



Mechmine GmbH

53. Tagung des Bündner Klärwerkpersonals

17. August 2022

Präsentiert von Rudolf Tanner

info@mechmine.com, Tel.076 565 3 161

Maschinenüberwachung

Einführung I



- ▶ Zweck
 - ▶ Keine Überraschungen → Planungs- und Budgetkontrolle
 - ▶ Lagerhaltungskosten optimieren (Ersatzteil-Management)
 - ▶ Produktivität maximieren → Ausfallzeiten minimieren
 - ▶ Platz und/oder Kosten von Redundanz mittels Überwachungen reduzieren, z.B. in Städten
- ▶ Strategien (z.B. nach DIN 31051)
 - ▶ Reaktiv, Zustandsbasiert (via Inspektion),
Präventiv (z.B. Zeitintervall), Prädikativ (auf Vorhersage)
- ▶ Anlagenprobleme
 - ▶ **Maschinenfehler** – kann korrigiert werden
 - ▶ Unwucht, Ausrichtefehler, lose Befestigung, Schmierproblem
 - ▶ **Maschinendefekt** – muss repariert werden
 - ▶ Wälzlager- oder Getriebezahnrad-Defekt, Wellenbruch

Maschinenüberwachung

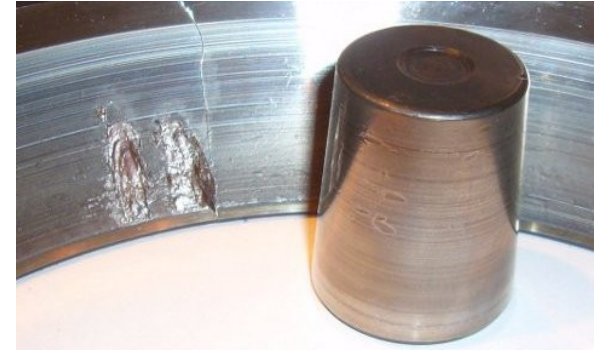
Einführung II

- ▶ Ein paar bekannte Methoden zur Maschinenüberwachung
 - ▶ Rundgang mit Aug & Ohr
 - ▶ Temperaturüberwachung
 - ▶ Endoskopie (Kamerainspektion)
 - ▶ Analyse von Stromflussdaten
 - ▶ Schwingungsüberwachung mit Grenzwertschalter
 - ▶ Analyse von Schwingungsdaten
- ▶ Standard ISO-10816-3
 - ▶ Basiert auf Schwinggeschwindigkeit mm/s (10 - 1000 Hz)
 - ▶ Sehr populär weil einfach, aber unpassend für viele Anlagen. Kann falsche Sicherheit vorgaukeln!



Maschinenüberwachung

Worum geht es hier?

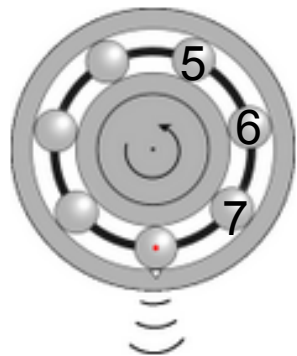


- ▶ Der Zustand rotierender Maschinen lässt sich am Besten durch Vibrationen beurteilen.
- ▶ Pumpen, Motoren, Generatoren, Ventilatoren, Getriebe,...
- ▶ **Industrie 4.0:** zusammenführen von Technologien wie künstliche Intelligenz (KI), IoT/5G, Big-Data und Cloud ermöglichen **zustandsbasierte Wartung und vorausschauende Wartung.**

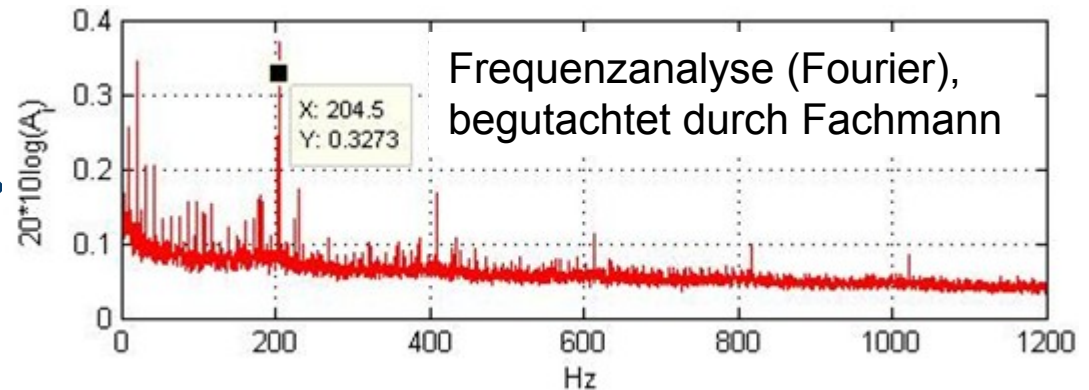
Maschinenüberwachung

Wie funktioniert es?

- ▶ Vibrationen sind die ersten Indikatoren von Problemen
- ▶ **Defekte** verursachen Vibrationen



Lagerdefekt
7 Impulse/Umdrehung



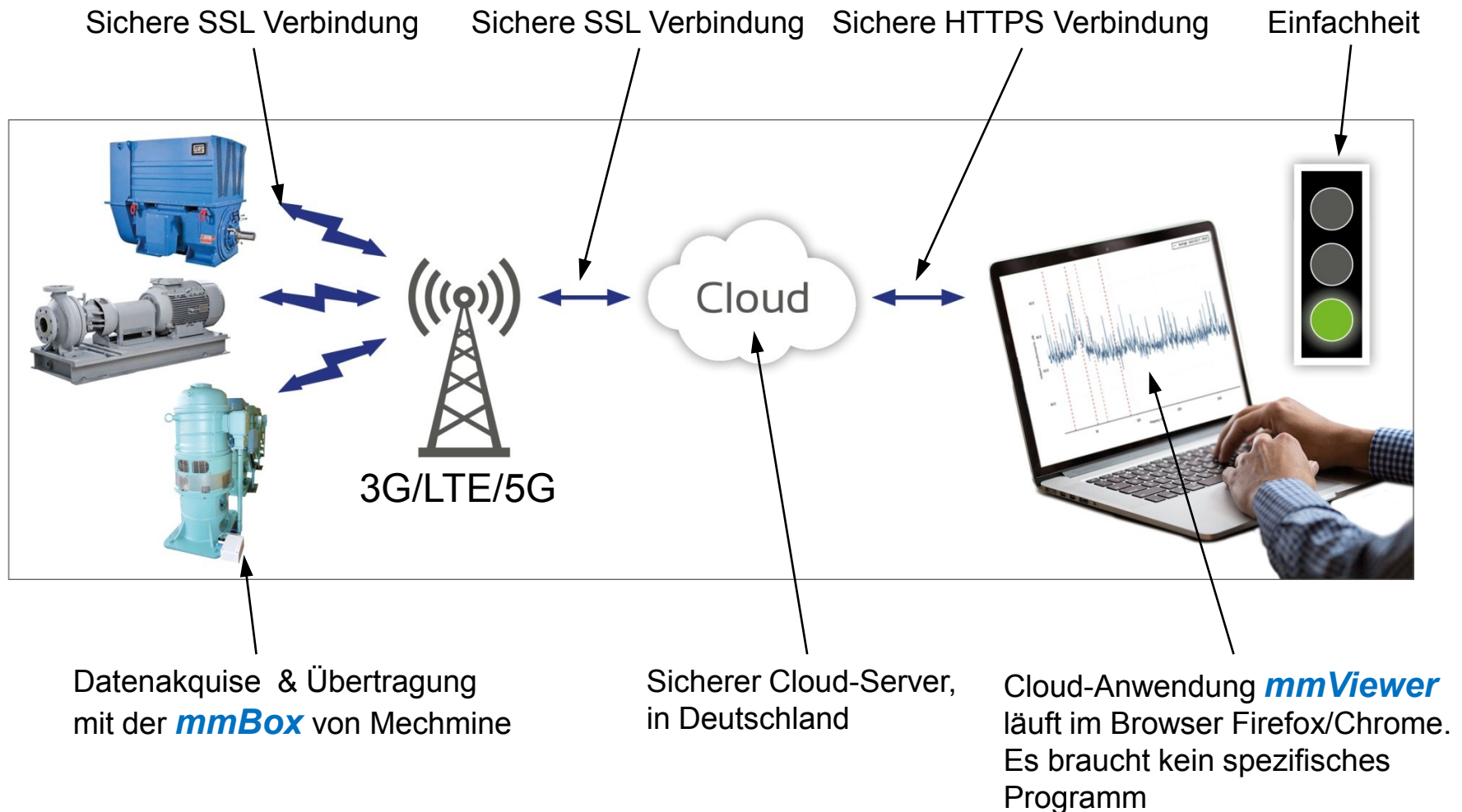
- ▶ Mechmine Paradigma

Fachmann

Übergang

Automatisiert, 24/7

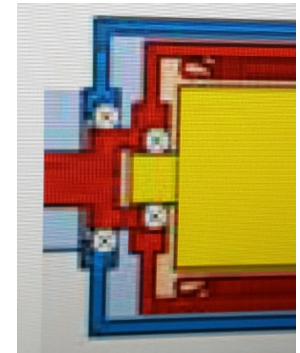
Maschinenüberwachung Hardware und Web-Portal



Installationen

Beispiel 1

- ▶ Flottweg Dekanter
- ▶ Herausforderungen
 - ▶ Drehzahl von 3750 Umin
 - ▶ Hohe Beschleunigungswerte, ISO-10816-3 versagt hier
 - ▶ “Lager in Lager” Anordnung: relative Drehzahl eines Lagers
- ▶ Motivation für Anlagenbetreiber
 - ▶ Alter der Maschine
 - ▶ Kostenreduktion bei Ersatzteilkhaltung (Rotor)



Lager-in-Lager schematisch

Installationen

Beispiel 2

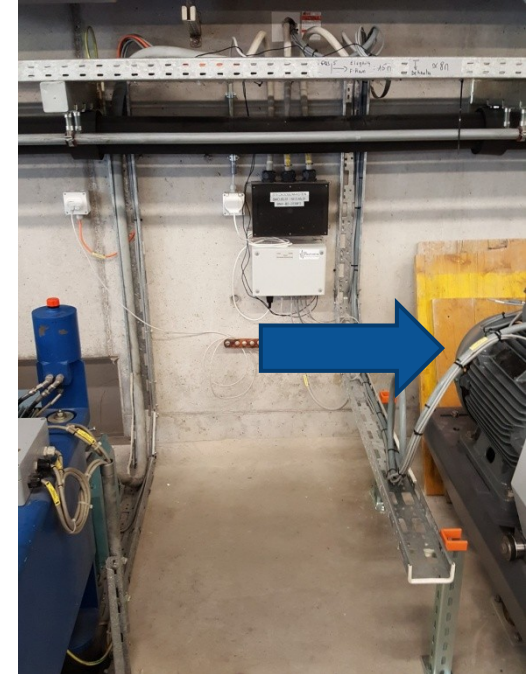
- ▶ STAMO Rührwerkantrieb auf Faulturm
- ▶ Herausforderungen
 - ▶ Drehzahl von 19.6 Umin, ISO-10816-3 versagt hier
 - ▶ Explosionsschutz, Zone 1 und 2
- ▶ Motivation für Anlagenbetreiber
 - ▶ Neue Anlage: Fingerprint erstellen, Erfahrungen sammeln
 - ▶ Teurer Schaden: ein Rührwerk-Bruch wurde einmal lange nicht bemerkt!
- ▶ Die Schwingungsüberwachung des Herstellers genügt nicht, da Sensor ab 2 Hz misst (19.6 Umin \rightarrow 0.3 Hz)



Installationen

Beispiel 3

- ▶ Hiller Dekanter (low energy)
- ▶ Herausforderungen
 - ▶ Drehzahl von 3500 Umin
 - ▶ Hohe Beschleunigungswerte, ISO-10816-3 versagt hier
 - ▶ “Lager in Lager” Anordnung: relative Drehzahl eines Lagers
- ▶ Motivation für Anlagenbetreiber
 - ▶ Neue Anlage, “Trend” ist gut verfolgbar
 - ▶ Kostenreduktion bei Ersatzteilkhaltung (Rotor)



Installationen

Weitere Beispiele

▶ Pumpen

- ▶ Wenn nicht redundant ausgeführt
- ▶ Ersatz wäre leicht zu kriegen, aktuell aber nicht mehr!

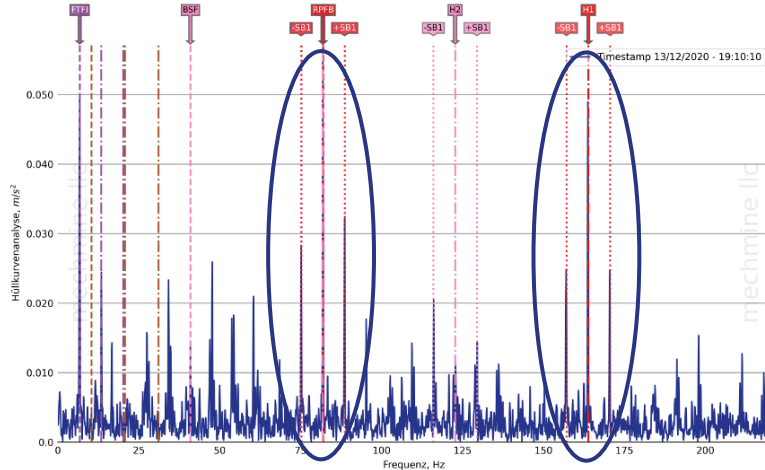


▶ Getriebe für Hebewerke

- ▶ Redundant
- ▶ Oftmals 30 Jahre und älter, schwierige Erstzeitelbeschaffung
- ▶ Reparatur zeitaufwendig, aber da überdimensioniert ist das Risiko eines Defektes hier noch eher gering

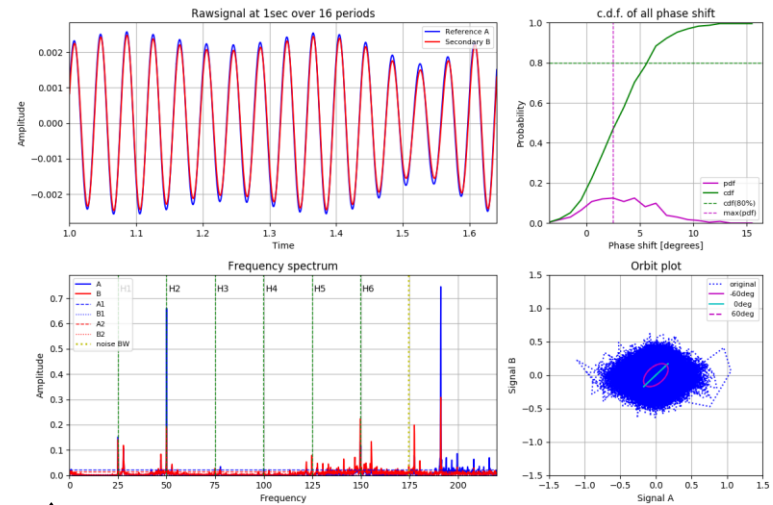
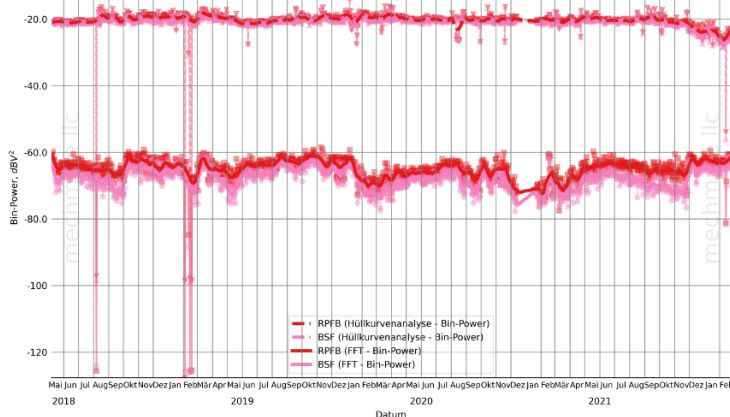


Maschinenüberwachung Diagnosen und Vorhersagen



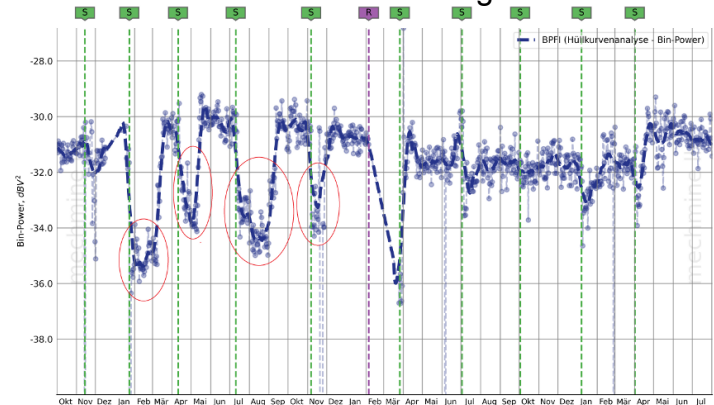
↑ Diagnose Käfigschaden

↓ Trend Käfigschaden mit konstantem Pegel, d.h. man kann mit der Reparatur zuwarten



↑ Diagnose Unwucht oder Ausrichtfehler

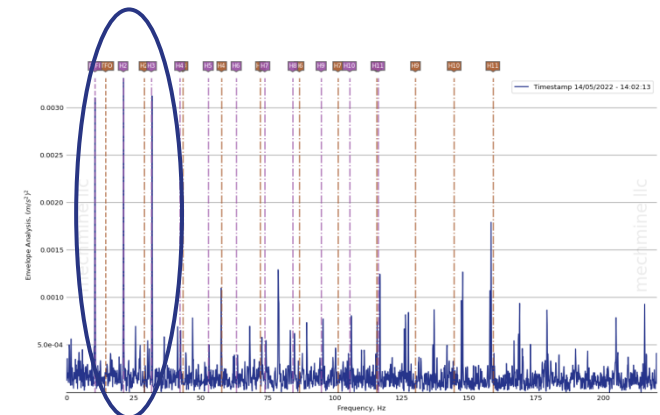
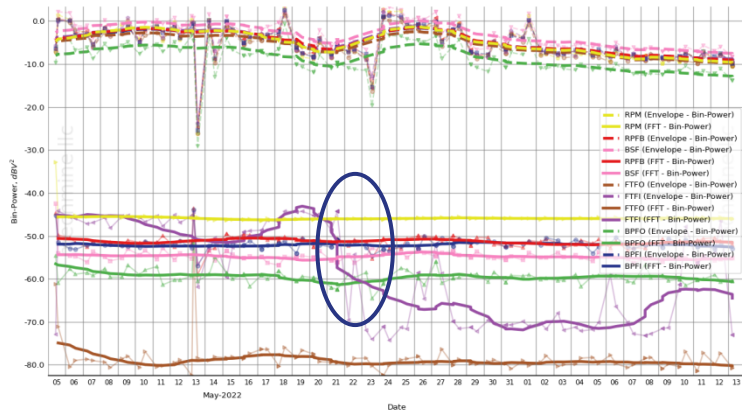
↓ Trend mit Einfluss der Fettschmierung, Empfehlung: auf kontinuierliche Schmierung wechseln



Maschinenüberwachung

Mögliches Vorgehen

- ▶ Ziel: die Überwachung soll die Effizienz der Anlagenbetreuer erhöhen, d.h. keine Mehrarbeit generieren
- ▶ Möglicher Ansatz:
 - ▶ Breites Spektrum von möglichen Defekten abdecken
 - ▶ Diese über Trends beobachten (Monitoring)
 - ▶ Automatisierte Überwachung mittels Schwellwerte welche dann Alarme generieren
 - ▶ Aktiv werden wenn Trend oder Alarm dazu veranlassen
 - ▶ Selber nachschauen
 - ▶ Externen Experten hinzuziehen, kann via Cloud schon aus der Ferne eine Vorabklärung machen
 - ▶ Beobachtungsintervall verkürzen, oder ev. Korrektur/Reparatur in die Wege leiten
- ▶ Wichtig: je mehr Metadaten (z.B. betreffend Schmierung, Prozessänderungen) Anlagenbetreiber zur Verfügung stellen, umso besser die Diagnose → elektr. Wartungslogbuch
- ▶ Beispiel: vom Trend via Spektralanalyse zur Diagnose



Maschinenüberwachung

Lohnt sich eine Überwachung?

- ▶ ROI
- ▶ Beispiel: Wasserkraftwerk im Sarganserland

Reparaturkosten	CHF 700,000	
Beitrag Versicherung	CHF 400,000	
Ungedeckter Betrag	CHF 300,000	
Dauer des Produktionsausfalls	60	Tage
Erlös pro kWh	CHF 0.047	
Maschinenleistung	2000	kW
Verlust durch Produktionsausfall	CHF 135,360	
Gesamtkosten des Schadens	CHF 435,360	
Wahrscheinliche Zeit zwischen Ausfällen [Jahre pro Defekt]	12	Jahre
Gesamtüberwachungskosten für Zeit zwischen Ausfällen	CHF 18,400	
Pay-back Dauer	6.1	Monate
Mittlere Überwachungskosten pro Jahr	CHF 1,533	

- ▶ Kennen Sie die jährlichen Wartungskosten, Ausfallwahrscheinlichkeit, durchschnittliche Ausfalldauer oder Stromverbrauch einer jeden Maschine?

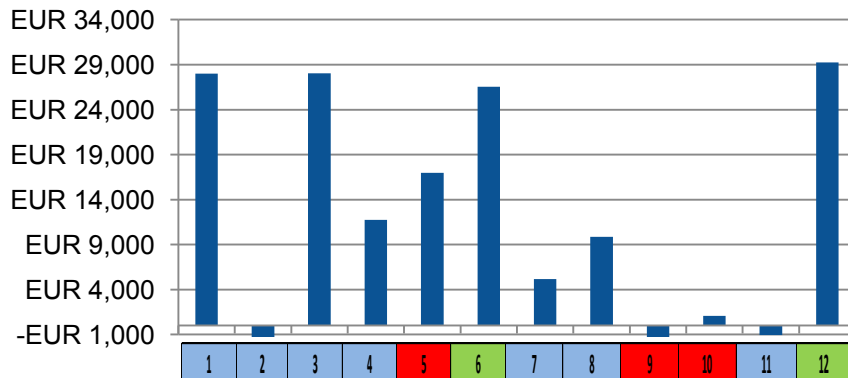
Maschinenüberwachung

Die Qual der Wahl!

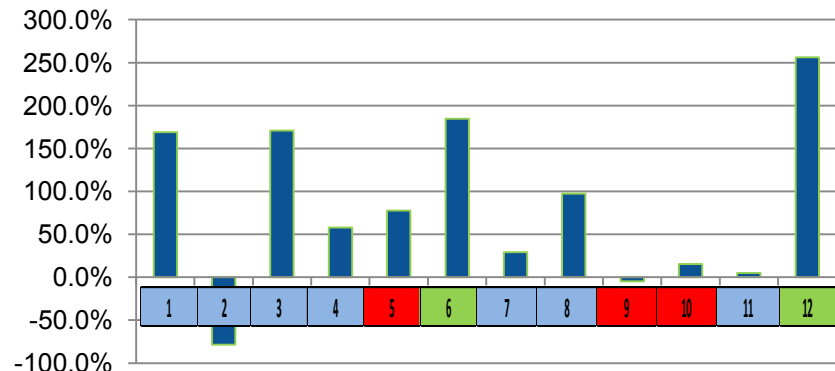
- ▶ Vergleich von 12 Systemen mit je 16 Sensoren
- ▶ Fokus auf ROI, NPV, IRR und TCO
- ▶ Laufzeit über 10 Jahre, 10% Diskontierungssatz
- ▶ Annahme: jedes System spart dem Betreiber EUR 9000/Jahr (Nettobarwertbetrachtung)
- ▶ Die Fähigkeiten der Systeme sind in der Praxis sehr unterschiedlich:
 - ▶ Systeme basierend auf künstlicher Intelligenz vs. nachvollziehbarer Diagnosesysteme
 - ▶ Tiefe vs. hohe jährliche Folgekosten, Elektronikschrott
- ▶ **Die Überwachung von kritischen Maschinen mittels hochaufgelöster Daten ist sehr konkurrenzfähig!**

Hersteller	D	Bra	CH/SWE	US	US	SWE	F	F	D	D	D	CH
Typ	IoT	IoT	IoT	IoT	SW	high-res	IoT	IoT	SW	SW	IoT	high-res
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

NPV (10%)



ROI

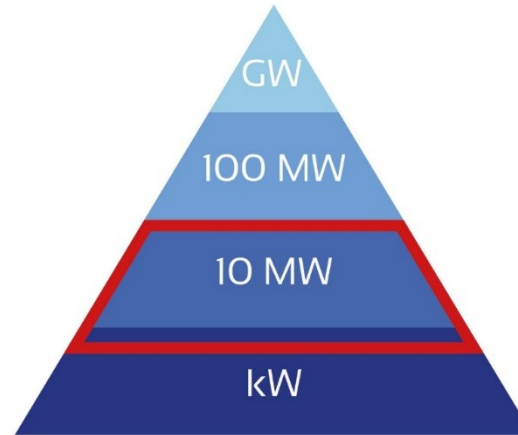


Unsere Kunden

OEM, B2B, B2C



Antriebe & Motoren
Standseilbahnen
Ventilatoren
Generatoren
Rolltreppen
Getriebe
Pumpen



Maschinenhersteller
Maschinenbetreiber
Schwingungsexperten

