

Weiterbildungskurse 2017



www.brunnenmeister.ch

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Von:

Reto Baumann
Häny AG
Pumpen, Turbinen und Systeme
Buechstrasse 20
8645 Jona



www.haeny.com

reto.baumann@haeny.com

Veranstaltungsort:



Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Inhaltsverzeichnis

1	Theoretische Begriffe	3
1.1	Instandhaltung an Kreiselpumpen.....	3
1.2	Instandhaltungsstrategien für Kreiselpumpen	4
2	Die Herstellungsqualität von Kreiselpumpen.....	6
3	Klassifizierung der Pumpen nach Baureihe	8
4	Die Hauptkomponenten einer Pumpeninstallation	9
4.1	Eine kurze Beschreibung der Hauptkomponenten	10
5	Wartung und Inspektion an Kreiselpumpen.....	12
5.1	Einteilung des Umfanges der Wartungs- und Inspektionsarbeiten	12
5.2	a) Pumpensteuerung	13
5.3	b) Antriebsmotor (Elektromotor).....	14
5.4	c) Transmissionsübergang von Pumpe zu Motor (Kupplung).....	17
5.5	d) Pumpenlagerung und Wellenabdichtung	18
5.5.1	d) Pumpenlagerung.....	18
5.5.2	d) Wellenabdichtung	26
5.5.2.1	d) Die Stopfbüchspackung	26
5.5.2.2	d) Die Gleitringdichtung.....	29
5.6	e) Hydraulischer Teil der Pumpe.....	31
5.7	f) Rohrleitungen, Armaturen und Messinstallationen.....	34
6	Anhang.....	36
6.1	Quellenverzeichnis	36
6.2	Zusammenfassung – Inspektionsarbeiten.....	37
6.3	Zusammenfassung – Wartungsarbeiten	41
6.4	Inspektionschecklisten für den Brunnenmeister	44

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

1 Theoretische Begriffe

1.1 Instandhaltung an Kreiselpumpen

Die Norm DIN 31051 definiert Wartung als „Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats“. Der verantwortliche Brunnenmeister meint damit das regelmäßige Reinigen, Schmieren, Nachstellen, Prüfen von Flüssigkeitsständen und je nach Kenntnisstand auch den Austausch von Verschleißteilen. Der Hersteller einer Pumpe hat in der Betriebsanleitung die Art und den Umfang der erforderlichen Wartungsarbeiten zu beschreiben. Wartung ist jedoch nur ein Teilbegriff des gesamten Instandhaltungsprozesses.

- Instandhaltung besteht aus:

1. **Wartung:** Bewahrung des Soll-Zustandes
2. **Inspektion:** Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes
3. **Instandsetzung:** Wiederherstellung des Soll-Zustandes
4. **Verbesserung:** Beseitigung von strukturellen Schwachstellen

Nur durch die konsequente Anwendung dieser vier Themenschwerpunkte kann die Lebensdauer eines Pumpenaggregates maximiert werden und die Betriebssicherheit damit sichergestellt werden.

Dieses Referat bezieht sich nur auf die Themenpunkte „1. **Wartung**“ und „2. **Inspektion**“. Die beiden anderen Punkte (Instandsetzung und Verbesserung) werden im Normalfall nicht durch den Betreiber, sondern durch eine Fachfirma durchgeführt.



Abb.1) Wartung an Kreiselpumpen

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

1.2 Instandhaltungsstrategien für Kreiselpumpen

Nach der Norm DIN EN 13306 werden folgende Strategien für die Instandhaltung unterschieden.

1. Korrektive Instandhaltung

Bei dieser Art von Instandhaltung reagiert man erst auf einen unmittelbaren Ausfall der Pumpe. Durch diese „sehr späte“ Reaktion, ist einerseits die Betriebssicherheit der Anlage nicht gewährleistet und zusätzlich kostet die „ungeplante Instandsetzung“ gegenüber der „geplanten Instandsetzung“ deutlich mehr. Diese Art der Instandhaltung sollte darum wenn immer möglich nicht angewendet werden.

2. Präventive Instandhaltung

Bei dieser, durchwegs empfehlenswerten, Art der Instandhaltung wird präventiv bzw. proaktiv reagiert. D.h. es werden entweder aufgrund von erreichten Betriebsstunden (a)) oder aufgrund von periodischen Messungen (b)) die Wartungs- bzw. Instandsetzungsintervalle mit dem entsprechend erforderlichen Umfang festgelegt.

a) Vorausbestimmte Instandhaltung

Wartungsarbeiten in Abhängigkeit von z.B. Betriebsstunden.

b) Zustandsorientierte Instandhaltung

Wartungsarbeiten in Abhängigkeit des Zustandes der einzelnen Pumpenbestandteile.

Dabei findet eine „geplante Instandsetzung“ statt, welche einerseits deutlich weniger kostet und andererseits die Betriebssicherheit und die Verfügbarkeit der Anlage maximiert.

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Die nachfolgende Grafik soll im Vergleich aufzeigen, was für Konsequenzen auf der Kostenseite die Wahl der entsprechenden Instandhaltungsstrategie mit sich bringt. Was neben den unterschiedlichen Kosten sicher deutlich ins Gewicht fällt, ist die Einschränkung der Betriebssicherheit und der „Ärger“, welcher in den meisten Fällen bei allen Beteiligten bei einem ungeplanten Ausfall einer Pumpe entsteht.

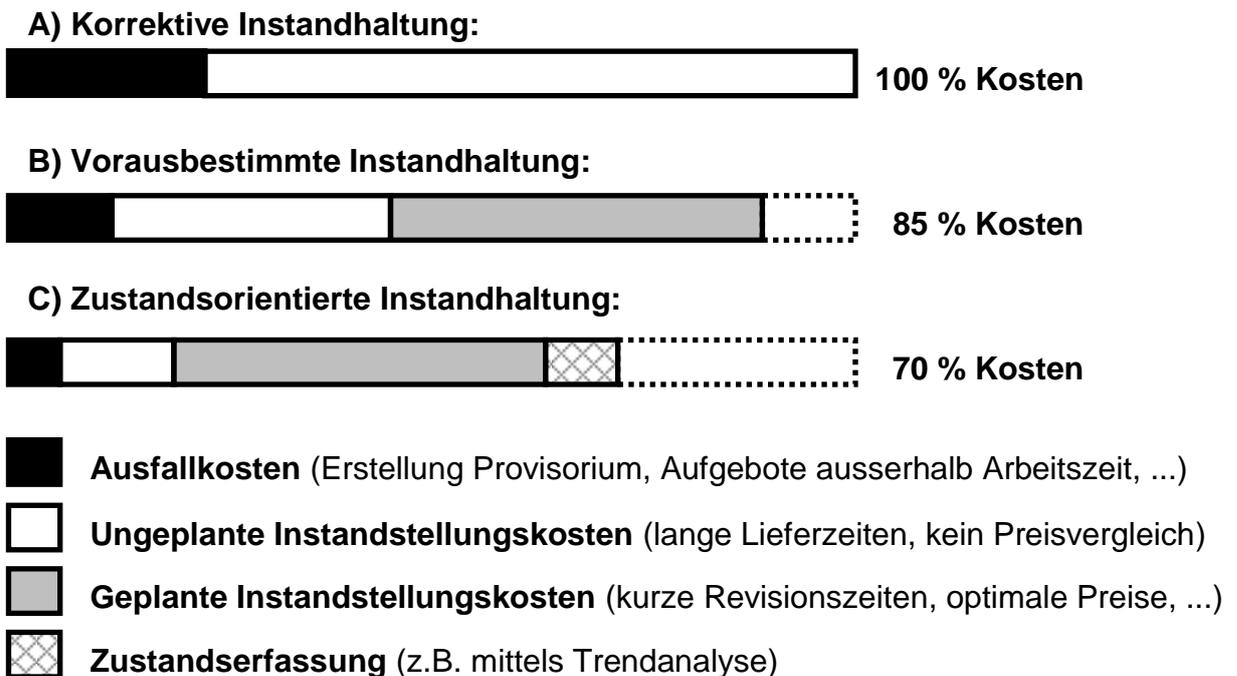


Abb.2) Die verschiedenen Instandhaltungsstrategien

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

2 Die Herstellungsqualität von Kreiselpumpen

Bei der Betrachtung der Entwicklung des Pumpenmarktes kann generell festgestellt werden,

- dass der Markt eine sinkende Investitionsbereitschaft aufweist
- dass die Abschreibungszeiten immer kürzer angesetzt werden
- dass weniger Know-How intensive Produkte verlangt werden
- dass Kapazitäten beim Unterhaltspersonal eingespart werden müssen
- dass eine erhöhte Verfügbarkeit der After-Sales Dienstleistungen des Lieferanten verlangt wird

Das Gros der Hersteller reagiert auf das Marktbedürfnis „Senkung der Produktkosten“ hauptsächlich durch die Reduktion des Pumpengewichtes. Dies wird erreicht, indem die Maschinen tendenziell in einer höheren Drehzahlausführung hergestellt werden. Bei einer rotierenden Maschine hat eine Erhöhung der Drehzahl immer einen direkten, negativen Einfluss auf die Lebensdauer und die Wartungsfreundlichkeit. Die Möglichkeit eine Revision an einer Pumpe durchzuführen wird durch den Einsatz von „sehr günstigen“ Baureihen auch stark eingeschränkt oder sogar verunmöglicht.

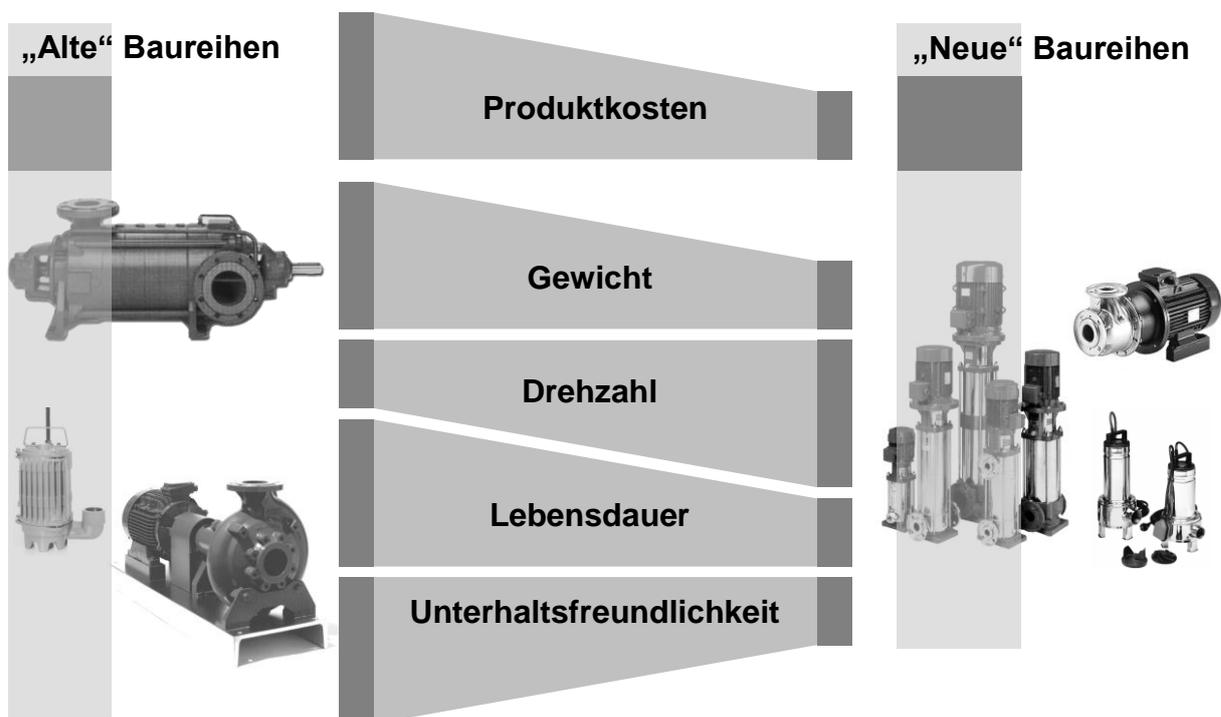


Abb.3) Trends der Marktentwicklung bei Kreiselpumpen

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Durch die grosse Vielfalt an Herstellern, Händlern und Produkten sind für die ausschreibenden Ingenieurbüros und die Wasserversorgungen die Anforderungen, an einen die Qualität der Maschinen berücksichtigenden Fokus, stark gestiegen. Die Häny AG, welche den Fokus ihrer Produkte primär auf die qualitativ hochwertige Ausführung legt, hört daher ab und zu von einem Kunden nach der Präsentation einer alternativen Lösung die Aussage: „Hätten wir das von Anfang an gewusst, wären wir auch bereit gewesen 20% mehr zu investieren!“.

Um Kreiselpumpen möglichst aussagekräftig und realitätsnah miteinander zu vergleichen sollten unter anderem folgende Parameter unbedingt berücksichtigt werden:

- Pumpen-Wirkungsgrad
- Motoren-Wirkungsgrad
- Aufstellungsart (vertikal/horizontal)
- Drehzahl (je tiefer desto besser)
- Verwendete Materialien
- Art des Axialschubausgleichs
- Art und Materialien der Wellenabdichtung
- Schutzhülsen im Bereich der „freien Pumpenwelle“
- Art der Lagerung / Lagergrösse
- Wellendurchmesser
- **Gewicht der Einheit** (Wandstärken, Wellendurchmesser, Lagergrösse, ...)

Obwohl das Gewicht als Bewertungskriterium auf den ersten Blick merkwürdig erscheinen mag, ist es durchwegs aussagekräftig. Die Qualität jeder rotierenden Maschine steht in einer direkten Beziehung zu deren Gewicht. Je mehr Gewicht eine Pumpe aufweist, desto eher ist die Pumpe nach einer gewissen Betriebszeit geeignet für eine Revision.

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

3 Klassifizierung der Pumpen nach Baureihe

Der Umfang des Referates bezieht sich auf die Bauformen von Kreiselpumpen, welche typischerweise in einer Wasserversorgung in der Schweiz zum Einsatz gelangen. Die nachstehende Klassifizierung zeigt die Einordnung der verschiedenen Produktgruppen in die entsprechenden Bauformen.

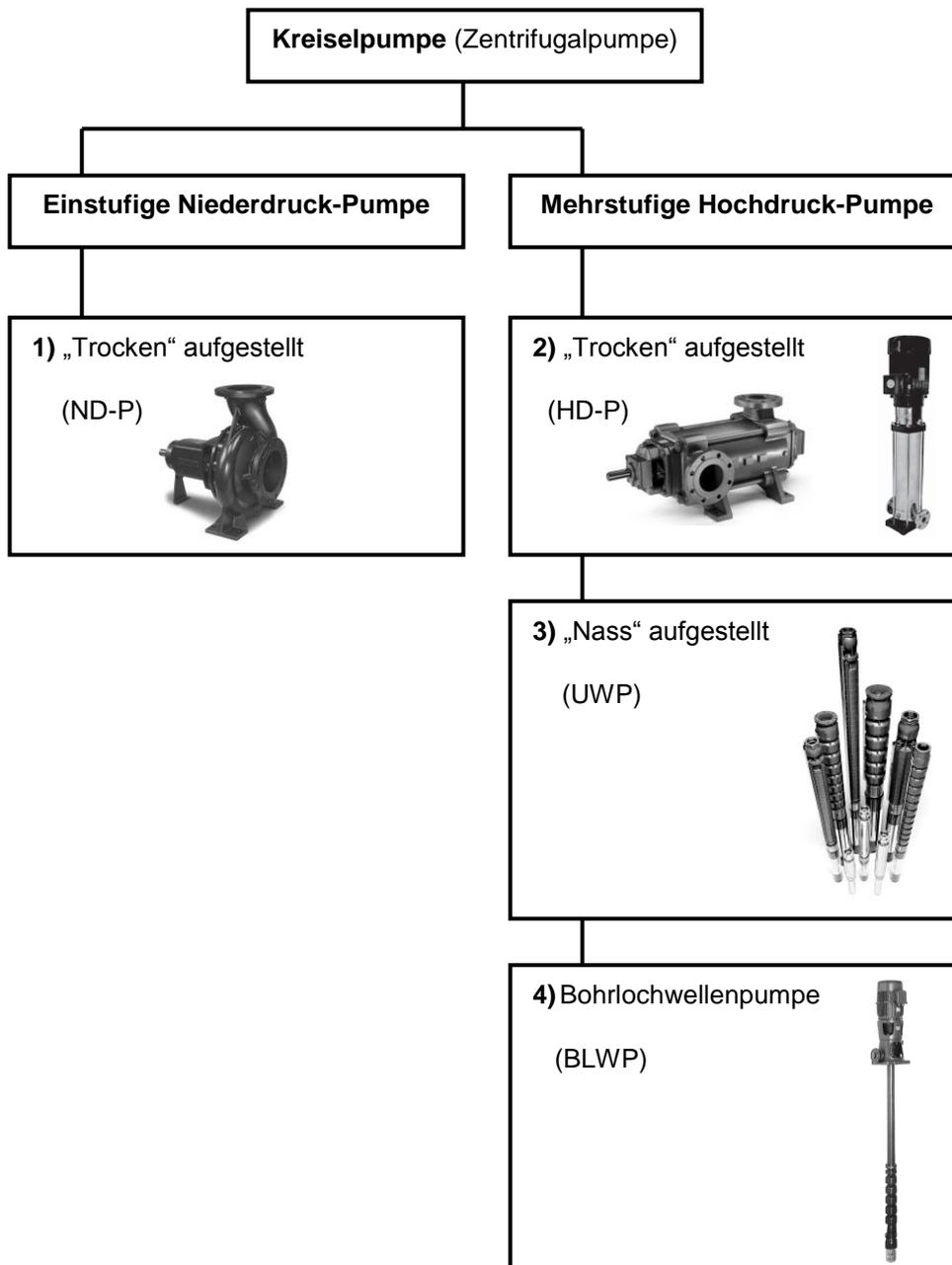


Abb.4) Einteilung der für Wasserversorgungen gängigen Kreiselpumpen nach Bauformen

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

4 Die Hauptkomponenten einer Pumpeninstallation

Zur besseren Zuordnung der Wartungs- und Inspektionsarbeiten werden die Hauptkomponenten einer Pumpeninstallation in folgende Bestandteile gegliedert. Als Beispiel wird dies anhand einer einstufigen Niederdruckpumpe aufgezeigt (1), wobei diese Einteilung für alle einleitend genannten Bauformen Gültigkeit hat. Die Reihenfolge der Bezeichnung ist abgeleitet von der Reihenfolge, nach welcher bei einer Störungssuche vorgegangen werden sollte.

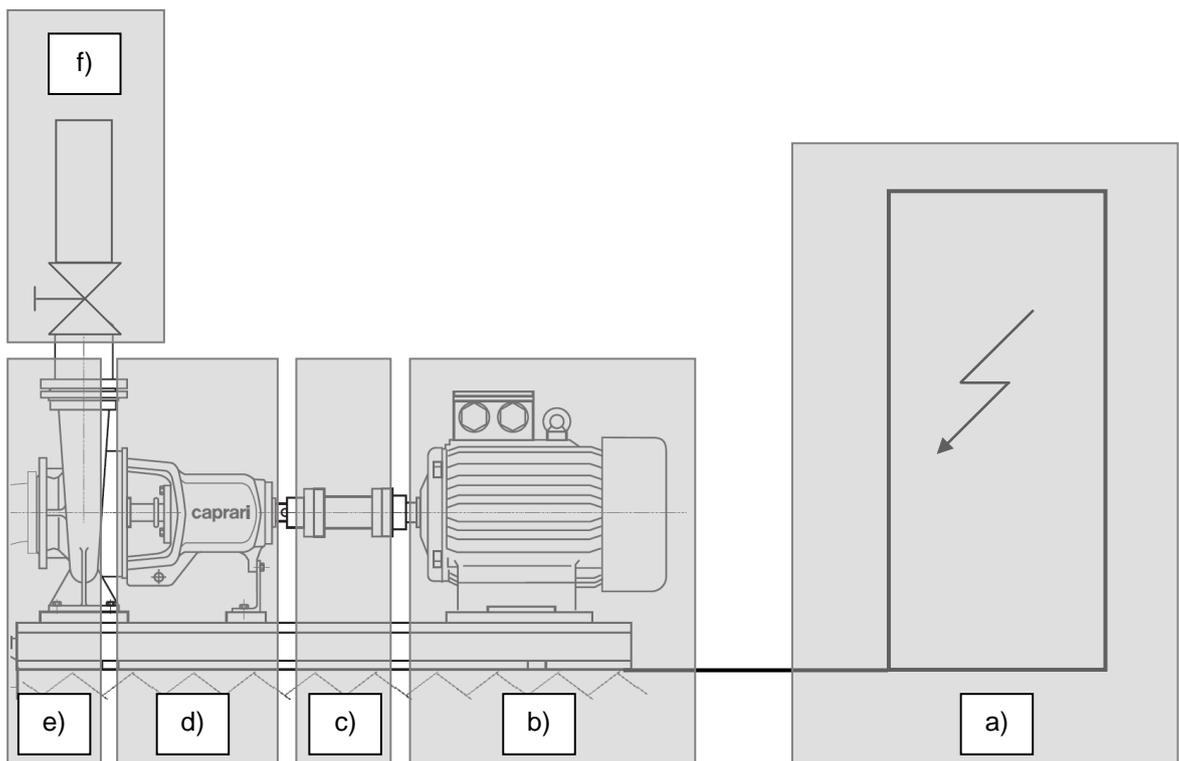


Abb.5) Darstellung der Hauptkomponenten einer Pumpeninstallation

Legende:

- a) Pumpensteuerung
- b) Antrieb der Pumpe (meist Elektromotor)
- c) Transmissionsübergang vom Motor zur Pumpe (Kupplung)
- d) Pumpenlagerung und Wellenabdichtung
- e) Hydraulischer Teil der Pumpe (Fördereinheit; Laufrad, Pumpengehäuse)
- f) Saug- und Druckseitige Rohrleitung mit Armaturen und Messinstallationen

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

4.1 Eine kurze Beschreibung der Hauptkomponenten

- a) Der Begriff **Pumpensteuerung** umfasst folgende Kernkomponenten, welche für den Betrieb der Pumpe massgebend verantwortlich sind:
- a. Netzseitige Einspeisung der elektrischen Energie in die Steuerung
 - b. Schalteinheit des Leistungsteils kombiniert mit einem Wärmepaket (Motorschutzschalter)
 - c. Starthilfe, um das Netz vor unzulässiger Stromaufnahme im Startvorgang zu schützen bzw. die Pumpe im Betrieb zu regulieren, es sind dies vorwiegend:
 - Direktanlauf (bis 3.6 kW bzw. nach örtlichen Vorschriften)
 - Stern/Dreieck-Anlauf
 - Softstartvorrichtung
 - Frequenzumformer
 - d. Anzeigergeräte für folgende elektrische Einheiten sollten wenn immer möglich fest in der Pumpensteuerung installiert sein:
 - Stromaufnahme (A – Ampere)
 - Spannung (U – Volt)
 - (Leistungsfaktor (cos phi)
 - (Wirkleistung (P – Watt)
 - e. Überwachungselemente, welche die Sensoren in der Pumpe bzw. im Antriebsmotors überwachen, es sind dies vorwiegend:
 - Temperaturüberwachungen der Motorwicklung
 - (Schwingungsüberwachung (bei grossen Pumpen))
- b) Die in der überwiegenden Mehrheit eingesetzten **Antriebe** von Kreiselpumpen in den Wasserversorgungen der Schweiz sind Drehstrom Asynchronmotoren, welche an drei Phasen zu je 400V angeschlossen werden. Dies gilt sowohl für „trocken“ als auch für „nass“ aufgestellte Pumpen.
- c) Der **Transmissionsübergang (Kupplung)** stellt die Drehmomentübertragung vom Antrieb auf die Pumpe sicher. Hierbei kommen vor allem zwei verschiedene Systeme zum Einsatz:
- a. Elastische Kupplung (meist mit Gummipuffer) für „trocken“ aufgestellte Pumpen
 - b. Starre Kupplung (gesteckt oder verschraubt) für „nass“ aufgestellte Pumpen (UWP) und für „trocken“ aufgestellte Blockpumpen

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

- d) Die **Pumpenlagerung** und die **Wellenabdichtung** bilden zentrale Elemente jeder Kreiselpumpe.
- a. Die Pumpenlagerung wird je nach Bauform und Ausführung in den folgenden Versionen sichergestellt:
- Wälzlager
 1. Ölgeschmierte Wälzlager (alte Ausführungen)
 2. Fettgeschmierte Wälzlager (mit Nachschmierung)
 3. Fettgeschmierte Wälzlager (Lebensdauer geschmiert)
 - Gleitlager
 1. Ölgeschmierte Gleitlager (alte Ausführungen)
 2. Mediumgeschmierte Gleitlager (günstige Ausführung)
- b. Die Wellenabdichtung muss sicherstellen, dass das geförderte Medium nicht entlang der Welle entweichen kann. Die Herausforderung für eine Wellenabdichtung besteht darin, ein rotierendes Bauteil (Welle) gegen ein statisches Bauteil (Gehäuse) abzudichten. Folgende Bauformen sind heute auf dem Markt erhältlich:
- Gleitringdichtung; diese Art der Abdichtung entspricht dem aktuellen Stand der Technik.
 - Stopfbüchspackung; altbewährte Abdichtungsvariante, welche auch heute, durch ihre Vorteile, immer noch Anwendung findet.
- e) Der „**hydraulische Teil**“ einer Pumpe besteht aus folgenden Hauptbestandteilen:
- a. Pumpengehäuse
 - b. Leitapparat (bei mehrstufigen Hochdruckpumpen)
 - c. Laufrad
- f) Die **saug- und druckseitige Rohrleitung mit Armaturen und Messinstallationen** gehört zwar nicht direkt zur Kreiselpumpe. Erfahrungsgemäss bilden jedoch Bestandteile dieser Komponenten häufig die Ursache für Betriebsstörungen. Dem Wasserfluss folgend beinhalten diese,
- a. Saug- / Bodenventil (am Anfang der Saugleitung)
 - b. Absperrorgan auf der Saugseite (Schieber oder Klappe)
 - c. Druckmessung für den saugseitigen Druck
 - d. Druckmessung für den druckseitigen Druck
 - e. Rückflussverhinderer (am Austritt der Pumpe)
 - f. Absperrorgan auf der Druckseite (teilweise motorisch betrieben)
 - g. Messung des Förderstromes der Pumpe (häufig MID)

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

5 Wartung und Inspektion an Kreiselpumpen

5.1 Einteilung des Umfanges der Wartungs- und Inspektionsarbeiten

Der sinnvolle Wartungs- bzw. Inspektionsumfang einer Pumpeninstallation richtet sich vor allem nach den entsprechenden Kenntnissen der direkt damit beauftragten Personen. Daher wird in diesem Referat der Umfang der möglichen Tätigkeiten in verschiedene Stufen von erforderlichen Kenntnissen aufgeteilt. Alle Wartungs- und Unterhaltsarbeiten, welche nicht durch die direkt damit betraute Person durchgeführt werden können müssen zur Sicherstellung der Betriebssicherheit und der langfristigen Werterhaltung durch eine Fachfirma durchgeführt werden.

- a) Mindestumfang der Wartungs- bzw. Inspektionsarbeiten**
- b) Normaler/Empfohlener Umfang der Wartungs- / Inspektionsarbeiten**
- c) Erweiterter Umfang der Wartungs- bzw. Inspektionsarbeiten**

Wie die nachfolgenden Darstellungen zeigen, besteht ein Grossteil der häufig durchzuführenden Wartungs- / und Inspektionsarbeiten aus Ablesungen und Prüfungen von verschiedenen Anlageparametern (Inspektion).

Die periodische Aufnahme dieser Daten stellt als grundlegend wichtiges Element sicher, dass bei entsprechender Auswertung sehr wertvolle Rückschlüsse für die Planung des Wartungsumfanges und des Wartungszeitpunktes herangezogen werden können.

Ebenso ist die konsequente Aufnahme und Protokollierung dieser Daten ein extrem wichtiges Instrument, um allfällige Abweichungen einfach festzustellen und somit einen drohenden Schaden frühzeitig abwenden zu können. Zusätzlich fällt die Diskussion mit Fachfirmen deutlich einfacher aus, wenn Sie ihnen die, über eine lange Zeit, gemessenen Daten vorlegen können.

Es sind vertiefte Fachkenntnisse erforderlich, um die Arbeiten „c) Erweiterter Umfang“ durchführen zu können. Im Zweifelsfall ist es empfehlenswert eine Fachfirma beizuziehen. Es sind in diesem Block der Arbeiten auch Tätigkeiten aufgeführt, welche von Vorteil nur an einer ausgebauten Pumpe in einer Werkstatt durchgeführt werden sollten.

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

5.2 a) Pumpensteuerung

An der Pumpensteuerung sollten alle wichtigen Kenngrössen für die Versorgung des Antriebsmotors (Elektromotor) ersichtlich sein. Die Tätigkeiten im Bereich der Pumpensteuerung beschränken sich ausschliesslich auf die „Inspektion“ da für die Wartung an der Steuerung nach neuster Gesetzgebung eine sog. Anschlussbewilligung vorliegen muss, welche bei den meisten Betreibern nicht vorhanden sein wird.

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.2 Wartungsarbeiten an der Pumpensteuerung				
Startvorrichtung			- Unterhaltsarbeiten an der Startvorrichtung des Motors, um deren einwandfreie Funktion sicherzustellen	A
5.2 Inspektionsarbeiten an der Pumpensteuerung				
Ablesungen am Steuerschrank	- Strom (A) im Betrieb auf allen Phasen. - Spannung (V) im Betrieb zwischen den Phasen und gegen Erde. - Betriebsstunden (h) der Pumpe.			W
Ablesungen/Messung am Steuerschrank			- Leistungsfaktor (cosphi) des Motors im Betrieb der Pumpe. - Frequenz (F) des Versorgungsnetzes im Betrieb der Pumpe.	Q

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. nach Lebensdauer, bei Bedarf))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

5.3 b) Antriebsmotor (Elektromotor)



Abb.6) Drehstrom Asynchronmotoren als Antrieb für Kreiselpumpen

Der Schmierung der Wälzlager ist unbedingt ein hohes Gewicht beizumessen. Häufig werden heute „lebensdauerfettgeschmierte“ Lager eingesetzt, welche nicht nachgeschmiert werden müssen/können. Nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer (ca. 20'000 bis 30'000 Stunden oder nach ca. 10 Jahren) müssen diese Lager ersetzt werden um einen ungeplanten Ausfall und Folgeschäden zu verhindern.

Bei „nachschiebarmen“ Wälzlager sind die Intervalle unbedingt einzuhalten. Ebenfalls muss darauf geachtet werden, dass das „richtige“ Fett eingesetzt wird und dass unter keinen Umständen verschiedene Sorten von Fett „unzulässig“ miteinander gemischt werden.

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.3 Wartungsarbeiten an „trocken“ aufgestellten Motoren				
Lebensdauerfettgeschmierte Lager (keine Nachschmierung)			Ersatz der Wälzlager nach dem Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer.	A
Nachschiebarmbare Lagerung	Periodische Schmierung der Wälzlager gemäss der Betriebsanleitung		Ersatz der Wälzlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Gegenüber den „trocken“ aufgestellten Motoren sind die „nass“ aufgestellten Motoren für Unterwassermotorpumpen so konzipiert, dass sie „wartungsfrei“ arbeiten. Das bedeutet die Motoren werden betrieben bis zu deren Ausfall ohne dabei eine Wartung zu erfordern. Gewisse Anbieter haben sogenannte „wiederwickelbare“ Motoren in ihrem Sortiment. Diese könnten nach einem Wicklungsschluss wieder aufbereitet werden. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass Motoren kleiner als 75 kW nach deren Ausfall entsorgt, und durch neue ersetzt werden. Der Grund hierfür liegt in den verhältnismäßig hohen Kosten für die Reparatur im Vergleich zu einem neuen Motor. Erschwerend kommen die Kosten für den Austausch des Motors hinzu, welche häufig, vor allem bei tiefer liegenden Pumpen-Installationen einen grossen Kostenanteil des gesamten Prozesses ausmachen. Darum muss zusammenfassend der Motor einer Unterwassermotorpumpe (sicher kleiner 75 kW) als „Wegwerfprodukt“ deklariert werden.

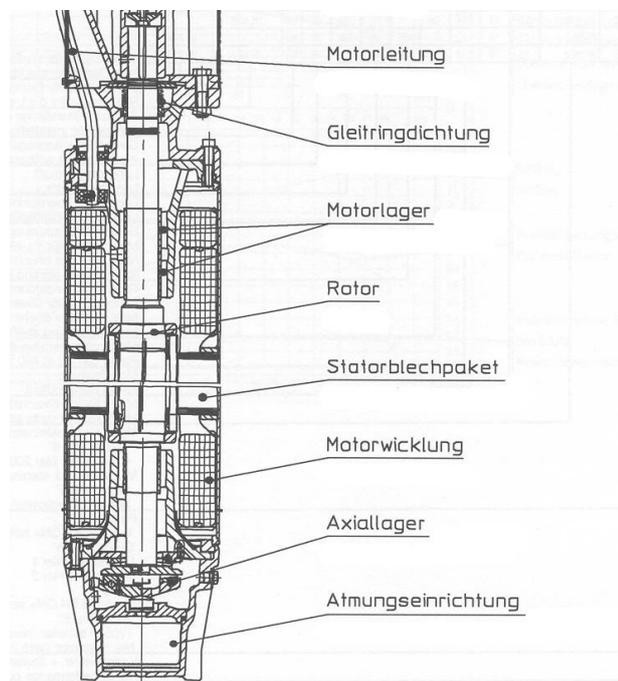


Abb.7) Drehstrom Asynchronmotor als Antrieb für eine Unterwassermotorpumpe

Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang
---------------	----------------------------------	--------------------

5.3 Wartungsarbeiten an „nass“ aufgestellten Motoren		
Keine Wartung möglich !		

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Es ist bei Neuinstallationen dringend empfohlen den Motor mit einer Temperaturüberwachung in der Wicklung auszurüsten und diese über die Steuerung überwachen zu lassen. Somit kann sichergestellt werden, dass vor einem Totalschaden (Wicklungsschluss durch thermische Überlast) die Pumpengruppe abgeschaltet wird.

Die Messung des Isolationswiderstandes ist eine einfache aber sehr aussagekräftige Methode, um den Zustand der Wicklungsisolation eines Motors zu beurteilen. Durch regelmässige Messungen kann damit ein ungeplanter Wicklungsschluss (Kurzschluss) des Motors häufig verhindert werden. Der Wicklungsschluss ist die häufigste Ursache für einen Ausfall eines Antriebsmotors. Diese Messung kann bei allen Typen von Motoren durchgeführt werden (Unterwassermotoren, IEC-Normmotoren, Kombi-Motoren, Wassergekühlte-Motoren, ...).

Die Kosten für die Anschaffung eines solchen Messgerätes sind relativ günstig und die eigentliche Messung ist nach einer ersten Einführung problemlos durchführbar.

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.3 Inspektionsarbeiten an allen Bauformen von Asynchron-Elektromotoren				
Isolationswiderstand der Motorwicklung		Messung der Wicklungsisolation zwischen den Phasen und gegen Erde. (über 2 MOhm ist der Motor uneingeschränkt betriebsfähig, bei der Unterschreitung von 0.2 MOhm (400V) darf der Motor nicht weiter betrieben werden.)		Q
Vibrationen am Motor (nur für „trocken“ aufgestellte Motoren)		Manuelle Prüfung des Motors auf eine Veränderung der Vibrationen		W
Vibrationen am Motor (nur für „trocken“ aufgestellte Motoren)			Vibrationsmessung um die Ursache und die Zulässigkeit zu beurteilen.	A

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

5.4 c) Transmissionsübergang von Pumpe zu Motor (Kupplung)

Im Bereich der „**starren**“ **Kupplung** (gesteckt oder verschraubt) fallen keine speziellen Wartungs- oder Inspektionsarbeiten an.

Die „**elastischen**“ **Kupplungen** wie sie bei „trocken“ aufgestellten Pumpen (horizontal und vertikal) häufig zum Einsatz gelangen sollten in den Wartungs- und Inspektionszyklus eingebunden werden. Diese Kupplungen weisen als Puffer in den gängigen Bauformen Gummielemente auf, welche den zulässigen Versatz und die Klaffung kompensieren. Die Ausrichtung einer Pumpe zum Antrieb ist ein grundlegend wichtiger Bestandteil für eine lange Lebensdauer. Wenn sich im Bezug zur Ausrichtung eine zu grosse Abweichung einstellt, entsteht Abrieb bei den Gummielementen der Kupplung. Somit kann einfach kontrolliert werden, ob im Bereich der Kupplung Gummiabrieb vorhanden ist. Ebenso ist die Erwärmung der Kupplung beim Betrieb der Pumpe ein gutes Indiz für eine schlechte Ausrichtung. Wenn dem so ist sollte möglichst rasch eine Fachfirma mit der Kontrolle der Ausrichtung beauftragt werden, um Lagerschäden zu vermeiden.



Abb.8) „elastische“ Nocken- und Bolzenkupplung

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.4 Inspektionsarbeiten an „elastischen“ Kupplungen				
Versatz oder Klaffung an der Kupplung	Ist neben/unterhalb der Kupplung Gummiabrieb der Puffer vorhanden, oder ist die Kupplung übermässig warm?			W
Versatz oder Klaffung an der Kupplung			Wenn Ja, Ausrichtung der Pumpe/Motor prüfen korrekt einstellen	A

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

5.5 d) Pumpenlagerung und Wellenabdichtung

5.5.1 d) Pumpenlagerung

Zur besseren Übersicht müssen die verschiedenen Lagerungen von Kreiselpumpen wie folgt unterteilt werden:

1. Lagerung mit lebensdauerfettgeschmierten Wälzlagern (Fett)

Diese Variante der Lagerung wird heute am meisten für kleinere (bis 75 kW) „trocken“ aufgestellte Kreiselpumpen eingesetzt. Diese Ausführung ist wartungsfrei.

2. Lagerung mit nachschmierbaren Wälzlagern (Fett)

Diese Variante der Lagerung wird bei qualitativ höherwertigen und grösseren (ab 75 kW) „trocken“ aufgestellte Kreiselpumpen eingesetzt. Diese Ausführung bedarf der periodischen Nachschmierung über die dafür vorgesehenen Schmiernippel.

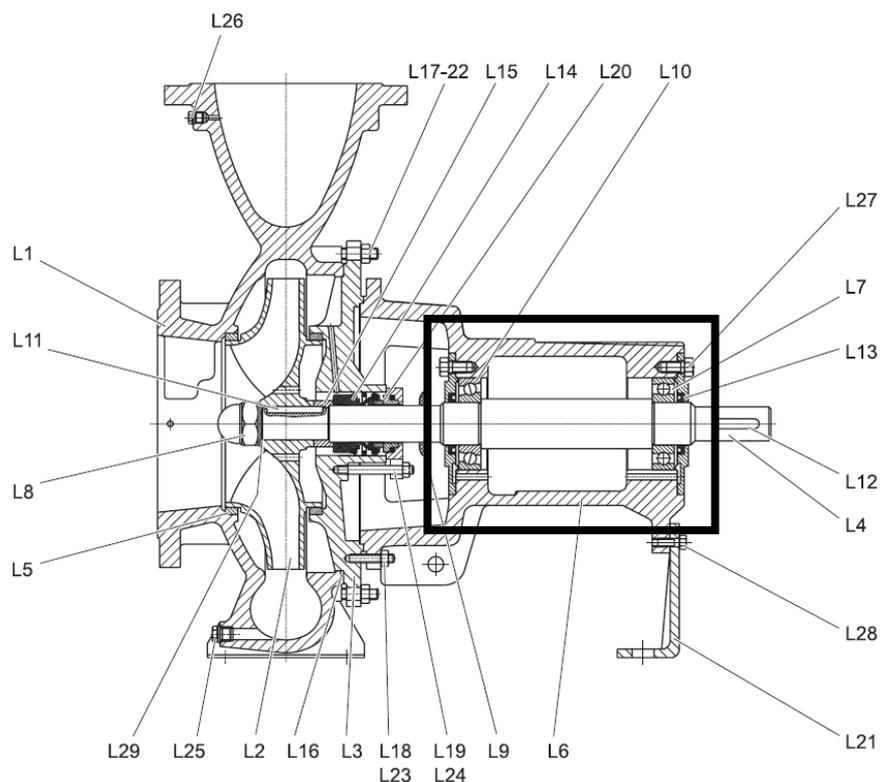


Abb.9) Lagerungsvariante 1 und 2 am Beispiel einer einstufigen Niederdruckpumpe

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

3. Lagerung mit Wälzlager - Schmierung durch ein Ölbad

Diese Art der Lagerung wird heute nicht mehr häufig eingesetzt, aufgrund des vorhandenen Öl's, welches sich grundsätzlich nicht mit dem Begriff der Trinkwasserhygiene vereinbaren lässt. Die Wälzlagerung im Ölbad laufend ist qualitativ jedoch höherwertiger als die fettgeschmierte Lagerung (1,2)

Bei Pumpen mit dieser Art der Lagerschmierung, ist sowohl der Ölstand (Füllmenge) periodisch zu prüfen, als auch der Ölwechsel zum vorgeschriebenen Zeitpunkt durchzuführen.

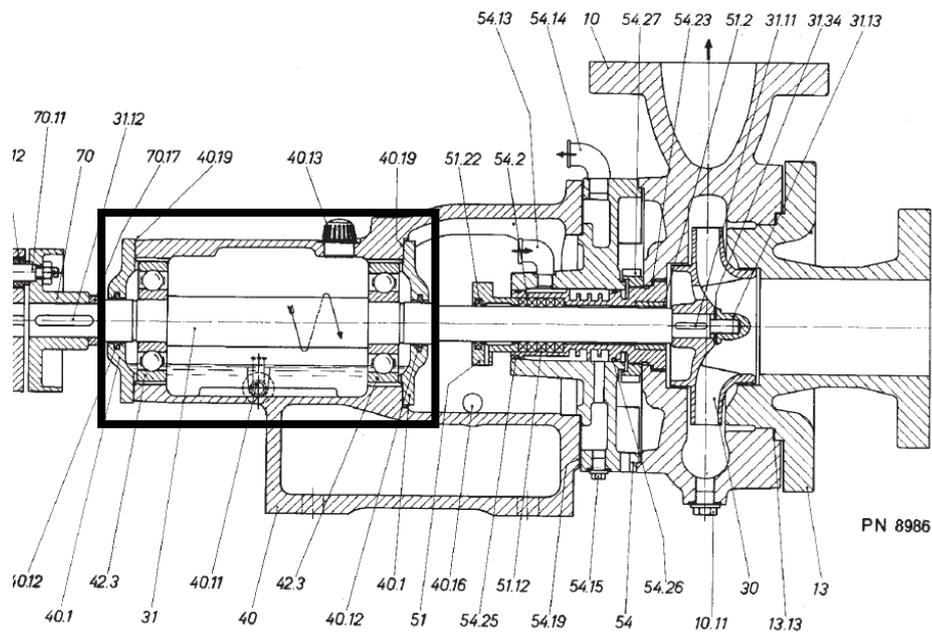


Abb.10) Lagerungsvariante 3 am Beispiel einer einstufigen Niederdruckpumpe

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

4. Lagerung mit Gleitlager - Schmierung durch ein Ölbad

Diese Art der Lagerung wird heute nicht mehr häufig eingesetzt, aufgrund des vorhandenen Öl's, welches sich grundsätzlich nicht mit dem Begriff der Trinkwasserhygiene vereinbaren lässt. Die Gleitlager im Ölbad laufend sind jedoch eine der technisch hochwertigsten Lagerbauarten, welche eine mehrfache Betriebsdauer erreichen im Vergleich zu den Lagerungsvarianten 1,2 und 3. Pumpen mit solchen Lagerungen werden im kleineren Bereich (bis 75 kW) heute nicht mehr hergestellt (nur noch als unbezahlbare Einzelanfertigung).

Ein im Lagergehäuse eingebrachter Schleuderring sorgt dafür, dass das Gleitlager immer mit der richtigen Menge Öl versorgt wird. Diese Art der Lagerung kann jedoch keine axialen Kräfte aufnehmen. Daher verfügen alle Pumpen mit einer beidseitigen Gleitlagerung über einen gesamthaften hydraulischen Schubausgleich, damit kein resultierender Axialschub auf die Lagerung wirkt.

Bei Pumpen mit dieser Art der Lagerschmierung, ist sowohl der Ölstand (Füllmenge) periodisch zu prüfen, als auch der Ölwechsel zum vorgeschriebenen Zeitpunkt durchzuführen.

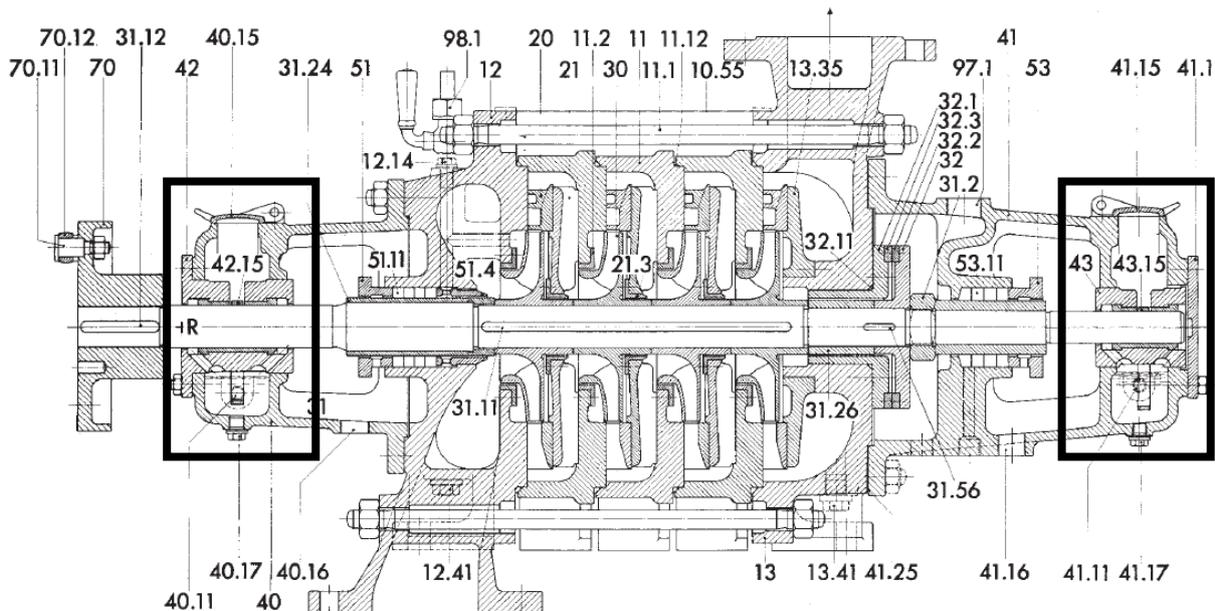


Abb.11) Lagerungsvariante 4 am Beispiel einer mehrstufigen Hochdruckpumpe

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

5. Lagerung mit Gleitlager - Schmierung durch das Fördermedium

Diese Art der Lagerung kommt vor allem bei vertikalen Pumpen zum Einsatz. Dort wird aus konstruktiven Gründen das untere Lager häufig als Gleitlager ausgeführt, welches durch das Fördermedium geschmiert wird. Ebenso kann diese Variante als kostengünstige Lagerung (nur einseitig) bei horizontal aufgestellten Pumpen zur Anwendung gelangen. Wenn im Fördermedium nur ein kleiner Bestandteil von Feststoffen bzw. Schwebestoffen vorhanden ist, kann dies den vorzeitigen Ausfall dieser Lagerung zur Folge haben. Diese Art der Lagerung ist weitestgehend wartungsfrei und als Verschleissteil zu betrachten.

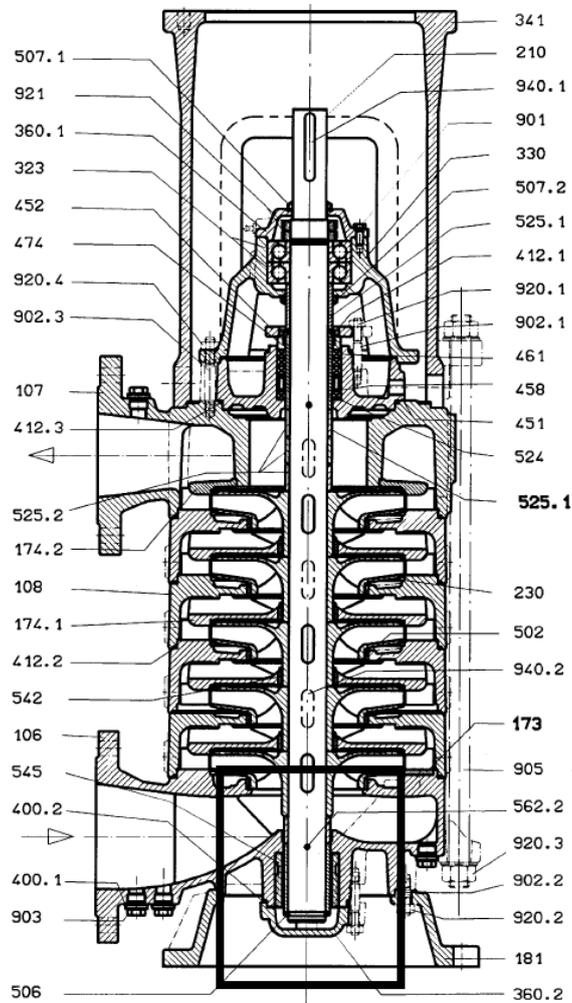


Abb.12) Lagerungsvariante 5 am Beispiel einer mehrstufigen Hochdruckpumpe

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

6. Lagerung mit (Mitchell-) Segmentlager im Ölbad laufend

Diese Art der Lagerung ist heute fast ausschliesslich bei alten, „schweren“ Ausführungen der Bohrlochwellenpumpe anzutreffen. Aufgrund des vorhandenen Öl's, welches sich grundsätzlich nicht mit dem Begriff der Trinkwasserhygiene vereinbaren lässt sollten keine neuen Pumpen mehr mit einer solchen Lagerung eingesetzt werden. Das Segmentlager im Ölbad laufend ist jedoch eine der technisch hochwertigsten Lagerbauarten (für Axiallager), welche eine mehrfache Betriebsdauer erreichen im Vergleich zu allen Lagerungsvarianten.

Diese Lagerung besteht aus einem rotierenden Lagerring und gegenseitig statisch angeordneten Segmenten. Die Segmente sind so bearbeitet, dass sie im Betrieb einen Ölfilm zwischen ihnen und dem Lagerring aufbauen. Um eine zu starke Erwärmung des Öl's zu vermeiden sind diese Art der Lagerungen mit einer Kühlung (Wasser) ausgerüstet. Wichtig dabei ist, dass der stetige Wasserfluss sichergestellt ist und dass das Wasser, welches die Kühlung durchlaufen hat nicht mehr in den Trinkwasserkreislauf zurückgeführt wird.

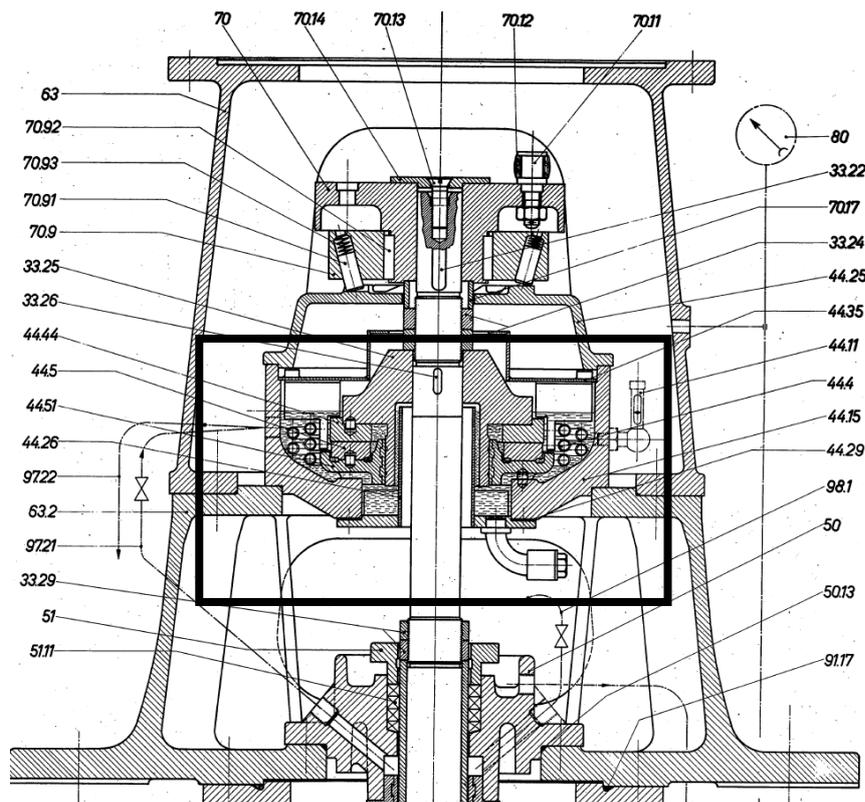


Abb.13) Lagerungsvariante 6 am Beispiel einer Bohrlochwellenpumpe

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

7. Lagerung mit (Mitchell-) Segmentlager im Fördermedium laufend

Diese Art der Lagerung wird heute als Standard eingesetzt, um die Axialkräfte im Motor der Unterwassermotorpumpen aufzunehmen. Der Motor ist hierbei in den meisten Fällen mit Trinkwasser gefüllt. Das Wasser leitet einerseits die Wärme des Motors an die Umgebung ab und bildet andererseits das Schmiermittel für das Segmentlager, welches vom Prinzip her gleich arbeitet wie die Lagerungsvariante 6.

Eine Wartung an dieser Art der Lagerung ist nicht möglich. Das Versagen bzw. der fortgeschrittene Verschleiss dieser Lagerung bildet häufig auch die Ursache für den Ausfall der Unterwassermotorpumpe. Das Risiko bei dieser Lagerung bildet das Eindringen von Feststoffen über die Gleitringdichtung, welche sich dann zwangsläufig, bedingt durch die Schwerkraft, im Bereich des Lagers einfinden und die anfällige Lagerscheibe auf Kohlebasis in Mitleidenschaft ziehen.

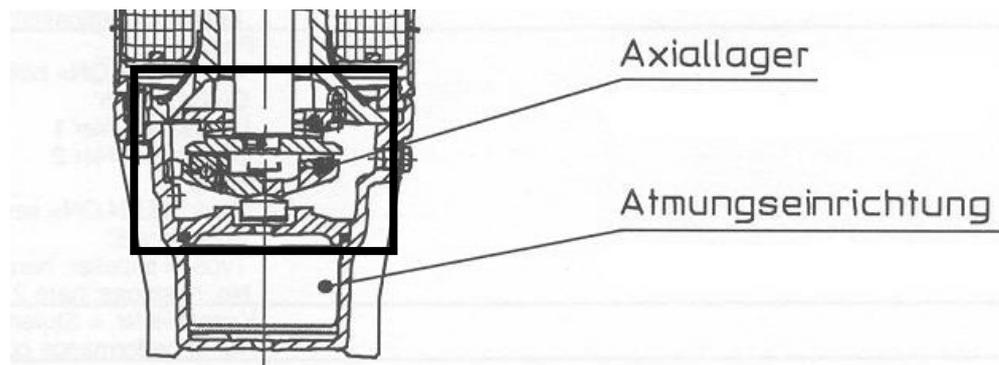


Abb.14) Lagerungsvariante 7 am Beispiel einer Unterwassermotorpumpe

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Anhand der Übersicht der verschiedenen Lagerungsvarianten können folgende Tätigkeiten für die Wartung festgelegt werden:

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.5.1 Wartungsarbeiten an der Pumpenlagerung				
Lagerungsvariante 1 „Lebensdauerfettgeschmierte Wälzlager“			Ersatz der Wälzlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A
Lagerungsvariante 2 „Nachschmierbare Wälzlager (Fett)“	Periodische Nachschmierung der Wälzlager gemäss der Betriebsanleitung		Ersatz der Wälzlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A
Lagerungsvariante 3 „Ölgeschmierte Wälzlager“	Periodisches nachfüllen von Öl (je nach Ölstand)	Ölwechsel nach den Angaben in der Betriebsanleitung	Ersatz der Wälzlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A
Lagerungsvariante 4 „Ölgeschmierte Gleitlager“	Periodisches nachfüllen von Öl (je nach Ölstand)	Ölwechsel nach den Angaben in der Betriebsanleitung	Ersatz der Gleitlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A
Lagerungsvariante 5 „Fördermediumgeschmierte Gleitlager“			Ersatz der Gleitlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A
Lagerungsvariante 6 „(Mitchell)Segmentlager im Ölbad laufend“	Periodisches nachfüllen von Öl (je nach Ölstand)	Ölwechsel nach den Angaben in der Betriebsanleitung		A
Lagerungsvariante 7 „(Mitchell)Segmentlager im Fördermedium laufend“	Keine Wartungsarbeiten möglich bzw. sinnvoll !			

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Anhand der Übersicht der verschiedenen Lagerungsvarianten können folgende Tätigkeiten für die Inspektion festgelegt werden:

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.5.1 Inspektionsarbeiten an der Pumpenlagerung				
Lagerungsvariante 1 „Lebensdauerfettgeschmierte Wälzlager“	Periodische Prüfung der Temperatur im Bereich der Lagerung im Betrieb der Pumpe	Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Lagerungsvariante 2 „Nachschmierbare Wälzlager“	Periodische Prüfung der Temperatur im Bereich der Lagerung im Betrieb der Pumpe	Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Lagerungsvariante 3 „Ölgeschmierte Wälzlager“	Periodische Prüfung des Ölstandes im Lagergehäuse und der Temperatur im Betrieb	Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Lagerungsvariante 4 „Ölgeschmierte Gleitlager“	Periodische Prüfung des Ölstandes im Lagergehäuse und der Temperatur im Betrieb	Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Lagerungsvariante 5 „Fördermediumgeschmierte Gleitlager“	Keine Inspektionsarbeiten möglich bzw. sinnvoll !			
Lagerungsvariante 6 „(Mitchell)Segmentlager im Ölbad laufend“	Periodische Prüfung des Ölstandes im Lagergehäuse und der Temperatur im Betrieb	Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Lagerungsvariante 7 „(Mitchell)Segmentlager im Fördermedium laufend“	Keine Inspektionsarbeiten möglich bzw. sinnvoll !			
Für alle Lagerungsvarianten			Schwingungsmessung, um die Ursache und die Zulässigkeit zu beurteilen	A

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

5.5.2 d) Wellenabdichtung

Bei den gängigen Kreiselpumpen in den Wasserversorgungen gelangen vorwiegend zwei Wellenabdichtungssysteme zum Einsatz. Die Wellenabdichtung hat die Aufgabe zu verhindern, dass Fördermedium entlang der rotierenden Welle aus dem Pumpengehäuse austreten kann.

5.5.2.1 d) Die Stopfbüchspackung

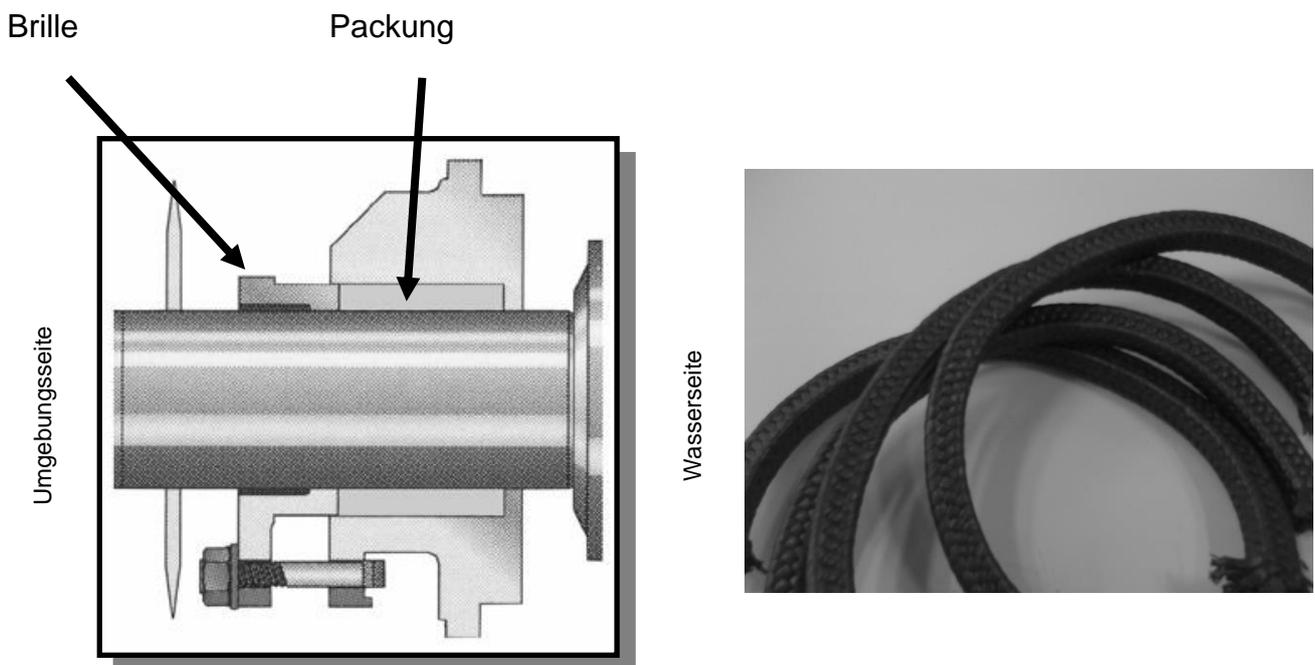


Abb.15) Die Stopfbüchspackung

Die Stopfbüchspackung erfüllt seit Jahrzehnten in verschiedensten Anwendungen die Aufgabe der Wellenabdichtung. Das bewährte Prinzip der Abdichtung basiert darauf, dass eine Stopfbüchspackung in einem geschlossenen Raum durch Kräfteinwirkung der Stopfbüchsenbrille an die Gehäusewand und auf die Welle gepresst wird und dadurch die Dichtwirkung entsteht. Diese Art der Abdichtung ist auf eine gewisse, kontinuierliche Leckage angewiesen, um die Schmierung zwischen der Welle und der Stopfbüchspackung sicherzustellen. Da die Pumpenwelle oder die Wellenschutzhülse einem gewissen Verschleiss durch die mechanische Beanspruchung unterlegen ist steigt die Menge des Leckagewassers stetig an. Wenn die Menge des Leckagewassers zu gross wird kann die Packung für einen weiteren Betriebszyklus nachgezogen werden. Die Kunst besteht darin die Packung so einzustellen, dass die Leckage nur gerade das

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

notwendige Minimum beträgt. Wenn die Abdichtung neu eingestellt bzw. nachgezogen wird, muss die laufende Pumpe danach unbedingt für ca. eine Viertelstunde beobachtet werden. Die Leckage pendelt sich in dieser Zeit ein. Ohne die minimal erforderliche Leckage würde die Packung nach kurzer Zeit „festbacken“, die Dichtwirkung dadurch versagen und die Welle bzw. die Wellenschutzhülse mit massiven Einlaufspuren durch die Packung beeinträchtigt.

Dieser Vorgang kann einige Male wiederholt werden, bis die Packungsringe verschlissen sind und ersetzt werden müssen. Nach einer längeren Betriebsdauer zeigen sich auf der Pumpenwelle bzw. auf der Wellenschutzhülse Einlaufspuren der Packung. Zu diesem Zeitpunkt muss die Pumpe revidiert werden und dabei die Welle bzw. die Wellenschutzhülse ersetzt oder aufgearbeitet werden, bevor eine neue Packung eingesetzt werden kann.

Das „notwendige“ Minimum an Leckage einer Stopfbüchspackung

Die nachfolgende Grafik zeigt schematisch welche Menge an Leckage an einer Stopfbüchspackung im optimal eingestellten Fall vorliegen sollte.

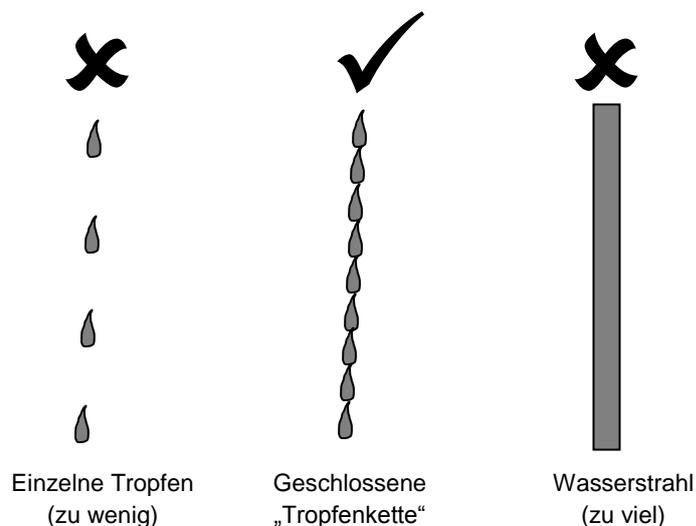


Abb.16) Leckage an einer Stopfbüchspackung

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Folgende Arbeiten müssen an einer Stopfbüchspackung periodisch vorgenommen werden.

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.5.2.1 Inspektionsarbeiten an Stopfbüchpackungen				
Leckage	Kontrolle der Leckage an der Packung			W

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.5.2.1 Wartungsarbeiten an Stopfbüchpackungen				
Leckage		Bei zu hoher Leckage die Stopfbüchsbürste leicht nachziehen, bis die Leckage wieder optimal vorliegt		A
Leckage			Prüfung und Ersatz der Stopfbüchspackung (wenn erforderlich inkl. Ersatz der Welle/ Wellenschutzhülse)	A

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

5.5.2.2 d) Die Gleitringdichtung

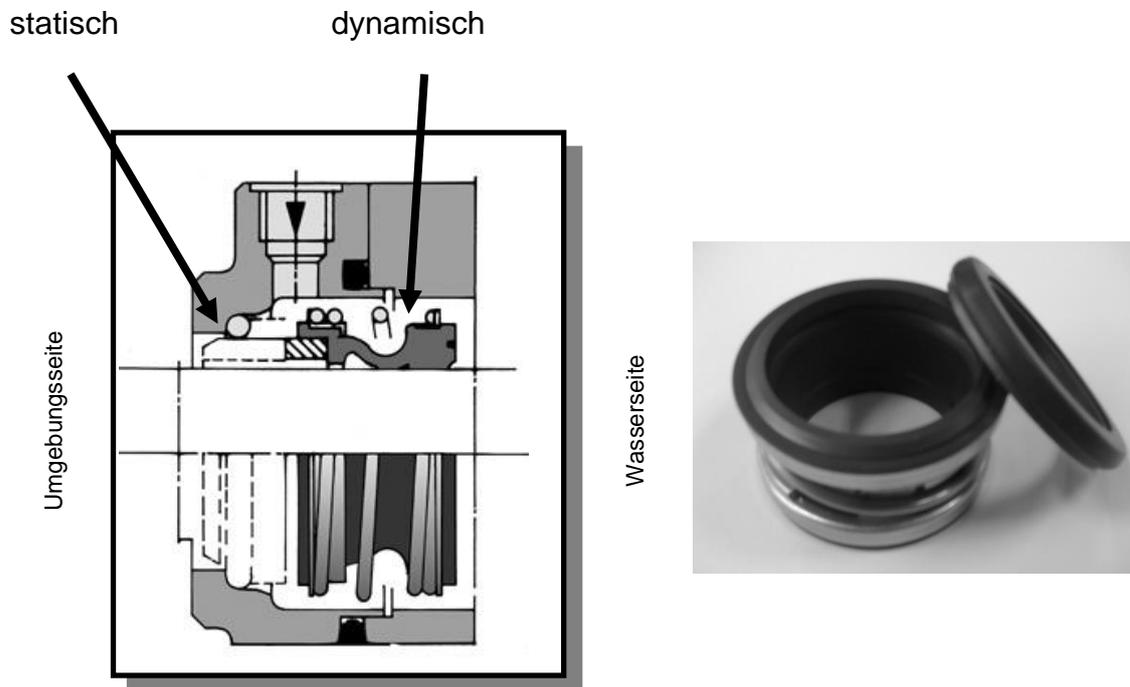


Abb.17) Die Gleitringdichtung

Die Gleitringdichtung gilt als „neuartige“ Wellenabdichtung und wird seit ca. 40 Jahren bei Kreiselpumpen eingesetzt.

Das Dichtungsprinzip basiert darauf, dass eine statische Dichtscheibe gegen eine rotierende Dichtscheibe läuft. Die sich berührenden Oberflächen dieser beiden Scheiben müssen eine sehr glatte Oberfläche (geläppt) aufweisen. Dadurch haften die beiden Teile durch die Adhäsionskraft zusammen. Das Fördermedium bildet einen Schmierfilm zwischen den beiden Flächen.

Eine Gleitringdichtung ist wie die Stopfbüchspackung daher überhaupt nicht für einen Trockenlauf geeignet. Bereits nach kurzer Laufzeit (weniger als eine Minute) ohne Fördermedium (Trinkwasser) ist die Qualität der Oberflächen der Dichtringe beeinträchtigt und die Dichtung wird somit in absehbarer Zeit ihre Funktion nicht mehr erfüllen können.

Die Gleitringdichtung ist wartungsfrei, das heisst, dass bei dieser Art der Wellenabdichtung keine periodischen Arbeiten vorgenommen werden müssen. Gemäss den Herstellerangaben ist die Gleitringdichtung als Verschleissstück zu betrachten. Das bedeutet, dass bei auftreten einer Leckage (mehr als einige Tropfen pro Betriebsstunde) die Dichtung komplett ersetzt werden muss.

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

In der Wasserversorgung werden heute vorwiegend folgende Materialpaarungen der Gleitringe eingesetzt:

Normale Ausführung:	Hartmetall	gegen	Kohle
	Keramik	gegen	Kohle
Widerstandsfähigere Ausführung:	Siliziumkarbid	gegen	Siliziumkarbid
	Wolframkarbid	gegen	Wolframkarbid

Der Einsatz der widerstandsfähigeren Ausführung macht dann Sinn, wenn im Fördermedium gewisse Anteile an mineralischen Bestandteilen vorhanden sind (z.B. Rohwasser vor der Aufbereitung). Die widerstandsfähigere Ausführung weist dann eine deutlich höhere Lebensdauer auf.

Folgende Tätigkeiten können an einer Gleitringdichtung periodisch durchgeführt werden.

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.5.2.2 Inspektionsarbeiten an Gleitringdichtungen				
Leckage	Kontrolle, ob an der Gleitringdichtung eine Leckage vorliegt.			W

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.5.2.2 Wartungsarbeiten an Gleitringdichtungen				
Leckage			Bei auftretender Leckage ist die Gleitringdichtung (als Verschleisssteil) zu ersetzen.	A

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

5.6 e) Hydraulischer Teil der Pumpe

Der sogenannte hydraulische Teil bildet das Herzstück der Kreiselpumpe. Bestehend aus einem Laufrad (mehrere in Serie geschaltet bei einer Hochdruckpumpe, Unterwassermotorpumpe und Bohrlochwellenpumpe), welches über die Pumpenwelle angetrieben wird, erfährt das Fördermedium eine Geschwindigkeitsänderung, welche über das Pumpengehäuse (Stufengehäuse mit Leitapparat bei mehrstufigen Pumpen) in Richtung des Druckstutzens gelenkt wird.

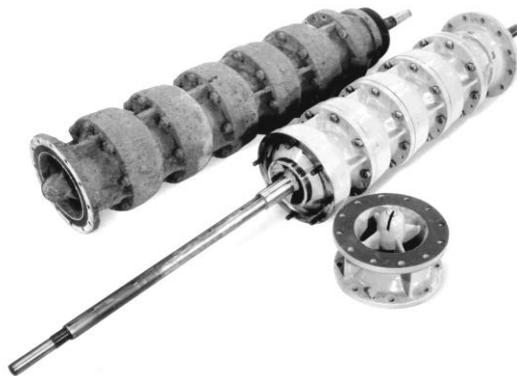


Abb.18) Der hydraulische Teil einer Bohrlochwellenpumpe, vor und nach der Revision

Abhängig von der Förderaufgabe (Verhältnis Förderhöhe H zu Fördermenge Q) sind die Laufräder von Kreiselpumpen unterschiedlich ausgebildet. Das weitverbreitete klassische Hochdrucklaufrad verfügt über eine radiale Durchströmung des Fördermediums (spezifische Drehzahl $n_q \approx 22$). Ein Mitteldrucklaufrad, welches in der Schweiz auch häufig zum Einsatz gelangt (spezifische Drehzahl $n_q \approx 35$) wird halbaxial durchströmt und kann dadurch eine grössere Fördermenge Q transportieren jedoch auf eine kleinere Stufenhöhe H .

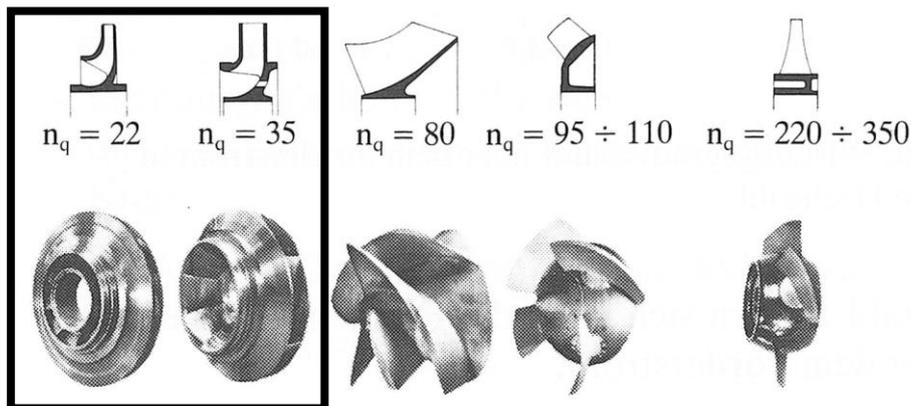


Abb.19) Die verschiedenen Laufradformen in Abhängigkeit der spezifischen Drehzahl n_q (Höhen/Mengen-Verhältnis)

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Die Bestandteile des „Hydraulischen Teils“ sind je nach Qualitätsstufe der Produkte häufig aus folgenden Materialien hergestellt:

Schwere Wasserwerksausführung:

- Laufrad in zinkfreier Bronze oder rostfreiem Stahlguss
- Gehäuseteile in Grauguss oder Sphäroguss (inkl. Leitapparat)

Wasserwerksausführung:

- Laufrad in Grauguss oder Sphäroguss
- Gehäuseteile in Grauguss oder Sphäroguss (inkl. Leitapparat)

Industrieausführung:

- Laufrad in Edelstahlblech oder Kunststoff (z.B. Noryl)
- Gehäuseteile in Edelstahlblech oder Kunststoff (inkl. Leitapparat)

Die Unterscheidung in diese Qualitätsstufen ist vor allem zum Zeitpunkt des Vergleichs von verschiedenen Pumpen untereinander sehr wichtig. Wenn beispielsweise eine schwere Wasserwerksausführung mit einer Industrieausführung verglichen wird stellt man fest, dass der Preis der Industrieausführung möglicherweise ein mehrfaches günstiger ausfällt. Ebenso ist natürlich die zu erwartende Lebensdauer der Maschine und die Revisionsfreundlichkeit mindestens im gleichen Masse höher bei der schweren Wasserwerksausführung. Dies hat unter anderem auch direkte Auswirkungen auf die Betriebssicherheit einer Anlage.

Grundsätzlich kann zusammenfassend ausgesagt werden, dass hinsichtlich Wartung in diesem Bereich der Pumpe keine speziellen Arbeiten anfallen. Wenn Arbeiten an der Hydraulik einer Pumpe durchgeführt werden, sollte das sinnvollerweise im Rahmen einer Revision oder Neuwertrevision durch eine Fachfirma erledigt werden. Nur leichte Veränderungen oder Anpassungen an der Pumpenhydraulik können die Betriebsbedingungen grundlegend ändern, was zu teuren Folgeschäden bzw. zu einem ineffizienten Betrieb der Pumpe führen kann.

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.6 Inspektionsarbeiten am „Hydraulischen Teil“				
Leckage	Kontrolle, ob an einer Gehäusedichtung Wasser austritt			W
Vibrationen/Schwingungen		Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Vibrationen/Schwingungen			Schwingungsmessung, um die Ursache und die Zulässigkeit zu beurteilen	A
Geräusche*		Akustische Feststellung ob durch die Hydraulik unzulässige Geräusche (Kavitation) verursacht werden		W

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.6 Wartungsarbeiten am „Hydraulischen Teil“				
Wartung am hydraulischen Teil	Keine Wartungsarbeiten möglich oder sinnvoll ! (Periodische Revisionen zur Werterhaltung sollten durch eine Fachfirma durchgeführt werden)			

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

*Geräusche: Bei dieser Feststellung muss zwischen normalen Strömungsgeräuschen und der schädigenden Kavitation unterschieden werden. Hierzu sind die folgenden Unterscheidungsmerkmale zu berücksichtigen:

- Leichte Kavitation tönt wie, wenn Kieselsteine gefördert würden (tolerierbar)
- Mittlere Kavitation tönt wie, wenn 1cm grosse Steine gefördert würden (reagieren!)
- Starke Kavitation tönt wie, wenn faustgrosse Steine gefördert würden (reagieren!)

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

5.7 f) Rohrleitungen, Armaturen und Messinstallationen

Neben der Pumpe selbst und der Steuerung sind die übrigen wasserführenden Bestandteile eines Pumpwerks ebenfalls in den Wartungs- und Inspektionszyklus einzubinden. Diverse Ablesungen an Messinstrumenten und die Kontrolle der Absprerrorgane und Rückflussverhinderer tragen massgeblich zu einer erfolgreichen Wartungs- bzw. Inspektionsstrategie bei.

Wichtigste Inspektionsaufgaben bilden die Ablesungen der hydraulischen Parameter (Förderhöhe/Druck und Fördermenge). Es sollte dazu wenn immer möglich die Fördermenge Q (im Idealfall direkt ab dem magnetisch induktiven Durchflussmesser nach der Pumpe) abgelesen werden können. Ebenso gehört in jedes Rohrleitungssystem, in welchem eine Pumpe arbeitet vor und nach der Pumpe ein Manometer installiert.

Nur mit diesen drei Parametern (Fördermenge Q , Druck-saugseitig H_s , Druck-druckseitig H_d) kann eine Aussage über die einwandfreie Funktion der Pumpe gemacht werden.

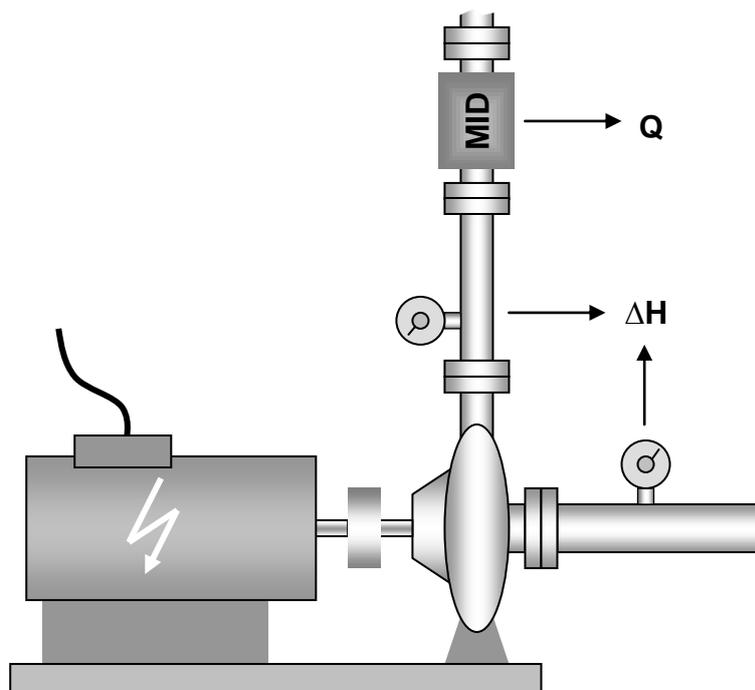


Abb.20) Die Messung der hydraulischen Parameter einer Pumpe (Fördermenge und Differenzdruck)

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Folgende minimale Tätigkeiten sind aus der Sicht der Pumpe durchzuführen:

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.7 Inspektionsarbeiten an Rohrleitung, Armaturen und Messinstallationen im Pumpwerk				
Fördermenge Q (Im Betriebspunkt)		Direkt ab dem Durchflussmesser ablesen (wenn nicht möglich ab Leitsystem)		W
Förderhöhe Hs (saugseitig) (Im Betriebspunkt)		Direkt am Manometer auf der Saugseite der Pumpe ablesen		W
Förderhöhe Hd (druckseitig) (Im Betriebspunkt)		Direkt am Manometer auf der Druckseite der Pumpe ablesen		W
Armaturen		Alle Armaturen (Schieber, Klappen, Rückflussverhinderer) auf die richtige Stellung und Gängigkeit prüfen.		W

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.7 Wartungsarbeiten an Rohrleitung, Armaturen und Messinstallationen im Pumpwerk				
Armaturen		Wo nötig Nachschmierung an den bewegten Teilen der Armaturen durchführen		A

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

6 Anhang

6.1 Quellenverzeichnis

Das Quellenverzeichnis gibt Auskunft über die Herkunft der Abbildungen. Der gesamte Text und die Tabellen wurden anhand von empirischen Unterlagen der Häny AG erstellt.

<u>Abb.1) Wartung an Kreiselpumpen</u>	<u>Häny AG – PUCH</u>
<u>Abb.2) Die verschiedenen Instandhaltungsstrategien</u>	<u>Häny AG</u>
<u>Abb.3) Trends der Marktentwicklung bei Kreiselpumpen</u>	<u>Häny AG</u>
<u>Abb.4) Einteilung der für die Wasserversorgung gängigen Kreiselpumpen nach Bauformen</u>	<u>Häny AG</u>
<u>Abb.5) Darstellung der Hauptkomponenten einer Pumpeninstallation</u>	<u>Caprari (I)</u>
<u>Abb.6) Drehstrom Asynchronmotoren als Antrieb für Kreiselpumpen</u>	<u>ABB</u>
<u>Abb.7) Drehstrom Asynchronmotoren als Antrieb für eine Unterwassermotorpumpe</u>	<u>Häny AG</u>
<u>Abb.8) „elastische“ Nocken- und Bolzenkupplung</u>	<u>Häny AG – Flender</u>
<u>Abb.9) Lagerungsvariante 1 und 2 am Beispiel einer einstufigen Niederdruckpumpe</u>	<u>Caprari (I)</u>
<u>Abb.10) Lagerungsvariante 3 am Beispiel einer einstufigen Niederdruckpumpe</u>	<u>Häny AG - PUCH</u>
<u>Abb.11) Lagerungsvariante 4 am Beispiel einer mehrstufigen Hochdruckpumpe</u>	<u>Häny AG - PUCH</u>
<u>Abb.12) Lagerungsvariante 5 am Beispiel einer mehrstufigen Hochdruckpumpe</u>	<u>Häny AG</u>
<u>Abb.13) Lagerungsvariante 6 am Beispiel einer Bohrlochwellenpumpe</u>	<u>Häny AG – PUCH</u>
<u>Abb.14) Lagerungsvariante 7 am Beispiel einer Unterwassermotorpumpe</u>	<u>Häny AG</u>
<u>Abb.15) Die Stopfbüchspackung</u>	<u>Häny AG</u>
<u>Abb.16) Leckage an einer Stopfbüchspackung</u>	<u>Häny AG</u>
<u>Abb.17) Die Gleitringdichtung</u>	<u>Häny AG</u>
<u>Abb.18) Der hydraulische Teil einer Bohrlochwellenpumpe</u>	<u>Häny AG – PUCH</u>
<u>Abb.19) Die verschiedenen Laufradformen in Abhängigkeit zur spezifischen Drehzahl n_q</u>	<u>Häny AG – PUCH</u>
<u>Abb.20) Die Messung der hydraulischen Parameter einer Pumpe</u>	<u>Häny AG</u>

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

6.2 Zusammenfassung – Inspektionsarbeiten

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.2 Inspektionsarbeiten an der Pumpensteuerung				
Ablesungen am Steuerschrank	- Strom (A) im Betrieb auf allen Phasen. - Spannung (V) im Betrieb zwischen den Phasen und gegen Erde. - Betriebsstunden (h) der Pumpe.			W
Ablesungen/Messung am Steuerschrank			- Leistungsfaktor (cosphi) des Motors im Betrieb der Pumpe. - Frequenz (F) des Versorgungsnetzes im Betrieb der Pumpe.	Q
5.3 Inspektionsarbeiten an allen Bauformen von Asynchron-Elektromotoren				
Isolationswiderstand der Motorwicklung		Messung der Wicklungsisololation zwischen den Phasen und gegen Erde. (über 2 MOhm ist der Motor uneingeschränkt betriebsfähig, bei der Unterschreitung von 0.2 MOhm (400V) darf der Motor nicht weiter betrieben werden.)		Q
Vibrationen am Motor (nur für „trocken“ aufgestellte Motoren)		Manuelle Prüfung des Motors auf eine Veränderung der Vibrationen		W
Vibrationen am Motor (nur für „trocken“ aufgestellte Motoren)			Vibrationsmessung um die Ursache und die Zulässigkeit zu beurteilen.	A

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.4 Inspektionsarbeiten an „elastischen“ Kupplungen				
Versatz oder Klaffung an der Kupplung	Ist neben/unterhalb der Kupplung Gummiabrieb der Puffer vorhanden, oder ist die Kupplung übermässig warm?			W
Versatz oder Klaffung an der Kupplung			Wenn Ja, Ausrichtung der Pumpe/Motor prüfen korrekt einstellen	A
5.5.1 Inspektionsarbeiten an der Pumpenlagerung				
Lagerungsvariante 1 „Lebensdauerfettgeschmierte Wälzlager“	Periodische Prüfung der Temperatur im Bereich der Lagerung im Betrieb der Pumpe	Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Lagerungsvariante 2 „Nachschmierbare Wälzlager“	Periodische Prüfung der Temperatur im Bereich der Lagerung im Betrieb der Pumpe	Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Lagerungsvariante 3 „Ölgeschmierte Wälzlager“	Periodische Prüfung des Ölstandes im Lagergehäuse und der Temperatur im Betrieb	Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Lagerungsvariante 4 „Ölgeschmierte Gleitlager“	Periodische Prüfung des Ölstandes im Lagergehäuse und der Temperatur im Betrieb	Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Lagerungsvariante 5 „Fördermediumgeschmierte Gleitlager“	Keine Inspektionsarbeiten möglich bzw. sinnvoll !			
Lagerungsvariante 6 „(Mitchell)Segmentlager im Ölbad laufend“	Periodische Prüfung des Ölstandes im Lagergehäuse und der Temperatur im Betrieb	Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Lagerungsvariante 7 „(Mitchell)Segmentlager im Fördermedium laufend“	Keine Inspektionsarbeiten möglich bzw. sinnvoll !			

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.5.1 Inspektionsarbeiten an der Pumpenlagerung (Fortsetzung)				
Für alle Lagerungsvarianten			Schwingungsmessung, um die Ursache und die Zulässigkeit zu beurteilen	A
5.5.2.1 Inspektionsarbeiten an Stopfbüchpackungen				
Leckage	Kontrolle der Leckage an der Packung			W
5.5.2.2 Inspektionsarbeiten an Gleitringdichtungen				
Leckage	Kontrolle, ob an der Gleitringdichtung eine Leckage vorliegt.			W
5.6 Inspektionsarbeiten am „Hydraulischen Teil“				
Leckage	Kontrolle, ob an einer Gehäusedichtung Wasser austritt			W
Vibrationen/Schwingungen		Manuelle Feststellung der Schwingungen am Lagergehäuse. (plötzlicher Anstieg = !)		W
Vibrationen/Schwingungen			Schwingungsmessung, um die Ursache und die Zulässigkeit zu beurteilen	A
Geräusche		Akustische Feststellung ob durch die Hydraulik unzulässige Geräusche (Kavitation) verursacht werden		W

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.7 Inspektionsarbeiten an Rohrleitung, Armaturen und Messinstallationen im Pumpwerk				
Fördermenge Q (Im Betriebspunkt)		Direkt ab dem Durchflussmesser ablesen (wenn nicht möglich ab Leitsystem)		W
Förderhöhe Hs (saugseitig) (Im Betriebspunkt)		Direkt am Manometer auf der Saugseite der Pumpe ablesen		W
Förderhöhe Hd (druckseitig) (Im Betriebspunkt)		Direkt am Manometer auf der Druckseite der Pumpe ablesen		W
Armaturen		Alle Armaturen (Schieber, Klappen, Rückflussverhinderer) auf die richtige Stellung und Gängigkeit prüfen.		W

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

6.3 Zusammenfassung – Wartungsarbeiten

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.2 Wartungsarbeiten an der Pumpensteuerung				
Startvorrichtung			- Unterhaltsarbeiten an der Startvorrichtung des Motors, um deren einwandfreie Funktion sicherzustellen	A
5.3 Wartungsarbeiten an „trocken“ aufgestellten Motoren				
Lebensdauerfettgeschmierte Lager (keine Nachschmierung)			Ersatz der Wälzlager nach dem Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer.	A
Nachschmierbare Lagerung	Periodische Schmierung der Wälzlager gemäss der Betriebsanleitung		Ersatz der Wälzlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A
5.3 Wartungsarbeiten an „nass“ aufgestellten Motoren				
	Keine Wartung möglich !			
5.5.1 Wartungsarbeiten an der Pumpenlagerung				
Lagerungsvariante 1 „Lebensdauerfettgeschmierte Wälzlager“			Ersatz der Wälzlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A
Lagerungsvariante 2 „Nachschmierbare Wälzlager (Fett)“	Periodische Nachschmierung der Wälzlager gemäss der Betriebsanleitung		Ersatz der Wälzlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A
Lagerungsvariante 3 „Ölgeschmierte Wälzlager“	Periodisches nachfüllen von Öl (je nach Ölstand)	Ölwechsel nach den Angaben in der Betriebsanleitung	Ersatz der Wälzlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.5.1 Wartungsarbeiten an der Pumpenlagerung (Fortsetzung)				
Lagerungsvariante 4 „Ölgeschmierte Gleitlager“	Periodisches nachfüllen von Öl (je nach Ölstand)	Ölwechsel nach den Angaben in der Betriebsanleitung	Ersatz der Gleitlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A
Lagerungsvariante 5 „Fördermediumgeschmi- erte Gleitlager“			Ersatz der Gleitlager nach Erreichen der vorgegebenen Betriebsdauer	A
Lagerungsvariante 6 „(Mitchell)Segmentlager im Ölbad laufend“	Periodisches nachfüllen von Öl (je nach Ölstand)	Ölwechsel nach den Angaben in der Betriebsanleitung		A
Lagerungsvariante 7 „(Mitchell)Segmentlager im Fördermedium laufend	Keine Wartungsarbeiten möglich bzw. sinnvoll !			
5.5.2.1 Wartungsarbeiten an Stopfbüchpackungen				
Leckage		Bei zu hoher Leckage die Stopfbüchsbürste leicht nachziehen, bis die Leckage wieder optimal vorliegt		A
Leckage			Prüfung und Ersatz der Stopfbüchspackung (wenn erforderlich inkl. Ersatz der Welle/ Wellenschutzhülse)	A

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

	Mindestumfang	Normaler / Empfohlener Umfang	Erweiterter Umfang	*P
5.5.2.2 Wartungsarbeiten an Gleitringdichtungen				
Leckage			Bei auftretender Leckage ist die Gleitringdichtung (als Verschleissenteil) zu ersetzen.	A
5.6 Wartungsarbeiten am „Hydraulischen Teil“				
Wartung am hydraulischen Teil	Keine Wartungsarbeiten möglich oder sinnvoll ! (Periodische Revisionen zur Werterhaltung sollten durch eine Fachfirma durchgeführt werden)			
5.7 Wartungsarbeiten an Rohrleitung, Armaturen und Messinstallationen im Pumpwerk				
Armaturen		Wo nötig Nachschmierung an den bewegten Teilen der Armaturen durchführen		A

*P=Periodizität (W=wöchentlich, M=monatlich, Q=quartalsweise, J=jährlich, A=abhängig (z.B. Lebensdauer, Betriebsstunden,...))

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

6.4 Inspektionschecklisten für den Brunnenmeister

Wir haben für Sie anlässlich dieses Weiterbildungskurses eine Inspektionscheckliste erstellt, welche alle Tätigkeiten die in diesem Referat beschrieben wurden übersichtlich darstellt. Mit diesem Hilfsmittel haben Sie einfach die Möglichkeit Ihre Pumpen „im Griff“ zu haben und sicherzustellen, dass jederzeit nachvollzogen werden kann, wenn sich ein Betriebsparameter unzulässig verändert.

Sehr gerne senden wir Ihnen diese Inspektionscheckliste als Excel-Datei (xls) zu, damit sie diese ausdrucken oder direkt am PC ausfüllen können.

Bitte senden Sie bei Interesse ein Email an den Referenten:

reto.baumann@haeny.com

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

INSPEKTION AN KREISELPUMPEN - Mindestumfang und Normaler/Empfohlener Umfang der Arbeiten



Wasserversorgung		Pumpentyp	
Pumpwerk		Serialnummer	
Pumpennummer		Nennleistung des Motors	kW
Fabrikat/Hersteller		Nennzahl des Motors	1/min

Nr.	Betriebsart	-	AN			AN			AUS				AN	AN	AN
	Periodizität:	W	W			W			Q				W	W	W
Datum der Inspektion:	5.2 Betriebsstunden [h]	5.2 Strom [A]			5.2 Spannung zwischen Phasen [V]				5.3 Isolationswiderstand der Motorwicklung [MΩm]				5.7 Fördermenge Q [l/s]	5.7 Förderhöhe Hs [m]	5.7 Förderhöhe Hd [m]
		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 1 + 2	Phase 1 + 3	Phase 2 + 3	Phase 1 + 3	Ph. 1 + Erde	Ph. 2 + Erde	Ph. 3 + Erde	Ph. + Ph. tiefster Wert	(im Betriebspunkt) (möglichst direkt ab MID ablesen)	(im Betriebspunkt) (Manometer auf der Saugseite ablesen)	(im Betriebspunkt) (Manometer auf der Druckseite ablesen)
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															

Betriebsart: AN = Pumpe läuft, AUS = Pumpe ist ausgeschaltet
 Periodizität: W = wöchentlich, Q = quartalsweise

Die Inspektion ist nach einer langen Laufzeit der Pumpe (> 2h, Maschine hat Betriebstemperatur) durchzuführen (teilweise an noch laufender, teilweise an bereits abgeschalteter Maschine)

Pumpen- Instandhaltung/Werterhaltung

Autor / Referent: Reto Baumann

INSPEKTION AN KREISELPUMPEN - Mindestumfang und Normaler/Empfohlener Umfang der Arbeiten



Wasserversorgung		Pumpentyp	
Pumpwerk		Serialnummer	
Pumpennummer		Nennleistung des Motors	kW
Fabrikat/Hersteller		Nendrehzahl des Motors	1/min

Nr.	Betriebsart	AN	AUS	AN	AN	AUS	AN	Unterschrift des Brunnenmeister						
	Periodizität:	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	
	Datum der Inspektion:													
	5.3 Vibration am Motor (manuelle Prüfung) (k=keine, l=leicht, m=mittel, s=stark)													
	5.4 Kontrolle der Kupplung (Gummiabrieb oder Wärme) (k=keine, l=leicht, m=mittel, s=stark)													
	5.5.1 Pumpenlagerung Temperatur, manuell geprüft (max. 60-70°C ungekühlt = I.O.)													
	5.5.1 Kühlung Pumpenlagerung, fliessen das Kühlwasser? (nur für Mitchell-Segmentlager im Öl)													
	5.5.1 Prüfung des Ölstandes im Pumpenlager (wenn nicht fettgeschmiert)													
	5.5.1 Vibration am Pumpenlager (manuelle Prüfung) (k=keine, l=leicht, m=mittel, s=stark)													
	5.5.2.1 Leckage Stopfbüchspack. (optische Prüfung der Leckagemenge) (geschlossene Wassertropfenkette=I.O.)													
	5.5.2.1 Leckage Gleitringdichtung (optische Prüfung) (keine Leckage=I.O.)													
	5.6 Leckage am Pumpengehäuse (optische Prüfung) (keine Leckage=I.O.)													
	5.6 Vibrationen an der Hydraulik (manuelle Prüfung) (k=keine, l=leicht, m=mittel, s=stark)													
	5.6 Geräusche an der Hydraulik (akustische Prüfung - KAVITATION) (k=keine, l=leicht, m=mittel, s=stark)													
	5.7 Armaturen prüfen (Klappen, Rückflussverhinderer, ...) (richtige Stellung und Gängigkeit)													
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														

Betriebsart: AN = Pumpe läuft, AUS = Pumpe ist ausgeschaltet
 Periodizität: W = wöchentlich, Q = quartalsweise

Die Inspektion ist nach einer langen Laufzeit der Pumpe (> 2h, Maschine hat Betriebstemperatur) durchzuführen (teilweise an noch laufender, teilweise an bereits abgeschalteter Maschine)