

Steigerung der Energieeffizienz durch gute Ausrichtung



**Volker Strack
April 2010**



Sitz: Ismaning bei München

Mitarbeiter: ca. 500 weltweit

Firmenaktivitäten:

Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Service von elektronischen Mess- und Kontrollsystemen; Maschinen-Service und -Diagnostik.

Product Divisions

PRÜFTECHNIK Alignment Systems

PRÜFTECHNIK Condition Monitoring

PRÜFTECHNIK Nondestructive Testing

Alignment Systems



Lasermesssysteme und Dienstleistungen für diese Anwendungen

- Wellen ausrichten
- Bohrungen und Lagerschalen ausrichten
- Geradheit und Ebenheit vermessen
- Walzen-Parallelität bestimmen
- Lageveränderungen beobachten

Condition Monitoring



Messsysteme und Service-Dienstleistungen für die Instandhaltung

- Datensammler
- Schwingungsanalytoren
- Online-Dauerüberwachungssysteme
- Beratung/Training
- Weltweiter Maschinen- und Diagnostik-Service

Nondestructive Testing



Systeme und Dienstleistungen für Qualitätssicherung und Prozesskontrolle in der Halbzeugproduktion

- Wirbelstromprüfgeräte
- Streuflussprüfgeräte
- Anlagenbau
- Reporting-/Analyse-Software
- Schulungen

PRÜFTECHNIK – Ihr Service-Partner:



Wellenausrichten mit Laser



Turbinen ausrichten



Zustandsüberwachung



Walzen ausrichten



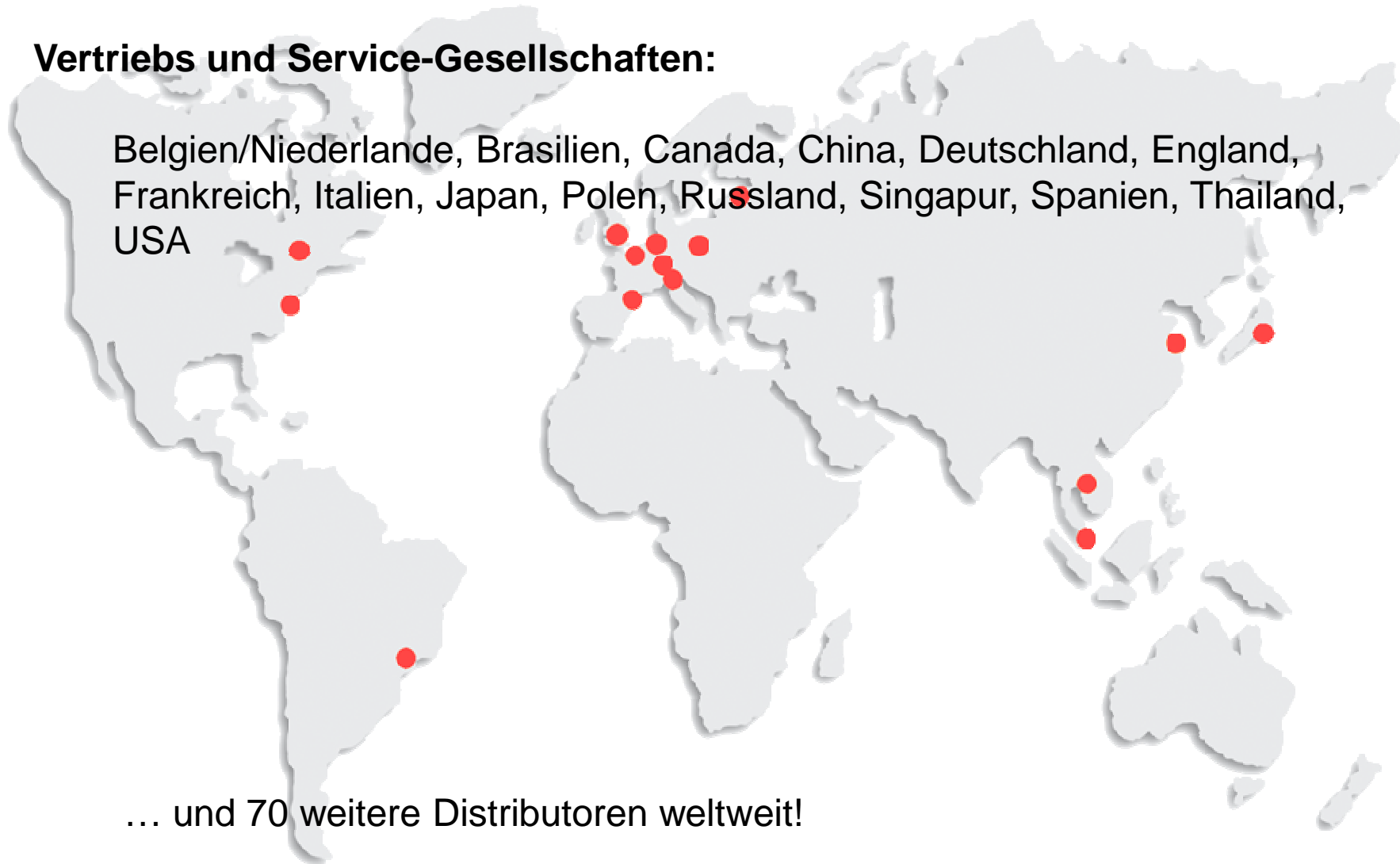
Mobile Messungen



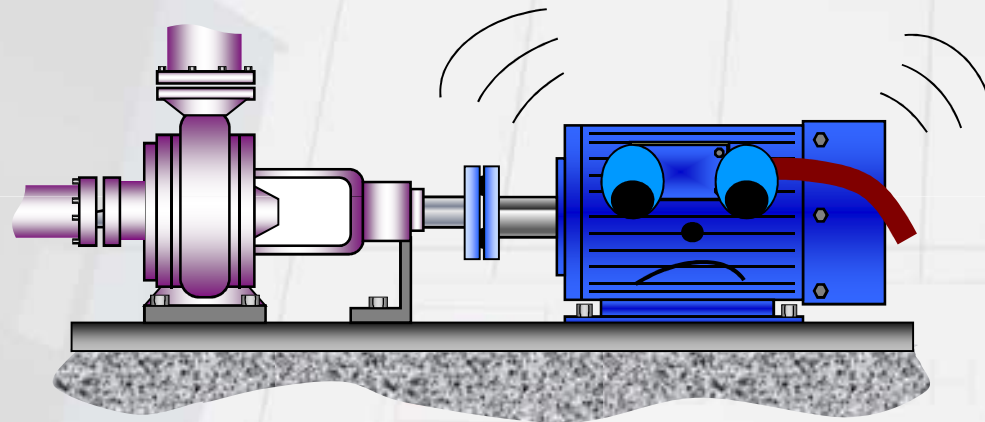
Geometrisches Ausrichten

Vertriebs und Service-Gesellschaften:

Belgien/Niederlande, Brasilien, Canada, China, Deutschland, England, Frankreich, Italien, Japan, Polen, Russland, Singapur, Spanien, Thailand, USA

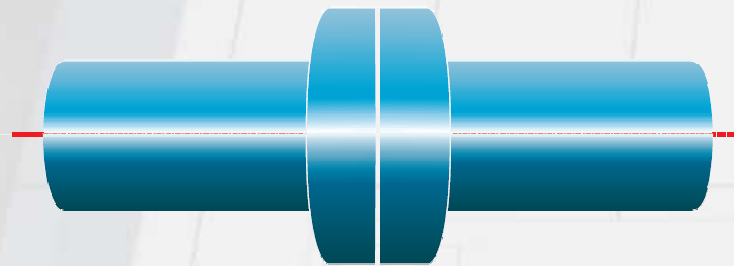


... und 70 weitere Distributoren weltweit!



Eine fehlerhafte
Maschinenausrichtung bedeutet
zwangsweise mehr Energieverluste.

Was bedeutet „gute Ausrichtung“?



Die Drehachsen
müssen **unter Betriebsbedingungen** fluchten.

Betriebsbedingungen bedeuten:

▶ Thermisches Wachstum

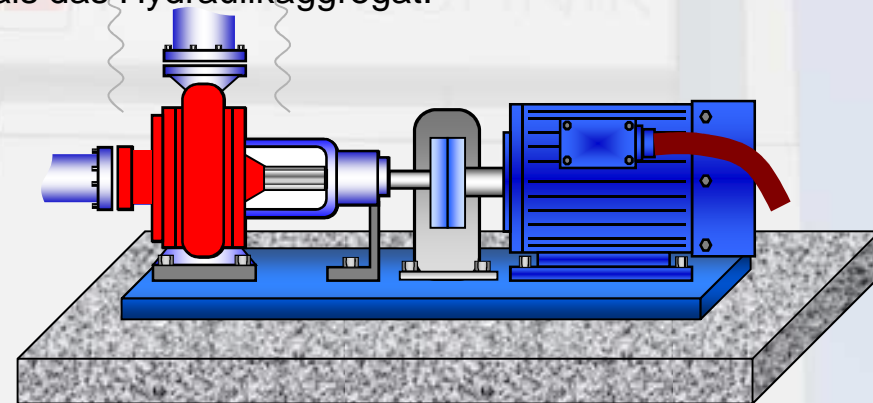
Aggregate verändern in Abhängigkeit zur Temperatur ihre Größe und somit ihre Ausrichtung zueinander

Beispiel:

Kokerei, Antriebsmotor 800 Kw, 1500 U/min. Antrieb einer Knochenmühle

Der Motor treibt ein Hydraulikaggregat, welches stufenlos in der Drehzahl variabel ist. Die Drehzahl wird über den Ölstand der Hydraulik eingestellt. Das Hydraulikaggregat wächst im laufenden Betrieb um 0,45 mm. Der Motor wächst unter den gleichen Betriebsbedingungen lediglich um 0,2 mm. Es verbleibt eine Differenz von 0,25 mm, der Motor ist um diesen Betrag im kalten Zustand höher auszurichten als das Hydraulikaggregat.

Das thermische Wachstum ist die größte Fehlerquelle bei Fehlansichtungen



Betriebsbedingungen bedeuten:

▶ Veränderung des Ausrichtzustandes über die Zeit

Über die Zeit verändert sich der Ausrichtzustand der Maschine unmerklich. Die Größenordnung der Veränderung hängt von der Schwingungsbelastung des Aggregates, sowie von der Abnutzung der einzelnen Bauteile ab. Idealerweise sollte der Ausrichtzustand einer Maschine in regelmäßigen Abständen überprüft werden.

▶ Fundamentsetzbewegungen

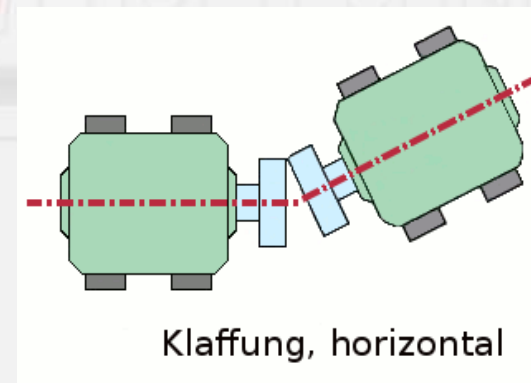
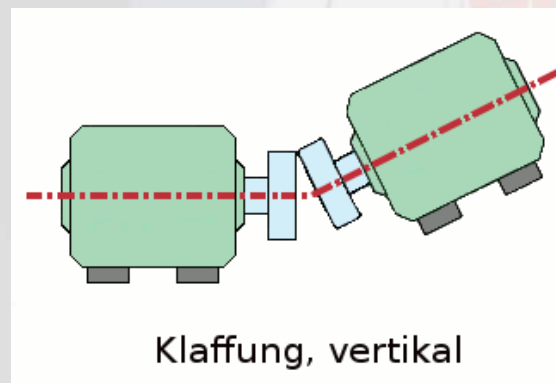
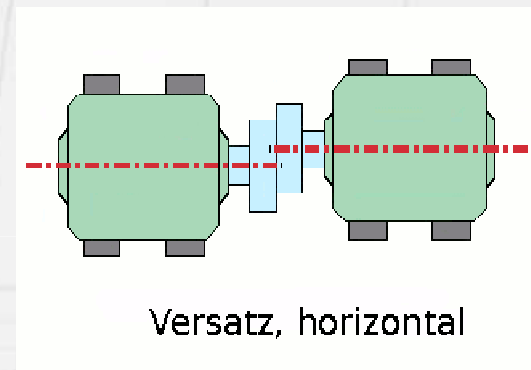
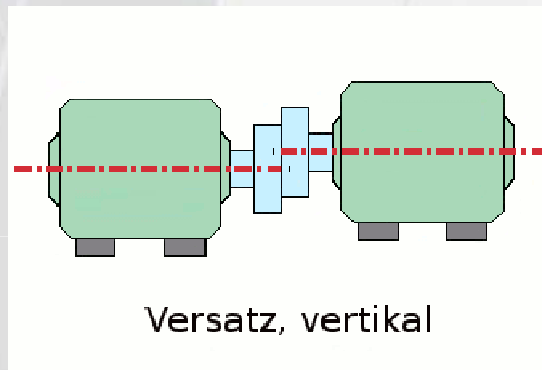
Fundamentsetzbewegungen im größeren Umfang findet bei neuen Fundamenten in den ersten 3 Jahren statt und auch in Gebieten, die sehr stark im Zusammenhang mit dem Bergbau stehen. Durch das Absenken der Fundamente können sich die Aggregate deutlich zueinander verspannen und massiv in ihren Laufeigenschaften beeinträchtigt werden.

Regelmäßige Kontrollen erhalten die gute Ausrichtung.
Setzbewegungen können permanent oder stichpunktartig überprüft werden.

Die vier Versatzarten:

Seitenansicht

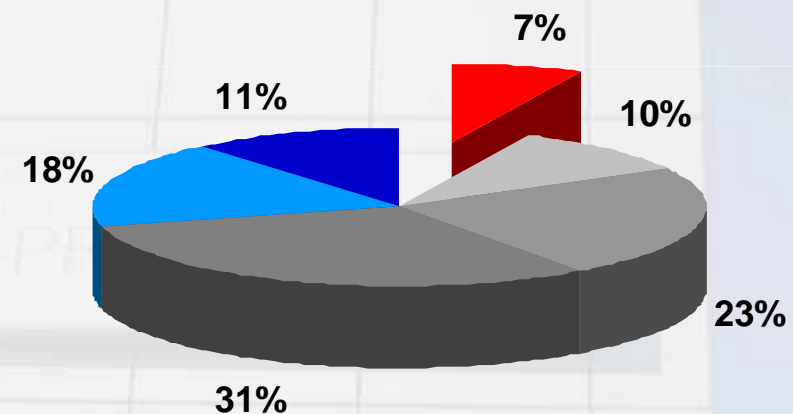
Draufsicht



Die Realität bezüglich der Ausrichtung an einem Fallbeispiel: Chemiekonzern, England

- 160 zufällig ausgewählte Maschinen
- Drehzahl der Maschinen: 3.000 U/Min
- Maschinen waren schon konventionell (Messuhr / Haarlineal) ausgerichtet

Versatz (mm)	Gemessene Maschinen
0,00 – 0,05	7% akzeptable Ausrichtung
0,06 – 0,10	10% außerhalb der Toleranz
0,11 – 0,20	23% außerhalb der Toleranz
0,21 – 0,50	31% außerhalb der Toleranz
0,51 – 1,00	18% außerhalb der Toleranz
> 1,00	11% außerhalb der Toleranz



Statistikquelle: größerer Chemiekonzern in England

Nur etwa 7% der gemessenen Maschinen sind innerhalb der Toleranz ausgerichtet!

Folgen schlechter Ausrichtung:

- Erhöhung der Last auf die Welle
- Erhitzen der Kupplung Reaktionskräfte
- Erhöhte Temperatur im Lagergehäuse
- Überhöhte Schwingungen

Dies führt zu:

- größerer Verschleiß an Lagern, Dichtungen, Welle und Kupplung
- **höherer Stromverbrauch und damit schlechtere Leistungsbilanz**

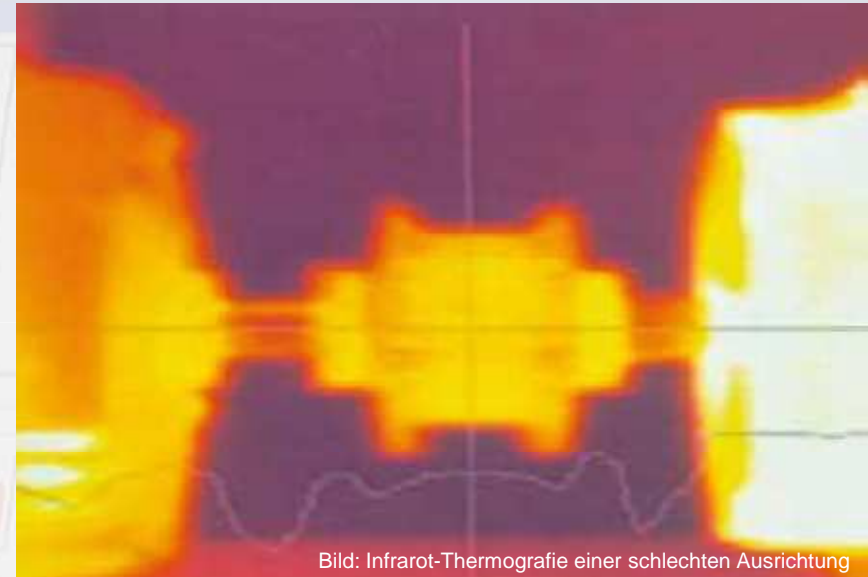
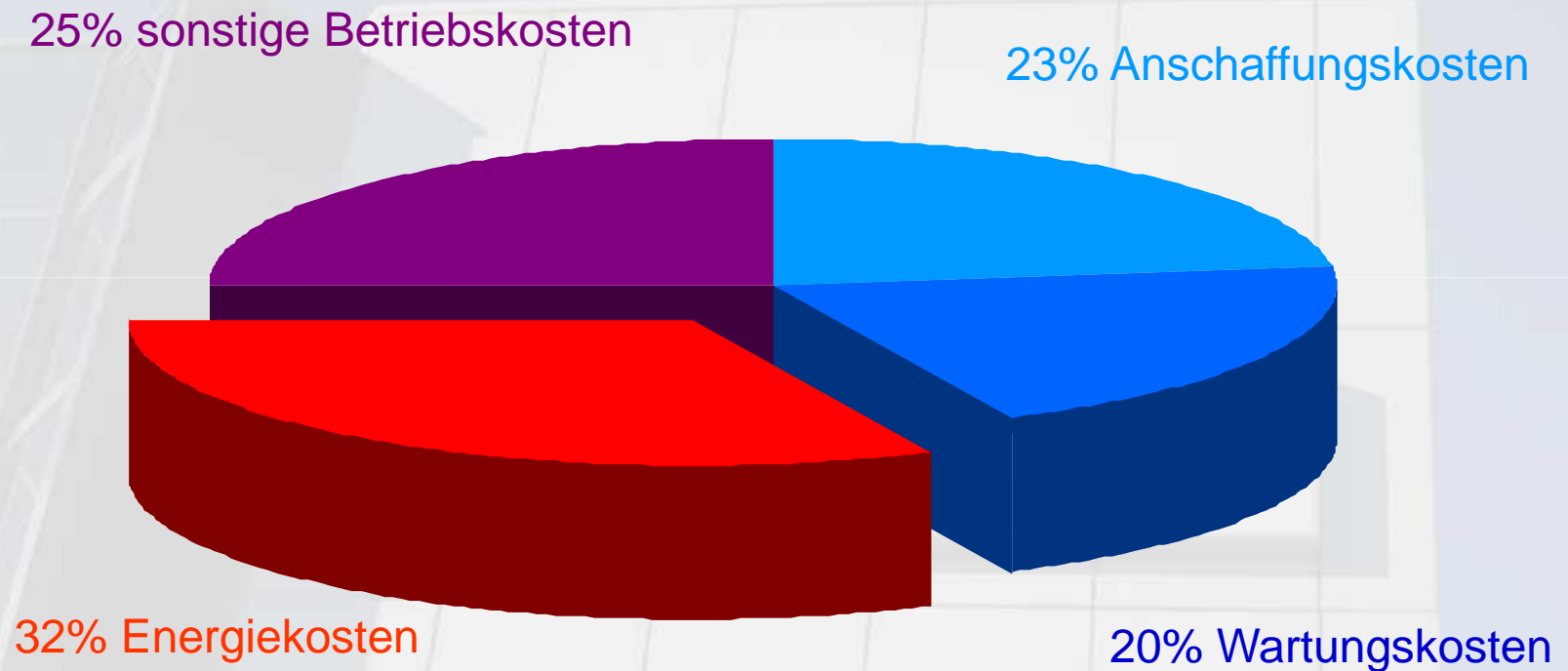


Bild: Infrarot-Thermografie einer schlechten Ausrichtung

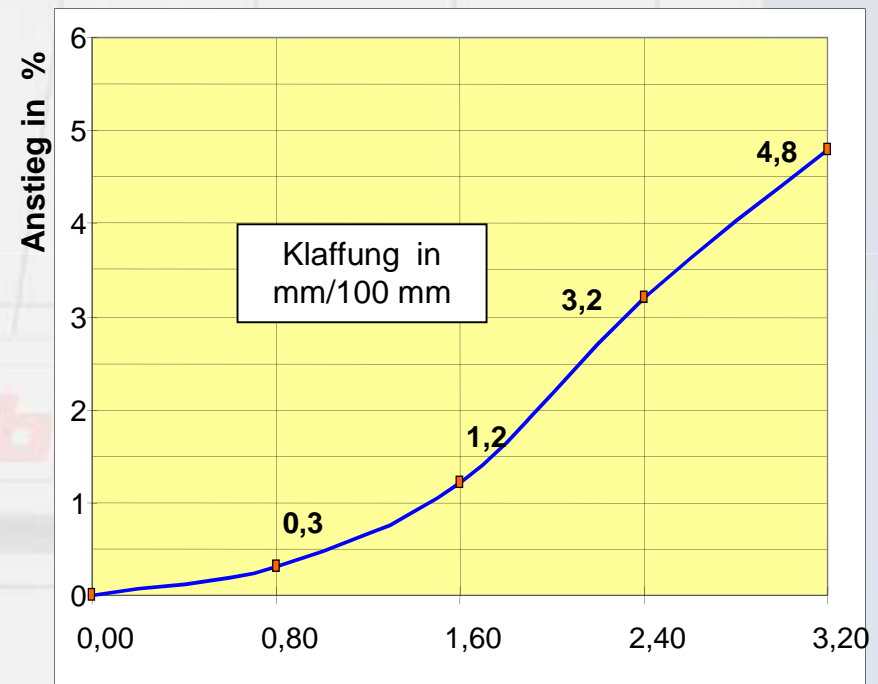
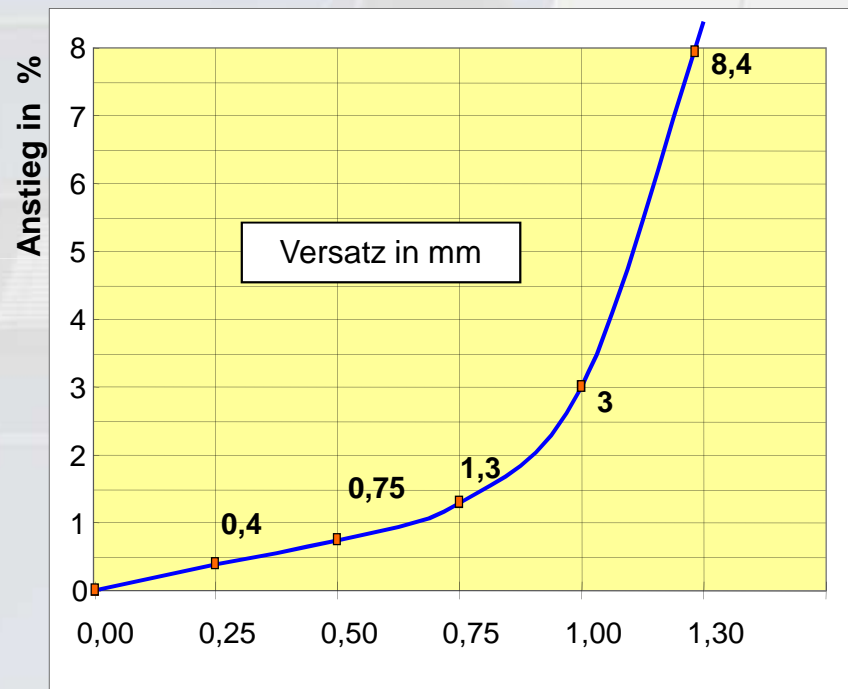
Typische Lebenszyklus-Kosten einer Pumpe mittlerer Größe:



Die Daten entsprechen dem Mittel der Kostenstatistiken verschiedenen Pumpenhersteller

Steigerung der Energieeffizienz durch gute Ausrichtung

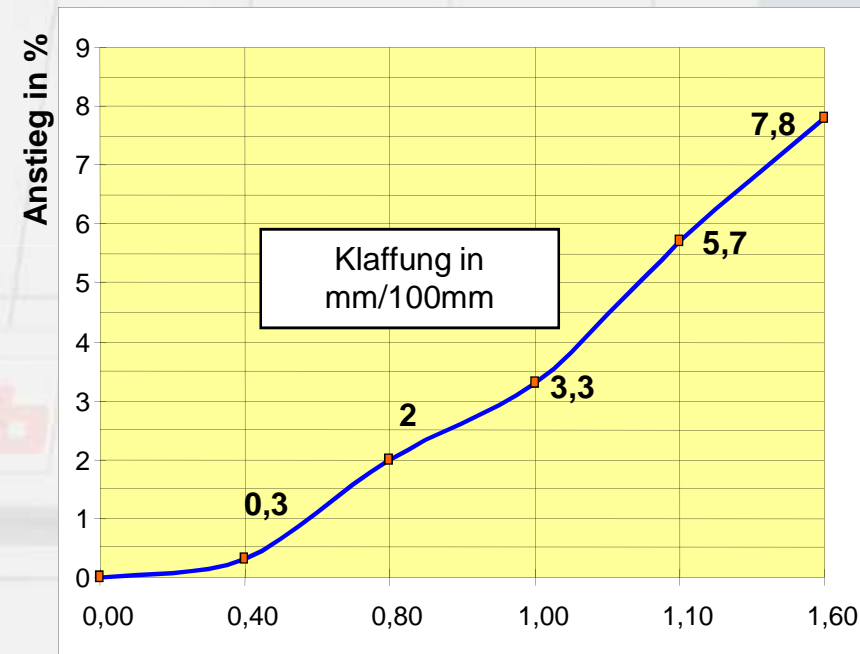
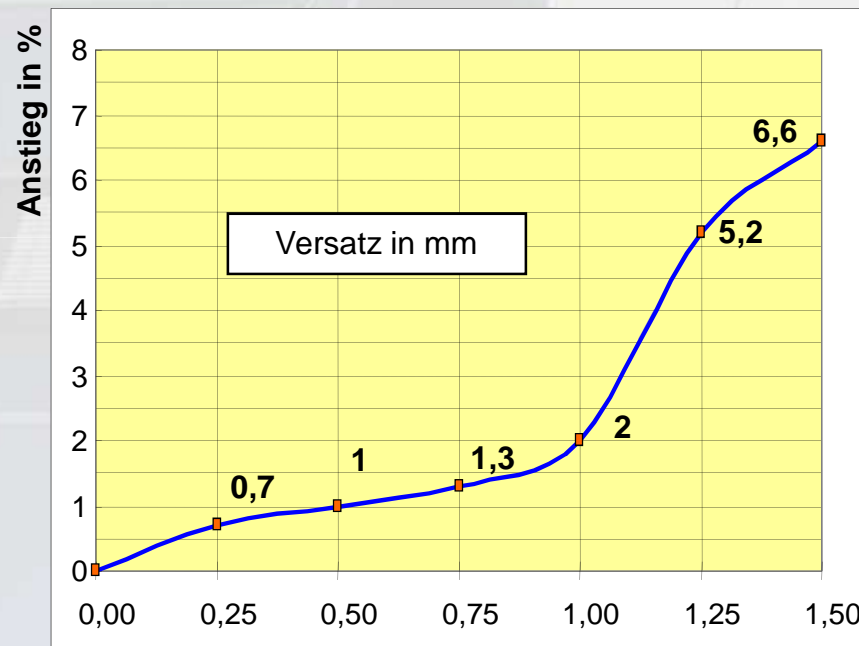
Fehlausrichtung einer **Reifenkupplung** – Ergebnisse zeigen Zunahme des Energieverbrauches



Energieverluste aus Versatz und Klaffung addieren sich auf.

Steigerung der Energieeffizienz durch gute Ausrichtung

Fehlausrichtung einer **Bolzenkupplung** – Ergebnisse zeigen Zunahme des Energieverbrauches



Durch die steifere Kupplung vergrößern sich die Energieverluste.

Steigerung der Energieeffizienz durch gute Ausrichtung

Auswirkung der Ausrichtung auf den Stromverbrauch am Beispiel 1:

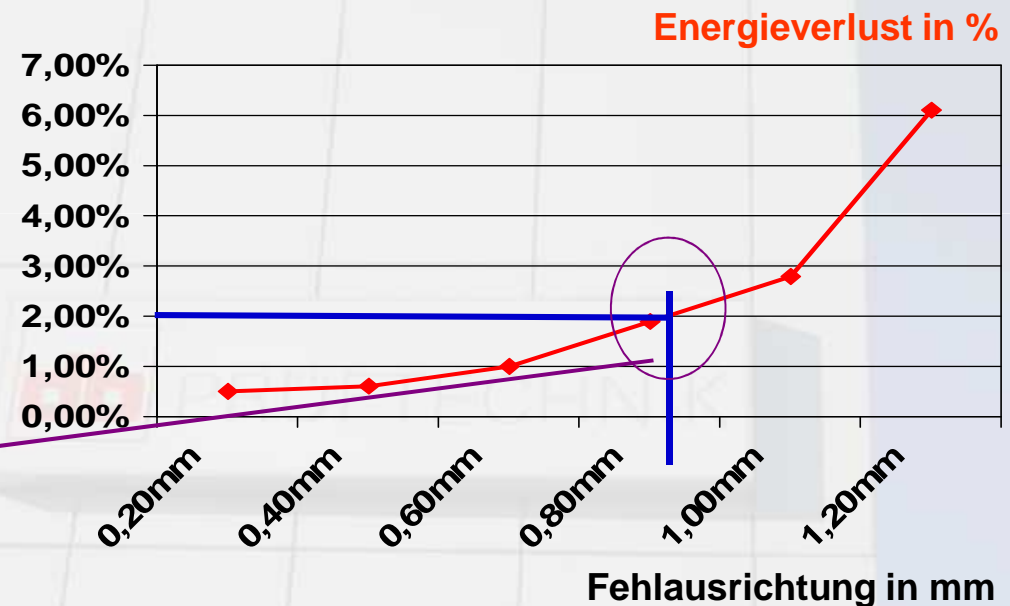
1. Ausgangssituation:

- Eine 75 kW Pumpe mit FehlAusrichtung **0,75mm**
- Betrachtungszeitraum 360 t (8.640h)
- Strompreis: 0,15 € / kWh (Normaltarif)

Verlorene Energiekosten mit Verlust 2,0 %:

$$360 \text{ t} \times 24 \text{ h} \times (75 \text{ kW} \times 0,02) \times 0,15 \text{ € / kWh} = 1.944,- \text{ €}$$

Energieverlust an einer Kupplung bei 1.500 U/min



Die Daten basieren auf einer ICI Studie über Energieverbrauch hinsichtlich der Wellenausrichtung

Auswirkung der Ausrichtung auf den Stromverbrauch am Beispiel 1:

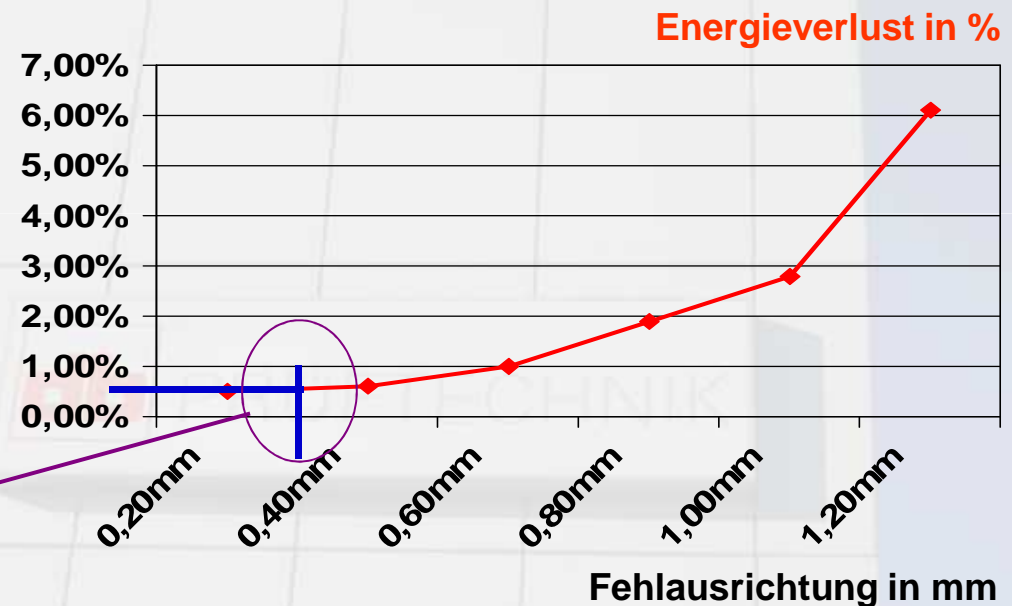
2. Ausgangssituation:

- Eine 75 kW Pumpe mit Fehlausrichtung **0,20 mm**
- Betrachtungszeitraum 360 t (8.640h)
- Strompreis: 0,15 € / kWh

Verlorene Energiekosten mit Verlust 0,5 %:

$$360 \text{ t} \times 24 \text{ h} \times (75 \text{ kW} \times 0,005) \times 0,15 \text{ € / kWh} = 486,- \text{ €}$$

Energieverlust an einer Kupplung bei 1.500 U/min



Die Daten basieren auf einer ICI Studie über Energieverbrauch hinsichtlich der Wellenausrichtung

Auswirkung der Ausrichtung auf den Stromverbrauch am Beispiel 1:

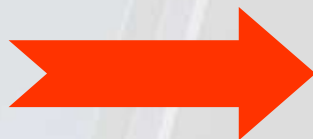
Gegenüberstellung:

Energieverlustkosten einer 75kW-Pumpe mit **0,75mm Versatz:**

1.944,- €

Energieverlustkosten einer 75kW-Pumpe mit **0,20mm Versatz:**

486,- €



Jährliche Ersparnis an Energiekosten von 1.458,- EUR

- allein schon an einer Pumpe (75 kW)!

Auswirkung der Ausrichtung auf den Stromverbrauch am Beispiel 2:

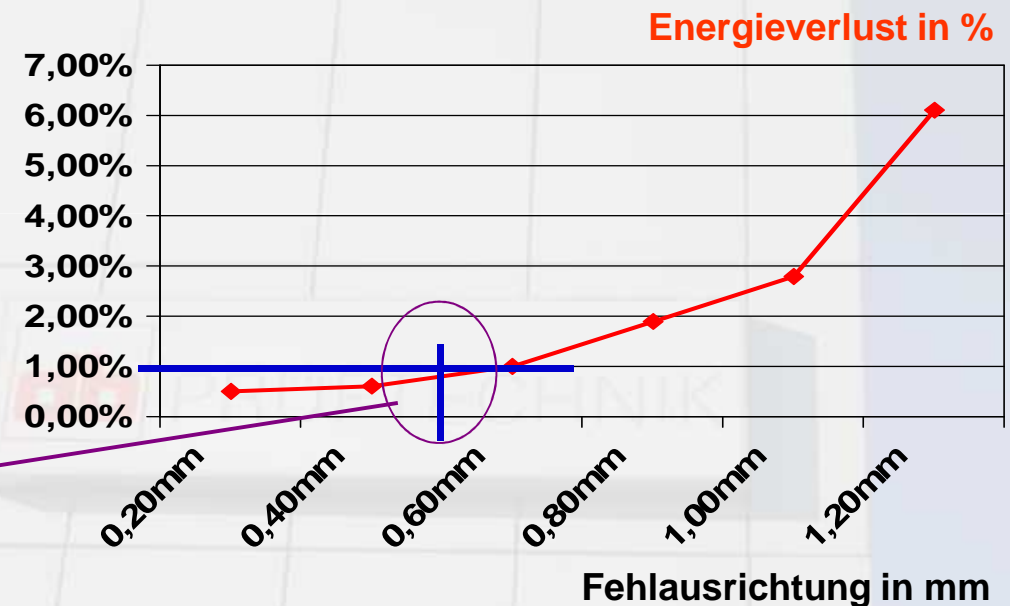
1. Ausgangssituation:

- Zwei 800 kW Motoren mit FehlAusrichtung **0,40mm**
- Betrachtungszeitraum 1 Jahr (8.640h)
- Strompreis: 0,08 € / kWh (Großkunde)

Verlorene Energiekosten mit Verlust 1 %:

$$360 \text{ t} \times 24 \text{ h} \times (2 \times 800 \text{ kW} \times 0,01) \times 0,08 \text{ € / kWh} = 11.059,- \text{ €}$$

Energieverlust an einer Kupplung bei 1.500 U/min



Die Daten basieren auf einer ICI Studie über Energieverbrauch hinsichtlich der Wellenausrichtung

Auswirkung der Ausrichtung auf den Stromverbrauch am Beispiel 2:

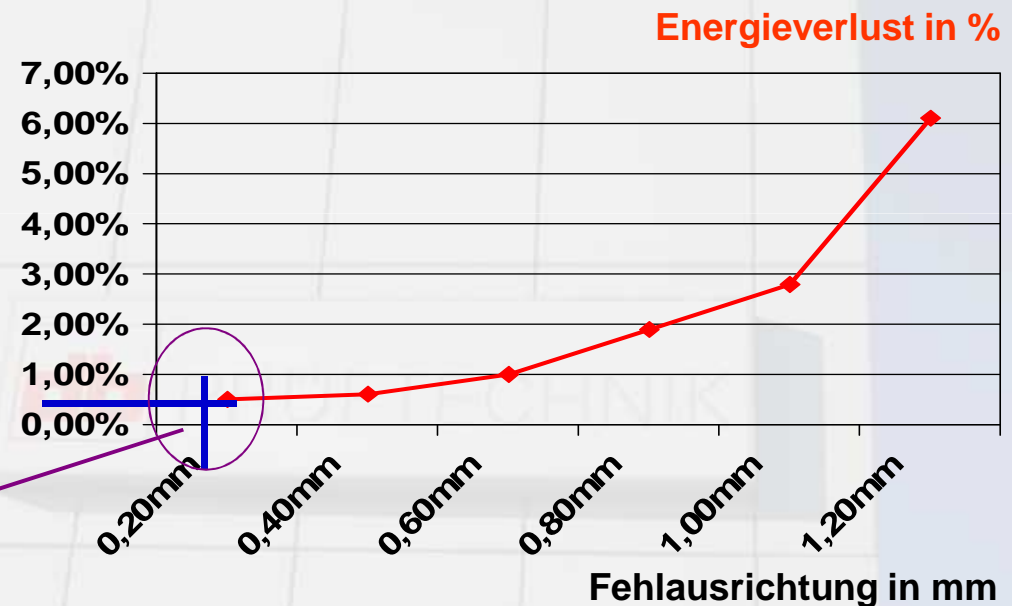
2. Ausgangssituation:

- Zwei 800 kW Motoren mit Fehlausrichtung < **0,05 mm**
- Betrachtungszeitraum 360 t (8.640h)
- Strompreis: 0,08 € / kWh (Großkunde)

Verlorene Energiekosten mit Verlust 0,15%:

$$360 \text{ t} \times 24 \text{ h} \times (2 \times 800 \text{ kW} \times 0,0015) \times 0,08 \text{ € / kWh} = 1.659,- \text{ €}$$

Energieverlust an einer Kupplung bei 1.500 U/min



Die Daten basieren auf einer ICI Studie über Energieverbrauch hinsichtlich der Wellenausrichtung

Auswirkung der Ausrichtung auf den Stromverbrauch:

Gegenüberstellung:

Energieverlustkosten von 2 x 800 kW Motoren mit **0,40 mm Versatz**:

11.059,- €

Energieverlustkosten von 2 x 800 kW Motoren mit **< 0,05 mm Versatz**:

1.659,- €



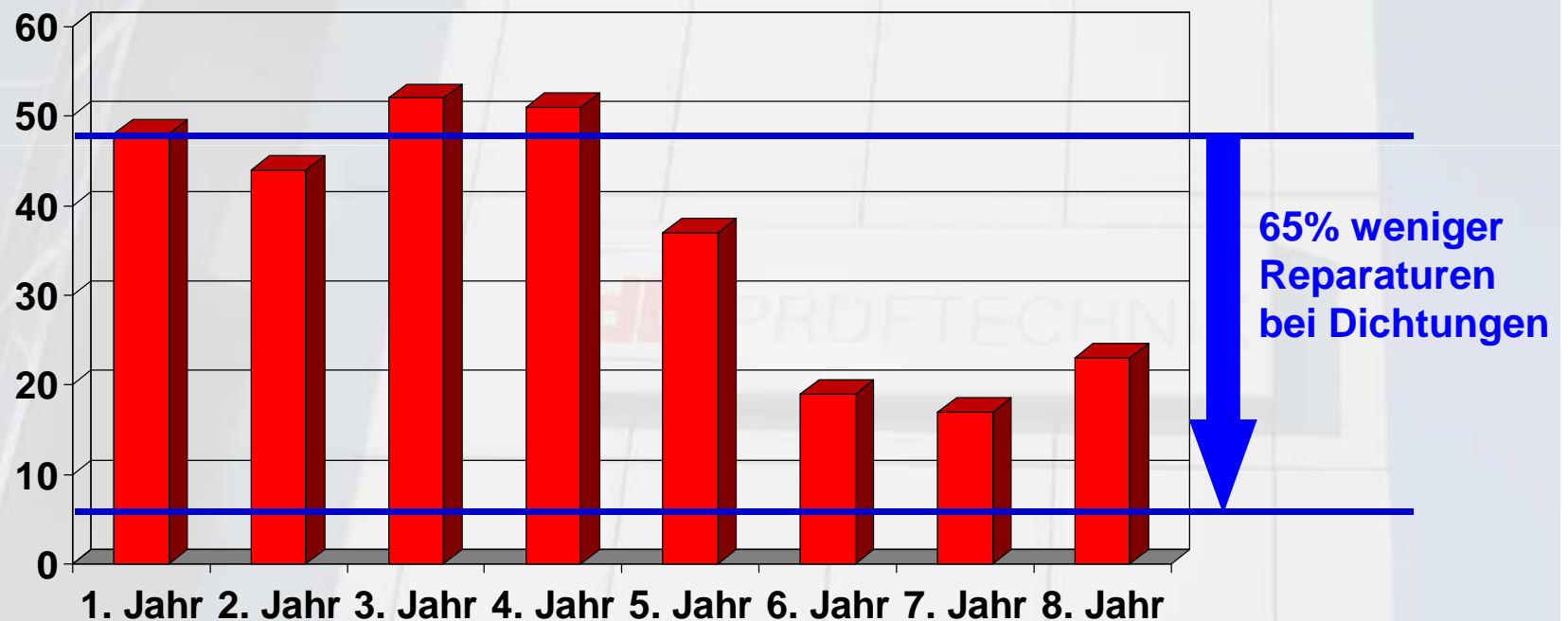
Jährliche Ersparnis an Energiekosten von 9.400,- EUR

- an zwei Motoren (je 800 kW)!

Steigerung der Energieeffizienz durch gute Ausrichtung

Weitere Vorteile einer guten Ausrichtung:

Anzahl mechanischer Dichtungsreparaturen:

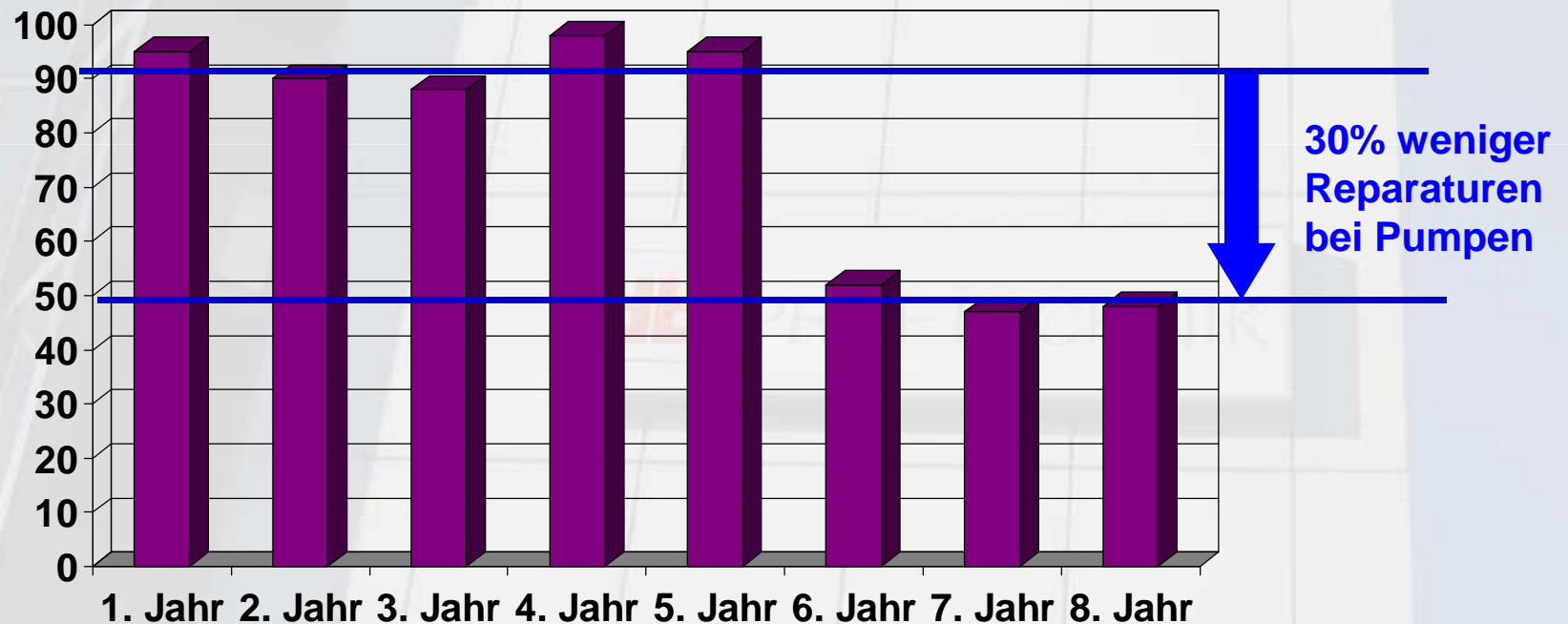


Quelle: HOECHST AG Gendorf / Deutschland

Steigerung der Energieeffizienz durch gute Ausrichtung

Weitere Vorteile einer guten Ausrichtung:

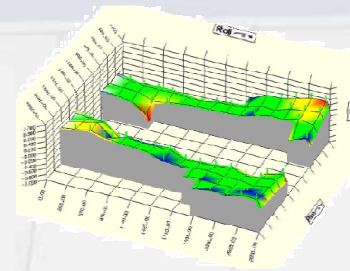
Anzahl der Pumpenreparaturen:



Quelle: HOECHST AG Gendorf / Deutschland

Was kann man für eine gute Ausrichtung tun?

Ebene Fundamente –
mit Laser vermessen



LEVALIGN Ultra

Laseroptische Wellenausrichtung,
z.B. mit thermischem Wachstum



ROTALIGN Ultra
OPTALIGN smart

Kontinuierliche Überwachung
der Maschinenbewegung



HYDRALIGN
PERMALIGN

Geringere Verluste durch zusätzliche Walkarbeit

- ▶ Eine verspannte Kupplung generiert durch ihre Zwangslage Rückstellkräfte
- ▶ Erhöhte Rückstellkräfte bedeuten Energieverluste > höherer Stromverbrauch
- ▶ Zusätzlich erwärmt sich durch die zusätzliche Walkarbeit die Kupplung
- ▶ Es entsteht zusätzliche Wärme, diese geht direkt über auf die Lagersitze und erwärmt diese
- ▶ Der Schmierstoff in den Lagern wird dadurch ebenfalls erwärmt, seine max. Lebensdauer deutlich reduziert
- ▶ Das Schmierfett altert vorzeitig, es verharzt und das Lager läuft trocken
- ▶ Das Lager läuft heiß, es kommt zu einem Lagerschaden

Ungeplante Stillstände und Produktionsausfallkosten

- ▶ Ein Lagerschaden bedeutet in der Regel einen ungeplanten Stillstand
- ▶ ungeplante Stillstände treten in aller Regel am Wochenende oder nach geplanten Revisionen auf
- ▶ meistens ist das benötigte Ersatzteil nicht auf Lager oder hat eine lange Lieferzeit
- ▶ bedingt durch einen Lagerschaden können andere Bauteile mit beschädigt werden, im schlimmsten Fall entsteht ein Totalschaden des Aggregates
- ▶ Produktionsausfallkosten je Betriebsstunde????
- ▶ häufig Just-in-time Fertigung oder Auftragsfertigung, es droht Auftrags- und Imageverlust

Minimierung der Schwingungen

- ▶ bedingt durch eine fehlerhafte Maschinenausrichtung entstehen oftmals hohe Schwingungen (im Spektrum ist die **doppelte** Drehfrequenz sichtbar)
- ▶ erhöhte Schwingungen führen zu einer zusätzlichen Belastung der Lager und Gleitringdichtungen > schnellerer Verschleiß
- ▶ zudem können durch die Schwingung Schmutzpartikel in das Lager eindringen und es somit zusätzlich schädigen
- ▶ unruhiger Maschinenlauf kann die Produktqualität beeinträchtigen

Zusammenfassung

- ▶ Verlängerung der Nutzungsdauer sowie eine erhöhte Zuverlässigkeit der Anlagen
- ▶ Reduzierung der Ausgaben für Ersatzteile und Reparaturen
- ▶ Arbeitseinsparung in der Instandhaltung
- ▶ Reduzierung der Produktionsausfälle aufgrund ungeplanter Stillstände
- ▶ Erhöhte Betriebssicherheit
- ▶ Verminderung der Energiekosten durch Reibungsverluste
- ▶ Deutlich ruhigerer Maschinenlauf
- ▶ Erhöhung der Produktqualität
- ▶ Höhere max. Maschinengeschwindigkeiten
- ▶ Reduzierung der Anlagenversicherung durch bessere Betriebsergebnisse



Ein Excel-Tool: Die Kosten einer Fehlausrichtung

1. Eingeben des Versatzes, der Leistung und der Anzahl der Pumpen
2. Automatische Kalkulation der Dichtungskosten
3. Automatische Kalkulation der Kosten für neue Lager und für Reparaturen
4. Darstellung der gesamten Kosten einer Pumpe hinsichtlich ihrer Fehlausrichtung

Holen Sie sich Ihren kostenlosen USB-Stick mit dem Tool an unserem Ausstellungsstand!

Purchase justification for laser shaft alignment

Summary

Annual savings on plant when alignment is better than 0,05 mm compared to typical measured alignment of 0,5 mm.

Saving on power costs	563,32
Saving on replacement seals	256,60
Saving on replacement bearings	107,00
Saving on pump repairs	705,65
Total additional cost over one year **	1632,60
Total additional running cost of 5 year period **	8163,01

** these cost are additional to the expected annual running cost **306,51**

Vielen Dank

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

**Bitte besuchen Sie uns auf
www.pruftechnik.com**