

Agenda



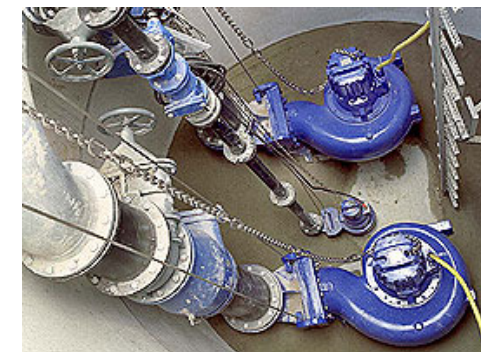
Überblick und Einführung

Details und Ergebnisse aus den Arbeitspaketen

Umsetzung in der Instandhaltung und allgemeine Empfehlungen

I. **Optimierung der Instandhaltung**

II. Erkenntnisse aus ReMain



2010-04-29 ReMain Abschluss Teil 3 Seite 1

Analyse IST-Prozesse → Entwicklung Soll-Prozesse → Bewertung



Entwicklung eines Tools zur Entscheidungsunterstützung

Vorgehensweise zur Ermittlung und Bewertung der Prozesse

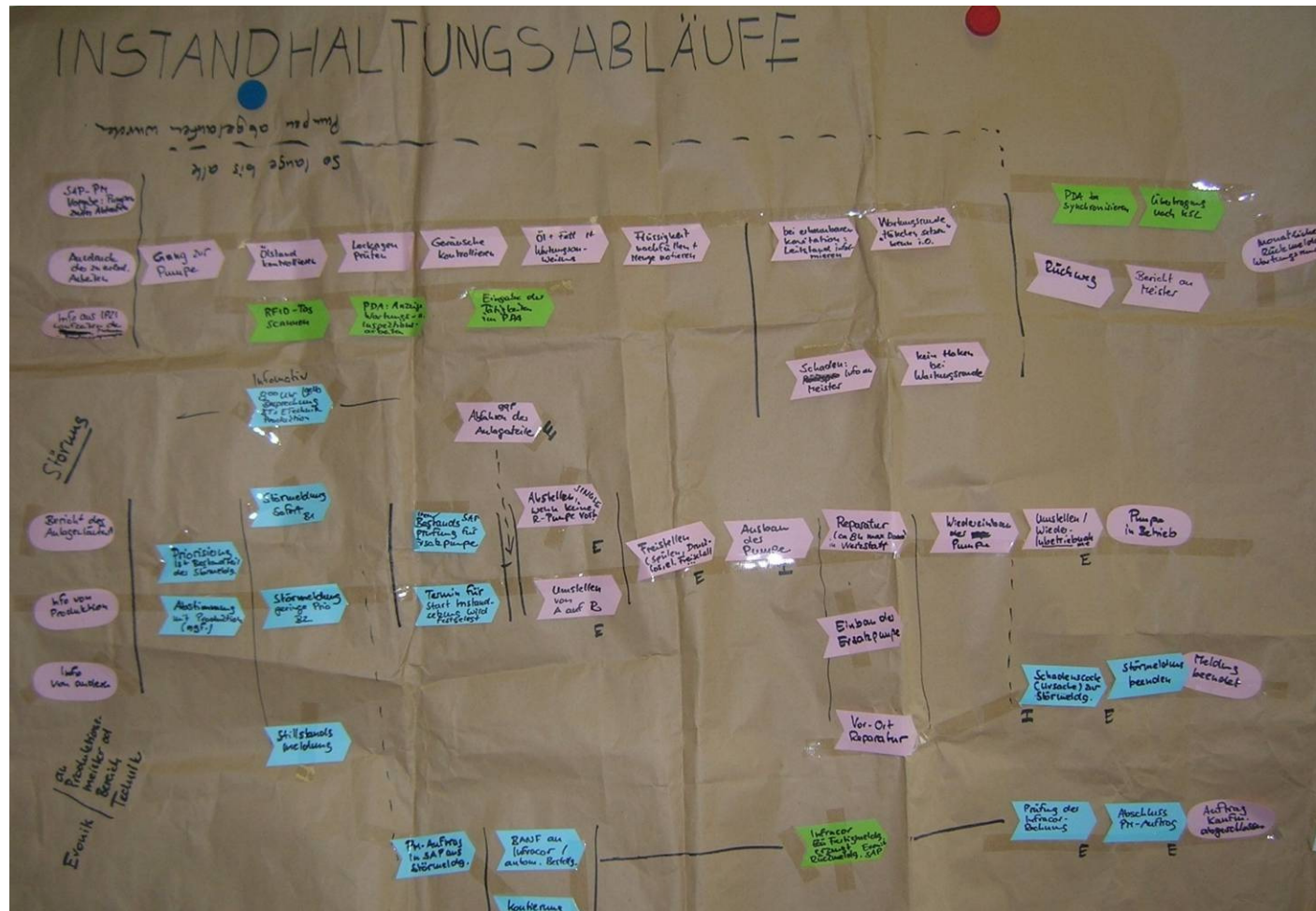
1. Prozessanalyse

2. Prozessverbesserung

3. Bewertung



Schritt 1: Aufnahme der IST-Prozessabläufe



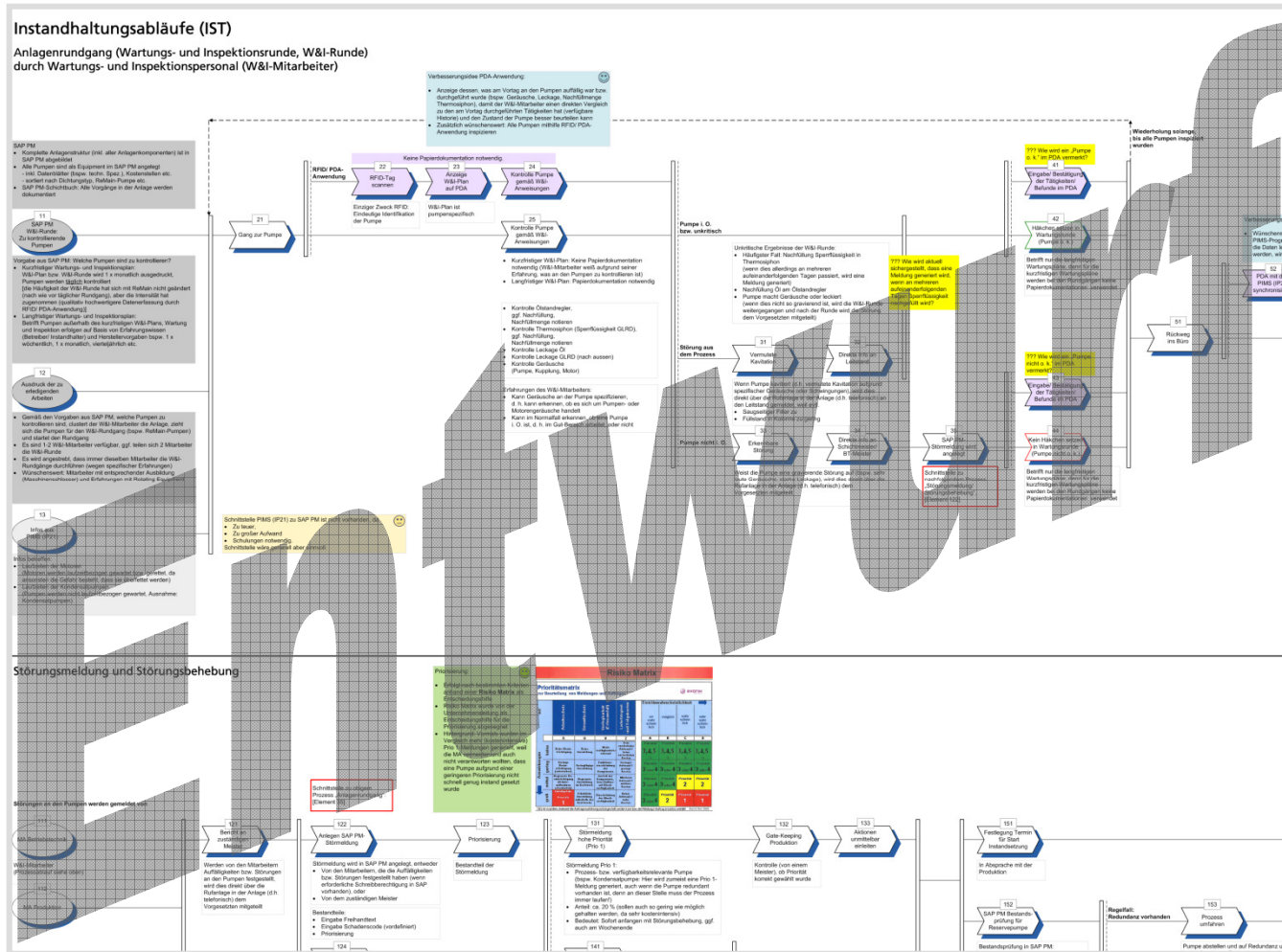
Visualisierung im Prozesskettenplan
Entwicklung in einem Workshop gemeinsam mit den ausführenden Mitarbeitern.

Prozessgestaltung in Instandhaltung und Produktion

1. Prozessanalyse



Schritt 2: Elektronische Aufbereitung



Die in den Workshops gesammelten Informationen werden mittels geeigneter Software (hier Microsoft™ Visio) in eine bearbeitbare Form überführt.

ReMain

Auf Basis der elektronisch aufbereiteten Prozessabläufe kann eine Kontrolle erfolgen, ob alle Prozesse richtig aufgenommen und verstanden worden sind.










Vorgehensweise zur Ermittlung und Bewertung der Prozesse

1. Prozessanalyse

2. Prozessverbesserung

3. Bewertung

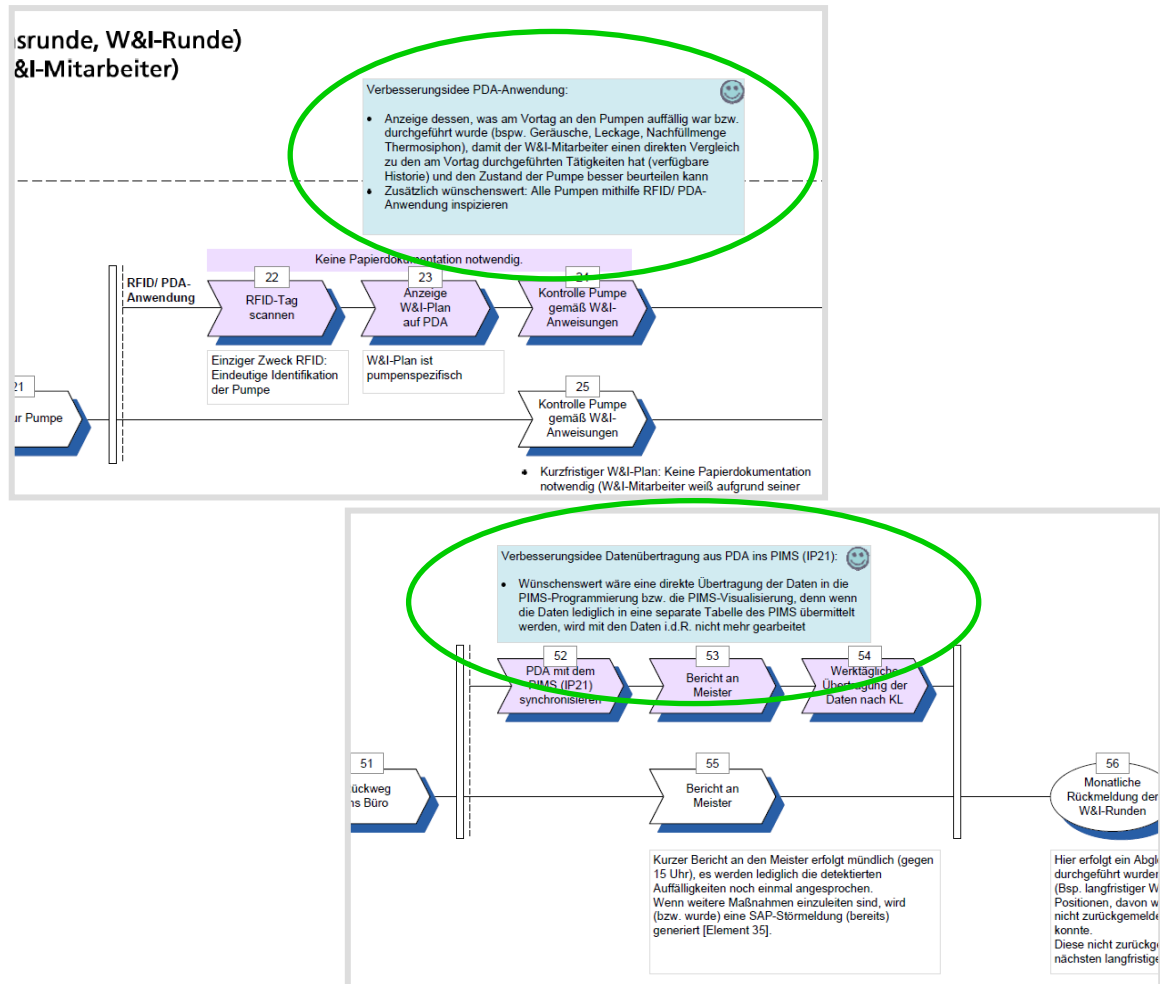


Prozessgestaltung in Instandhaltung und Produktion

2. Prozessverbesserung



Schritt 4: Erkennen von Verbesserungspotenzialen



Auf Basis der Prozessketten ist eine Zuordnung von Verbesserungspotenzialen zu Prozessen möglich, die Ursache und Wirkung transparent werden lässt.

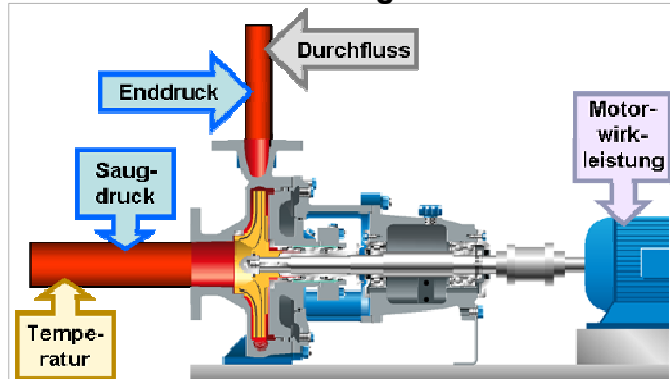
Prozessgestaltung in Instandhaltung und Produktion

2. Prozessverbesserung

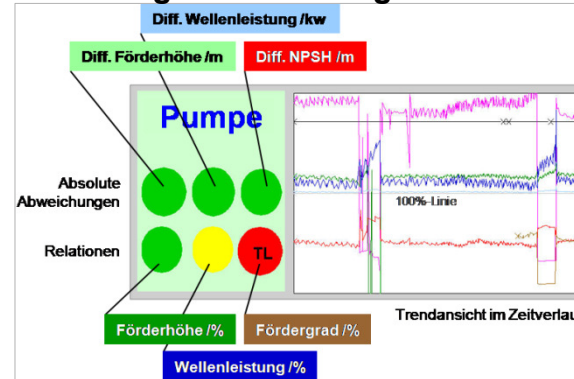


Schritt 5.1: Vom IST-Prozess zum SOLL-Prozess

Prozessinstrumentierung



PIMS-Diagnosewerkzeug



Entwicklung von
SOLL-Prozessabläufen
unter Berücksichtigung
der
Technologieanwendung
en.

RFID/ PDA-Anwendung



Schwingungssensor octavis

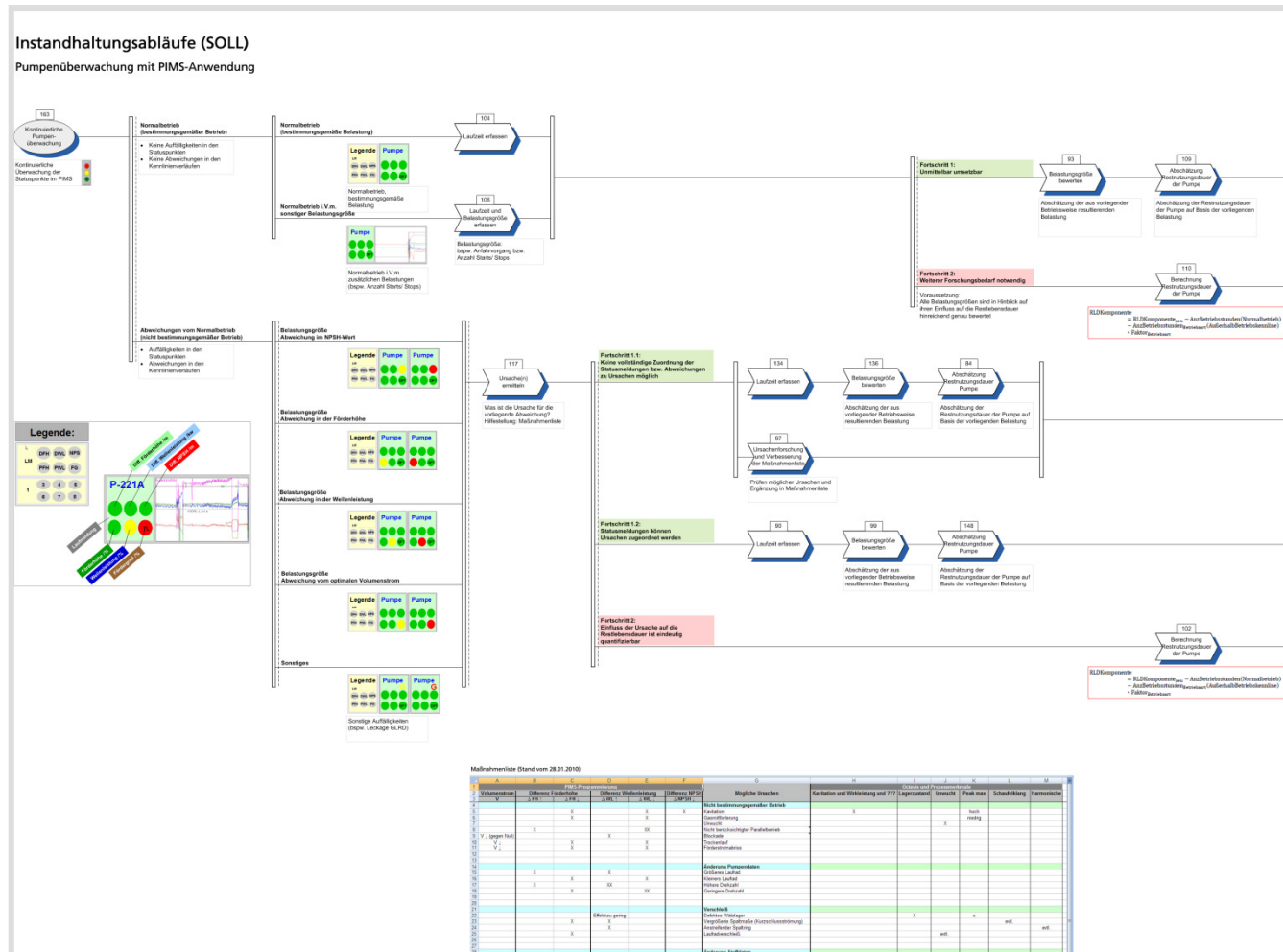


Prozessgestaltung in Instandhaltung und Produktion

2. Prozessverbesserung

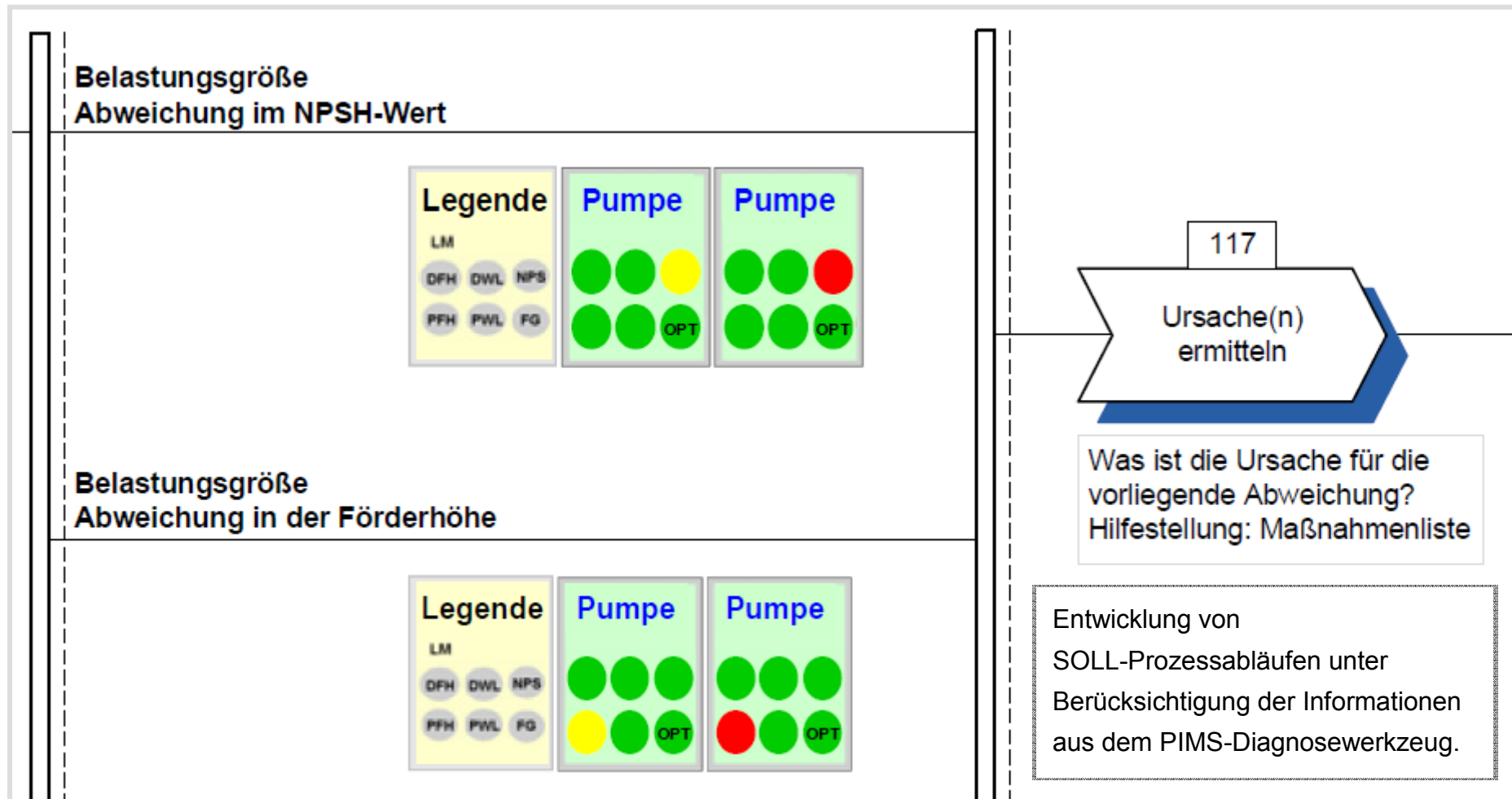


Schritt 5.2: Entwicklung von SOLL-Prozessabläufen



Entwicklung von
SOLL-Prozessabläufen
unter Berücksichtigung der
Informationen aus dem
PIMS-Diagnosewerkzeug.

Schritt 5.2: Entwicklung von SOLL-Prozessabläufen (Ausschnitt)



Vorgehensweise zur Ermittlung und Bewertung der Prozesse

1. Prozessanalyse

2. Prozessverbesserung

3. Bewertung



Prozessgestaltung in Instandhaltung und Produktion

3. Bewertung



Excel-Tool für eine Bewertung der Einsparpotenziale bei Anwendung des PIMS-Diagnosewerkzeugs

Szenario 1: Ohne vorbeugende Instandhaltung

Ausfallkosten ohne vorbeugende Instandhaltung							Total: 320.200 €
Produktionskosten					Schädigungskosten		
Produktionsausfall	Produktionsänderung	Minderleistung	Pönale	Kundenunzufriedenheit	Personenschäden	Umweltschäden	Folgeschäden
160.000 €	4.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Summe: 164.000 €					Summe: 0 €		
Instandsetzungskosten							
Materialkosten (Primär)	Materialkosten (Sekundär)	Werkzeugkosten	Personalkosten	Reinigungskosten	Logistikkosten	Verwaltungskosten	Energiekosten
120.000 €	8.000 €	600 €	19.200 €	4.000 €	2.000 €	2.000 €	400 €
Summe: 156.200 €							

Szenario 2: Mit vorbeugender Instandhaltung und Technologieanwendung (PIMS-Programmierung)

Kosten für vorbeugende Instandhaltung						Total: 128.900 €	
Technologiekosten		Systempflegekosten			Inspektionskosten	Schulungskosten	Material-Restwertkosten
Hardware	Software	Hardware	Software		Personalkosten		
65.000 €	1.000 €	5.000 €	1.250 €				
Summe: 66.000 €		Summe: 6.250 €			50.400 €	5.000 €	1.250 €

Ausfallkosten mit vorbeugender Instandhaltung						Total: 137.650 €	
		Produktionskosten			Schädigungskosten		
Produktionsausfall ▼	Produktionsänderung ▼	Minderleistung ▼	Pönale ▼	Kundenunzufriedenheit ▼	Personenschäden ▼	Umweltschäden ▼	Folgeschäden ▼
20.000 €	500 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Summe: 20.500 €					Summe: 0 €		
Instandsetzungskosten							
Materialkosten (Primär)	Materialkosten (Sekundär)	Werkzeugkosten	Personalkosten ▼	Reinigungskosten ▼	Logistikkosten	Verwaltungskosten	Energiekosten ▼
90.000 €	6.000 €	450 €	14.400 €	3.000 €	1.500 €	1.500 €	300 €
Summe: 117.150 €							

Szenario 1: 320.200 €

Szenario 2: 266.550 €

Gewinn: 53.650 €

→ Bewertungshilfe für Investitionen in Meßtechnik und Diagnosesysteme

2010-04-29 ReMain Abschluss Teil 3 Seite 13



Vorgehensweise zur Ermittlung und Bewertung der Prozesse

Zusammenfassung

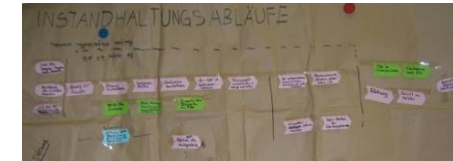


Prozessgestaltung in Instandhaltung und Produktion

Zusammenfassung



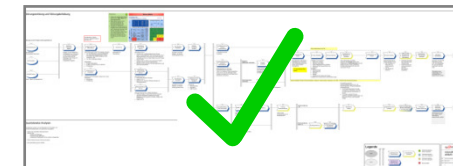
Schritt 1 Aufnahme IST-Prozesse Instandhaltung und Visualisierung in einem Prozesskettenplan



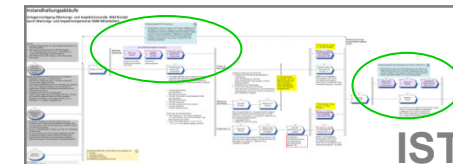
Schritt 2 Elektronische Aufbereitung der Prozessabläufe in MS Visio



Schritt 3 Nachbereitung: Verifizierung der aufgenommenen Prozessabläufe



Schritt 4 Prozessverbesserung I: Erkennen von Verbesserungspotenzialen



Schritt 5 Prozessverbesserung II: Entwicklung von SOLL-Prozessabläufen



Schritt 6 Bewertung: Einsparpotenziale des PIMS-Diagnosewerkzeugs

2010-04-29 ReMain Abschluss Teil 3 Seite 15



Agenda



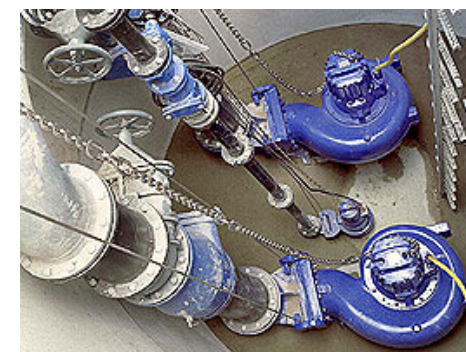
Überblick und Einführung

Details und Ergebnisse aus den Arbeitspaketen

Umsetzung in der Instandhaltung und allgemeine Empfehlungen

I. Optimierung der Instandhaltung

II. **Erkenntnisse aus ReMain**



2010-04-29 ReMain Abschluss Teil 3 Seite 16

Die Instrumentierung der Versuchspumpen ist aufwändig.

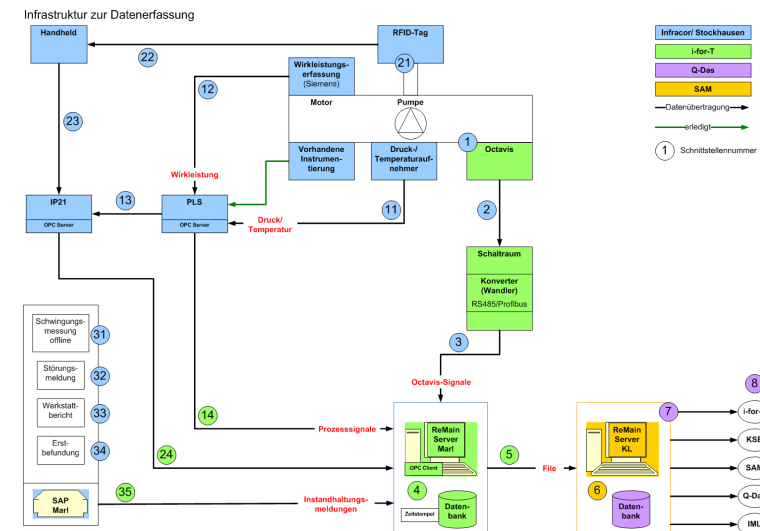
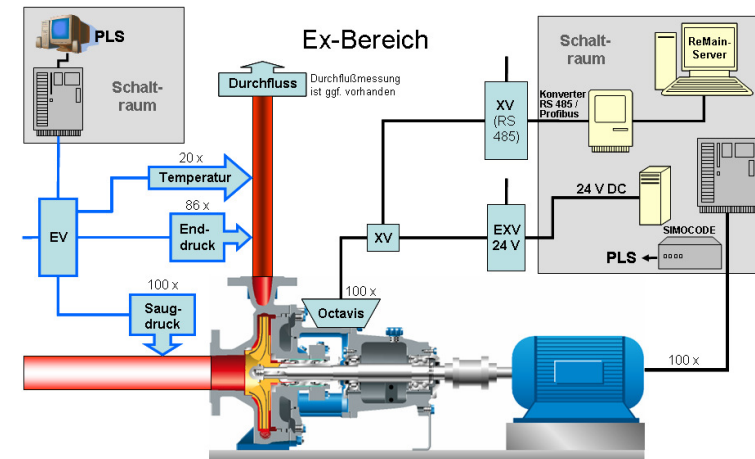
Welche Rückschlüsse und Empfehlungen lassen sich für andere Anlagen ziehen?

Verwendete Messgrößen

1. Prozessgrößen und berechnete Größen



- Gemessene Größen:
 - Saugdruck
 - Enddruck
 - Temperatur
 - Durchfluss
 - Motorwirkleistung
- Gerechnete Größen (PIMS):
 - Pumpenlaufzeit
 - Start/Stops
 - Delta NPSH Wert
 - Delta Wirkleistung
 - Delta Förderhöhe
 - Fördergrad
 - Fördermenge aus Wirkleistung
 - Fördermenge aus Wärmebilanz



2010-04-29 ReMain Abschluss Teil 3 Seite 18



Verwendete Messgrößen

2. Informationen aus Anlagenbegehung



Präzise Protokollierung von Auffälligkeiten und sichere Zuordnung zur Pumpe

Oxidation 06:59

Transponder-ID
001006001029185

Meßstellen-Nummer
P110A2

erkennbare Leckagen

Pumpengehäuse ☐ Nein ☐ Ja

Gleitringdichtung

Innen ☐ Nein ☐ Ja

Außen ☐ Nein ☐ Ja

Öl ☐ Nein ☐ Ja

Pumpenspezifischer Wartungsplan aus dem BUSU-SAP			
Geräusche	ja	Pumpe	Kavitation
		Kupplung	Vibration
		Motor	
	nein		
Thermosyphongefäß	Stand	keine Nachfüllung	
		Nachfüllung 0 - 10 l	
	Druck	Werteingabe 0 - 10 bar	
Thermosyphongefäß	Temperatur	Werteingabe 0 - 100 °C	
erkennbare Leckagen	ja	Pumpengehäuse	
		Gleitringdichtung	Innen
		Öl	Außen
erkennbare Schwingungen	ja	Pumpe	
	nein	Motor	

2010-04-29 ReMain Abschluss Teil 3 Seite 19

Verwendete Messgrößen

3. Schwingungskennwerte



Aus einem Schwingungssignal können verschiedene Informationen gebildet werden

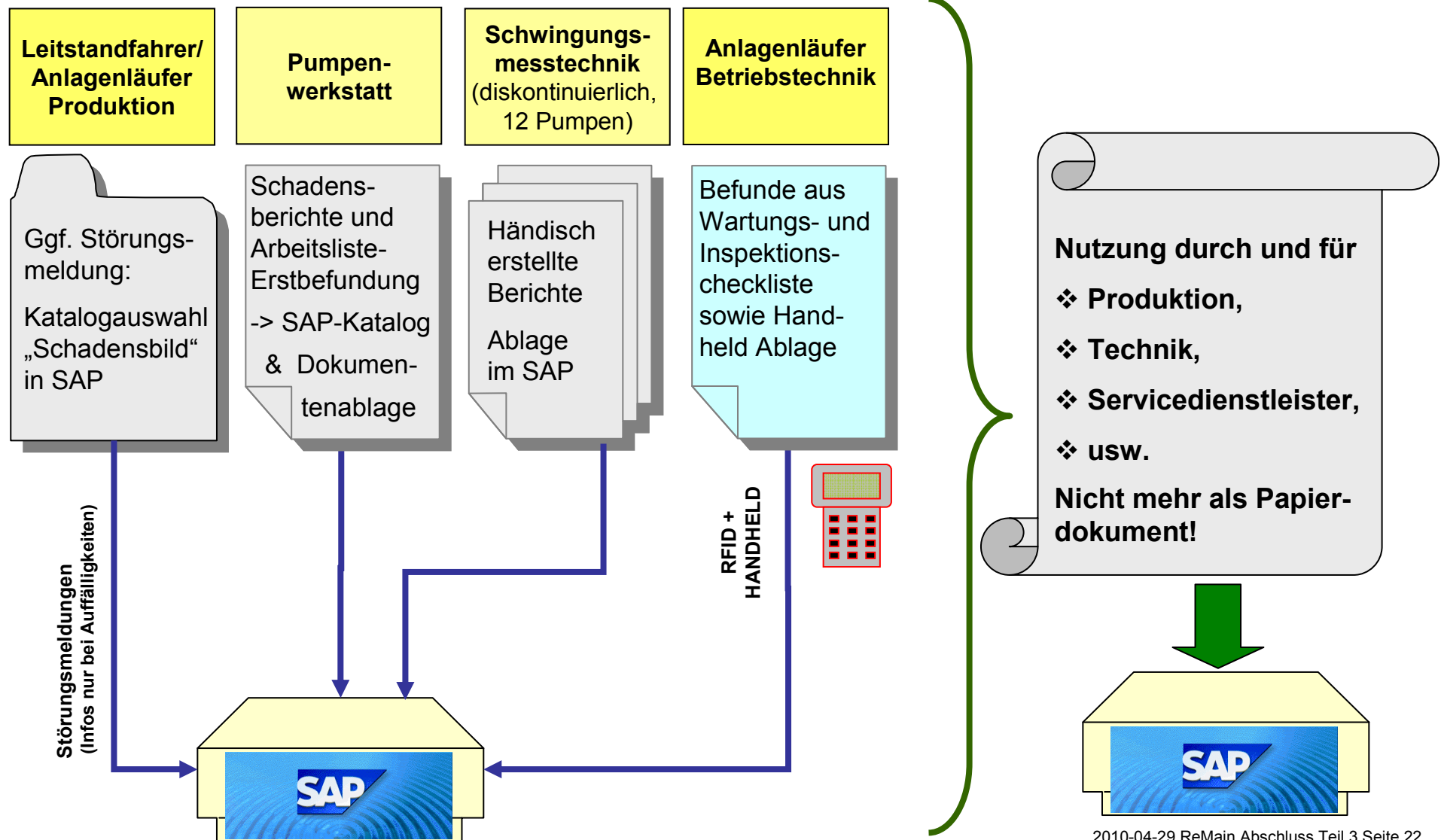
		Prognosemöglichkeiten				
Diagnosegrößen octavis		Wälzlager	Kupplung	Lauftrad	GLRD	Sonstiges
Lagerschadensfrequenzen (H-FFT)		x				
Unwucht (FFT)			x			x
Harmonische (FFT)			x	x		
Kavitation (H-FFT)				x		
Schaufelpassierfrequenz (H-FFT)				x		Anstreifen
pk_max		x		x		Stösse
a_mittel (Betrag)		x	x	x		x
Abgeleitete Diagnosegrößen (Einwirkdauer)						
Einwirkdauer Unwucht				x	x	
Einwirkdauer Harmonische		x	x		x	x
Einwirkdauer Kavitation		x			x	
Einwirkdauer pk_max				x	x	x
Einwirkdauer a_mittel				x	x	x
Einwirkdauer Lagerschadensfrequenzen		x		x	x	
Einwirkdauer Schaufelklang (moduliert)				x	x	

Alle verwendeten Messgrößen liefern relevante Informationen zur Störungsanalyse.

Eine pauschale Empfehlung ist nicht möglich.

Sensoren zur Erkennung von GLRD-Schäden sind noch nicht verfügbar, wären aber wertvolle Informationsgeber.

Gemeinsame Datenbasis ermöglicht die kombinierte Analyse der verfügbaren Datenquellen

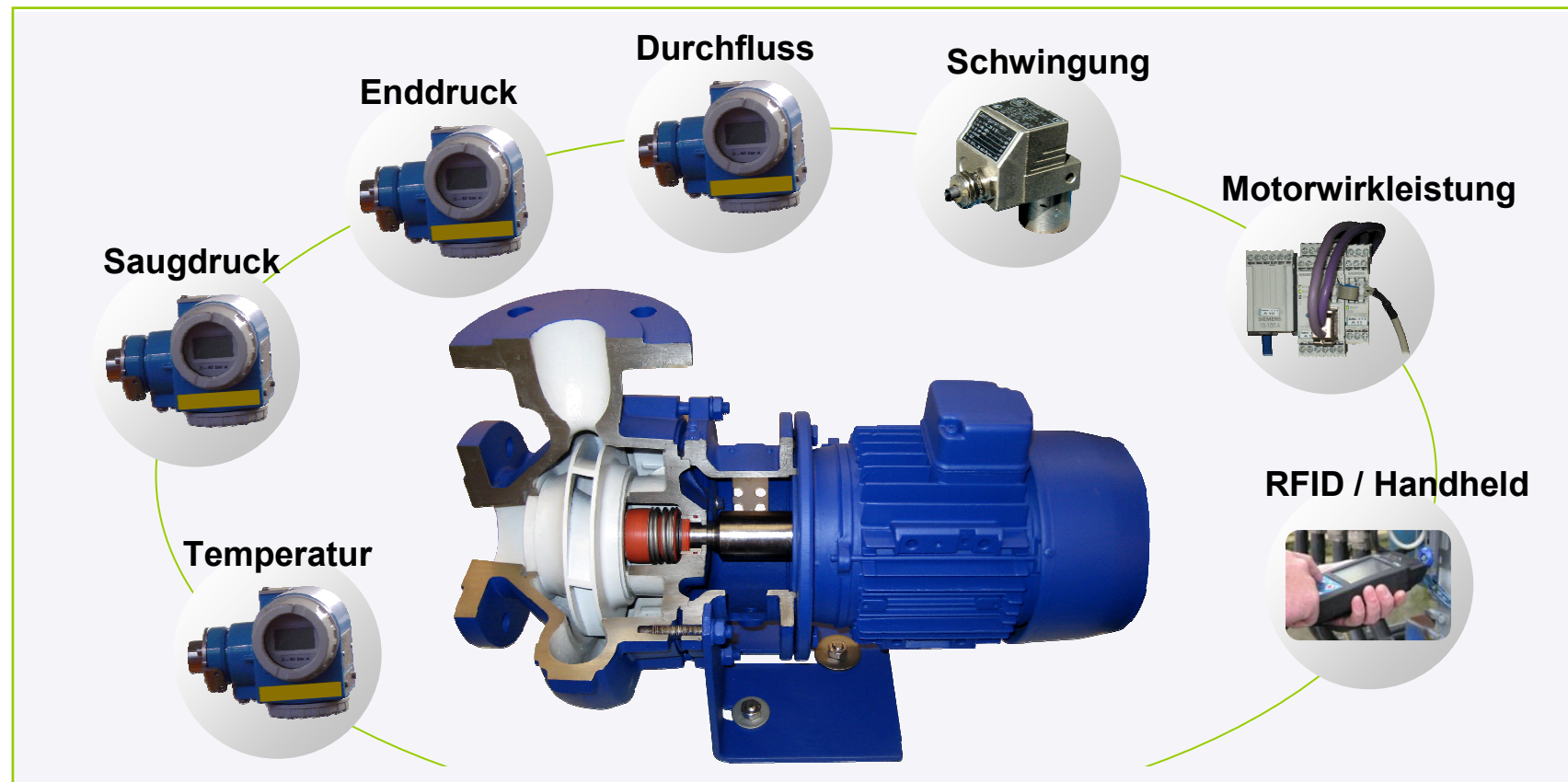


2010-04-29 ReMain Abschluss Teil 3 Seite 22

Kombinierte Nutzung von Messstellen für Prozessführung und Instandhaltung



Instrumentierungen zur Regelung der verfahrenstechnischen Prozesse und für das Asset-Management der Komponenten (z. B. Pumpen) nutzen.



2010-04-29 ReMain Abschluss Teil 3 Seite 23

- **Prozessanalyse Betrieb und Instandhaltung mit allen Beteiligten**
 - Produktion
 - Betriebstechnik
 - Dienstleister
- **Prozessvisualisierung**
- **Risikobasierte Instandhaltung um bei Bedarf personenunabhängig die richtige Reaktion sicherzustellen**

ReMain

[illegible]

Störungsmeldung und Störungsbehebung

Risiko Matrix

Prioritätskriterien	Problemlösung	Problemlösung	Problemlösung	Problemlösung
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9
10	10	10	10	10
11	11	11	11	11
12	12	12	12	12
13	13	13	13	13
14	14	14	14	14
15	15	15	15	15
16	16	16	16	16
17	17	17	17	17
18	18	18	18	18
19	19	19	19	19
20	20	20	20	20
21	21	21	21	21
22	22	22	22	22
23	23	23	23	23
24	24	24	24	24
25	25	25	25	25
26	26	26	26	26
27	27	27	27	27
28	28	28	28	28
29	29	29	29	29
30	30	30	30	30
31	31	31	31	31
32	32	32	32	32
33	33	33	33	33
34	34	34	34	34
35	35	35	35	35
36	36	36	36	36
37	37	37	37	37
38	38	38	38	38
39	39	39	39	39
40	40	40	40	40
41	41	41	41	41
42	42	42	42	42
43	43	43	43	43
44	44	44	44	44
45	45	45	45	45
46	46	46	46	46
47	47	47	47	47
48	48	48	48	48
49	49	49	49	49
50	50	50	50	50
51	51	51	51	51
52	52	52	52	52
53	53	53	53	53
54	54	54	54	54
55	55	55	55	55
56	56	56	56	56
57	57	57	57	57
58	58	58	58	58
59	59	59	59	59
60	60	60	60	60
61	61	61	61	61
62	62	62	62	62
63	63	63	63	63
64	64	64	64	64
65	65	65	65	65
66	66	66	66	66
67	67	67	67	67
68	68	68	68	68
69	69	69	69	69
70	70	70	70	70
71	71	71	71	71
72	72	72	72	72
73	73	73	73	73
74	74	74	74	74
75	75	75	75	75
76	76	76	76	76
77	77	77	77	77
78	78	78	78	78
79	79	79	79	79
80	80	80	80	80
81	81	81	81	81
82	82	82	82	82
83	83	83	83	83
84	84	84	84	84
85	85			

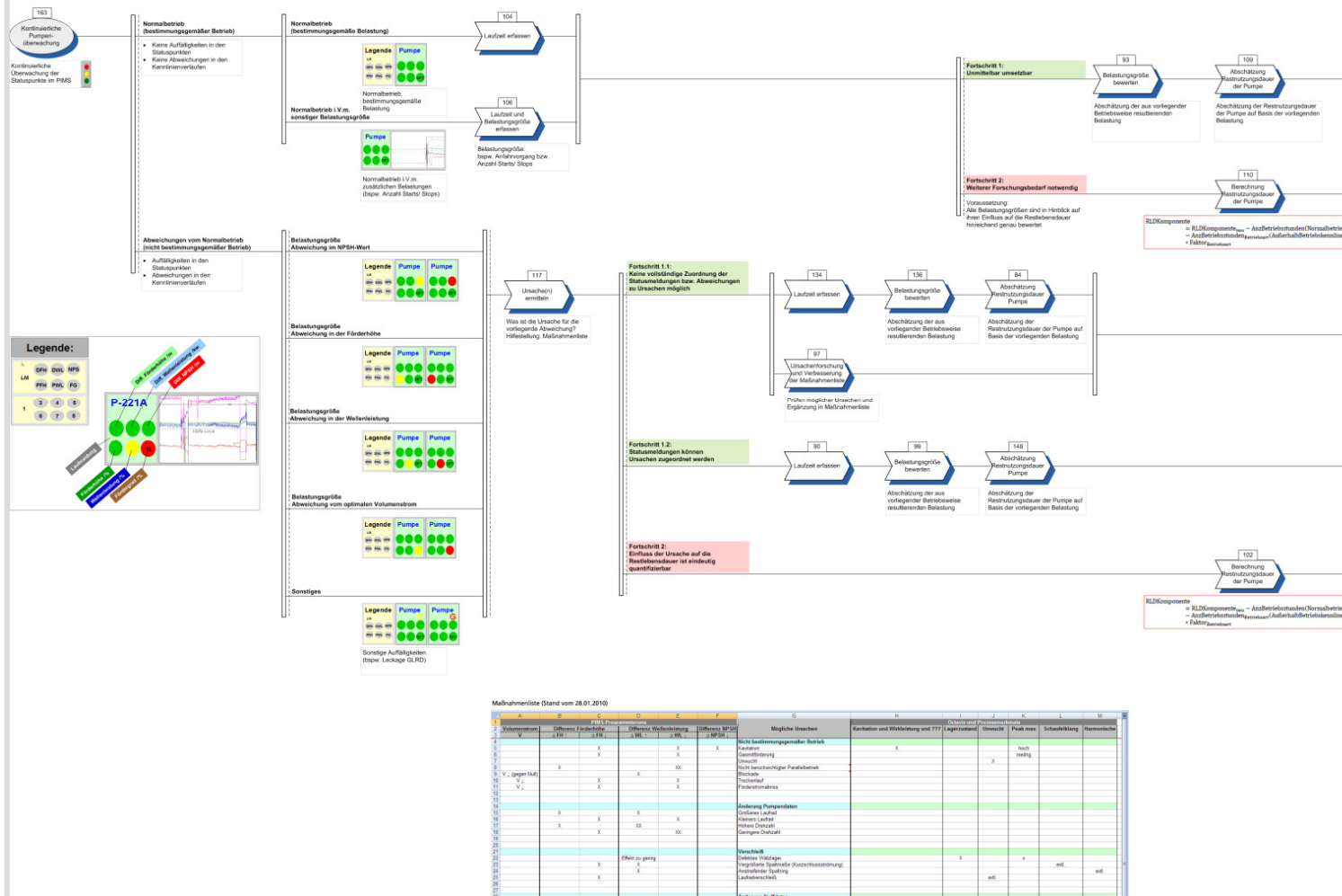
Risikobasierte Instandhaltung

2. Prozessverbesserung



Instandhaltungsabläufe (SOLL)

Pumpenüberwachung mit PIMS-Anwendung



Maßnahmenliste (Stand vom 28.01.2010)

Maßnahmenliste	Differenz Zustände	Differenz Werte	Differenz MPN	Mögliche Ursachen	Korrekturen und Wartungen und 777	Ursache	Prüf max	Schadlichkeit	Restlebensdauer
1	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Betrieb					
2	X	X	X	Leistung	X				
3	X	X	X	Übererwärmung					
4	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
5	X	X	X	Reibung					
6	X	X	X	Prozessfehler					
7	X	X	X	Prozessabweichung					
8	X	X	X	Leistung					
9	X	X	X	Übererwärmung					
10	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
11	X	X	X	Reibung					
12	X	X	X	Prozessfehler					
13	X	X	X	Prozessabweichung					
14	X	X	X	Leistung					
15	X	X	X	Übererwärmung					
16	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
17	X	X	X	Reibung					
18	X	X	X	Prozessfehler					
19	X	X	X	Prozessabweichung					
20	X	X	X	Leistung					
21	X	X	X	Übererwärmung					
22	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
23	X	X	X	Reibung					
24	X	X	X	Prozessfehler					
25	X	X	X	Prozessabweichung					
26	X	X	X	Leistung					
27	X	X	X	Übererwärmung					
28	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
29	X	X	X	Reibung					
30	X	X	X	Prozessfehler					
31	X	X	X	Prozessabweichung					
32	X	X	X	Leistung					
33	X	X	X	Übererwärmung					
34	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
35	X	X	X	Reibung					
36	X	X	X	Prozessfehler					
37	X	X	X	Prozessabweichung					
38	X	X	X	Leistung					
39	X	X	X	Übererwärmung					
40	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
41	X	X	X	Reibung					
42	X	X	X	Prozessfehler					
43	X	X	X	Prozessabweichung					
44	X	X	X	Leistung					
45	X	X	X	Übererwärmung					
46	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
47	X	X	X	Reibung					
48	X	X	X	Prozessfehler					
49	X	X	X	Prozessabweichung					
50	X	X	X	Leistung					
51	X	X	X	Übererwärmung					
52	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
53	X	X	X	Reibung					
54	X	X	X	Prozessfehler					
55	X	X	X	Prozessabweichung					
56	X	X	X	Leistung					
57	X	X	X	Übererwärmung					
58	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
59	X	X	X	Reibung					
60	X	X	X	Prozessfehler					
61	X	X	X	Prozessabweichung					
62	X	X	X	Leistung					
63	X	X	X	Übererwärmung					
64	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
65	X	X	X	Reibung					
66	X	X	X	Prozessfehler					
67	X	X	X	Prozessabweichung					
68	X	X	X	Leistung					
69	X	X	X	Übererwärmung					
70	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
71	X	X	X	Reibung					
72	X	X	X	Prozessfehler					
73	X	X	X	Prozessabweichung					
74	X	X	X	Leistung					
75	X	X	X	Übererwärmung					
76	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
77	X	X	X	Reibung					
78	X	X	X	Prozessfehler					
79	X	X	X	Prozessabweichung					
80	X	X	X	Leistung					
81	X	X	X	Übererwärmung					
82	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
83	X	X	X	Reibung					
84	X	X	X	Prozessfehler					
85	X	X	X	Prozessabweichung					
86	X	X	X	Leistung					
87	X	X	X	Übererwärmung					
88	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
89	X	X	X	Reibung					
90	X	X	X	Prozessfehler					
91	X	X	X	Prozessabweichung					
92	X	X	X	Leistung					
93	X	X	X	Übererwärmung					
94	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
95	X	X	X	Reibung					
96	X	X	X	Prozessfehler					
97	X	X	X	Prozessabweichung					
98	X	X	X	Leistung					
99	X	X	X	Übererwärmung					
100	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
101	X	X	X	Reibung					
102	X	X	X	Prozessfehler					
103	X	X	X	Prozessabweichung					
104	X	X	X	Leistung					
105	X	X	X	Übererwärmung					
106	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
107	X	X	X	Reibung					
108	X	X	X	Prozessfehler					
109	X	X	X	Prozessabweichung					
110	X	X	X	Leistung					
111	X	X	X	Übererwärmung					
112	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
113	X	X	X	Reibung					
114	X	X	X	Prozessfehler					
115	X	X	X	Prozessabweichung					
116	X	X	X	Leistung					
117	X	X	X	Übererwärmung					
118	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
119	X	X	X	Reibung					
120	X	X	X	Prozessfehler					
121	X	X	X	Prozessabweichung					
122	X	X	X	Leistung					
123	X	X	X	Übererwärmung					
124	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
125	X	X	X	Reibung					
126	X	X	X	Prozessfehler					
127	X	X	X	Prozessabweichung					
128	X	X	X	Leistung					
129	X	X	X	Übererwärmung					
130	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
131	X	X	X	Reibung					
132	X	X	X	Prozessfehler					
133	X	X	X	Prozessabweichung					
134	X	X	X	Leistung					
135	X	X	X	Übererwärmung					
136	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
137	X	X	X	Reibung					
138	X	X	X	Prozessfehler					
139	X	X	X	Prozessabweichung					
140	X	X	X	Leistung					
141	X	X	X	Übererwärmung					
142	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
143	X	X	X	Reibung					
144	X	X	X	Prozessfehler					
145	X	X	X	Prozessabweichung					
146	X	X	X	Leistung					
147	X	X	X	Übererwärmung					
148	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
149	X	X	X	Reibung					
150	X	X	X	Prozessfehler					
151	X	X	X	Prozessabweichung					
152	X	X	X	Leistung					
153	X	X	X	Übererwärmung					
154	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
155	X	X	X	Reibung					
156	X	X	X	Prozessfehler					
157	X	X	X	Prozessabweichung					
158	X	X	X	Leistung					
159	X	X	X	Übererwärmung					
160	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
161	X	X	X	Reibung					
162	X	X	X	Prozessfehler					
163	X	X	X	Prozessabweichung					
164	X	X	X	Leistung					
165	X	X	X	Übererwärmung					
166	X	X	X	Nicht bestimmungsgemäßer Parallelbetrieb					
167	X	X	X	Reibung					
168	X	X	X	Prozessfehler</					

Risikobasierte Instandhaltung

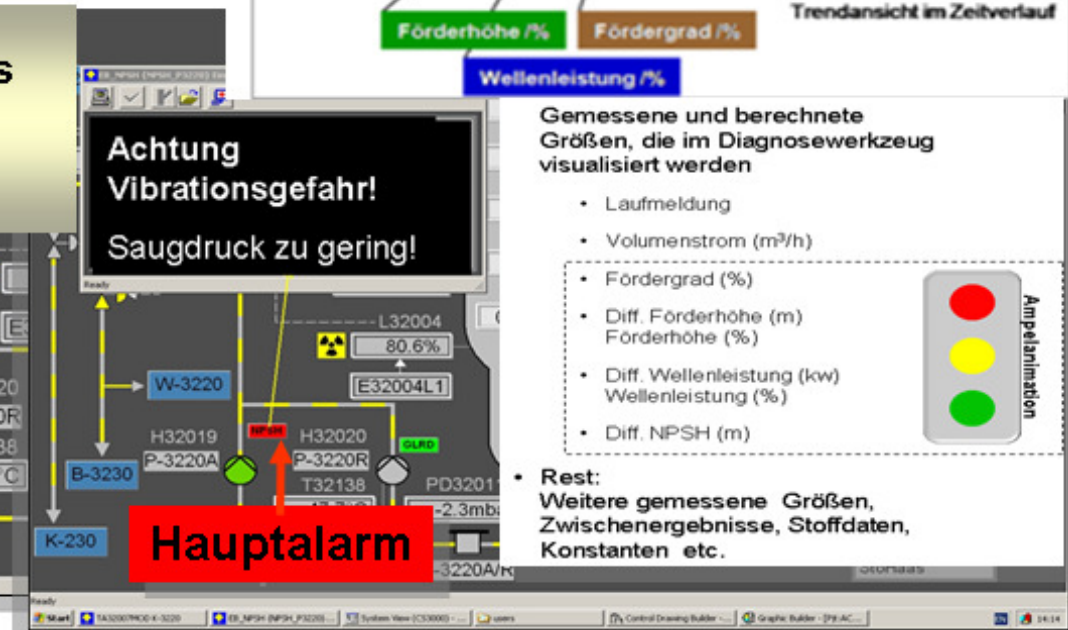
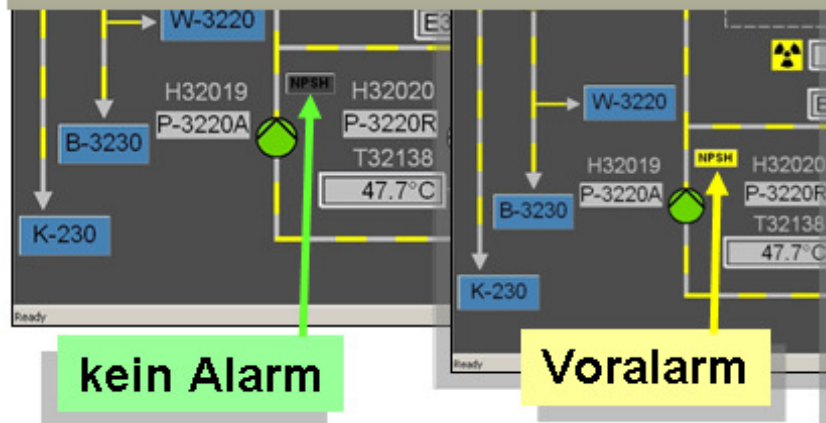
3. Nutzung der Daten in Echtzeit



Hohe Betriebssicherheit und Schadensprävention werden durch schnelle Reaktion der Anlagenfahrer und Instandhaltung erreicht.

Die Integration von Diagnoseinformationen in das Prozess-Leitsystem (PLS) schafft die Voraussetzung dafür.

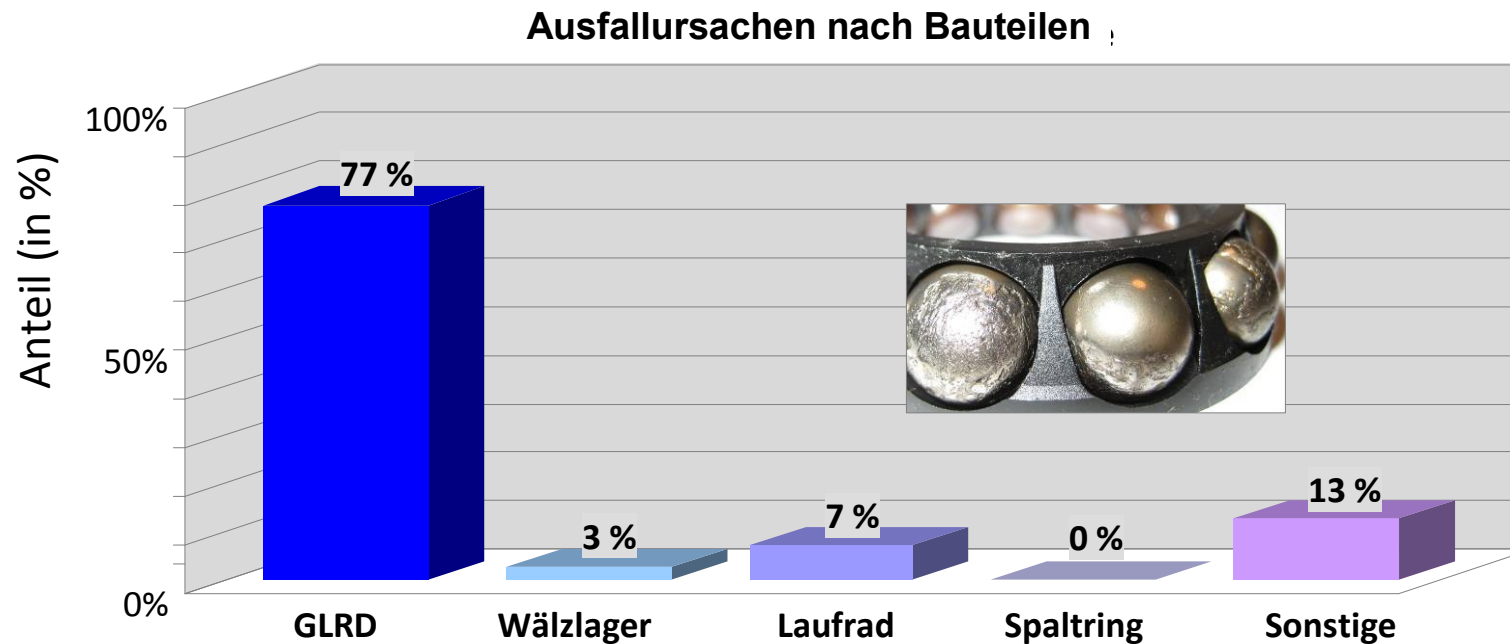
Zum Beispiel: Durch Einbindung des PIMS-Diagnosewerkzeuges in das Anlagenfließbild des PLS.



Proaktive Wartung: Auswechslung von Bauteilen vor Ende des Abnutzungsvorrates



Ausfallquellen vermeiden durch vorzeitigen Wechsel der Komponenten bei Instandhaltungsmaßnahmen



Zum Beispiel ergibt sich die sehr **geringe Anzahl** der **Wälzlagerausfälle** durch den **frühzeitigen Lagerwechsel** bei einer Instandsetzungsmaßnahme an einer Pumpe wenn die **Laufzeit der Läger > 1 Jahr** ist.

Da die Kosten für die Läger in Relation zu den Gesamtaufwendungen gering sind.

2010-04-29 ReMain Abschluss Teil 3 Seite 28

Die deutliche Reduzierung der Ausfälle der Versuchspumpen ist auf die Kombination verschiedener Maßnahmen zurückzuführen:

- **Aufbau einer übergreifenden gemeinsamen Datenbasis**
- **intelligente Nutzung der Messstellen für Prozessführung und Instandhaltung**
- **Risikobasierte Instandhaltung mit Echtzeitinformation für den Anlagenfahrer**
- **Proaktive Wartung mit vorzeitigem Austausch aller ausfallkritischen Teile nach definierten Laufzeiten**

... aber entscheidender Faktor für die Verlängerung der Laufzeit von Pumpen ist die Sensibilisierung der Mitarbeiter aus Produktion und Technik

- **Schulungsfilm**
- **Schulung im Pumpentechnikum.**
- **Gemeinsames Risikoverständnis von Produktion und Technik bei der Meldungspriorisierung**

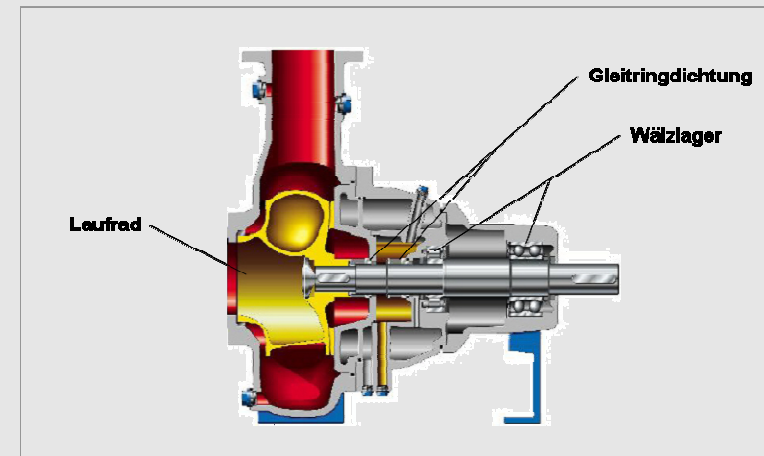
Die Vision bleibt: mit der Schätzung der Restlebensdauer Betriebskosten von Pumpen senken



Ansatz: Die Restlebensdauer ergibt sich aus der Differenz zwischen der Auslegung des Herstellers und den Laufzeiten bei bestimmungsgemäßigem und nicht bestimmungsgemäßigem Betrieb.

➤ Relevante Bauteile

- Gleitringdichtung (GLRD)
- Wälzlager
- Laufrad



$$\text{➤ } \text{RLD}_{(\text{Pumpe})} = \text{Min} (\text{RLD}_{(\text{GLRD})} \text{ oder } \text{RLD}_{(\text{Wälzlager})} \text{ oder } \text{RLD}_{(\text{Laufrad})})$$

$$\text{➤ } \text{RLD}_{(\text{Bauteil})} \text{ Basis} \begin{array}{l} \text{– Anzahl (Starts und Stops) x Faktor m} \\ \text{– Anzahl (Betriebsstunden Normalbetrieb) x 1} \\ \text{– Anzahl (Betriebsstunden Kavitationsbetrieb) x Faktor n} \\ \text{– Anzahl (Betriebsstunden bei Teil- / Überlast) x Faktor p} \end{array}$$

...

Wir sind mit unserem Forschungsprojekt noch nicht am Ziel (Diagnose und Restlaufzeitprognose), aber auf einem guten Wege (Verlängerung der Pumpenlaufzeiten).

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

