sättigungstemperatur:
Ablaufleitung mit Absperrventil zur Entwässerung während der Anwärmphase der Turbine
- Rohrleitungs- und Gehäuseteile mit Betriebsdrücken > 1 bar (absolut) und Betriebstemperaturen $\leq 50^\circ\text{C}$ über Sättigungstemperatur:
Ablaufleitung mit Absperrventil und Bypass mit Kondensatableiter.
Frischdampfleitung zusätzlich mit Wasserabscheider (siehe auch Abschnitt 8.2). Sperrmediumsleitungen können über eine feste Blende entwässert werden.
- Rohrleitungs- und Gehäuseteile mit Betriebsdrücken < 1 bar (absolut):
Ablaufleitung mit Absperrventil und Bypass mit Kondensatableiter; Abführung in den Kondensator.
Bei Kondensationsturbinen mit nach oben gerichtetem Austrittsstutzen wird das zurückfließende Kondensat ohne Absperrung, je nach Niveaulage von Unterkante Austrittsgehäuse zu Kondensatstand/Hotwell, direkt oder über eine Hebevorrichtung mit vorgeschaltetem Sammler dem Hotwell zugeführt.
- Zu- und Abführungsleitungen dürfen nicht über die Turbine entwässert werden. Das Kondensat ist vor der Turbine abzuführen. Die Liefergrenzen sind zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren.

10.4 Instrumentierung

10.4.1 Anforderungen

Der Käufer soll bei der Anfrage angeben, welche Anforderungen von dem Turbinenverkäufer unbedingt beachtet werden müssen.

10.4.2 Befestigung

Die Instrumente sind bei ihrer Befestigung so anzuordnen, daß sie keinen schädlichen Schwingungen ausgesetzt sind.

10.4.3 Druckmeßgeräte

Die Druckmeßgeräte sollen für das jeweilige Fluid geeignet und im Durchmesser nicht kleiner als 100 mm sein.

10.4.4 Temperaturmeßgeräte

Temperaturmeßgeräte sind als Stab- oder Zeigerthermometer auszuführen. Rundinstrumente sollen im Durchmesser nicht kleiner als 100 mm sein. Für alle im Betrieb unter Druck stehenden Temperaturmeßstellen sind Schutzrohre aus nichtrostendem Stahl vorzusehen. Öl- und wasserseitig sind Hülsen aus Kupfer-Zink-Legierung zulässig. Wenn nicht anders festgelegt, sind für Temperaturfernanzeigen Thermoelemente vorzusehen.

10.4.5 Druck- und Temperaturwächter

Alle Druck- und Temperaturwächter sind, wenn nicht anders spezifiziert, mit einem Schaltkontakt vorzusehen. Wenn gefordert, müssen die Wächter so angeordnet bzw. ausgeführt werden, daß sie während des Betriebes auf ihre Funktion hin überprüft werden können.

10.4.6 Instrumentenanschlüsse

Sofern nicht anders spezifiziert, sind die Instrumentenanschlüsse mit Gewinde G 1/2 nach DIN ISO 228 Teil 1 auszuführen.

10.4.7 Drehzahlanzeige

Bei fernbedienten oder -überwachten Anlagen wird zusätzlich zur bequem ablesbaren örtlichen Drehzahlanzeige eine Fernanzeige vorgesehen. Wenn spezifiziert, wird die Drehzahl laufend registriert.

10.4.8 Übliche Instrumentierung

Eine Instrumentierung muß vorgesehen werden, wenn in den Spalten „Anzeigegerät“, „Alarmgabe“ und „Schnellschlußauslösung“ die Buchstaben H, T und X (ohne Klammer) erscheinen.

Eine Instrumentierung kann nach Vereinbarung vorgesehen werden, wenn in den Spalten „Anzeigegerät“, „Alarmgabe“ und „Schnellschlußauslösung“ die Buchstaben (H), (T) und (X) (mit Klammer) erscheinen.

Durch die Buchstaben H bzw. T wird kenntlich gemacht, daß eine Alarm- bzw. Schnellschlußauslösung erfolgt, wenn der obere bzw. untere Grenzwert über- bzw. unterschritten wird.

Die getroffenen Vereinbarungen sind im Industrieturbinen-Datenblatt 703 festzuhalten. Außerdem ist anzugeben, welche Instrumente vom Lieferanten der Arbeitsmaschine in den vom Verkäufer gelieferten Instrumententräger beigestellt werden.

		Anzeige- gerät	Alarm- gabe	Schnellschluß- auslösung
10.4.8.1	Meßgrößen im System des Arbeitsfluids			
	Druck } in Nähe des Standardeintritts	X	—	—
	Temperatur }	X	(T)	(H), (T)
	Druck vor den Düsen	(X)	—	—
	Druck hinter den Regelstufen	X	(H)	—
	Entnahmedruck bei Entnahmemaschinen	X	(H), (T)	(H), (T)
	Entnahmetemperatur bei Entnahmemaschinen	(X)	—	—
	Austrittsdruck	X	(H), (T)	(H), (T)
	Austrittstemperatur	(X)	—	—
	Sperrmitteldruck	(X)	—	—
10.4.8.2	Meßgrößen im Schmieröl- und Steuerölsystem			
	Ölstand am Ölhauptbehälter	X	(H), (T)	—
	Öltemperatur am Ölhauptbehälter	(X)	—	—
	Öltemperatur am Ölkühlereintritt	X	—	—
	Öltemperatur am Ölkühleraustritt	X	(H)	—
	Schmieröldruck vor dem Ölkühler	(X)	—	—
	Differenzdruck am Ölfilter	X	(H)	—
	Schmieröldruck in der Zulaufleitung	X	T	T
	Steueröldruck	X	—	—
	Temperatur jedes Turbinenlagers	X	(H)	—
	Temperatur jedes Getriebelagers	(X)	(H)	—
	Schaugläser in den einzelnen Ölrückflußleitungen (bei separat aufgestellten Ölbehältern)	(X)	—	—
10.4.8.3	Wellenlage und -schwingungen			
	Axiallage	(X)	(H)	(H)
	Schwingungen von Welle und/oder Lagergehäuse	(X)	(H)	(H)
10.4.8.4	Verschiedenes			
	Drehzahl	X 3)	—	H
	Gehäusetemperatur oben/unten	(X)	(H)	—
	Gehäusetemperatur innen/außen	(X)	(H)	—
3) Anzeigegerät mit Markierung für maximale Dauerbetriebsdrehzahl und Sperrbereich(e)				

10.4.9 Anordnung der Instrumente

Die Instrumentenanordnung kann erfolgen:

- örtlich am Meßort
 - auf einem örtlichen Instrumentengestell
 - in einem Instrumentenschrank
 - in einer zentralen Meßwarte
- } im Bereich der Turbine
} im Blickfeld des Bedienungs-
personals

Für die richtige Aufstellung der Instrumententräger soll der Käufer angeben, wie und von wo aus Turbine und Arbeitsmaschine bedient werden sollen. Alle Instrumente und Funktionen sind durch Schilder zu kennzeichnen. Die Ausführung des Instrumententrägers sowie die Anordnung der Instrumente sind zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren. Die entsprechenden Ex-Schutz-Vorschriften sind dabei zu berücksichtigen.

11 Kontrollen und Prüfungen

11.1 Allgemeine Bestimmungen

Der Verkäufer gewährt dem Käufer oder seinem Stellvertreter während der Fertigung oder der Erprobung den Zutritt zum Werk. Der Besuch soll möglichst frühzeitig vor dem Termin angekündigt werden.

Der Verkäufer muß seine Unterlieferanten anweisen, dem Käufer den Zutritt zu ihrem Werk zu gewähren, um Teile zu inspizieren bzw. um bei Prüfungen anwesend sein zu können.

Der Verkäufer wird dem Käufer im Angebot angeben, welche Prüfungen durchgeführt werden. Zusätzliche Prüfungen sind vom Käufer vor Vertragsabschluß zu spezifizieren. Außerdem sind die Prüfungen zu nennen, an denen der Käufer teilnehmen möchte. Der Käufer hat grundsätzlich das Recht, an allen Prüfungen teilzunehmen.

Der Verkäufer unterrichtet den Käufer oder dessen Stellvertreter möglichst frühzeitig vom geplanten Termin, an dem vereinbarte Prüfungen durchgeführt werden sollen.

Der Käufer oder sein Vertreter sollen möglichst frühzeitig vor dem Termin ihre Teilnahme bestätigen. Eine vertragliche Vereinbarung muß für den Fall getroffen werden, daß der Käufer oder sein Vertreter an dem vom Verkäufer genannten Termin an den Erprobungen nicht teilnehmen können. Wird eine solche Vereinbarung nicht getroffen und erfolgt keine Terminbestätigung durch den Käufer oder erscheint der Käufer oder dessen Vertreter nicht zu dem genannten Termin, so wird die Prüfung

ohne seine Teilnahme zum geplanten Termin durchgeführt. Terminverschiebungen sind vom Hersteller sofort zu melden.

Für alle vertraglich vorgesehenen Prüfungen müssen vom Verkäufer Prüfbescheinigungen entsprechend den vertraglichen Vereinbarungen vorgelegt werden.

Der Käufer oder dessen Vertreter unterzeichnet alle Bescheinigungen, die vom Verkäufer für solche Erprobungen ausgestellt werden, an denen der Käufer oder dessen Vertreter teilnahm. Die Unterschrift entbindet den Verkäufer nicht von seinen vertraglichen Verpflichtungen.

11.2 Kontrollen von Werkstoff und Teilen

		Mechanische Eigen- schaften	Chemische Analyse	Ultra- schall- prüfung	Örtliche Röntgen- prüfung	Oberflächen- rißprüfung
Geschmiedete bzw. gewalzte Teile	Radscheiben Welle Ausgleichkolben	ja	Chargen- analyse 4)	wenn spezifiziert		ja
	Leitschaukelträger Stahlgehäuse	ja		wenn spezifiziert		
	Laufschaufeln Leitschaufeln	Stichproben 5)		wenn spezifi- ziert 6)	entfällt	wenn 6) spezifiziert
	Läuferbuchsen	wenn spezifiziert 6)			entfällt	wenn spezifiziert
Geschweißte Teile	Radscheiben Stahlgehäuse Leitschaukelträger	ja	ja	wenn spezifiziert 6)		ja
Gegossene Teile	Radscheiben Gehäuse aus Stahlguß Leitschaukelträger Gehäuse aus Gußeisen mit Kugelgraphit	ja	Chargen- analyse 4)	wenn spezifiziert 6)		
	Gehäuse aus Gußeisen mit Lamellengraphit	wenn spezifiziert 6)				
	Laufschaufeln	Stichproben		wenn spezifi- ziert 6)	entfällt	wenn 6) spezifiziert
4) Von jedem Teil, wenn aus mehreren Chargen 5) vom Ausgangsmaterial 6) Technische Einzelheiten der Prüfungen sind zwischen Verkäufer und Käufer festzulegen.						

Wenn eine Werkstatabnahme vorgeschrieben ist, dürfen die zu prüfenden Teile vor Abschluß der Prüfung nicht mit einem Anstrich versehen werden.

Alle druckbeanspruchten Turbineneintrömeile, Außengehäuse sowie Turbinenabströmeile sind einer Prüfung mit Wasser zu unterziehen. Dabei können die Gehäuseteile, die unterschiedlichen Drücken ausgesetzt sind, vom Verkäufer in einzelne Räume unterteilt werden. Der Prüfdruck muß mindestens dem 1,5fachen des in dem betreffenden Raum herrschenden maximalen Betriebsdruckes entsprechen.

Bei Gehäuseteilen mit einem absoluten Innendruck $\leq 1,2$ bar müssen Prüfung und Prüfdruck zwischen Käufer und Verkäufer vereinbart werden. Wenn nicht anders vorgeschrieben, soll der Prüfdruck mindestens 30 Minuten

aufrechterhalten werden. Es darf sich keinerlei Anhalt für das Vorhandensein einer Leckage zeigen.

Alle anderen druckbeaufschlagten Teile von Hilfs- oder Zusatzeinrichtungen sind mit dem 1,5fachen Wert des maximal zulässigen effektiven Betriebsdruckes zu prüfen. Wassermäntel, Kühlschlangen oder Kühler sind mit mindestens 7 bar zu prüfen. Die gesetzlichen Vorschriften z. B. für Druckbehälter⁷⁾ sind einzuhalten.

Die Qualitätskontrolle der Ersatzteile ist identisch mit der Qualitätskontrolle für die Originalteile.

⁷⁾ Die für Deutschland gültige Druckbehälterverordnung ist zu beziehen bei: Carl Heymanns Verlag KG, Gereonstr. 18 – 32, 5000 Köln 1

11.3 Turbinenerprobungen

11.3.1 Mechanischer Werksprobelauf der Turbine

Falls vereinbart, sind die Turbinen einem mechanischen Probelauf im Herstellerwerk (Werksprobelauf) in unbelastetem Zustand zu unterziehen. Zweck dieses Probelaufs ist die Prüfung mechanischer und funktioneller Eigenschaften unter den folgenden Bedingungen:

- Die Zustände des Fluids müssen nicht den spezifizierten Verhältnissen entsprechen.
- Ein Nachweis über die Stabilität des Reglers im Leerlauf kann grundsätzlich erst nach Kupplung mit der Arbeitsmaschine erbracht werden. Von spezifizierten Verhältnissen abweichende Erprobungsbedingungen sind zu berücksichtigen.
- Die Turbine wird hochgefahren und läuft, nachdem die Schmieröltemperaturen einen Beharrungszustand erreicht haben, für 2 Stunden bei maximaler Dauerbetriebsdrehzahl, ohne daß die Schmieröltemperaturen in unzulässiger Weise ansteigen dürfen. Die Schmierölaufemperaturen müssen den Angaben der Betriebsanweisung entsprechen. Die Temperaturen werden protokolliert. Falls Kondensationsturbinen im unbelasteten Zustand erprobt werden sollen, darf die Eintrittstemperatur oder Prüfdauer reduziert werden, um eine zu hohe Temperatur im Turbinenabströmungsgehäuse zu vermeiden.
- Der Probelauf ist mit eingebauten Originallagern und Originaldichtungen sowie der aufgezogenen zugehörigen Kupplungshälfte durchzuführen.
- Die Dichtheit ist zu kontrollieren. Eventuelle Undichtheiten sind zu beseitigen.
- Während des Laufes ist das Betriebsverhalten zu kontrollieren und zu protokollieren.
- Wenn vereinbart, sind Schwingungsmessungen durchzuführen. Über die Durchführung dieser Messungen sind besondere Vereinbarungen zu treffen. Die Ablesung der Schwingungen soll im Betriebsdrehzahlbereich und unmittelbar vor Erreichen der Schnellschlußdrehzahl sowie beim Durchfahren von Resonanzstellen erfolgen und protokolliert werden.
- Der Überdrehzahlwächter muß eingestellt werden und soll mindestens dreimal hintereinander vorschriftsmäßig auslösen.
- Die Drehzahlregeleinrichtungen sind auf einwandfreies Arbeiten innerhalb des gesamten Betriebsdrehzahlbereiches auf Übereinstimmung mit den vorgeschriebenen Regelgrenzen sowie – falls vorgeschrieben und möglich – auf das Ansprechen auf einen Regelimpuls zu kontrollieren.
- Nach dem Probelauf sind die Hauptlager zu kontrollieren.
- Alle Meßwerte sind zu protokollieren.
- Weitere Erprobungen der Hilfseinrichtungen einschließlich Ölsystem, Überwachungs-, Sicherheits- und Schutzzeineinrichtungen, soweit sie sich nicht direkt an der Turbine befinden, werden nur nach besonderer Vereinbarung durchgeführt. Einzelheiten sind von Käufer und Verkäufer gemeinsam festzulegen.
- Falls es erforderlich wird, eine Turbine nach Durchführung des Probelaufs zu demontieren, weilsich Fehler gezeigt haben, die einen zufriedenstellenden Betrieb der Turbine in Frage stellen, wird die Erprobung wiederholt.
- Sind in der Lieferung des Verkäufers ein Reserveläufer, Reserveleitschaufelträger, Reserveradiallager enthal-

ten, ist vom Käufer zu spezifizieren, ob diese zur Kontrolle in das Turbinengehäuse eingelegt werden müssen und gegebenenfalls ein mechanischer Probelauf durchgeführt werden soll.

- Der Werksprobelauf entbindet den Verkäufer nicht von dem Nachweis einwandfreien mechanischen Laufverhaltens am Aufstellungsort.

11.3.2 Leistungstest

Mit diesem Test soll geprüft werden, ob die Turbine in der Lage ist, die zugesicherten Leistungen bei Bezugszustand zu erreichen. Sofern ein Leistungsnachweis vorgesehen ist, ist dessen Durchführung zwischen Verkäufer und Käufer zu vereinbaren. Ebenso sind Art und Einzelheiten der Prüfung gemeinsam von Käufer und Verkäufer festzulegen. Grundlage der Leistungsprüfung sollte DIN 1943 sein.

11.3.3 Zusätzliche Prüfungen

Werden über den in den Abschnitten 11.3.1 und 11.3.2 genannten Umfang hinausgehende Prüfungen verlangt, so sind diese in der Anfrage und in der Bestellung anzugeben.

12 Vorbereitung zum Versand

12.1 Konservierung

Alle gelieferten Teile müssen gegen Beschädigung während des Transportes und während der Lagerung durch zwischen Verkäufer und Käufer vereinbarte Maßnahmen geschützt werden. Sind die Schutzmaßnahmen vom Verkäufer vorzunehmen, soll der Käufer in den Industrieturbinen-Datenblättern die vorgesehene Transportart, den Bestimmungsort und die Dauer und Art der Lagerung spezifizieren.

In allen Fällen sollen die äußeren Flächen, die Korrosion unterworfen sind, einen Schutz erhalten, der vom Verkäufer anzubringen ist.

Die Teile sollen so gesichert werden, daß sie gegen Beschädigung durch Transporterschütterung geschützt sind. Ein klar sichtbares Warnschild soll an der Turbine angebracht werden, aus dem hervorgeht, welche Transport-sicherungsvorrichtungen vor Inbetriebnahme entfernt werden müssen.

Alle Öffnungen und Leitungen sollen in Übereinstimmung mit der Spezifikation des Käufers vor Versand verschlossen werden. Hölzerne Stopfen dürfen für Gewindeöffnungen nicht benutzt werden.

12.2 Markierungen

Alle Teile der Turbine, die demontiert versandt werden, sollen zwecks Identifizierung markiert werden. Hierbei sind geeignete Markierungen zu verwenden.

12.3 Transport und Handhabung

Verkäufer und Käufer müssen Vorkehrungen für den Transport der Teile auf die Baustelle und für Lagerung und Handhabung des Werkstoffes nach Eintreffen auf der Baustelle treffen.

Verkäufer und Käufer sollen sich über Transportart, Einrichtungen an der Baustelle einschließlich Lagerbedingungen, verfügbare Hilfsmittel zum Abladen und über die Montage einigen. Der Käufer soll in der Anfrage die Größen- und Gewichtsbegrenzungen angeben.

Gewichte und Hebepunkte sollen an den verpackten Teilen klar erkennbar sein.

13 Montage und Inbetriebnahme am Aufstellungsort

13.1 Vorbereitung am Aufstellungsort

Wenn der Verkäufer für die Montage verantwortlich ist, muß er rechtzeitig über den Montagebeginn informiert werden. Der Verkäufer hat das Recht, vor dem Eintreffen der Teile oder vor dem tatsächlichen Montagebeginn die Fundamente und die Vorrichtungen zu prüfen, die für die Montage notwendig sind. Das entbindet den Käufer nicht davon, ein Fundament der erforderlichen Qualität vorzusehen.

Voraussetzungen für sachgemäße Montage, wie Bereitstellung von Vorrichtungen, Dienstleistungen am Betriebsort, sind zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren.

Auf besondere Sauberkeit der Zuführungsleitungen für das Arbeitsfluid ist von der Montagefirma der Rohrleitungen zu achten. Der Reinheitsgrad ist mittels Prallblech aus Weichmetall nachzuweisen. Einzelheiten sind zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbaren.

Der Käufer muß den Verkäufer vor Vertragsabschluß über Vorschriften und Regelungen informieren, die die Arbeitsbedingungen am Aufstellungsort betreffen.

13.2 Montage am Aufstellungsort

Art, Umfang und Verantwortung regelt ein separater Montagevertrag.

13.3 Probetrieb

Über die Durchführung und Dauer eines kompletten Probetriebes sind zwischen Käufer und Verkäufer besondere Vereinbarungen zu treffen.

13.4 Personalausbildung

Es ist empfehlenswert, daß das Personal des Käufers, das die Anlage betreibt, während der Montage, der Inbetriebnahme und des Probetriebes zwecks Ausbildung anwesend ist.

14 Industrieturbinen—Datenblätter

14.1 Allgemeines

Mit der Anfrage übermittelt der Käufer dem Verkäufer alle Unterlagen, die dieser für die Ausarbeitung des Angebotes benötigt. Dazu dienen die Industrieturbinen-Datenblätter.

14.1.2 Mit seinem Angebot übersendet der Verkäufer dem Käufer die ausgefüllten Industrieturbinen-Datenblätter mit allen Angaben, die für eine ordnungsgemäße Bewertung des Angebotes erforderlich sind.

14.1.3 Wenn der Auftrag vergeben wird, sind die Industrieturbinen-Datenblätter durch Vereinbarung auf den neuesten Stand zu bringen; sie bilden einen Teil des Auftrages.

14.1.4 Nach Erteilung des Auftrages übermittelt der Verkäufer dem Käufer die erforderlichen Unterlagen für Aufstellung, Montage, Betrieb und Instandhaltung der gelieferten Maschinen und für die Identifizierung der Ersatzteile.

Ebenso übersendet der Käufer dem Verkäufer die für die vorgeschriebene Auslegung und Abwicklung erforderlichen Unterlagen.

Die Unterlagen sind im Industrieturbinen-Datenblatt Nr 1101 aufgeführt.

Bei der Vertragsunterzeichnung einigen sich der Verkäufer und der Käufer darüber, wann die jeweiligen Unterlagen

fertiggestellt und übersandt werden müssen, wobei diese Vereinbarung durch Eintragung in das Industrieturbinen-Datenblatt Nr 1101 festgehalten wird.

14.1.5 Die in den Unterlagen zu verwendende Sprache wird zwischen dem Käufer und dem Verkäufer vereinbart und in dem Industrieturbinen-Datenblatt Nr 1101 angegeben.

14.1.6 Änderungen an genehmigten und endgültigen Zeichnungen bedürfen der Zustimmung beider Vertragspartner und sind durch einen Hinweis kenntlich zu machen.

14.2 Bemerkungen und Kommentare zu den im Industrieturbinen-Datenblatt Nr 1101 aufgeführten Unterlagen

14.2.1 Vorläufige Unterlagen sollen ausreichende Informationen enthalten, um Vorgespräche zwischen Verkäufer und Käufer zu ermöglichen.

14.2.2 Zu genehmigende Unterlagen sind Unterlagen, die während der Auftragslaufzeit der Gegenseite zum Studium der gesamten Lieferung übergeben werden.

Da der Genehmigungstermin den Liefertermin beeinflusst, sind der Termin für die Einsendung und der für die Genehmigung gemeinsam festzulegen. Wenn die Genehmigung aus Gründen verzögert wird, die der Verkäufer nicht zu verantworten hat, kann die Lieferung entsprechend verzögert werden.

14.2.3 Die endgültigen Unterlagen sind die für die Anlage als richtig bestätigten Unterlagen.

14.2.4 Die Schnittzeichnungen der Turbine (Zeile 14) zeigen den Aufbau der Maschine und ermöglichen das Erkennen der Einzelteile.

14.2.5 Die Dampf- bzw. Gasdurchsatzdiagramme (Zeile 15) gestatten dem Käufer, den Dampf- bzw. Gasdurchsatz der Turbine bei verschiedenen Lastzuständen und deren Betriebsbereich zu bewerten.

14.2.6 Fließbilder (Zeilen 16 bis 19) für Ölsystem, Dampf/Wassersystem, Gassystem, Kühlsystem und Überwachung und Regelung sollen durch Erläuterungen vervollständigt sein und die Funktionen dieser Systeme sowie die Liefergrenzen zeigen. Lüftungs- und Entwässerungsanordnungen sollen in den entsprechenden Fließbildern enthalten sein.

Die Schemata — mit Ausnahme des Ölsystems — sollen Massenströme, Drücke und Temperaturen für den Auslegungsfall an entsprechenden Punkten sowie Leistungsmaße und Funktionsart und Merkmale der Instrumente Ventile usw. zeigen.

14.2.7 Zu den Unterlagen über meß- und regeltechnische Einrichtungen (Zeile 20) gehören u. a. eine Instrumentenliste sowie ein Verzeichnis über die Klemmenanschluß-Kennzeichnung.

Die Instrumentenliste ist eine Aufstellung aller zum Lieferumfang gehörenden Instrumente. Sie muß folgende Angaben enthalten:

- a) Kennzeichnung
- b) Einsatzzweck
- c) Hersteller
- d) Art
- e) Bereich
- f) Anschlußgröße
- g) Einstellwert

Das Verzeichnis über die Kennzeichnung der Instrumenten- und Regelungsanschlußpunkte ermöglicht es, elektrische Kabel und pneumatische und hydraulische Leitungen anzuschließen.

14.2.8 Aus den elektrischen Schaltplänen (Zeile 21) müssen die Klemmstellen ersichtlich sein.

14.2.9 Die Motorenliste (Zeile 22) ist ein Verzeichnis aller zum Lieferumfang gehörenden Motoren. Sie muß folgende Angaben enthalten:

- a) Kennzeichnung
- b) Einsatzzweck
- c) Hersteller
- d) Typ
- e) Leistung
- f) Drehzahl
- g) Stromart/Spannung
- h) Nennstrom
- i) Anlaufstrom
- k) Bauform
- l) Ex-Schutzart
- m) Bestellung durch

14.2.10 Der Lageplan (Zeile 23) enthält die geometrischen Angaben zum Aufstellungsort. Sie sollen es dem Verkäufer ermöglichen, die beste Anordnung der zu seiner Lieferung gehörenden Teile innerhalb des zur Verfügung stehenden Platzes zu untersuchen.

14.2.11 Die Maßblätter (Zeile 24) müssen enthalten:

- a) Gesamtumriß in mindestens zwei Ansichten
- b) Maßangaben zwecks Darstellung der Gesamtgrößen und Mittellinien
- c) Platzbedarf für Wartungszwecke, wenn hierfür zusätzlicher Platz gebraucht wird
- d) Hebepunkte
- e) Drehsinn der Antriebswelle
- f) Lage und Art der Stellen, an die der Käufer anschließt
- g) Anordnung und Maße der Abstützungen
- h) Für übliche Wartung: Gewicht des schwersten Teiles

14.2.12 Die Kupplungseinbauzeichnung (Zeile 25) enthält alle Maße, die für die genaue Auslegung der Verbindungen zwischen den Wellen erforderlich sind sowie den Platzbedarf für Montage und Demontage.

14.2.13 Die Aufstellungspläne (Zeile 26) enthalten die Anordnungen aller Teile der Lieferung, einschließlich Führung der verbindenden Rohrleitungen. Sie gestatten dem Käufer den richtigen Anschluß seiner Ausrüstung an die Teile der Lieferung des Verkäufers ohne Kollision. Für Ausbau und Wartung erforderlicher Raumbedarf muß eingetragen sein.

14.2.14 Maximal zulässige Stutzenbelastung (Zeile 27): Maximal zulässige Kräfte und Momente an den Stutzen in den verschiedenen Achsen

Die Mittenabweichung der Stutzen (Zeile 28) unter Temperatureinfluß in den verschiedenen Achsen ist ebenfalls anzugeben.

14.2.15 Die Fundamentpläne (Zeile 29) enthalten die für die Auslegung des Fundamentes erforderlichen Maße und Daten.

Folgendes ist in diesen Zeichnungen anzugeben:

- a) Lage der Öffnungen
- b) Lage der Ankerschrauben
- c) Größe und Richtung der statischen und dynamischen Lasten an den Abstützpunkten und an den Gehäusestutzen.

14.2.16 Die Zeichnungen nach den Abschnitten 14.2.11 bis 14.2.15 dürfen nur mit Zustimmung des Käufers zusammengefaßt werden.

14.2.17 Anlauf-Drehmoment der Arbeitsmaschine (Zeile 30), wenn Anlauf-Drehmoment größer als Drehmoment im Auslegungspunkt

14.2.18 Daten für Turbine bzw. Arbeitsmaschine für dynamische Berechnung (Zeile 31) des Wellenstranges der Gesamtanlage, wenn die Berechnung vom Arbeitsmaschinen- bzw. Turbinenverkäufer durchgeführt wird

14.2.19 Berechnung der Biegeschwingungen (Zeile 32) bzw. Torsionsschwingungen (Zeile 33) für den Wellenstrang der Gesamtanlage

14.2.20 Druckbehälterbezeichnungen (Zeile 34) enthalten alle Einzelheiten, die erforderlich sind, damit die Genehmigung in Übereinstimmung mit der im Auftrag angegebenen Vorschrift erteilt wird (Prüf- und Abnahmepapiere (Zeile 35))

14.2.21 Die Materialterminliste (Zeile 38) und die Fertigungsterminliste (Zeile 39) enthalten die Einzeltermine für die Materialbeschaffung und die Fertigung der terminbestimmenden Einzelteile in Abstimmung mit den Terminen des Vertrages.

14.2.22 Die Montageunterlagen (Zeile 41) enthalten alle für die Montage erforderlichen Zeichnungen, Montage- und -spiele, Spielprotokolle, Ausrichtungsanweisung sowie eine Beschreibung der Montage.

14.2.23 Der Montageterminplan (Zeile 43) gibt einen Überblick über den Ablauf der Montage auf der Baustelle.

14.2.24 Die vom Verkäufer zu erstellende Betriebsanleitung (Zeile 44) enthält die Einsatzmerkmale sowie die Beschreibung des Betriebes und der Wartung der gesamten Lieferung.

Die Anleitung muß enthalten:

- a) Inhaltsverzeichnis
- b) Erläuterung der Baumerkmale der Turbine und der Arbeitsweise der einzelnen Bauelemente (auch der Regel- und Sicherheitseinrichtungen) durch Beschreibung, Umriß- und Schnittzeichnungen und durch schematische und veranschaulichende Skizzen. Die Zeichnungen und Skizzen müssen so ausführlich sein, daß zu erkennen ist, ob es sich um Hauptteile oder um Ersatzteile handelt.
- c) Angemessene Anleitung über Zerlegung und Wiederausammenbau der Turbine und der Hilfseinrichtungen für Wartungsarbeit
- d) Beschreibung des Betriebes, d. h. Anfahren, Betrieb, normales Abschalten und Notabschalten der Anlage. Für das Anfahren müssen Anfahrprogramme für Kalt- und Heißstart vorliegen. Die unzulässigen Drehzahlbereiche sind anzugeben.
- e) Angabe der Begrenzungsfaktoren für Teillastbetrieb
- f) Wartungsplan für die Turbine und die Hilfseinrichtungen mit Hinweisen bezüglich eines längeren Stillstandes
- g) Endgültige Auswertung aller einschlägigen Industrieturbinen-Datenblätter, Dampf- bzw. Gasdurchsatzdiagramme und anderer Unterlagen, welche die Leistung der Maschine beschreiben
- h) Aufstellung der empfohlenen Ersatzteile
- i) Übliche und zulässige Spiele zwischen feststehenden und beweglichen Teilen

Wenn im Industrieturbinen-Datenblatt 1101, Zeile 41, Montageunterlagen spezifiziert sind, können diese in die Betriebsanleitung aufgenommen werden.