SES System Effizienz Service®

Nachhaltige Steigerung der Anlageneffizienz durch die Analyse des Systems

KSB SupremeServ

KSB

Wie viele Pumpen verantworten Sie?

1 - 5

5 - 20

> 20

Welchen Fokus haben Sie bei Analysen in Pumpensystemen?

1 Energieeffizienz

2 Verfügbarkeit

3 Schadensanalyse

SES System Effizienz Service®

Inhaltsverzeichnis

1. **Motivation**
2. Vorgehen bei der Systemanalyse
3. Praxisbeispiele
4. Fragen und Antworten

KSB SupremeServ

SES System Effizienz Service®

Motivation

- Lohnt sich eine Analyse bzw. gibt es Potentiale in meiner Anlage?

SES System Effizienz Service®

Motivation

- Lohnt sich eine Analyse bzw. gibt es Potentiale in meiner Anlage?

Welches Ziel?

- Steigerung Energieeffizienz
- Veränderung der Anlage
- Zustandsanalyse
- Schadensanalyse

SES System Effizienz Service®

Lebenszykluskosten

$$LCC = C_{ic} + C_d + C_{in} + C_0 + C_m + C_{env} + C_s + C_e$$

C_{ic}	=	Investitionskosten
C_d	=	Kosten für Stilllegung und Entsorgung
C_{in}	=	Installations- und Inbetriebnahmekosten
C_0	=	Betriebskosten (Systemüberwachung)
C_m	=	Instandhaltungskosten
C_{env}	=	Umweltkosten
C_s	=	Ausfallkosten/ Stillstand
C_e	=	Energiekosten

Quelle: KSB Kreiselpumpenlexikon

SES System Effizienz Service®

Lebenszykluskosten

$$LCC = C_{ic} + C_d + C_{in} + C_0 + C_m + C_{env} + C_s + C_e$$

C_{ic}	=	Investitionskosten
C_d	=	Kosten für Stilllegung und Entsorgung
C_{in}	=	Installations- und Inbetriebnahmekosten
C_0	=	Betriebskosten (Systemüberwachung)
C_m	=	Instandhaltungskosten
C_{env}	=	Umweltkosten
C_s	=	Ausfallkosten/ Stillstand
C_e	=	Energiekosten

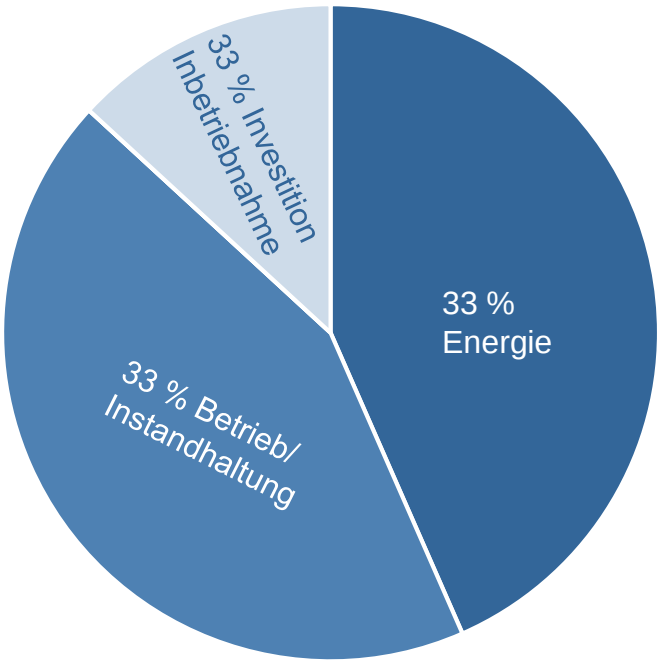
Fokus

- Investitions- und Inbetriebnahmekosten
- Betriebs- und Instandhaltungskosten
- Energiekosten

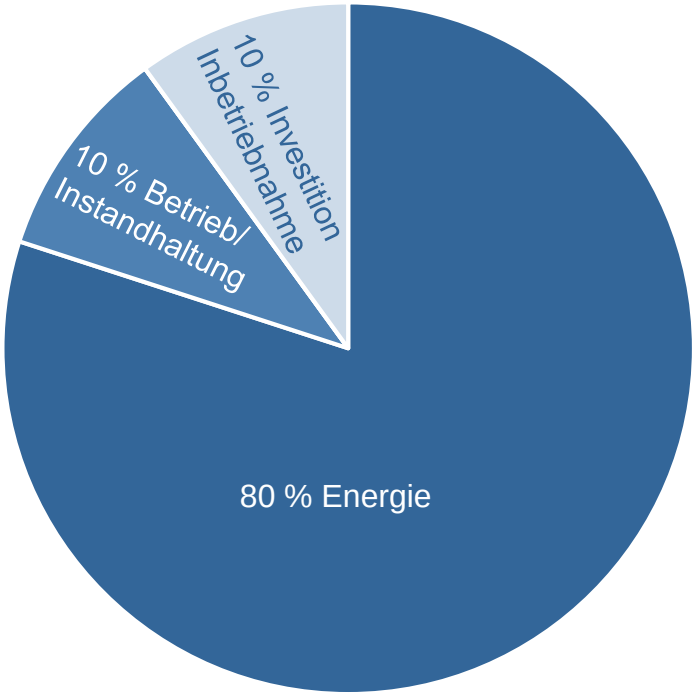
Quelle: KSB Kreiselpumpenlexikon

Wie schätzen Sie die Verteilung der Lebenszykluskosten bei einer Betrachtung von 10 Jahren?

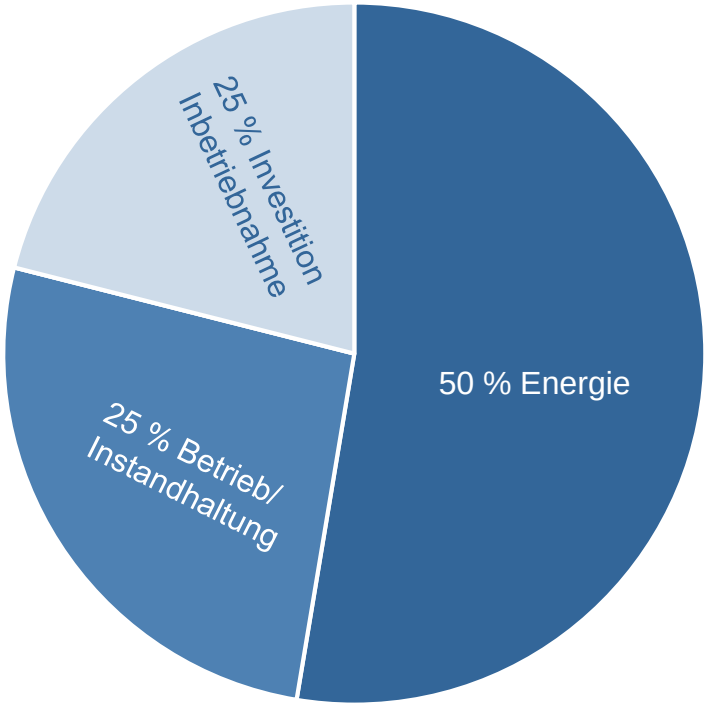
1.



2.



3.

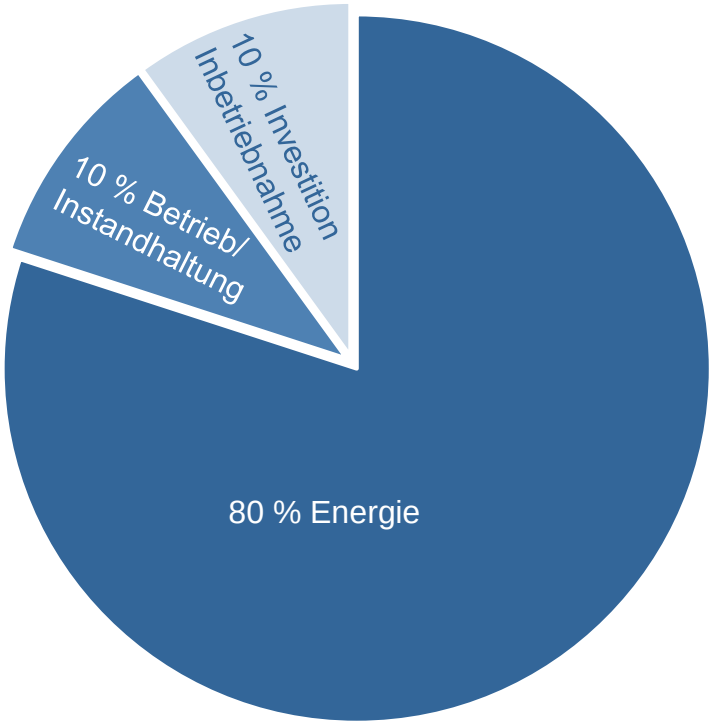


SES System Effizienz Service®

Lebenszykluskosten

$$LCC = C_{ic} + C_d + C_{in} + C_0 + C_m + C_{env} + C_s + C_e$$

C_{ic}	=	Investitionskosten
C_d	=	Kosten für Stilllegung und Entsorgung
C_{in}	=	Installations- und Inbetriebnahmekosten
C_0	=	Betriebskosten (Systemüberwachung)
C_m	=	Instandhaltungskosten
C_{env}	=	Umweltkosten
C_s	=	Ausfallkosten/ Stillstand
C_e	=	Energiekosten



Quelle: KSB Kreiselpumpenlexikon

SES System Effizienz Service®

Energiekosten

$$C_e = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{3{,}6 \cdot 10^6 \cdot \eta_{Gr}} \cdot z \cdot e$$

ρ	=	Dichte [kg/m³]
g	=	Erdbeschleunigung [m/s²]
Q	=	Förderstrom [m³/h]
H	=	Förderhöhe [m]
η_{Gr}	=	Wirkungsgrad Gesamtaggregat
z	=	Betriebsstunden [h/a]
e	=	spezifische Energiekosten [€/kWh]

SES System Effizienz Service®

Energiekosten

$$C_e = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{3{,}6 \cdot 10^6 \cdot \eta_{Gr}} \cdot z \cdot e$$

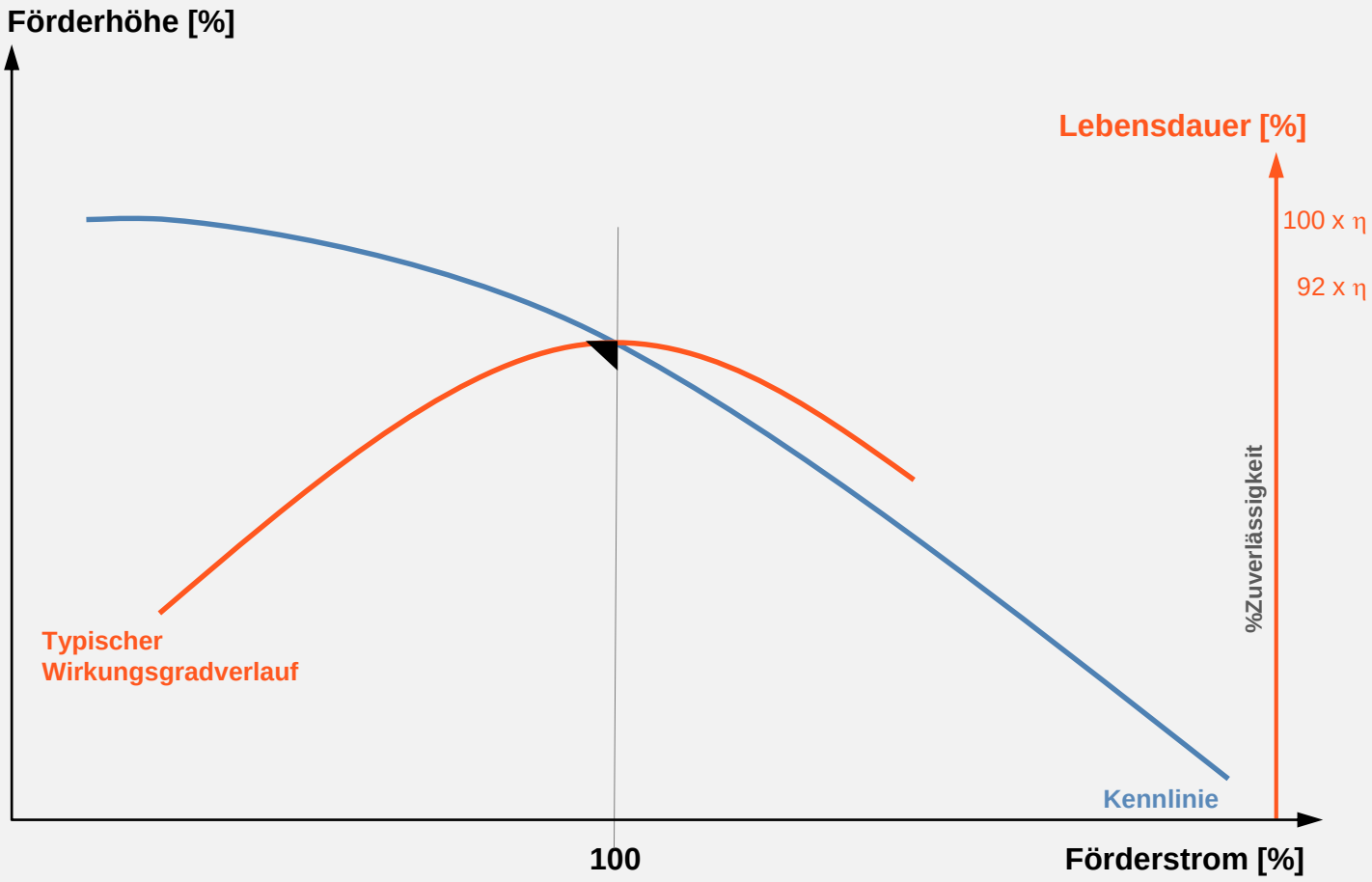
ρ	=	Dichte [kg/m³]
g	=	Erdbeschleunigung [m/s²]
Q	=	Förderstrom [m³/h]
H	=	Förderhöhe [m]
η_{Gr}	=	Wirkungsgrad Gesamtaggregat
z	=	Betriebsstunden [h/a]
e	=	spezifische Energiekosten [€/kWh]

Optimierungsansätze

- Förderstrom Q
  - Bypass
- Förderhöhe H
  - Reduzierung Druckverluste
  - Absenkung Systemdruck
- Wirkungsgrade η_{Gr}
  - Pumpe
  - Motor
  - Frequenzumrichter
  - Etc. Getriebe

SES System Effizienz Service®

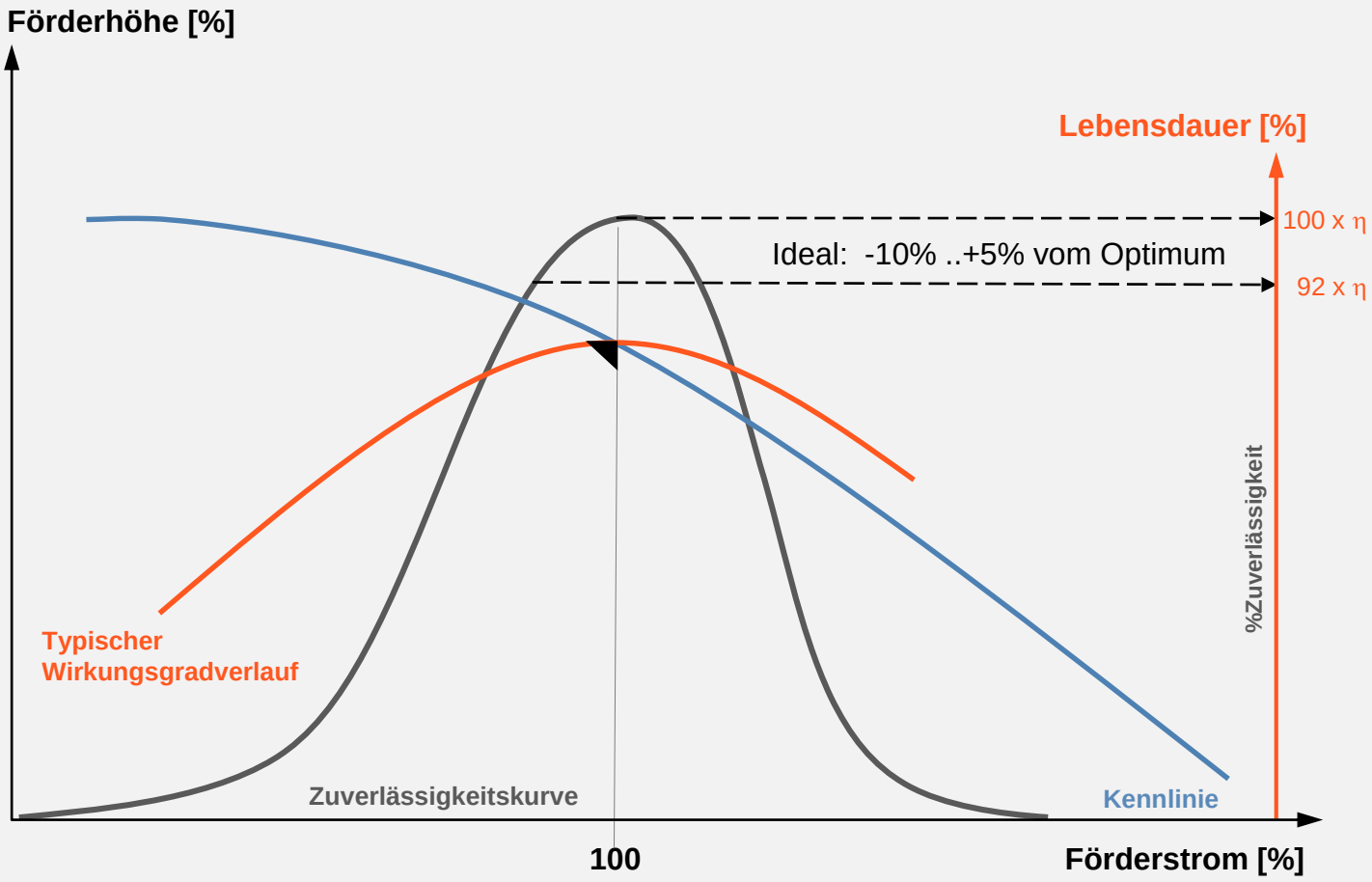
Einfluss des Betriebspunktes



Quelle: Judy Hodgson (Du Pont), „Predicting Maintenance Costs Accurately", Pumps & Systems, April 2004

SES System Effizienz Service®

Einfluss des Betriebspunktes

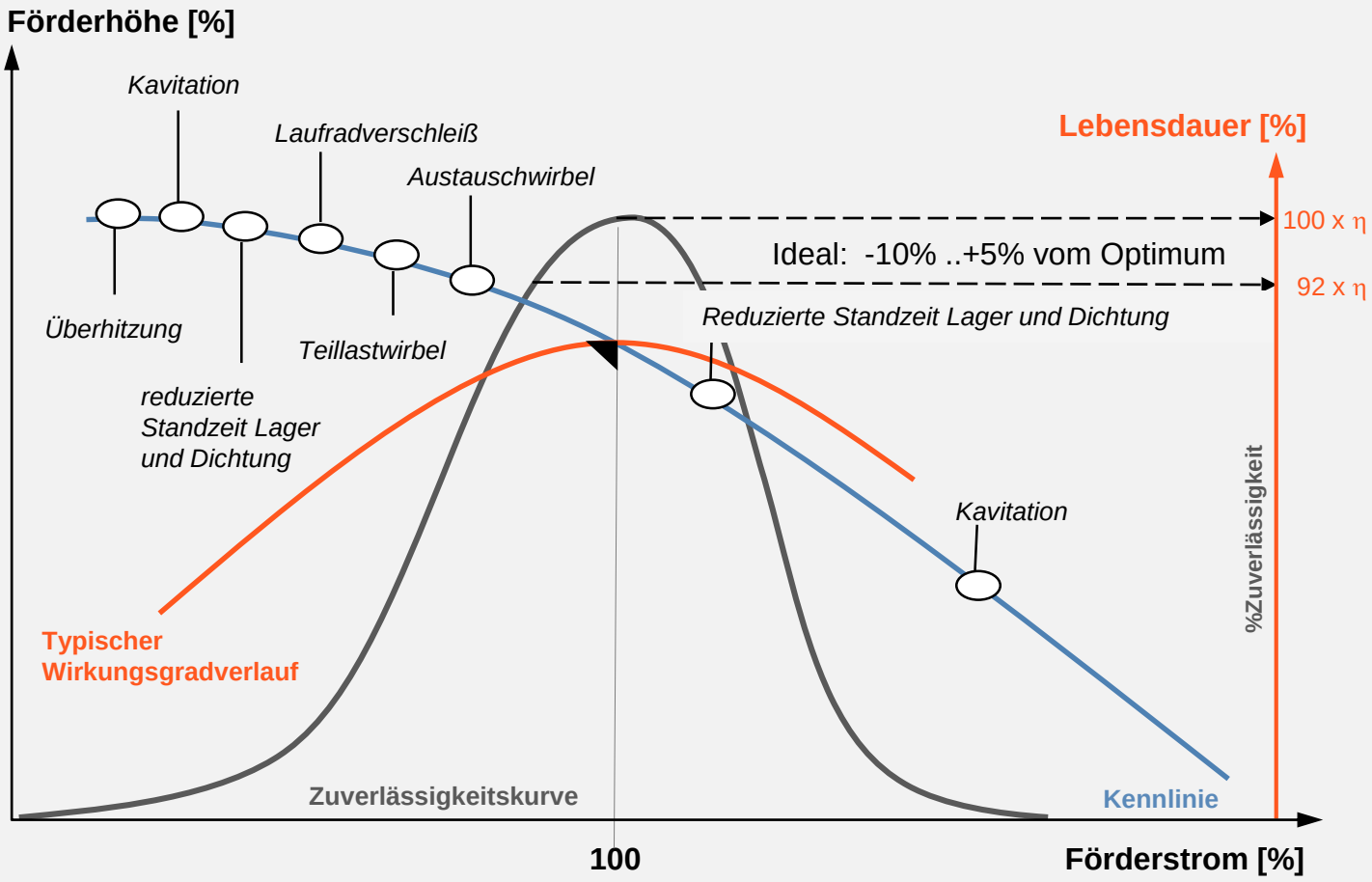


Quelle: Judy Hodgson (Du Pont), „Predicting Maintenance Costs Accurately", Pumps & Systems, April 2004

- Einsatz im Optimum führt zu einem effizienten Betrieb
  - Hohe Effizienz
  - Hohe Verfügbarkeit

SES System Effizienz Service®

Einfluss des Betriebspunktes



Quelle: Judy Hodgson (Du Pont), „Predicting Maintenance Costs Accurately", Pumps & Systems, April 2004

- Einsatz im Optimum führt zu einem effizienten Betrieb
  - Hohe Effizienz
  - Hohe Verfügbarkeit

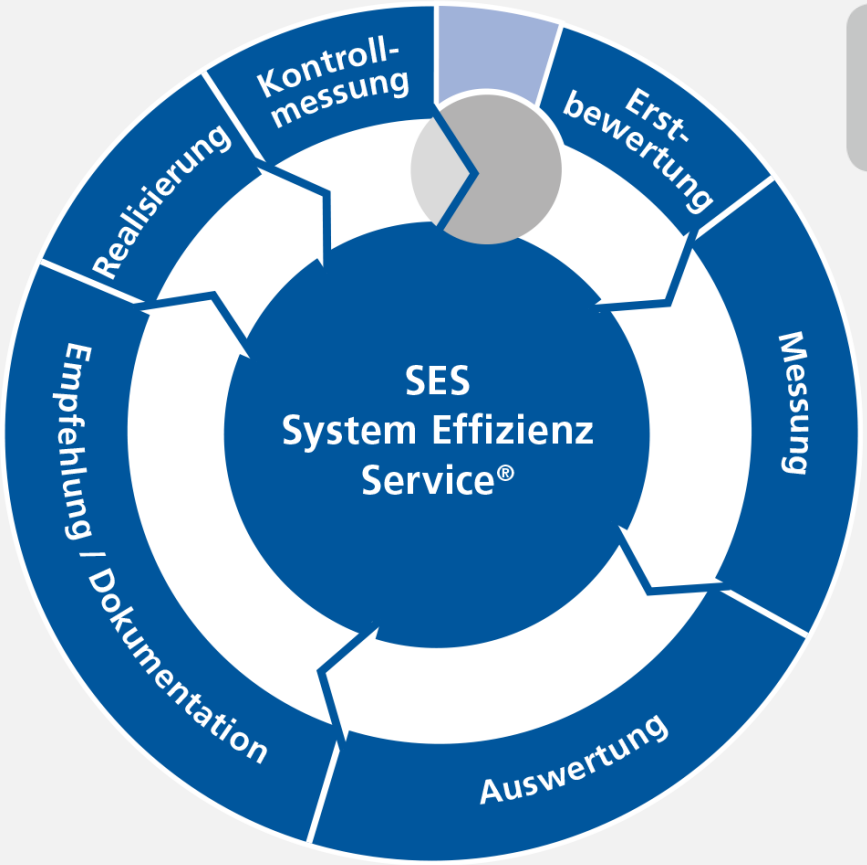
SES System Effizienz Service®

Inhaltsverzeichnis

1. Motivation
2. **Vorgehen bei der Systemanalyse**
3. Praxisbeispiele
4. Fragen und Antworten

SES System Effizienz Service®

Prozess



ISO 50001

SES System Effizienz Service®

Erstbewertung

			Pumpe 1	Pumpe 2
Nennbetriebsdaten Pumpe				
Anlagenkennzeichen Pumpe/ ID			*P001*	*P002*
Hersteller			*KSB*	*KSB*
Baureihe			*ETN 200-150-400*	*ETN 200-150-400*
Werk-Nummer			*997123456*	*997123457*
Baujahr			*2020*	*2020*
Förderstrom	**Q**	**[m³/h]**	*150*	*150*
Förderhöhe	**H**	**[m]**	*50*	*50*
Laufraddurchmesser		**[mm]**	*300*	*300*
DN Saugstutzen		**-**	*200*	*200*
DN Druckstutzen		**-**	*150*	*150*
Drehzahl	**n**	**[1/min]**	*1450*	*1450*
Nennbetriebsdaten Motor				
Hersteller			HELMKE	HELMKE
Baureihe			DOR123M-02-2G-145	DOR123M-02-2G-145
Werk-Nummer			110000999	110000998
Leistung	**P**	**[kW]**	*45*	*45*
Spannung	**U**	**[V]**	*400*	*400*
Strom	**I**	**[A]**	*78,5*	*78,5*
Leistungsfaktor	**cosφ**	**-**	*0,9*	*0,9*
Drehzahl	**n**	**[1/min]**	*1485*	*1485*

Sinnvoller Start!?

- Arbeitsblatt erstellen
- Anlagenbegehung

			Pumpe 1	Pumpe 2
Anlagendaten/Allgemein				
Pumpe läuft?			*Ja*	*Nein*
Leistung oder Strom	**P / I**	**[kW] / [A]**	*50 A*	*0*
Betriebsförderstrom	**Q**	**[m³/h]**	*75*	*0*
Schwankender Bedarf?			*Ja*	
Geregelt		**[Nein/FU/Getriebe]**	*Nein*	*Nein*
Gedrosselt		**[Ja/Nein]**	*Ja, 50 %*	*Ja, 50 %*
Bypass		**[Ja/ Nein]**	*Bypass auf die Saugseite*	*Bypass auf die Saugseite*
Zulaufdruck ~ (Manometer prüfen)		**[bar]**	*0,2*	*0,2*
Enddruck ~ (Manometer prüfen)		**[bar]**	*7,5*	*7,5*
Benötigter Systemdruck		**[bar]**	*3,5*	
1/2" Anschluss mit Vorabsperrung vor der Pumpe vorhanden		**[Ja/Nein]**	*Ja, nur in der Saugleitung*	*Ja, nur in der Saugleitung*
1/2" Anschluss mit Vorabsperrung nach der Pumpe vorhanden		**[Ja/Nein]**	*Ja*	*Ja*
Laufzeit pro Jahr		**[Stunden]**	*8600*	*8600*
Strompreis		**[ct/kWh]**	*10*	*10*
Medium		**[Wasser/Öl,...]**	*Wasser*	*Wasser*
Mediumstemperatur	**T**	**[°C]**	*20*	*20*

SES System Effizienz Service®

Erstbewertung

Sinnvoller Start!?

- Arbeitsblatt erstellen
- Anlagenbegehung
- Grobabschätzung des Potentials

KSB SupremeServ

SES System Effizienz Service®

Erstbewertung

Potentiale I

Wie erkennt man Einsparpotentiale?

- ungeregelte Pumpen > 7,5 kW
- hohe Betriebsstundenanzahl
- schwankendes Lastprofil (p, Q)

KSB SupremeServ

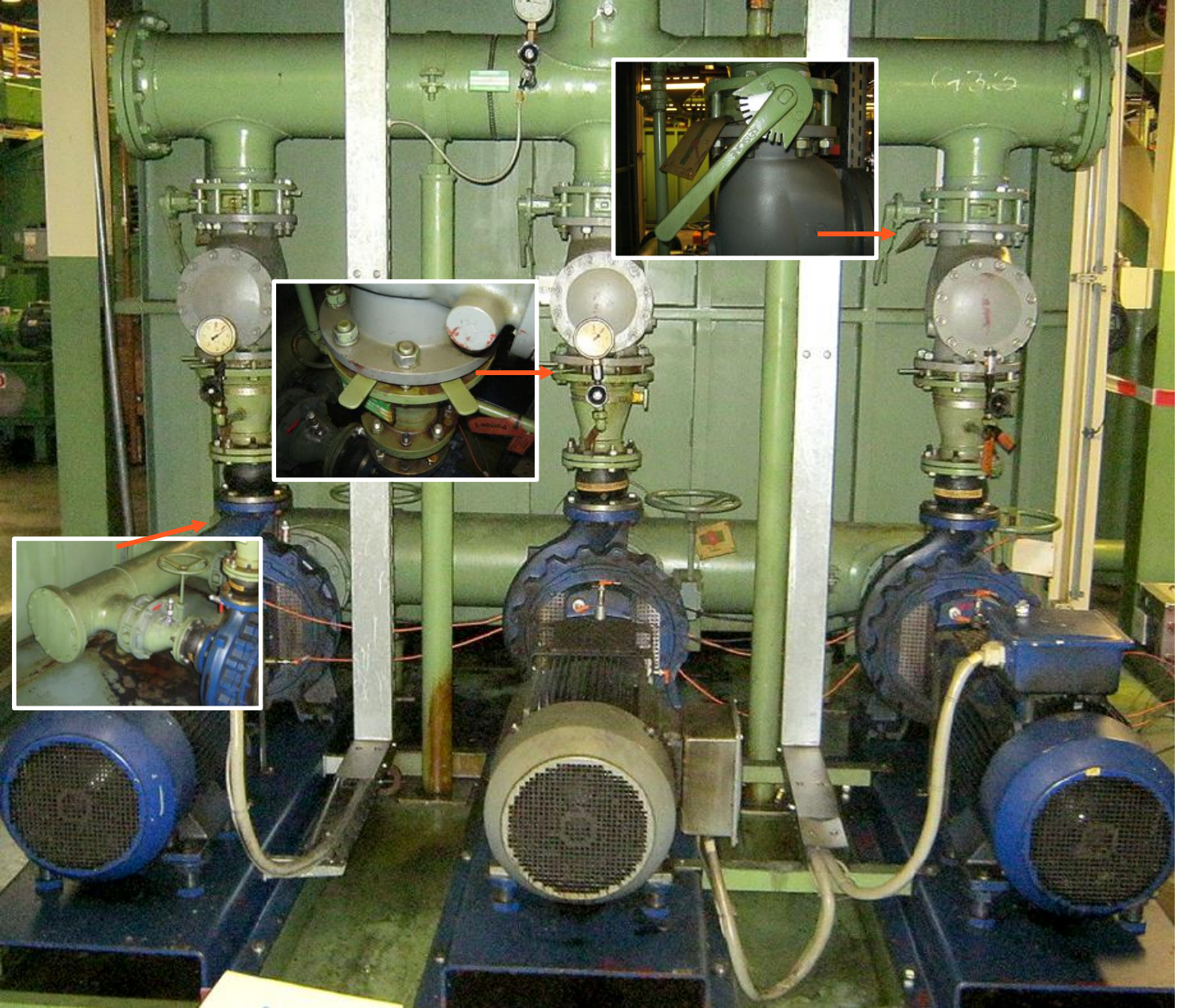
SES System Effizienz Service®

Erstbewertung

Potentiale I

Wie erkennt man Einsparpotentiale?

- ungeregelte Pumpen > 7,5 kW
- hohe Betriebsstundenanzahl
- schwankendes Lastprofil (p, Q)
- Parallelbetrieb von geregelten und ungeregelten Pumpen
- Parallelbetrieb von verschiedenen Pumpentypen



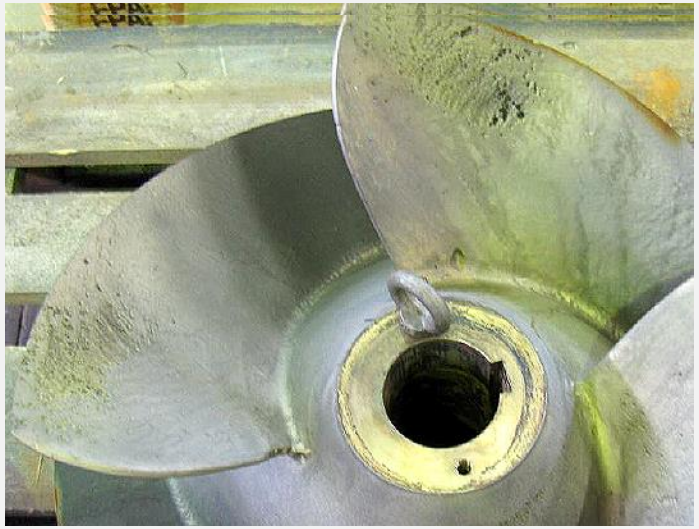
SES System Effizienz Service®

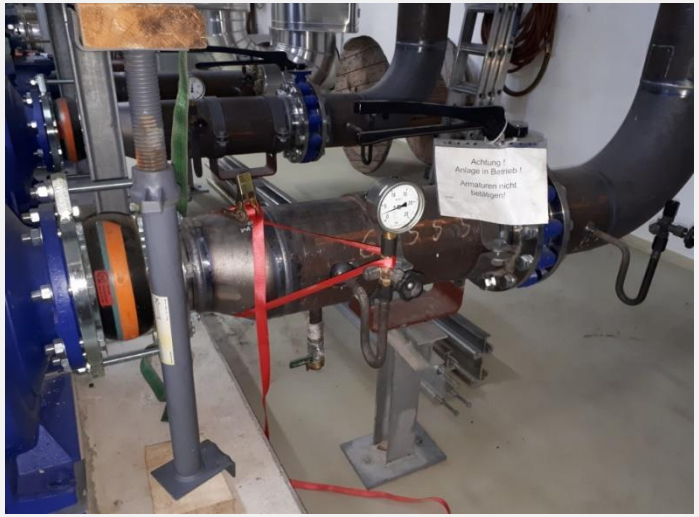
Erstbewertung

Potentiale I

Wie erkennt man Einsparpotentiale?

- ungeregelte Pumpen > 7,5 kW
- hohe Betriebsstundenanzahl
- schwankendes Lastprofil (p, Q)
- Parallelbetrieb von geregelten und ungeregelten Pumpen
- Parallelbetrieb von verschiedenen Pumpentypen
- eingedrosselte Armaturen, schlechte Rohrleitungsführung





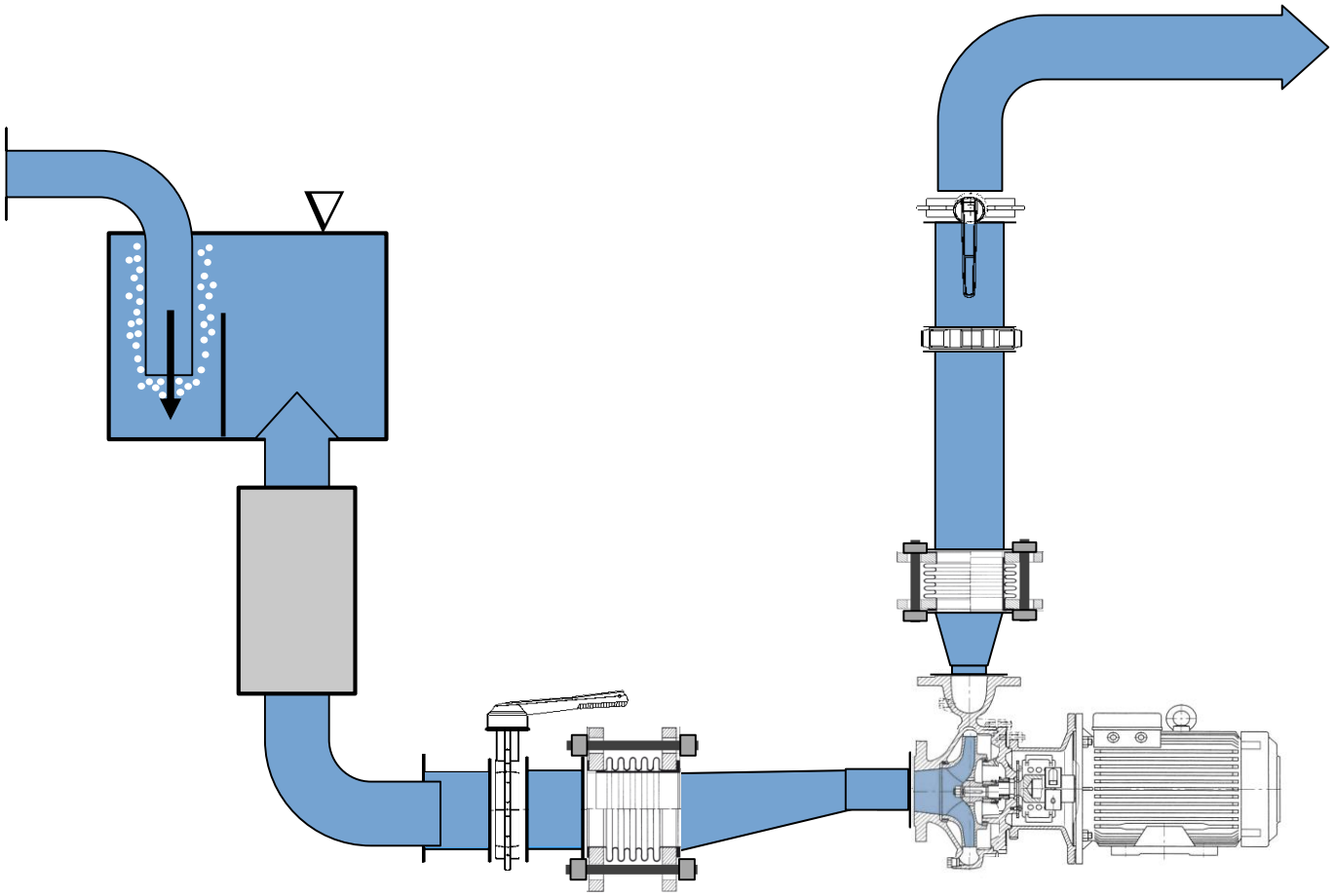
SES System Effizienz Service®

Erstbewertung

Potentiale II

Problematische Systeme weisen oft große Potentiale auf!

- Hohe Instandhaltungskosten / schlechte Effizienz
- Geringer mittlerer Ausfallabstand (MTBF) → Schadenshistorie
- unruhiges Laufverhalten
  - Druckschwankung
  - Schwingungen
  - Kavitation



SES System Effizienz Service®

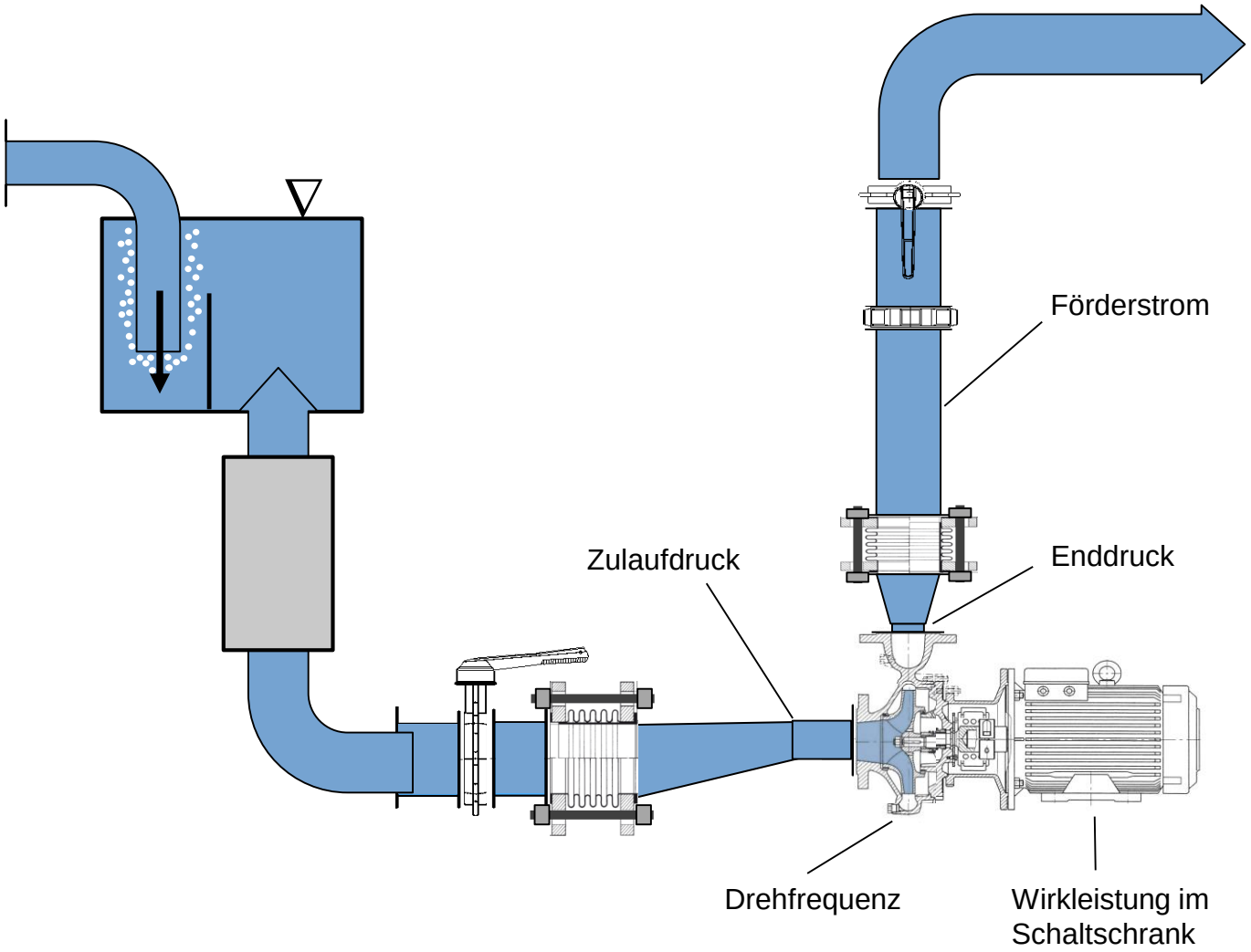
Messung

Vorbereitung:

- Randbedingungen Vor-Ort klären
  - Sicherheit
  - Messstellen
  - Aktueller Betrieb

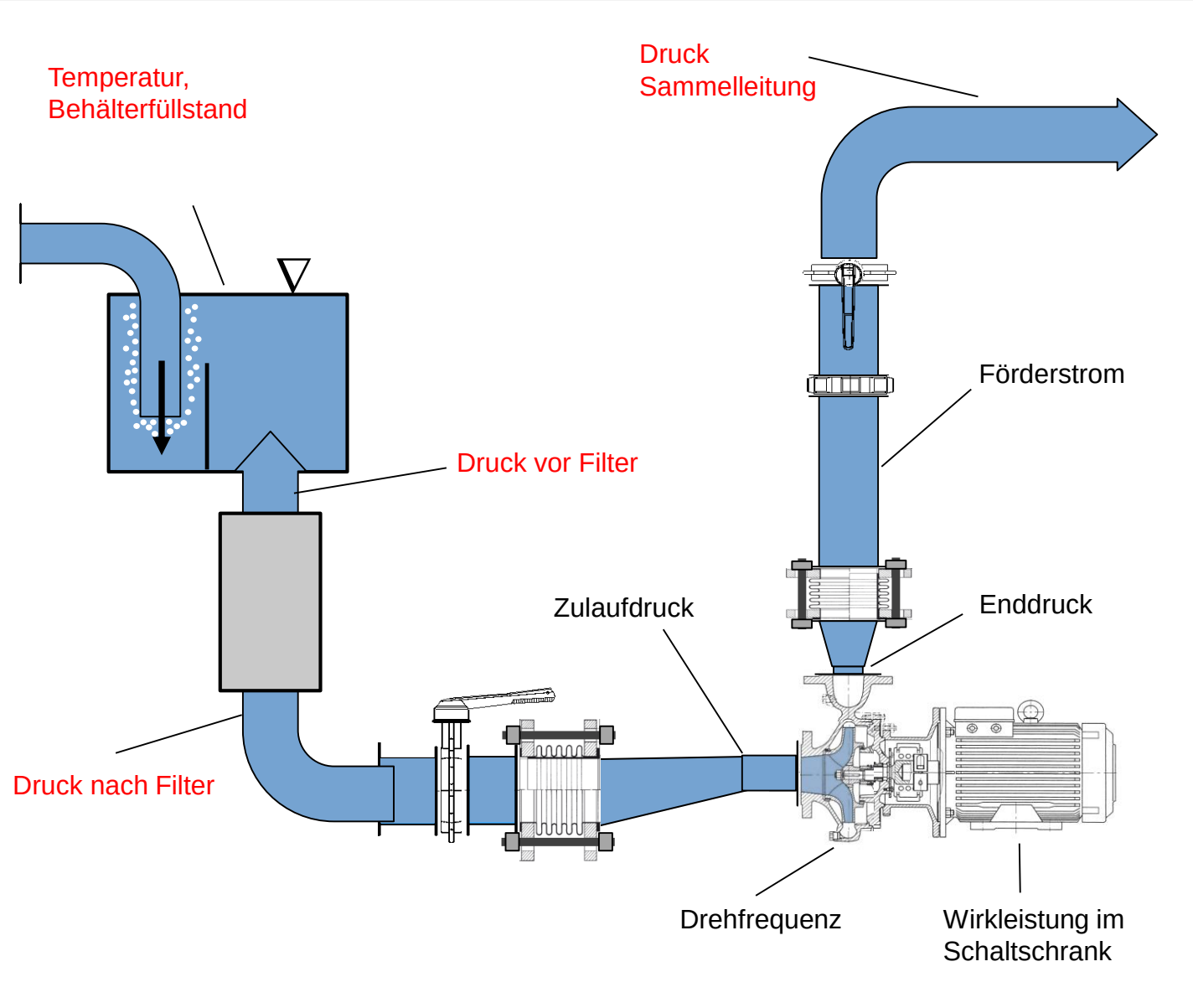
SES System Effizienz Service®

Messung



Pumpe/ Motor

- Druck (p_s, p_d)
- Drehfrequenz (Hz)
- Förderstrom (Q)
- Wirkleistung (P)

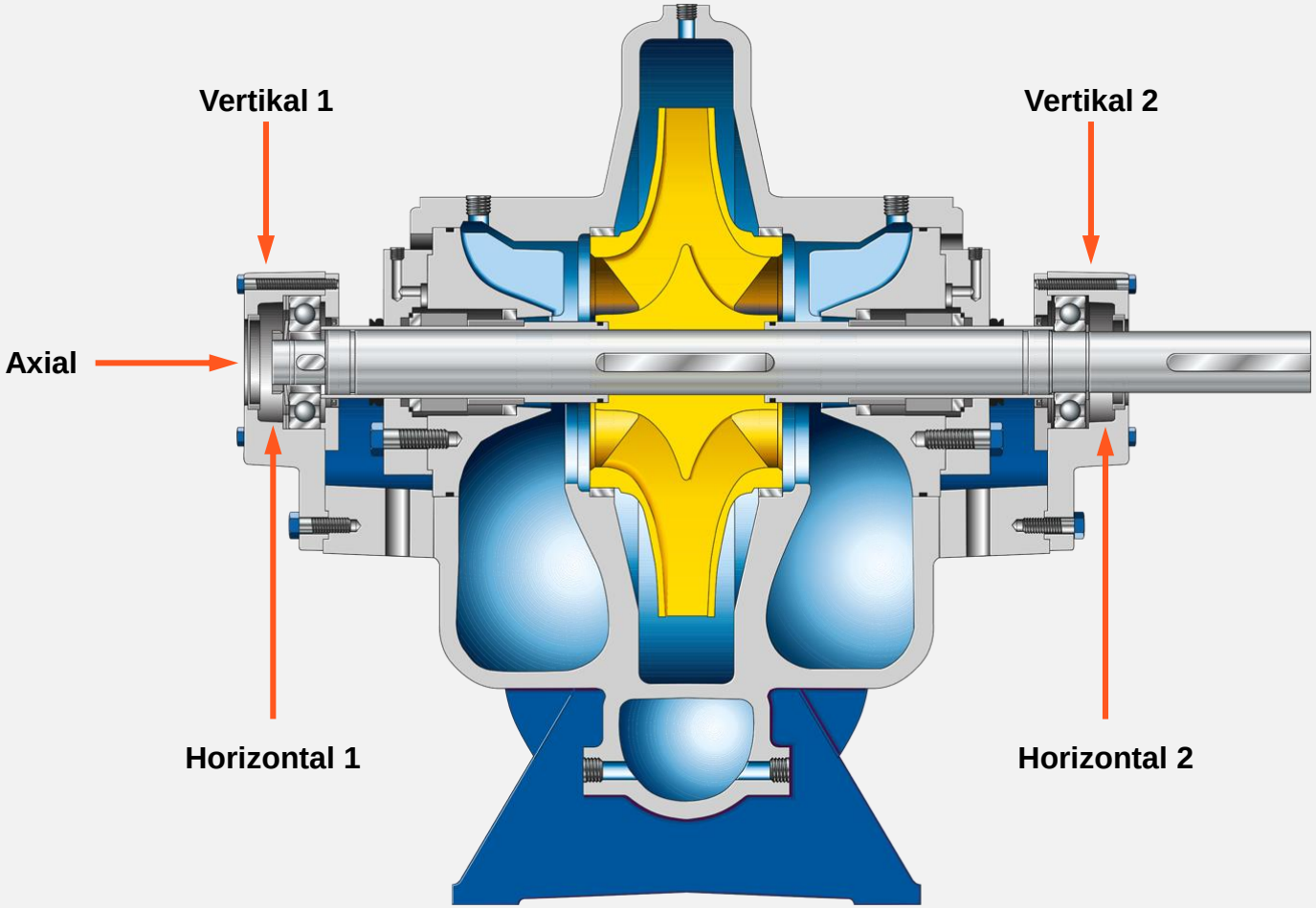


SES System Effizienz Service®

Messung

System:

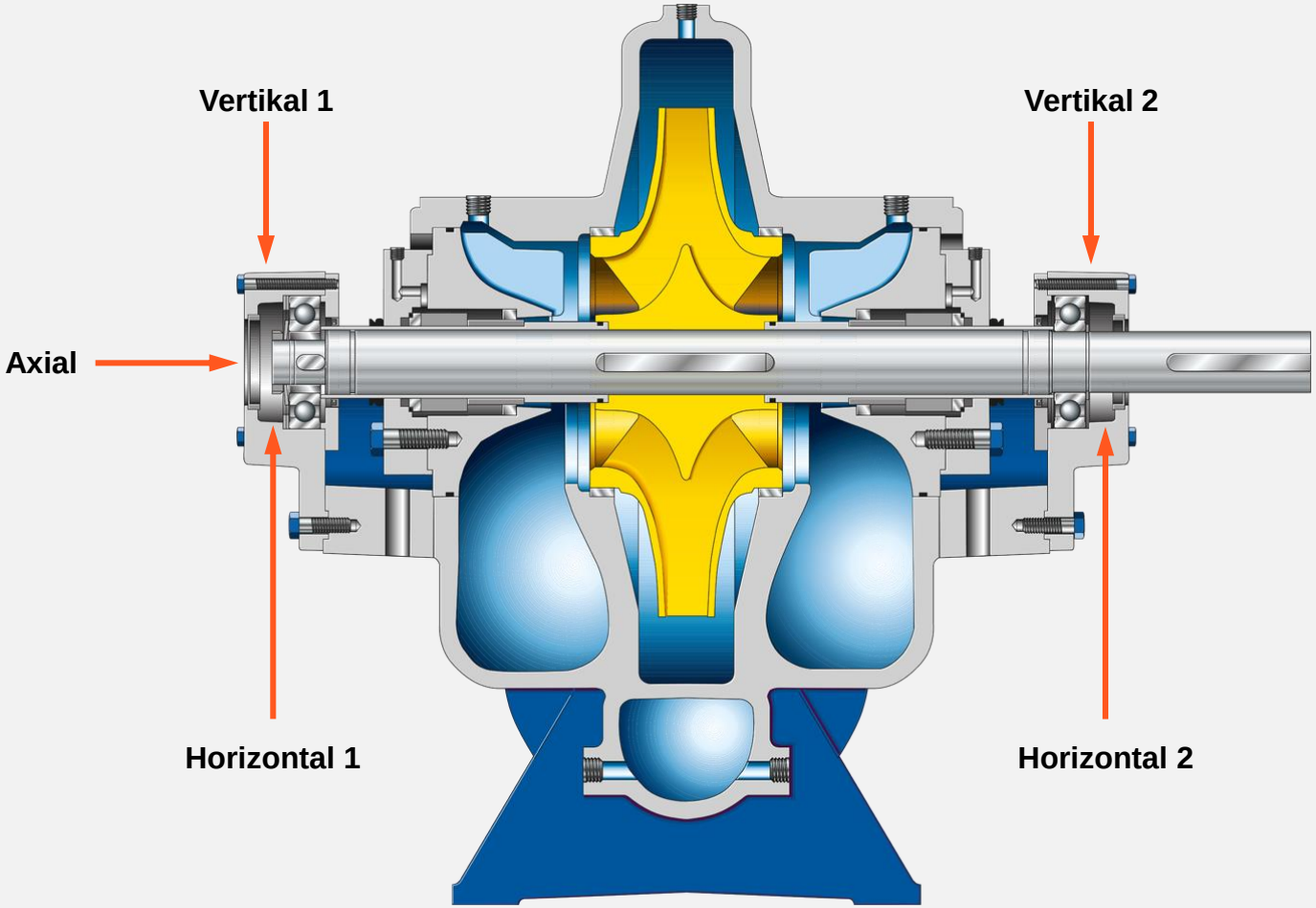
- Druck ($p_{sammler}$, p_{Filter})
- Temperatur (T)
- Behälterfüllstand (%)
- Stellung Regelventile (%)



SES System Effizienz Service®

Messung

- Schwingungsmessung nach DIN ISO 10816 Teil 3 und 7
  - RMS Werte
  - Lagerzustandsanalyse



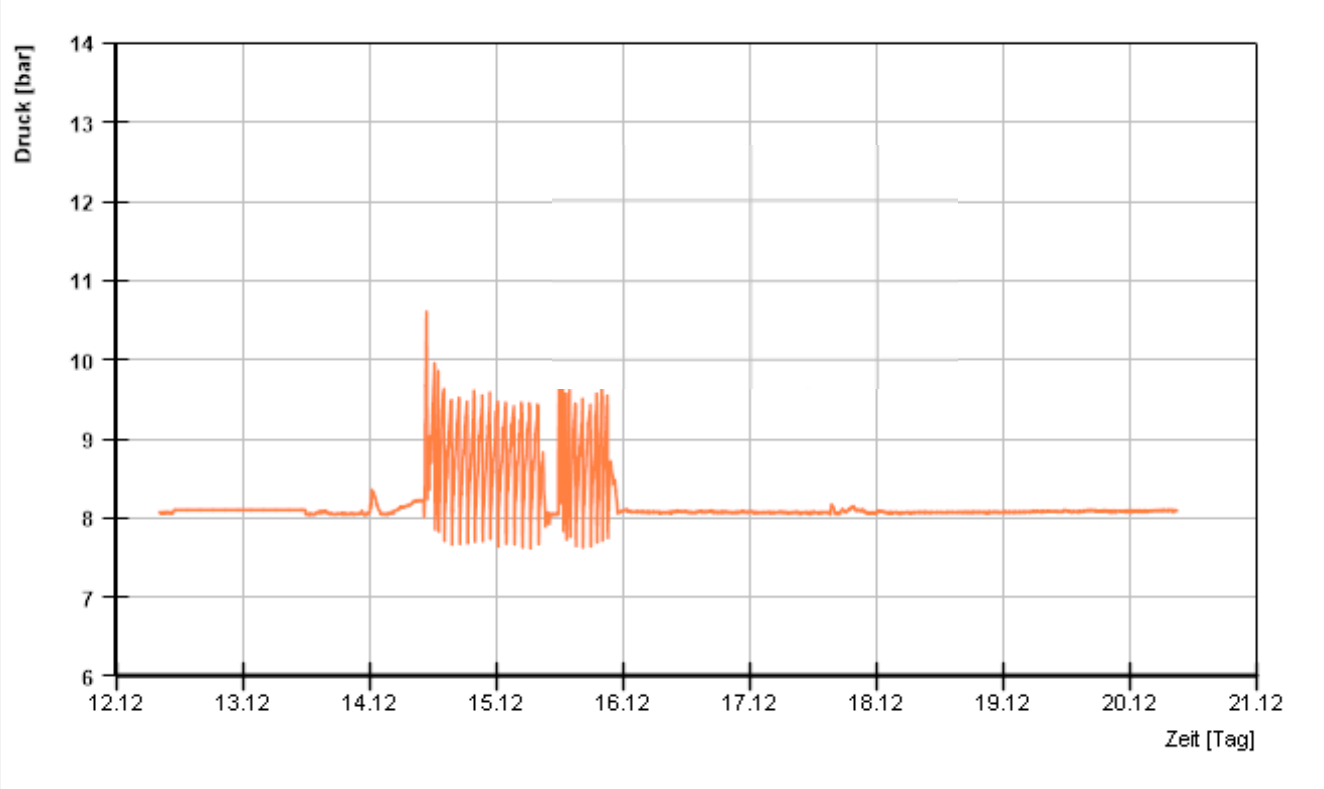
SES System Effizienz Service®

Messung

- Schwingungsmessung nach DIN ISO 10816 Teil 3 und 7
  - RMS Werte
  - Lagerzustandsanalyse
- Schwingungsanalyse/ Schadensanalyse
  - FFT Analyse
  - Eigenfrequenzermittlung
- Achtung, nicht nur auf Schwingungen fokussieren!

SES System Effizienz Service®

Auswertung

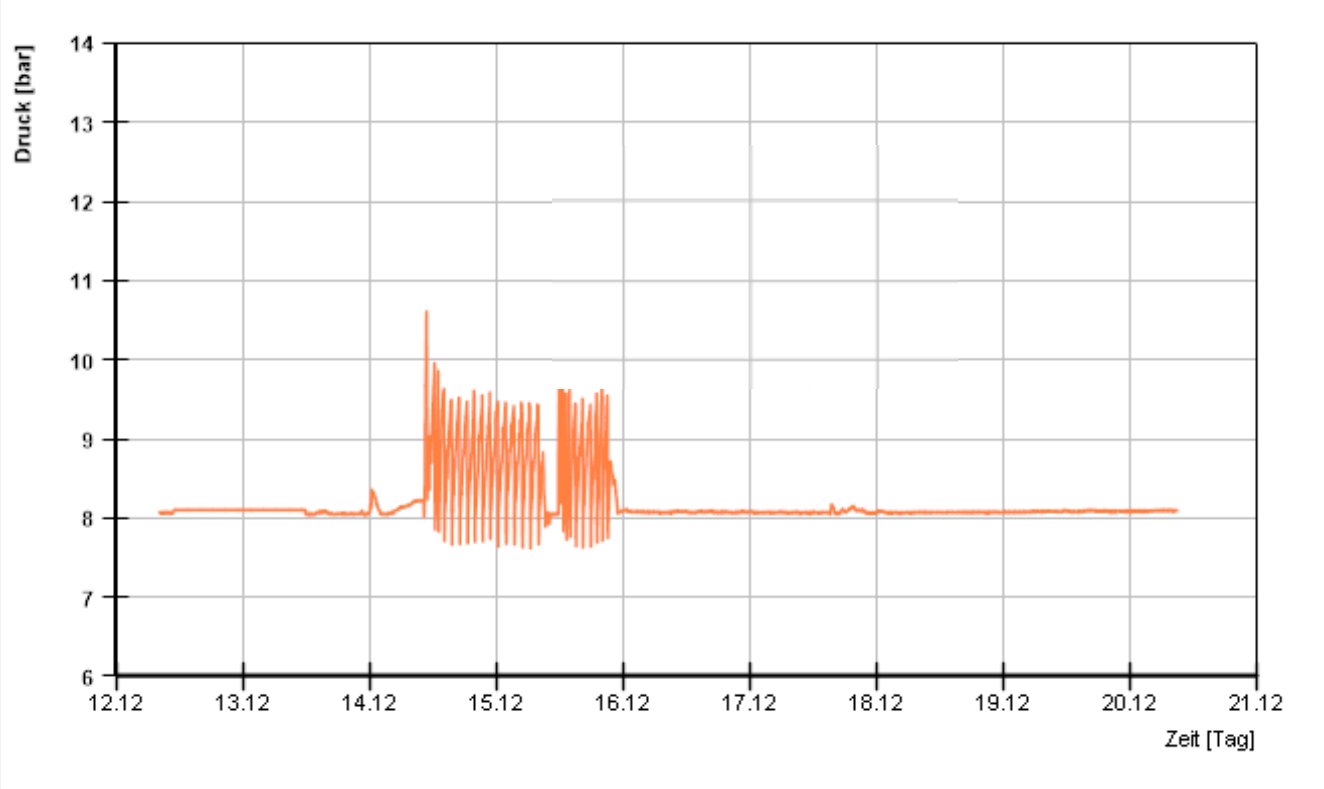


Lastkollektive

- Auswertung mit geeigneten Programmen zur Visualisierung
- Achtung bei der Auflösung der Messdaten

SES System Effizienz Service®

Auswertung

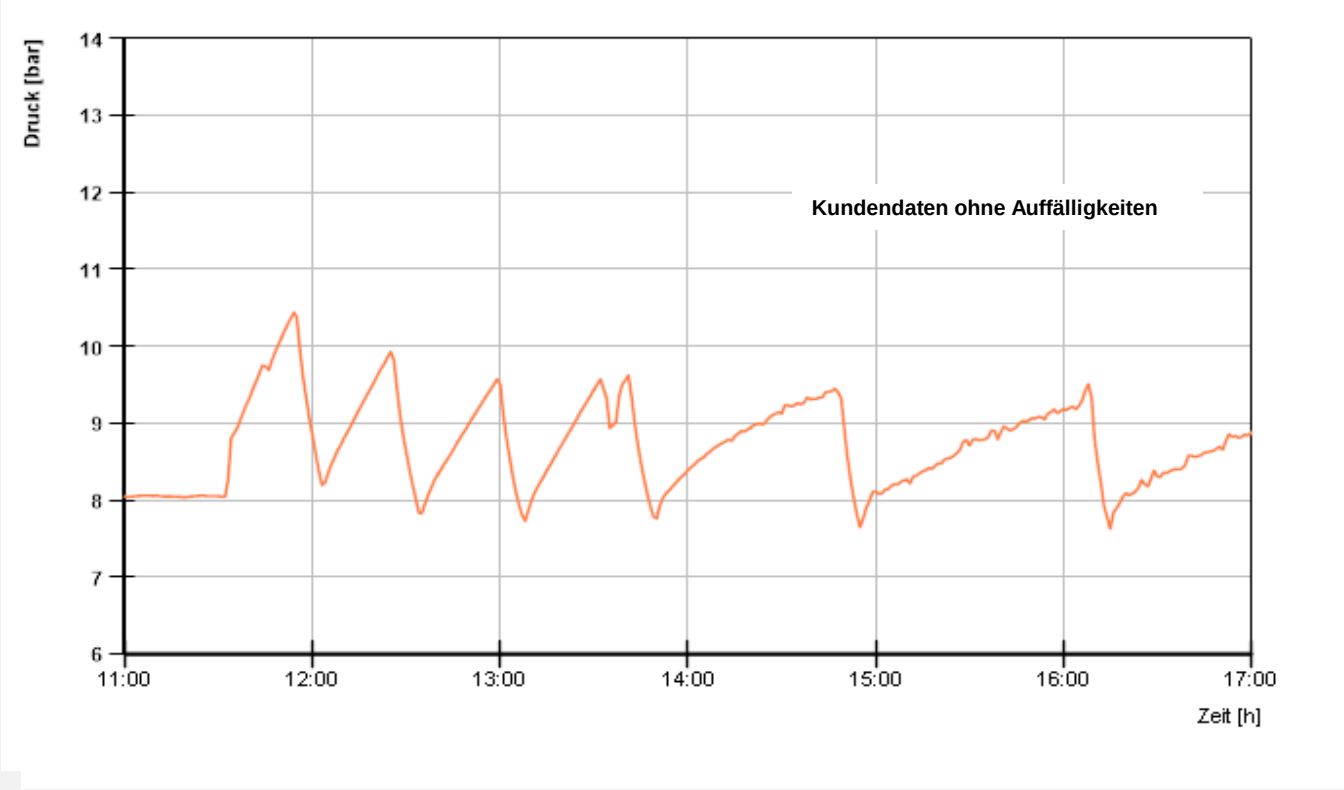


Beispiel

- 2 Pp. installiert
- Totalschaden nach ca. 6 Monaten Betrieb
- Stillstand der Anlage droht

SES System Effizienz Service®

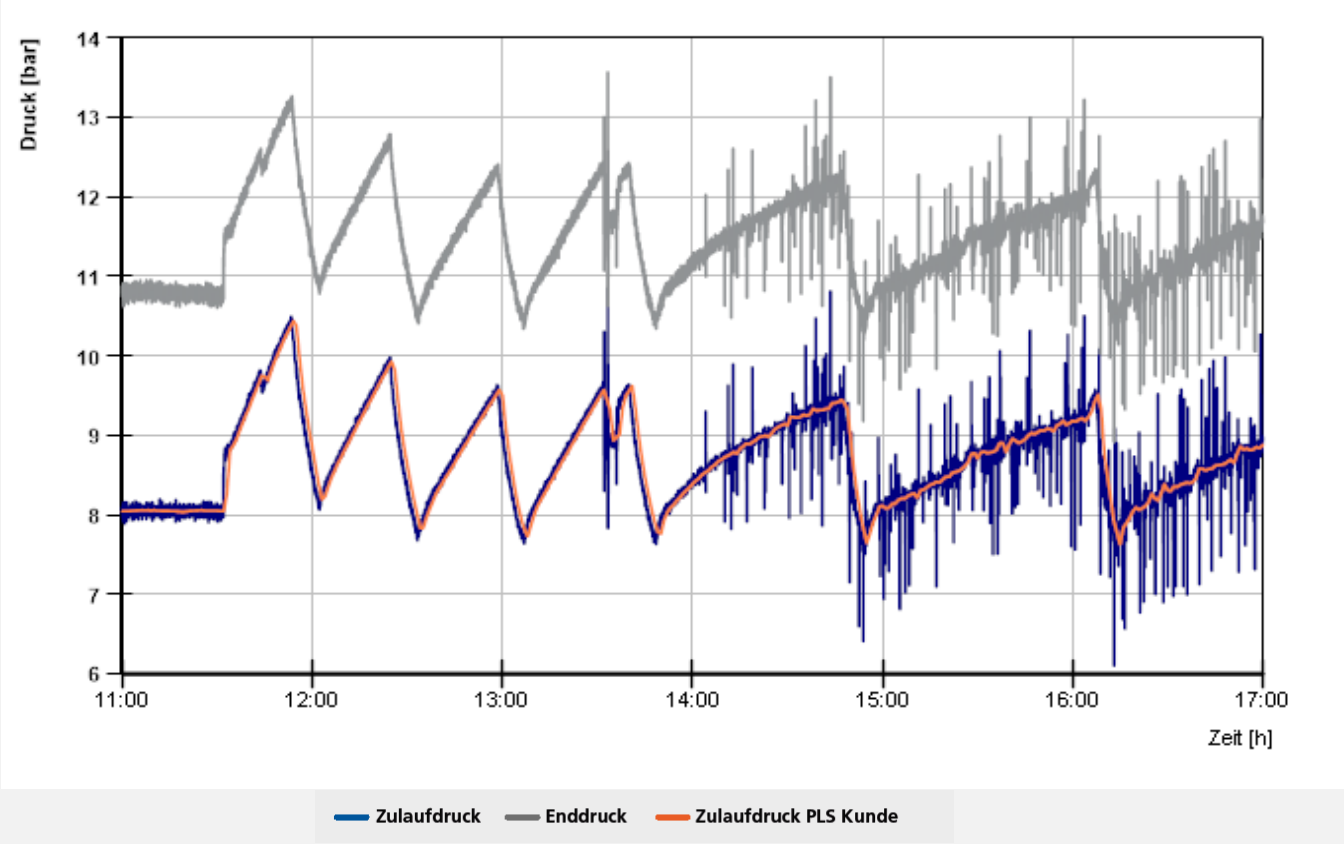
Auswertung



Beispiel

- Analyse der Kundendaten
- Druck auf der Saugseite zeigt scheinbar keine Auffälligkeit (5s Mittelwert)
- Auflösung der Kundendaten zu niedrig

Die Auflösung der Druckmessung als Schlüssel zur Ursachenfindung

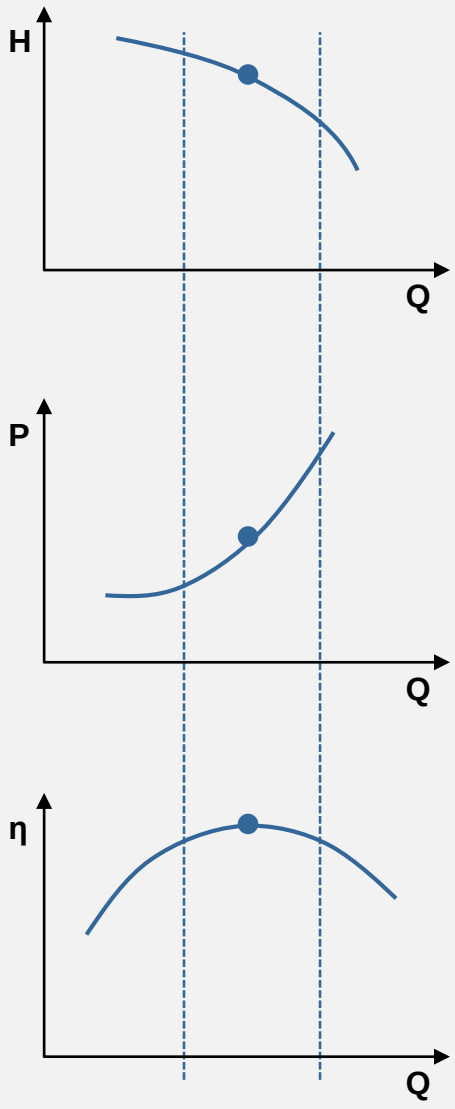


SES System Effizienz Service®

Auswertung

Beispiel

- Messung Vor-Ort mit höherer Auflösung
- Druckschwankungen nur durch höhere Auflösung sichtbar

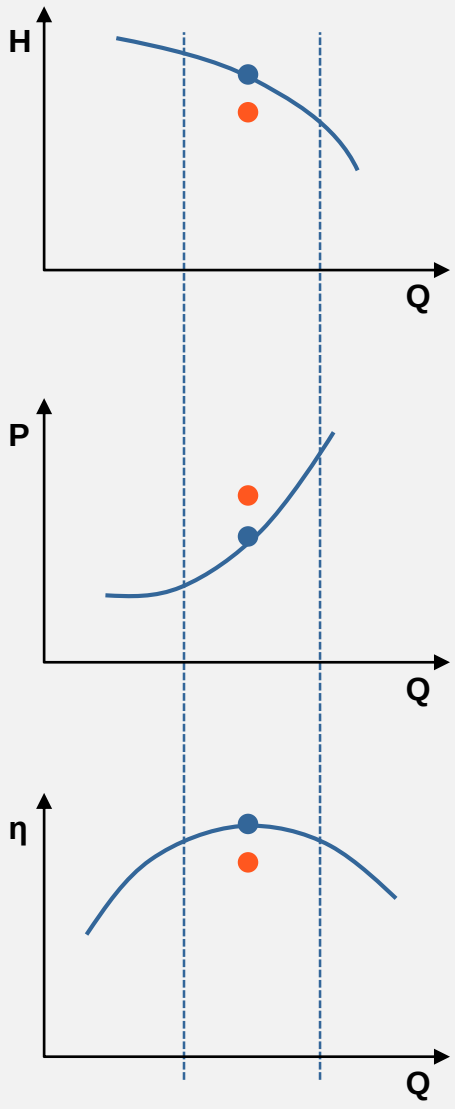


SES System Effizienz Service®

Auswertung

Betriebsbereich

- Wo ist der Betriebsbereich?
  - Teillastbetrieb, Optimum, Überlastbetrieb
  - Analyse Zu- und Abschaltprozesse



SES System Effizienz Service®

Auswertung

Betriebsbereich

- Wo ist der Betriebsbereich?
  - Teillastbetrieb, Optimum, Überlastbetrieb
  - Analyse Zu- und Abschaltprozesse

- Vergleich von aktueller und ursprünglicher Kennlinie
  - Zustandsbewertung
  - Verschleiß ersichtlich?

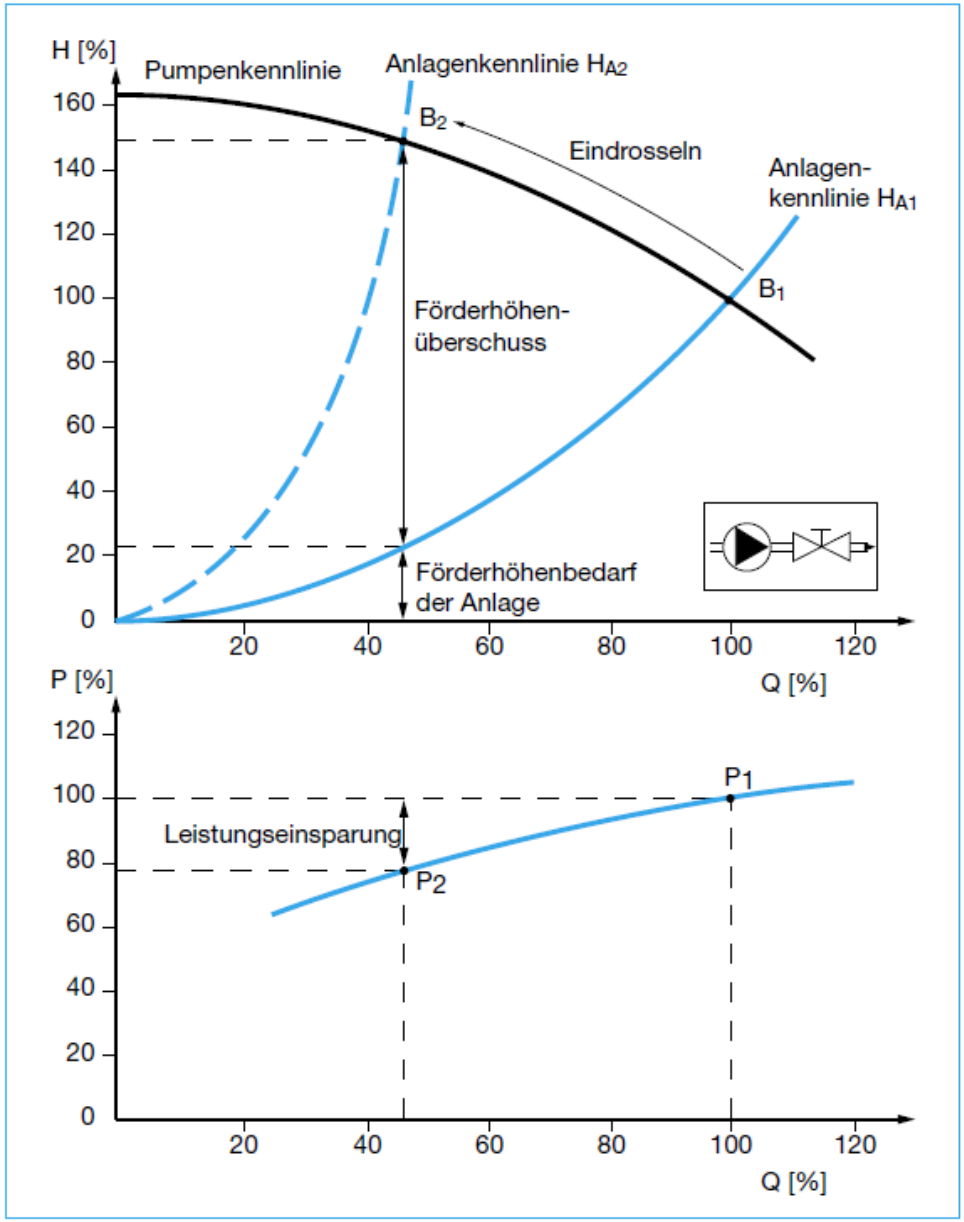
SES System Effizienz Service®

Empfehlung/ Doku

- Analyse macht das System transparent → Ist-Zustand
- Vielzahl an Maßnahmen denkbar, abhängig von jeweiligen Randbedingungen
  - Anpassung der vorhandenen Pumpen (Werkstoff, Konstruktion, Hydraulik)
  - Installation neuer Pumpen mit/ ohne Regelung
  - Veränderung / Optimierung der Betriebsfahrweise
  - Reduzierung des Systemdrucks/ der Fördermenge
- Umsetzung in Absprache/ Zusammenarbeit mit dem Kunden

SES System Effizienz Service®

Empfehlung/ Doku

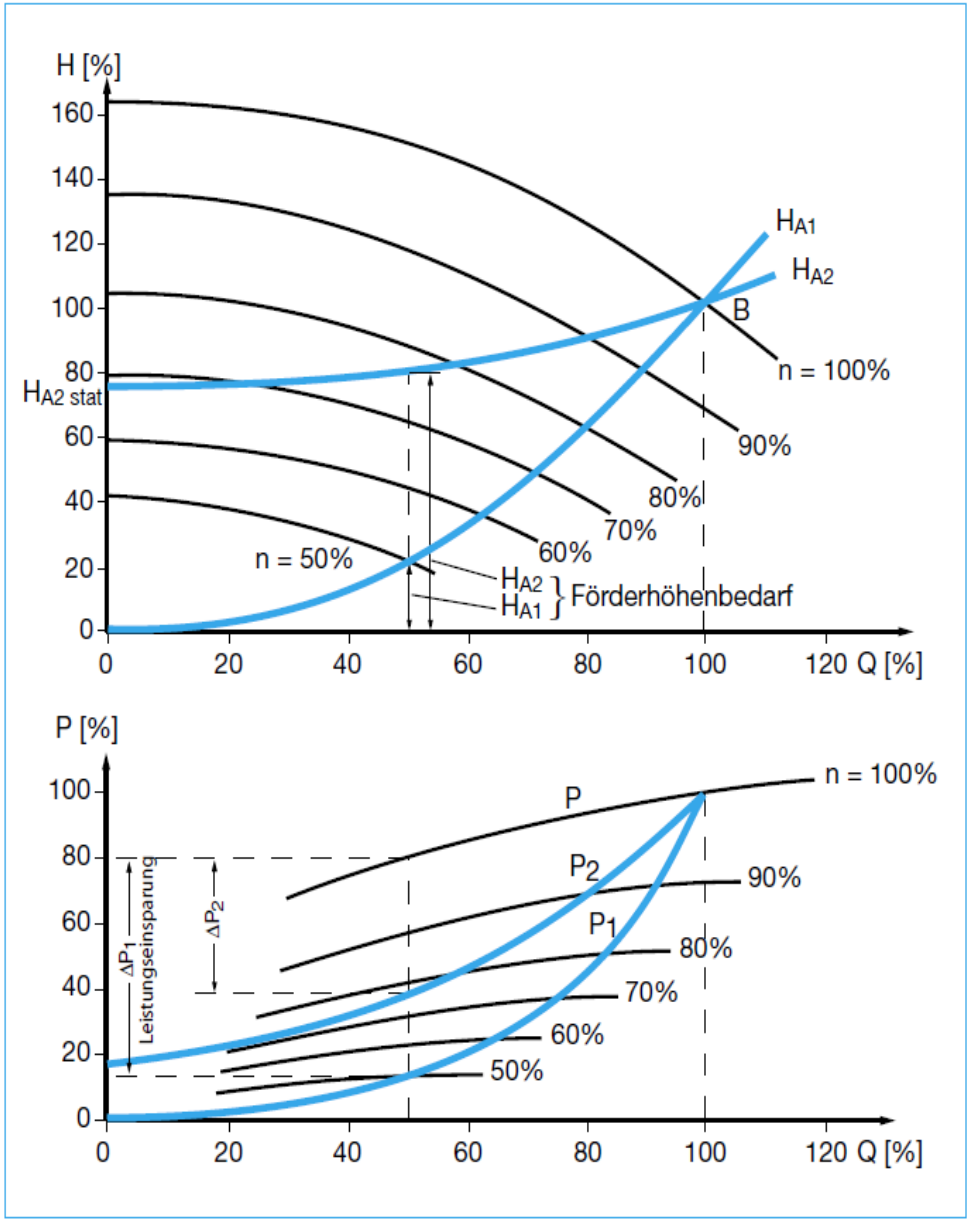


Beispiel

- Drosselregelung vs. Drehzahlregelung

SES System Effizienz Service®

Empfehlung/ Doku



Beispiel

- Drosselregelung vs. Drehzahlregelung

SES System Effizienz Service®

Inhaltsverzeichnis

1. Motivation
2. Vorgehen bei der Systemanalyse
3. **Praxisbeispiele**
4. Fragen und Antworten

SES System Effizienz Service®

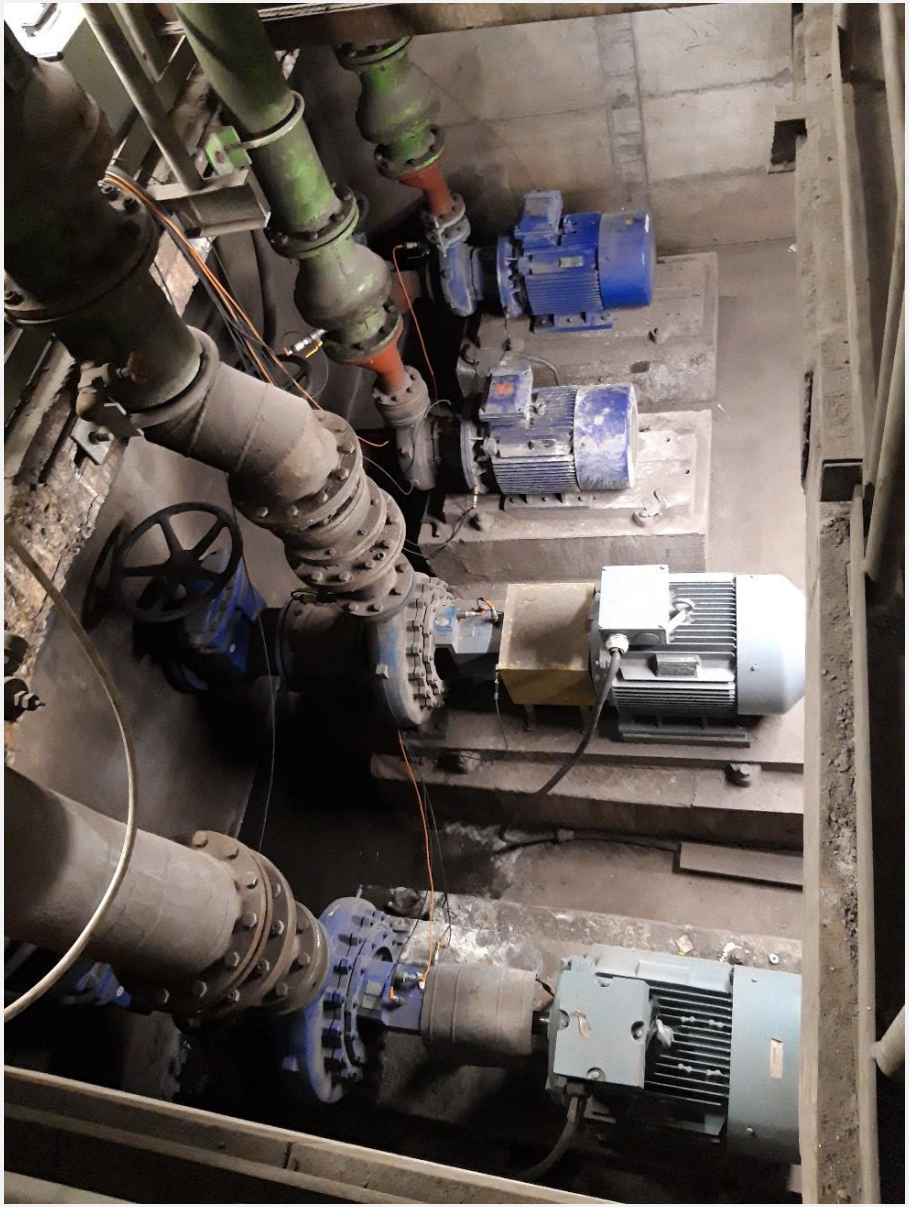
Beispiel: Kühlwasser

Situation

- Kühlwasseranlage mit vier installierten Pumpen
- Infos vom Kunden:

→ Energieeffizienz steigern

→ Motoren fallen ständig aus

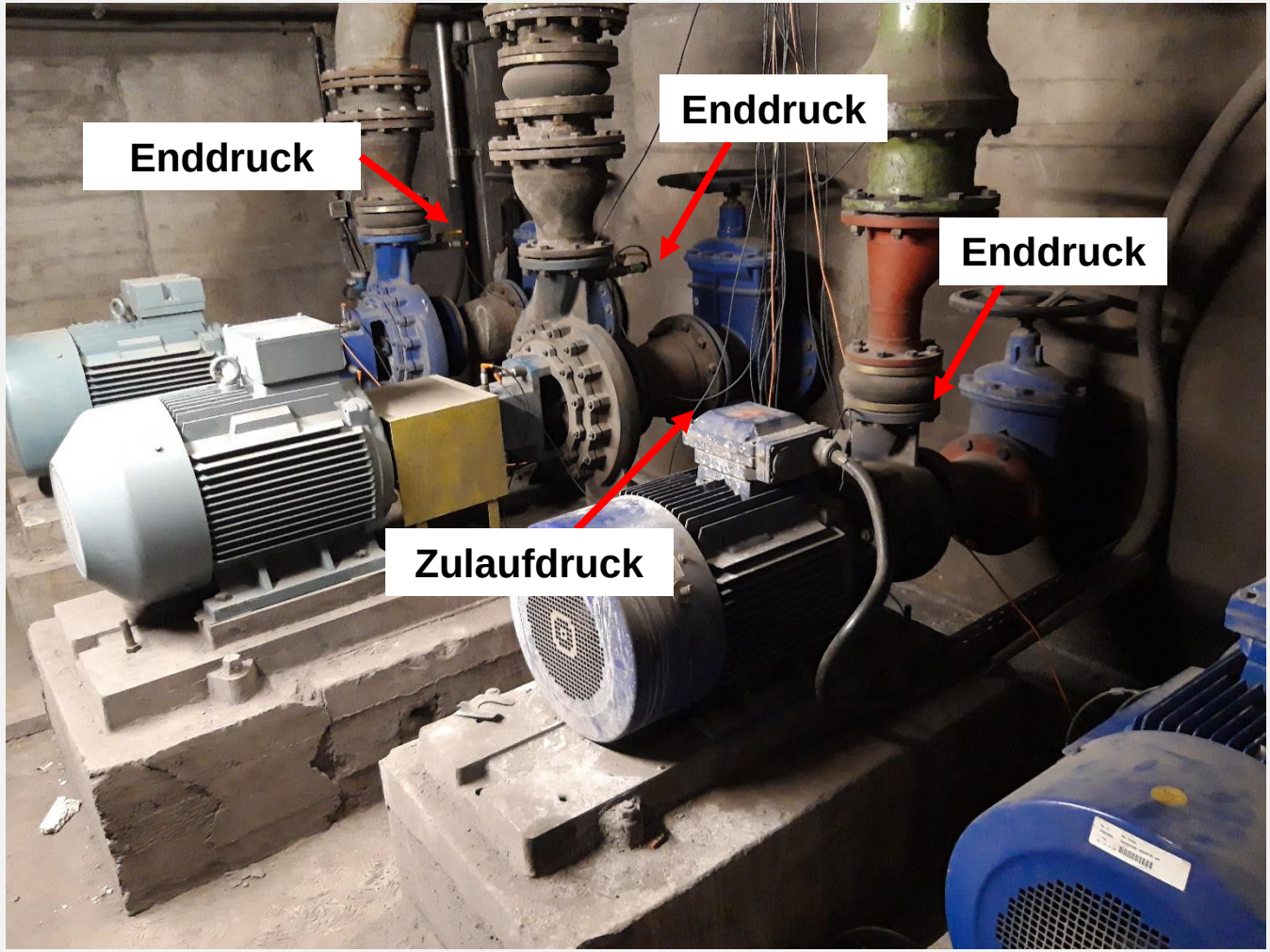


SES System Effizienz Service®

Beispiel: Kühlwasser

Situation

- Pumpen sind ungeregelt
- Antriebsleistung 2x 45 kW und 2x 55 kW
- Häufige Zu- und Abschaltung (schwankendes Lastprofil)
- eingedrosselte Armaturen



SES System Effizienz Service®

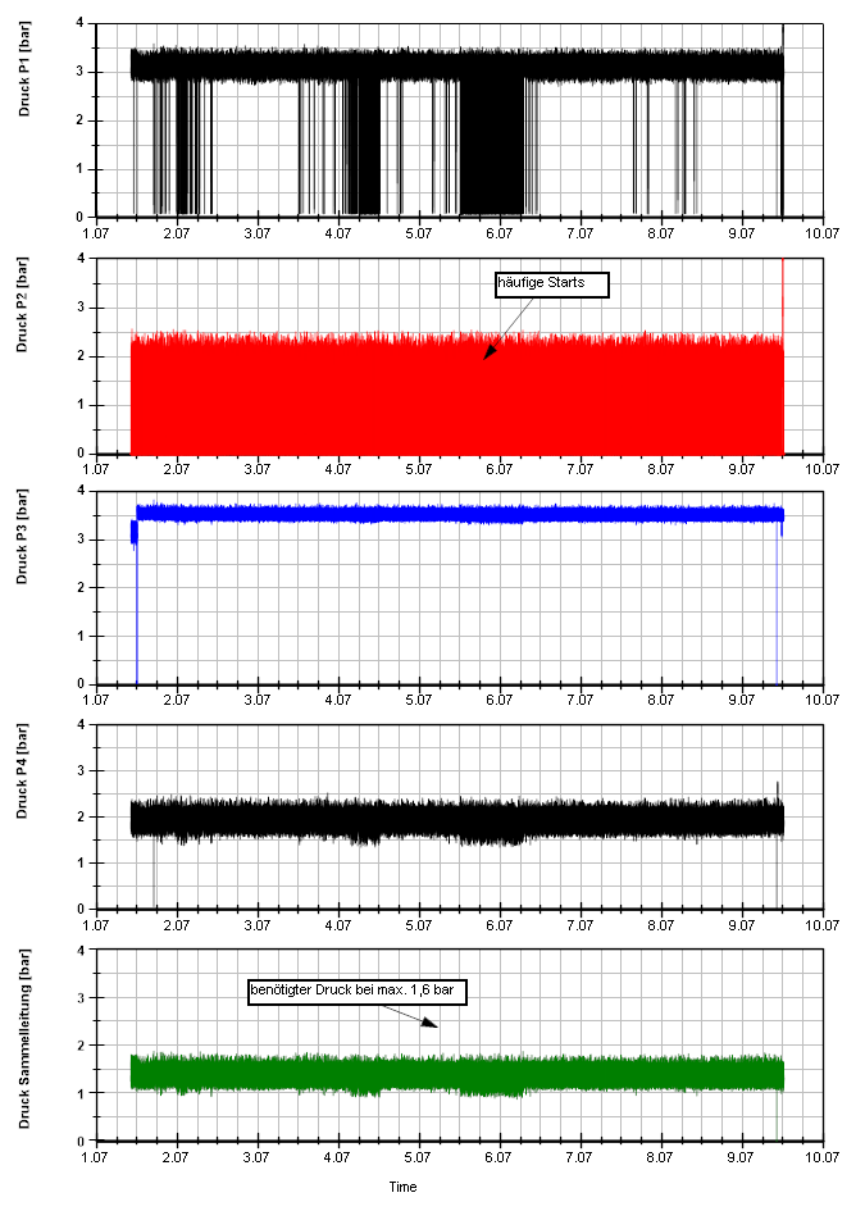
Beispiel: Kühlwasser

Vorgehen

- Messung Vor-Ort aller relevanten Messgrößen
  - u.a. Drücke
  - Mengen
  - Wirkleistung

SES System Effizienz Service®

Beispiel: Kühlwasser

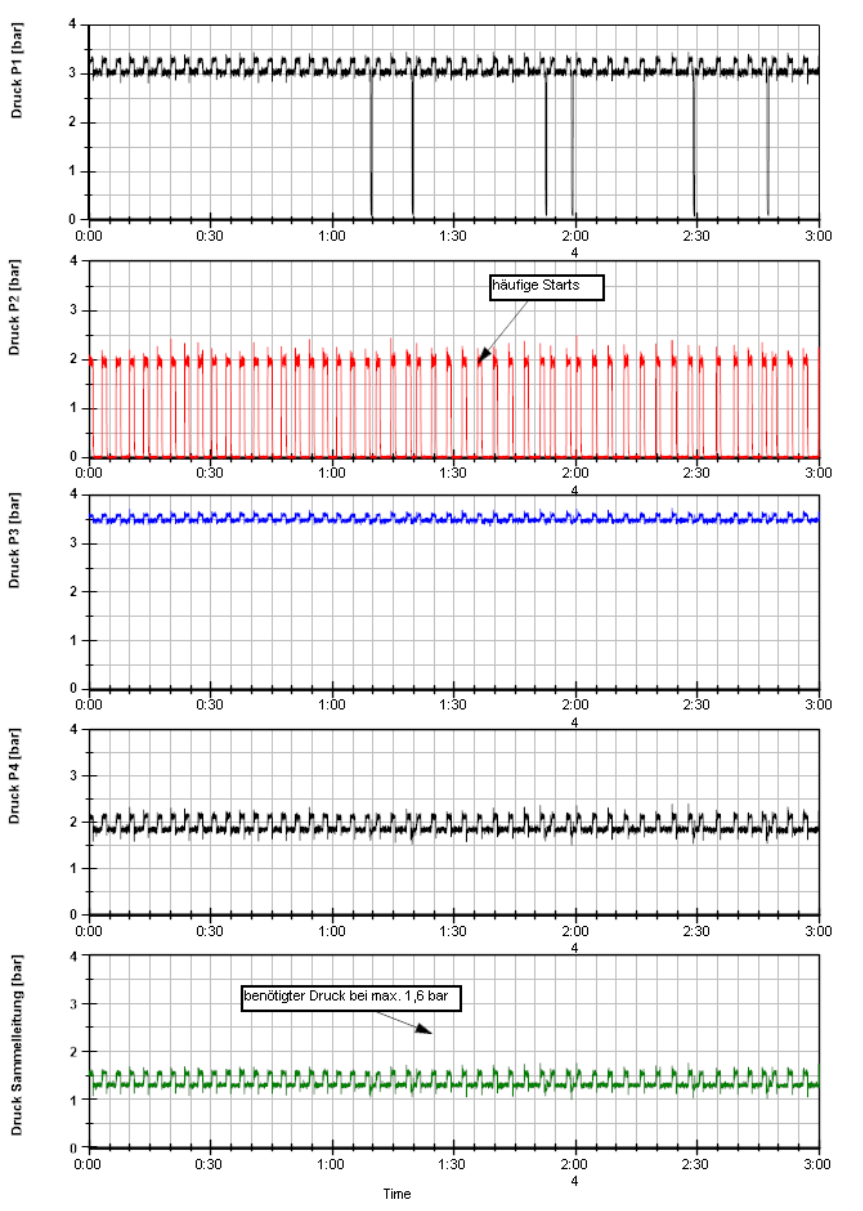


Auswertung:

- Pumpen sind zum Teil stark eingedrosselt
- Häufige Zu- und Abschaltung

SES System Effizienz Service®

Beispiel: Kühlwasser

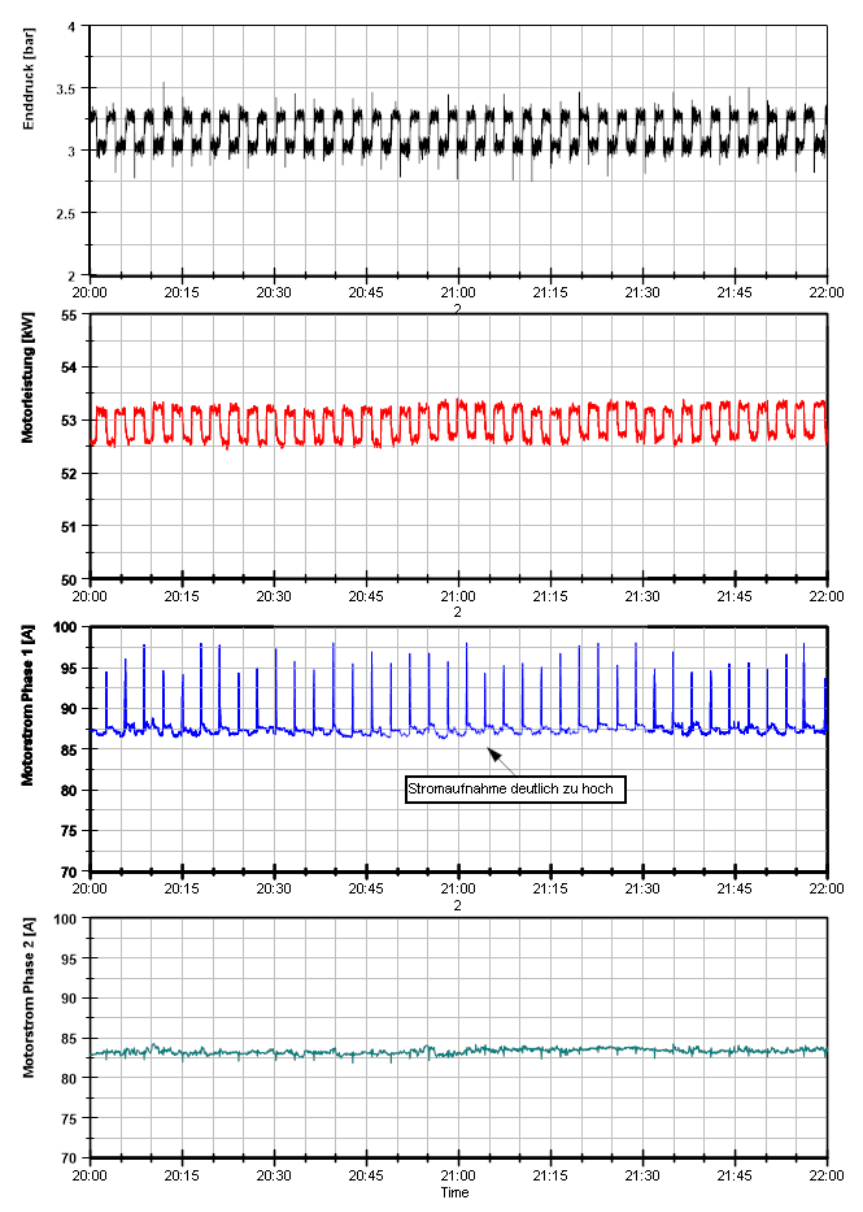


Auswertung:

- Pumpen sind zum Teil stark eingedrosselt
- Häufige Zu- und Abschaltung

SES System Effizienz Service®

Beispiel: Kühlwasser



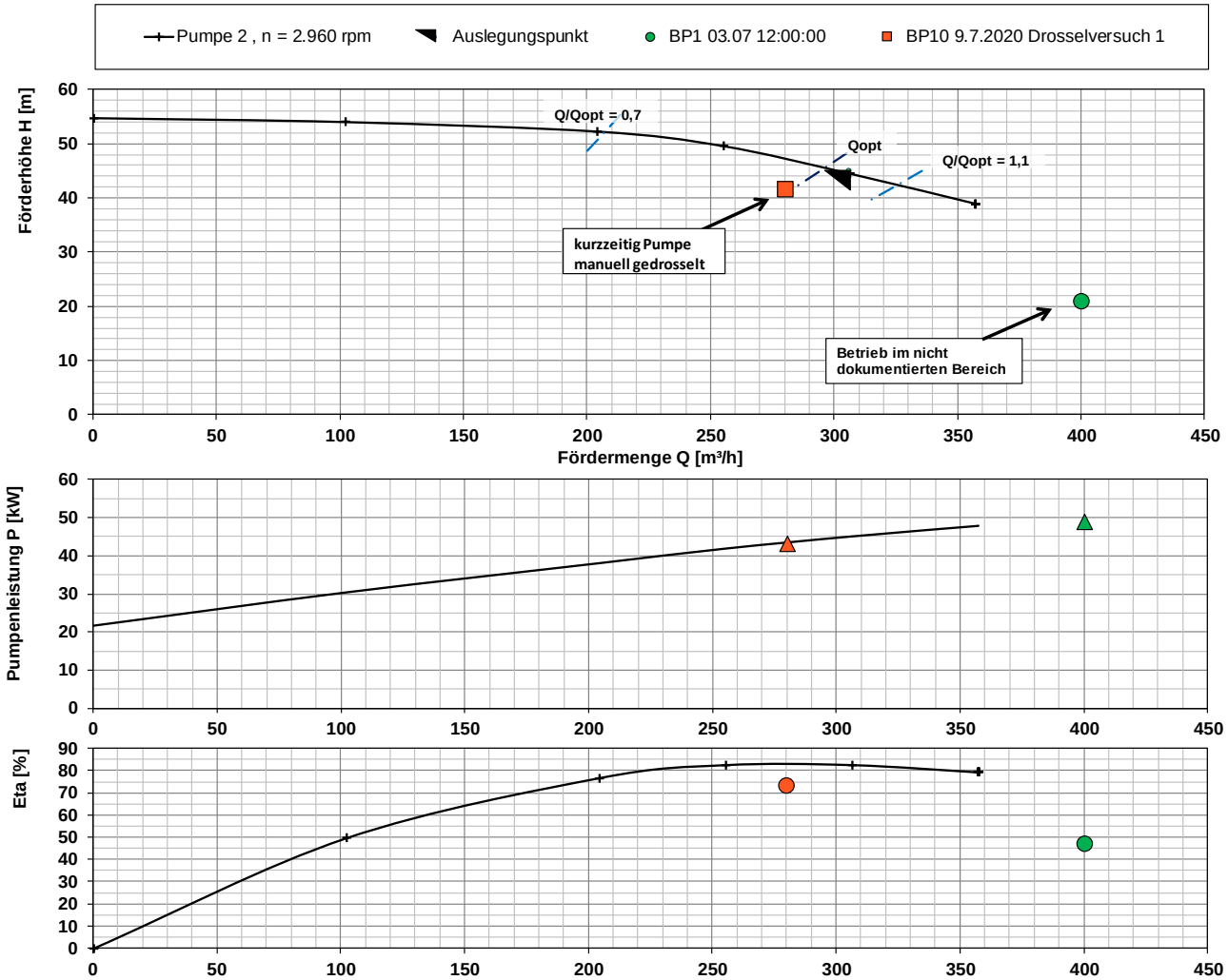
Auswertung:

- Motorstrom an allen Pumpen auffällig

  → Grund für die Ausfälle der Motoren

SES System Effizienz Service®

Beispiel: Kühlwasser



Projekt-Nr.	9974354148	Auslegungspunkt		Betrieb	
Pumpentyp	NORM-BLOCK 100/200	Drehzahl [rpm]	2.900	Drehzahl [rpm]	2960
Hersteller	SPECK Pumpen	Förderhöhe H [m]	43,0	Förderhöhe H [m]	44,8
Anlagenbez.	Pumpe 2	Fördermenge Q [m³/h]	300	Fördermenge Q [m³/h]	306,2
Kennlinienursprung	K1211.452/393/5	Dichte [kg/m³]	1000,0	Dichte [kg/m³]	1000,0
Laufrad-Φ [mm]	201	Viskosität [mm²/s]	1,0	Viskosität [mm²/s]	1,0

Auswertung:

- Normalbetrieb in Überlast

SES System Effizienz Service®

Beispiel: Kühlwasser

Ergebnis

- Pumpen laufen in Überlast (Effizienz/ Verfügbarkeit)
- Hohe Leistungsaufnahme (155 bzw. 205 kW)

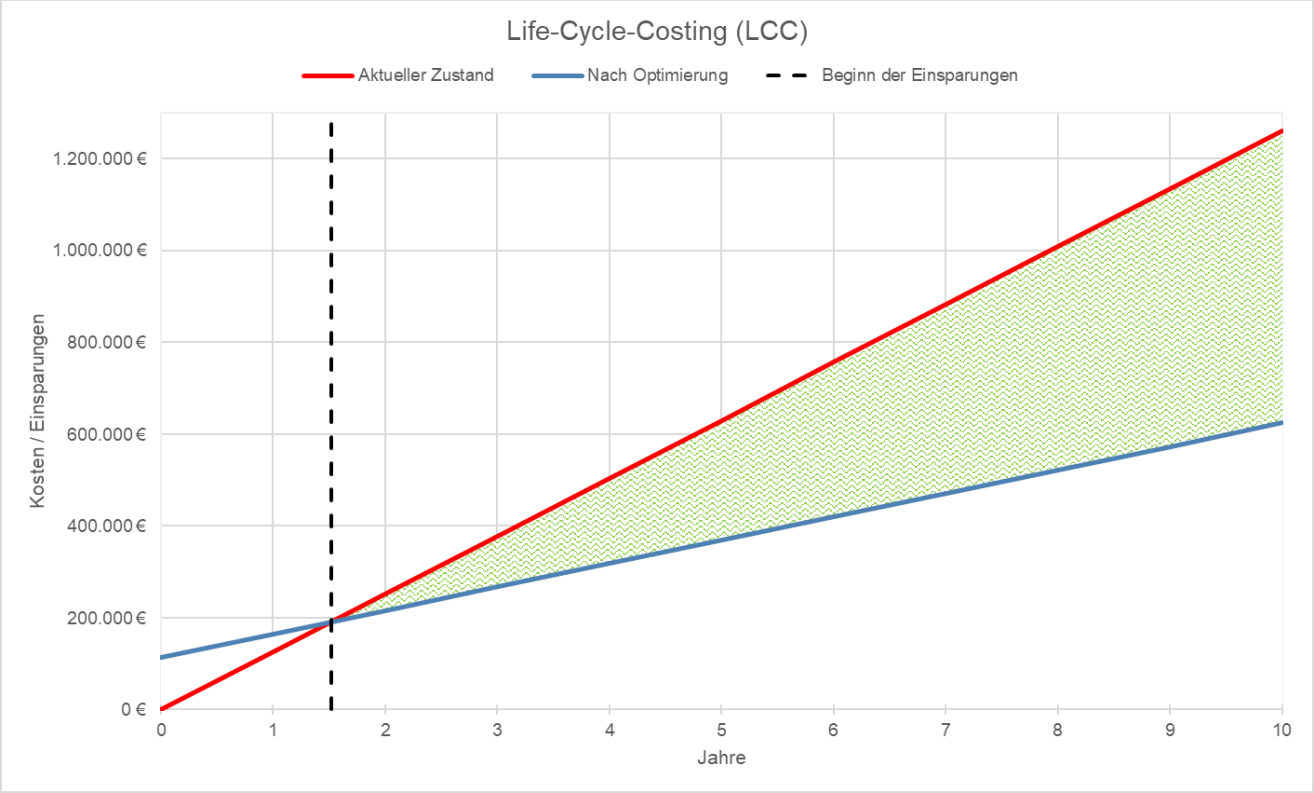
Empfehlung:

- Installation neuer Pumpen (3+1) mit 45 kW Antrieben und Drehzahlregelung
- Auslegung der Pumpen im Optimum (65 zw. 89 kW)
- Flexible Regelung auf den tatsächlichen Bedarf

SES System Effizienz Service®

Beispiel: Kühlwasser

Effizienzsteigerung mit SES	
Energieverbrauch pro Jahr **vorher**	≈ 1.570.000 kWh/a
Energieverbrauch pro Jahr **nachher**	≈ 755.000 kWh/a
Energieeinsparung pro Jahr	815.000 kWh/a (> 50 %)
Kapitalrückflusszeit	Ca. 1,5 Jahre



SES System Effizienz Service®

Inhaltsverzeichnis

1. Motivation
2. Vorgehen bei der Systemanalyse
3. Praxisbeispiele
4. **Fragen und Antworten**

SES System Effizienz Service®

Ansprechpartner

Markus Nowak

KSB Service GmbH
Johann-Klein-Straße 9
67227 Frankenthal

Tel. +49 (6233) 86-1992
E-Mail: markus.nowak@ksb.com