

VCI-LEITFADEN ZUR

Risikobasierten Wellendichtungsauswahl

- Anwendung, Bewertung, Strategien

Rechtliche Hinweise

Dieser Leitfaden entbindet in keinem Fall von der Verpflichtung zur Beachtung der gesetzlichen Vorschriften. Der Leitfaden wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Dennoch übernehmen die Verfasser und der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben, Hinweise, Ratschläge sowie für eventuelle Druckfehler. Aus etwaigen Folgen können deswegen keine Ansprüche weder gegen die Verfasser noch gegen den Verband der Chemischen Industrie e.V. geltend gemacht werden.

Das Urheberrecht dieses Leitfadens liegt beim VCI. Die vollständige und auszugsweise Verbreitung des Textes ist nur gestattet, wenn Titel und Urheber genannt werden.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Thilo Höchst

Bereich Wissenschaft, Technik und Umwelt
Abteilungsleiter Umweltschutz, Anlagensicherheit, Verkehr

T +49 (69) 2556-1507 | **E** hoechst@vci.de

Verband der Chemischen Industrie e.V. – VCI

Mainzer Landstraße 55
60329 Frankfurt

www.vci.de | www.ihre-chemie.de | www.chemiehoch3.de

[LinkedIn](#) | [X](#) | [YouTube](#) | [Facebook](#)

[Datenschutzhinweis](#) | [Compliance-Leitfaden](#) | [Transparenz](#)

- Registernummer des EU-Transparenzregisters: 15423437054-40
- Der VCI ist unter der Registernummer R000476 im Lobbyregister, für die Interessenvertretung gegenüber dem Deutschen Bundestag und gegenüber der Bundesregierung, registriert.

Der Verband der Chemischen Industrie (VCI) vertritt die Interessen von rund 1.900 Unternehmen aus der chemisch-pharmazeutischen Industrie und chemienaher Wirtschaftszweige gegenüber Politik, Behörden, anderen Bereichen der Wirtschaft, der Wissenschaft und den Medien. 2022 setzten die Mitgliedsunternehmen des VCI rund 260 Milliarden Euro um und beschäftigten mehr als 550.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.



Responsible Care – ein Beitrag zur
Nachhaltigkeitsinitiative Chemie³

CHEMIE³
DIE NACHHALTIGKEITSINITIATIVE
DER DEUTSCHEN CHEMIE

Getragen von:
Wirtschaftsverband VCI,
Gewerkschaft IG BCE und
Arbeitgeberverband BAVC

Inhaltsverzeichnis

Risikobasierte Wellendichtungsauswahl.....	1
- Anwendung, Bewertung, Strategien.....	1
1. Vorwort	4
2. Anwendungsbereich	4
3. Definitionen und Begriffe	5
4. Ausführungen und Eigenschaften von ausgewählten Wellendichtungssystemen.....	6
5. Definition des Wellendichtungs-Sicherheits-Niveaus (WSN).....	7
6. Risikobewertung	8
6.1. Beschreibung der Risikomatrix	8
7. Auswahl der Wellendichtungssysteme	11
8. Beispiel für die Benutzung der Risikomatrix	11
9. Gesetzliche Grundlagen und Verweise.....	13
Anhang.....	13

1. Vorwort

Der vorliegende Leitfaden ist in Anlehnung an den vierten Leitfaden (LF04, Stand: 16.10.2020) des VCI-Arbeitskreises Pumpen entstanden und dient der risikobasierten Dichtungsauswahl an Pumpen mit unterschiedlichen Förderaufgaben. Um die Dichtungsauswahl reproduzierbar gestalten zu können, ist hierzu eine entsprechende systematische Vorgehensweise erarbeitet worden. Der Leitfaden ist als Arbeitsunterlage für Planer und Betreiber von Pumpen mit unterschiedlichen Abdichtungssystemen erstellt worden. Im Rahmen dieses Leitfadens werden die verschiedenen Wellenabdichtungssysteme bzgl. der Sicherheit näher erläutert und bewertet. Der Leitfaden beschreibt beispielhaft einen allgemeinen Ansatz, wie für eine konkrete Förderaufgabe das zugeordnete Risikolevel ermittelt werden kann und ordnet einem derart ermittelten Risikolevel ein entsprechendes Wellendichtungs-Sicherheits-Niveau (WSN) zu.

2. Anwendungsbereich

Der vorliegende Leitfaden dient der risikobasierten Wellendichtungsauswahl für Kreiselpumpen. Es handelt sich um die systematische Zusammenfassung von Betreiber-Erfahrungen, die sich in der Praxis bewährt haben. Der Leitfaden hat daher einen empfehlenden Charakter, von dem abgewichen werden kann. Auch bei anderen Vorgehensweisen zur Risikolevel-Ermittlung sollte aber eine vergleichbare Einstufungssystematik zur Ermittlung der Wertigkeit der vorgeschlagenen Wellendichtungssysteme zu Grunde gelegt werden.

Das beschriebene Vorgehen bezieht sich dabei ausschließlich auf die Sicherheit gegen Produktfreisetzung. Ferner berücksichtigt das hier beschriebene Vorgehen keine darüber hinausgehenden Anforderungen, wie z.B. die folgenden:

- ◆ Eignung eines Abdichtungskonzeptes für ein konkretes Medium, z.B. hinsichtlich Polymerisation, Gas-/Feststoffanteil, Viskosität, etc.
- ◆ Anforderungen an die Qualität einer Instrumentierung
- ◆ Sonstige, durch Gesetze geforderten, Vorgaben

3. Definitionen und Begriffe

WSN = Wellendichtungs-Sicherheits-Niveau (WSN)

LOC = Loss of Containment = unzulässige Produktfreisetzung

LOPC = Loss of Primary Containment = Versagen der primären Dichthülle

Optisch dicht = Begriff aus der TA-Luft, beschreibt Dichtungen ohne Tropfleckage jedoch mit gasförmigen Emissionen.

Technisch dicht = Begriff aus der TA-Luft, beschreibt Dichtungen, die weder Tropfleckage noch gasförmige Emissionen aufweisen.

Primäre Dichthülle = Primary Containment (erste produktseitige Barriere), wie zum Beispiel:

- Einfachwirkende Gleitringdichtung
- Produktberührte (innere) Gleitringdichtung einer Doppelgleitringdichtung
- Spalttopf einer Magnetkupplungspumpe
- Spaltrohr einer Spaltrohrmotorpumpe

Schutzmaßnahmen = Safety Layer = zusätzliche Maßnahmen, die verhindern, dass bei Versagen der primären Dichthülle eine Produktfreisetzung erfolgt.

Schutzmaßnahmen bedingen, dass

- ein Versagen der primären Dichthülle erkannt wird und nach dem Ansprechen der Schutzeinrichtung das System in einen sicheren Zustand gebracht wird. Meist besteht der sichere Zustand in der Sekundärabdichtung und einem Stillsetzen der Pumpe.
- Sekundäre Abdichtungen können atmosphärensseitige (äußere) Gleitringdichtung einer Doppelgleitringdichtung, die Sekundärabdichtung bei einer Magnetkupplungspumpe oder das Motorgehäuse einer Spaltrohrmotorpumpe sein.

PLT = Prozessleittechnik = Als Prozessleittechnik bezeichnet man Mittel und Verfahren, die dem Steuern, Regeln und Sichern verfahrenstechnischer Anlagen dienen

EMSR = Elektrisches Messen, Steuern und Regeln = In diesem Fachgebiet werden die sich oft überschneidenden Gebiete der Messtechnik, der Steuerungstechnik und der Regelungstechnik in ihrer Verbindung betrachtet. Das Fachgebiet wird oft auch als MSR oder EMSR-Technik bezeichnet

4. Ausführungen und Eigenschaften von ausgewählten Wellendichtungssystemen

Zur Förderung von Fluiden werden unterschiedlichste Pumpentechniken mit verschiedensten Wellendichtungskonzepten eingesetzt. Man unterscheidet dabei im Wesentlichen zwischen dynamischen und statischen Dichtsystemen, die das Fluid am Austritt aus der Pumpe hindern sollen. Während statische Dichtsysteme wie z.B. Gehäusedichtungen in der Regel gute Dichteigenschaften haben und als technisch dicht gelten, sind dynamische bzw. rotierende Dichtungen (z.B.: Wellenabdichtungen) meist nur optisch dicht.

In Tabelle 1 werden die gebräuchlichsten Dichtungstypen, die in der Pumpentechnik eingesetzt werden, nach Eigenschaften und Wirkungsweisen der Dichthüllen-Kombinationen und der sich daraus ergebenden Schutzfunktion gegenüber Leakage beschrieben. Dabei steht das Dichtungskonzept A für die geringste und das Konzept E für die höchste Schutzfunktion. Eine Zuordnung einzelner Systeme zur Typisierung der Wellendichtung erfolgt im Anhang I.

Typisierung der Wellendichtung	Typ der primären Dichthülle	Typ der zusätzlichen Schutzmaßnahme (hier Dichthülle)	Bemerkungen
A	dynamisch	----	1)
B	statisch	----	2)
C	dynamisch	dynamisch	1) & 3)
D	statisch	dynamisch	2) & 3)
E	statisch	statisch	2) & 4)

Tabelle 1: Einstufung der Wellendichtungskonzepte

- 1) Eine dynamisch ausgeführte primäre Dichthülle besteht in der Regel, neben anderen ergänzenden Komponenten aus einer dynamischen d.h. bewegten Wellendichtung. Die Dichtfunktion und Standfestigkeit der Dichtung ist verschleißabhängig und wird von den Einsatzbedingungen wesentlich beeinflusst. Eine dynamische Dichthülle ist meist nur optisch dicht. Ein Versagen der Dichtfunktion und die daraus resultierende Produktfreisetzung (LOPC) sind üblicherweise unmittelbar an der Dichtung durch zunehmende Leakage erkennbar.
- 2) Eine statisch ausgeführte primäre Dichthülle wird ohne bewegliche Komponenten ausgeführt und unterliegt somit keinem funktionsbedingten mechanischen Verschleiß. Eine statisch ausgeführte Dichthülle ist meist auch technisch dicht. Ein Versagen der Dichtungsfunktion und die darauffolgende Produktfreisetzung (LOPC) entstehen meist nicht durch Verschleiß, sondern durch Beschädigung und deshalb spontan ohne Vorankündigung.
- 3) Eine dynamisch ausgeführte zusätzliche Schutzmaßnahme (1. Sicherheitsbarriere) besteht meist aus einer Kombination verschiedener Komponenten (z.B.: zusätzliches Druckgehäuse mit eigener dynamischer Wellenabdichtung), die beim Versagen der primären Dichthülle ein gezieltes Abführen oder Auffangen der Leakage ermöglicht und somit die Gefahr des

Produktaustritts wesentlich reduziert. Auch diese Dichtung unterliegt dem mechanischen Verschleiß.

- 4) Eine statisch ausgeführte zusätzliche Schutzmaßnahme (1. Sicherheitsbarriere) besteht ausschließlich aus statischen Dichtkomponenten. Die statische Dichtung ist verschleißfrei. Die Hauptaufgabe besteht darin einen zusätzlichen Schutz vor Produktaustritt zu gewährleisten. Weitere Schutzfunktionen können z.B. durch zusätzliche Installationen, Prozessüberwachung mit Prozessleittechnik oder organisatorische Maßnahmen realisiert werden.

5. Definition des Wellendichtungs-Sicherheits-Niveaus (WSN)

Die Sicherheit gegen Produktfreisetzung einer konkret beschriebenen Wellenabdichtungslösung nach Versagen der ersten Dichthülle, spiegelt sich in dem jeweils zugeordneten Wellendichtungs-Sicherheits-Niveau wider. Zur Bewertung der Versagenswahrscheinlichkeit des Dichtungssystems werden zusätzlich zur Versagenswahrscheinlichkeit der ersten Dichthülle (LOPC) konstruktive Barrieren mit prozessleittechnischen und/oder organisatorischen Schutzmaßnahmen kombiniert, und bilden gemeinsam das Wellendichtungs-Sicherheits-Niveau.

Demnach kann ein Dichtungssystem mit einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit für einen LOPC durch zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen auf ein höheres WSN qualifiziert werden.

Qualitative Aussage zur Sicherheit gegen Produktfreisetzung, bei Versagen der ersten Dichthülle	Wellendichtungs-Sicherheits-Niveau (WSN)
Keine Sicherheit gegen Produktfreisetzung	0
Niedrige Sicherheit gegen Produktfreisetzung	1
Mittlere Sicherheit gegen Produktfreisetzung	2
Hohe Sicherheit gegen Produktfreisetzung	3 *)
Inhärent dichte Konstruktion	4 *)

*) Es wird angenommen, dass ein WSN von 3 oder 4 nicht allein durch eine primäre Dichthülle, sondern nur mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen erreicht werden kann

Demnach kann eine doppelwirkende Gleitringdichtung ohne Drucküberlagerung, entsprechend API-Plan 52, durch zusätzliche überwachende Maßnahmen in Ihrem Wellendichtungssicherheitsniveau verbessert werden. Konkret bedeutet dies, dass die Einstufung von WSN = 1 durch alarmierte Druck- UND Standüberwachung auf ein WSN = 2 qualifiziert werden kann.

6. Risikobewertung

Die primäre Dichthülle einer Flüssigkeitspumpe kann versagen und würde, wenn keine Schutzmaßnahmen vorhanden sind, einen Produktaustritt nach sich ziehen.

Das Risiko eines LOC-Szenarios wird durch eine Risikobewertung mit Hilfe einer Risikomatrix ermittelt. Dabei erfolgt die Einstufung in die Risikomatrix abhängig von

- einer Versagenswahrscheinlichkeit der primären Dichthülle und
- des voraussichtlichen Schadensausmaßes bei einem Schaden.

Falls das Ergebnis ein unzureichendes Risikoniveau und damit ein zu hohes Risiko, definiert durch die Risikoklasse, ergibt, kann durch zusätzliche Schutzmaßnahmen das Risiko abgesenkt werden.

Je reduzierte Risikoklasse wird eine zusätzliche Schutzmaßnahme benötigt. Prinzipiell ergibt sich daraus: Je höher das potenzielle Risiko, desto mehr Schutzmaßnahmen sind zum Erreichen eines akzeptablen Risikos erforderlich.

Nachfolgend werden Systematik und Durchführung einer Risikobewertung erläutert.

6.1. Beschreibung der Risikomatrix

Risiko wird als Produkt aus Eintrittshäufigkeit und Ausmaß eines Ereignisses definiert. Die Benutzung der Risikomatrix ergibt für ein gegebenes Szenario eine Risikoklasse (a bis f) in Abhängigkeit von der Wahrscheinlichkeit des Auslösers (P0 bis P4) und des Schadensausmaßes (S1 bis S4). Die Einstufung des Schadensausmaßes (Auswirkung auf die Sicherheit, Gesundheit und Umwelt) wird zum Beispiel in einem Sicherheitsgespräch festgelegt.

Versagenswahrscheinlichkeit:

Versagenswahrscheinlichkeit	Kurzbeschreibung	Detaillierte Beschreibung
P4	Unwahrscheinlich	Unwahrscheinlich, jedoch nicht unmöglich (etwa 10^{-4} pro Jahr)
P3	Gering	Unwahrscheinlich, kann aber während der Anlagen-Lebensdauer vorkommen (etwa 10^{-3} pro Jahr)
P2	Gelegentlich	Nicht häufiger als einmal während der Anlagen-Lebensdauer zu erwarten (etwa 10^{-2} pro Jahr)
P1	Wahrscheinlich	Mehrmals während der Anlagen-Lebensdauer zu erwarten (etwa 10^{-1} pro Jahr)
P0	Häufig	Häufig zu erwarten (etwa 10^0 pro Jahr)

Folgende Versagenswahrscheinlichkeiten werden für Pumpenabdichtungen vorgeschlagen: (Ausfall der primären Dichthülle, LOPC)

Versagenswahrscheinlichkeit	Kurzbeschreibung	Detaillierte Beschreibung
P4	Unwahrscheinlich	Nur mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen zu erreichen (siehe Kapitel 3. Definitionen)
P3	Gering	Nur mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen zu erreichen (siehe Kapitel 3. Definitionen)
P2	Gelegentlich	<u>Statische Abdichtungen</u> , wie z.B. Spaltrohr
P1	Wahrscheinlich	<u>Dynamische / statische Abdichtungen</u> , wie z.B. doppelwirk. Gleitringdichtung oder Spalttopf
P0	Häufig	<u>Dynamische Abdichtungen</u> , wie z.B. Packung oder einfachwirkende Gleitringdichtung

Schadensausmaß: (Personen- und Umweltschäden)

- S1: Potential für einen oder mehrere Todesfälle/Irreparable Umweltschäden
- S2: Potential für einen oder mehrere Schwerverletzte/Schwere Umweltschäden
- S3: Potential für einen oder mehrere Verletzte mit Ausfalltagen/Umweltschäden
- S4: Potential für leichte Verletzungen oder Belästigungen

Die Beschreibung der Risikoklassen findet sich in folgender Tabelle:

Risiko-klasse	Risikoniveau
a	Extremes, völlig unakzeptables Risiko (<u>zu vermeiden</u>)
b	Sehr großes, <u>nicht tolerierbares Risiko</u>
c	Großes, <u>nicht tolerierbares Risiko</u>
d	Mittleres, <u>nicht tolerierbares Risiko</u> , das weiter reduziert werden muss
e	Kleines, <u>tolerierbares Risiko</u> , das weiter reduziert werden könnte
f	Sehr kleines, <u>akzeptables Risiko</u>

Tabelle 2: Risikoklassen

Aus den vorgenannten Versagenswahrscheinlichkeiten und Schadensausmaßen ergibt sich nachfolgende Matrix der Risikoklassen für die Wellendichtungsauswahl:

Risikomatrix			Schadensausmaß			
			Groß	Bedeutend	Moderat	Gering
			S1	S2	S3	S4
Versagens- wahrscheinlichkeit	Häufig	P0	A	B	C	D
	Wahrscheinlich	P1	B	C	D	E
	Gelegentlich	P2	C	D	E	F
	Gering	P3	D	E	F	F
	Unwahrscheinlich	P4	E	F	F	F

Tabelle 3: Risikomatrix

Durch die Festlegung des Dichtungssystems und somit der Versagenswahrscheinlichkeit der primären Dichthülle, sowie des Schadensausmaßes, ergibt sich die Risikoklasse. Je mehr Schutzmaßnahmen (prozessleitetechnisch und / oder organisatorisch) verwendet werden, so oft kann das Risiko um jeweils eine Stufe reduziert werden. Jede Schutzmaßnahme entspricht also einem Sprung um eine Zeile. Hierbei sind nur vertikale Sprünge zulässig.

Eine detaillierte Beschreibung zur Anwendung der Matrix ist in Kapitel 8.

Durch die Definition des zulässigen Restrisikos ergibt sich eine Zuordnung zum erforderlichen WSN. Für die zulässige Risikoklasse „e“ ergäbe sich folgende Zuordnung:

WSN-Matrix	Schadensausmaß			
	S1	S2	S3	S4
Benötigtes WSN *)	4	3	2	1

Tabelle 4: Beispielhaft abgeleitete WSN-Matrix (*für die Risikoklasse „e“)

7. Auswahl der Wellendichtungssysteme

Im Anhang 1 kann der Anwender übliche Wellendichtungssysteme mit jeweils zugeordneten Versagenswahrscheinlichkeiten (P0 – P2) selektieren. Die Anzahl der geforderten Schutzmaßnahmen zur Reduzierung der Risikoklasse ergibt die möglichen Wellendichtungssysteme gleicher Wertigkeit (gleiches WSN).

Anschließend ist die Daueremission (TA Luft) zu beurteilen, wodurch gegebenenfalls einige Wellendichtungslösungen gleichen Risikopotenzials ausscheiden können.

Zuletzt werden die verbliebenen Wellendichtungssysteme auf prozesstechnische Einschränkungen hin überprüft (Feststoffe, Viskosität etc.) und mit den Präferenzen des Betreibers abgeglichen.

8. Beispiel für die Benutzung der Risikomatrix

Im Folgenden werden die bei der Benutzung üblichen Schritte aufgeführt und Hinweise zur Ausführung der Schritte gegeben.

Schritt 1:

Identifizierung von möglichen Gefahrenquellen (Gefahrenpotenzial)

In diesem Schritt wird das Gefahrenpotenzial der zu fördernden Stoffe bei einem LOPC ermittelt. In der Regel erfolgt dies auf Basis der Stoffdaten / Stoffeigenschaften (siehe Sicherheitsdatenblatt) in Vorbereitung auf das Sicherheitsgespräch. Das Ergebnis ist die Einstufung des Schadensausmaßes (S1 bis S4).

Schritt 2:

Festlegung des Wellendichtungssystems (Versagenswahrscheinlichkeit)

Abhängig vom vorgesehenen Wellendichtungssystem ergeben sich unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten eines LOPC (P0 bis P2).

Hinweis zu Schritt 1 und Schritt 2:

Bei der Bestimmung dieser Größen wird die Wirkung von bestehenden oder vorgeschlagenen Gegenmaßnahmen (z.B. Sekundärabdichtungen, PLT-Schutzeinrichtungen, etc.) nicht angerechnet. Es werden nur die Wirksamkeit der „normalen“ Pumpenkomponenten oder Pumpenteilsysteme, sowie geplante Maßnahmen zur inhärenten Sicherheit berücksichtigt. Dies ist notwendig, um „Rohdaten“ zum Risiko zu erhalten.

Schritt 3: Bestimmung der Risikoklasse

Die Versagenswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß werden, wie in Schritt 1 und 2 beschrieben, geschätzt. Der Schnittpunkt der Werte für Versagenswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß in der Risikomatrix ergibt die Risikoklasse ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen.

Schritt 4: Bestimmung der risikomindernden Maßnahmen

Falls die Einstufung eine zu hohe, inakzeptable Risikoklasse ergibt, kann das Risiko durch zusätzliche Schutzmaßnahmen weiter abgesenkt werden. Jede weitere Schutzmaßnahme (Safety Layer) reduziert stufenweise die Risikoklasse in vertikaler Richtung innerhalb des bestimmten Schadensausmaßes (S1 bis S4). Die Differenz zwischen der Ausgangsrisikoklasse und der gewünschten / erforderlichen Risikoklasse, ergibt die Anzahl der zusätzlichen Schutzmaßnahmen.

Beispiele:

1. Bei einer Einstufung in P2/S1 (Risikoklasse c) werden zwei zusätzliche Schutzmaßnahmen benötigt, um zu einer Einstufung in P4/S1 (Risikoklasse e) zu gelangen.
2. Bei einer Einstufung in P0/S2 (Risikoklasse b) werden vier zusätzliche Schutzmaßnahmen benötigt, um zu einer Einstufung in P4/S2 (Risikoklasse f) zu gelangen. Alternativ kann hier ein Wellendichtungssystem mit einer geringeren Versagenswahrscheinlichkeit eingesetzt werden.

Risikomatrix			Schadensausmaß			
			Groß	Bedeutend	Moderat	Gering
			S1	S2	S3	S4
Versagens- wahrscheinlichkeit	Häufig	P0	A	B	C	D
	Wahrscheinlich	P1	B	C	D	E
	Gelegentlich	P2	C	D	E	F
	Gering	P3	D	E	F	F
	Unwahrscheinlich	P4	E	F	F	F

Tabelle 5: Risikomatrix mit Stufensprünge zur Reduzierung der Risikoklasse

9. Gesetzliche Grundlagen und Verweise

Die folgende Liste enthält einen Auszug mitgeltender Grundlagen in ihrer jeweils gültigen Fassung:

TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
API 682	Pumps shaft sealing systems for centrifugal and rotary pumps
API 685	Sealless Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical, and Gas Industry Process Service
2014/34/EU	Richtlinie zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen

Diese Liste der gesetzlichen Grundlagen und Verweise erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Anhang

Anhang 1 Bewertung und Klassifizierung von Wellendichtungssystemen

Anhang 2 Typische Aufbaudarstellungen von Wellenabdichtungen

Anhang 3 Sekundärabdichtung an Kreiselpumpen mit Magnetkupplung