



**Mechmine GmbH**

53. Tagung des Bündner Klärwerkpersonals

17. August 2022

Präsentiert von Rudolf Tanner

[info@mechmine.com](mailto: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?

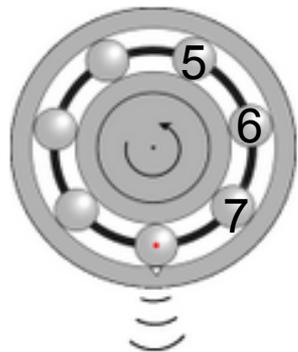


- ▶ Der Zustand rotierender Maschinen lässt sich am Besten durch Vibrationen beurteilen.
- ▶ Pumpen, Motoren, Generatoren, Ventilatoren, Getriebe,...
- ▶ **Industrie 4.0:** zusammenführen von Technologien wie künstliche Intelligenz (KI), IoT/5G, Big-Data und Cloud ermöglichen **zustandsbasierte Wartung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

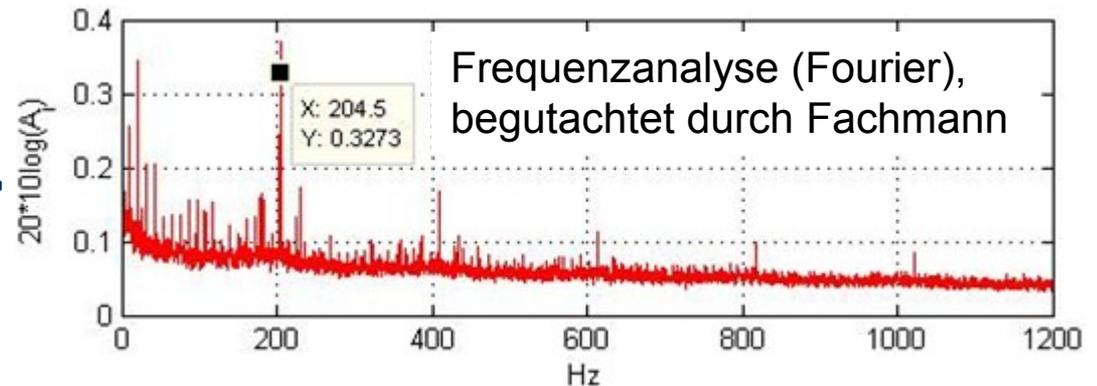
# Maschinenüberwachung

## Wie funktioniert es?

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



Lagerdefekt  
7 Impulse/Umdrehung



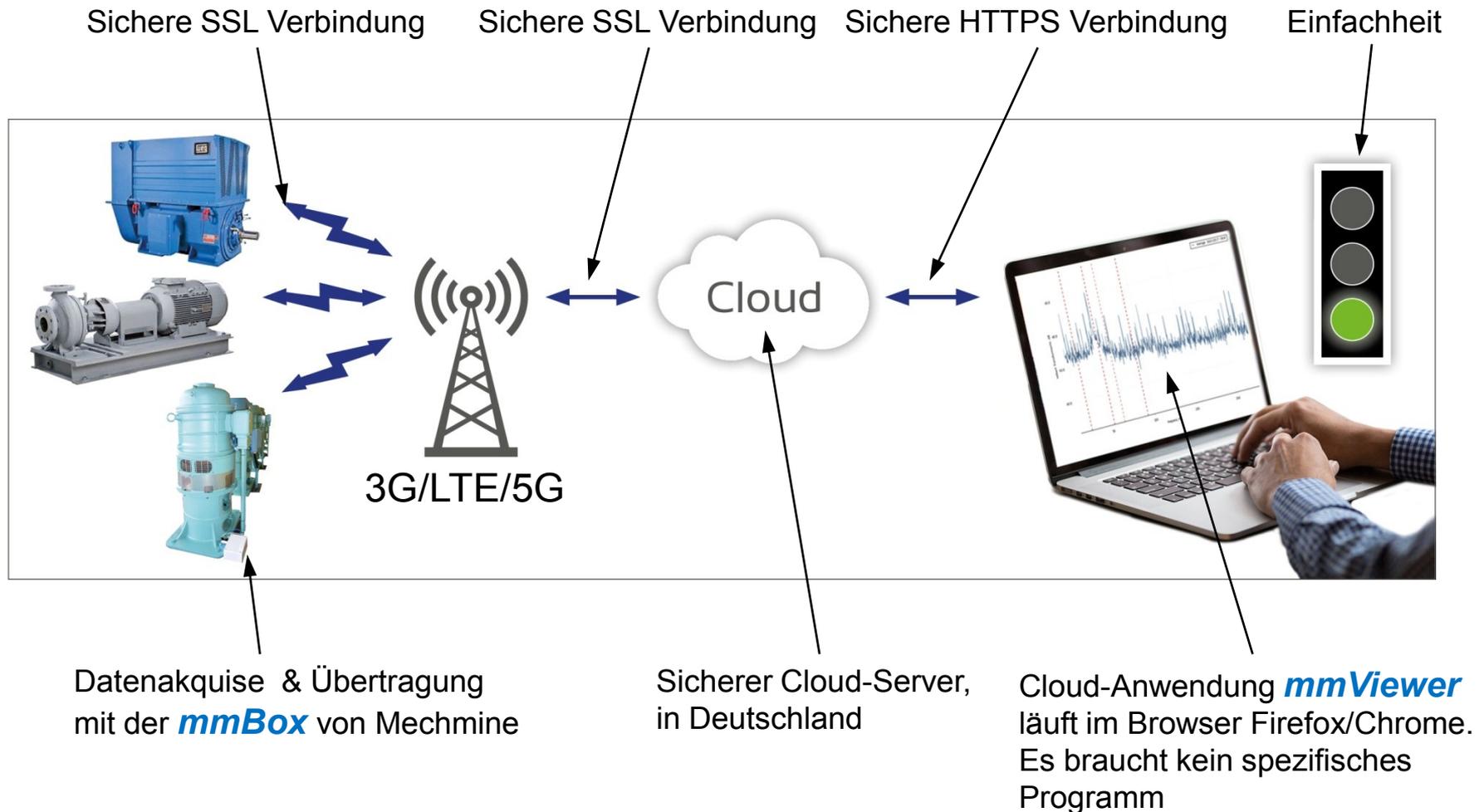
- ▶ Mechmine Paradigma

Fachmann

Übergang

Automatisiert, 24/7

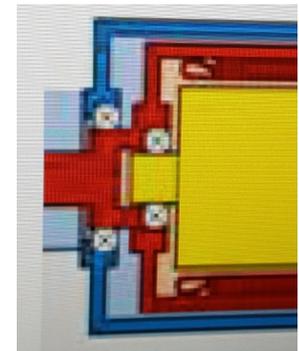
# Maschinenüberwachung Hardware und Web-Portal



# 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 → 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!

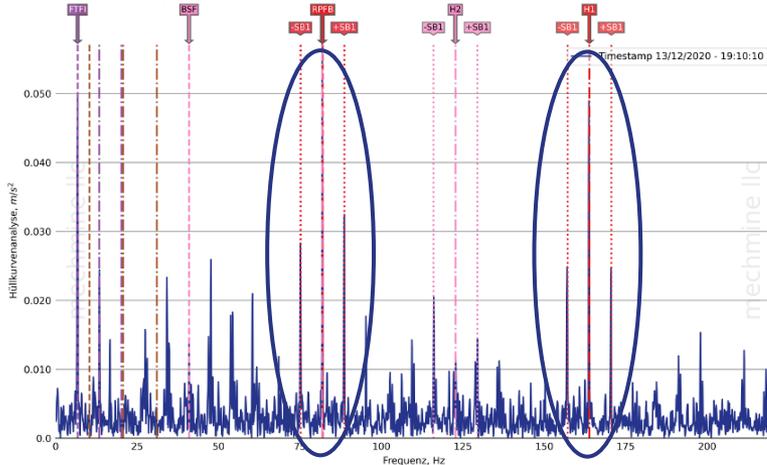


### ▶ Getriebe für Hebewerke

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

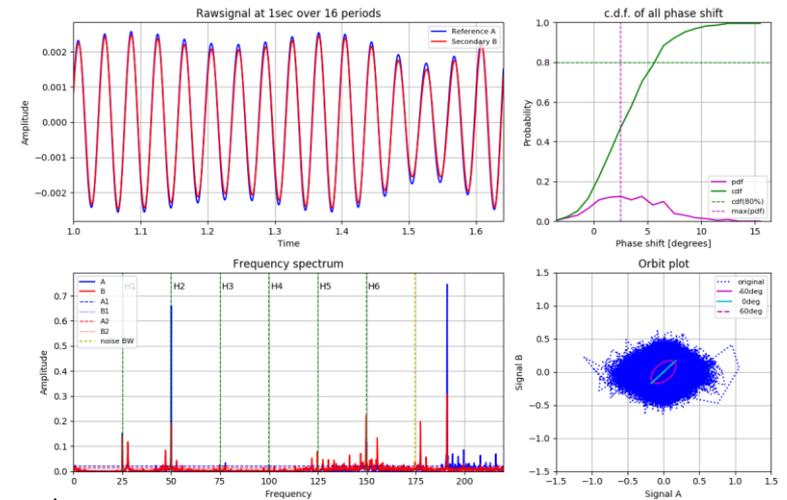
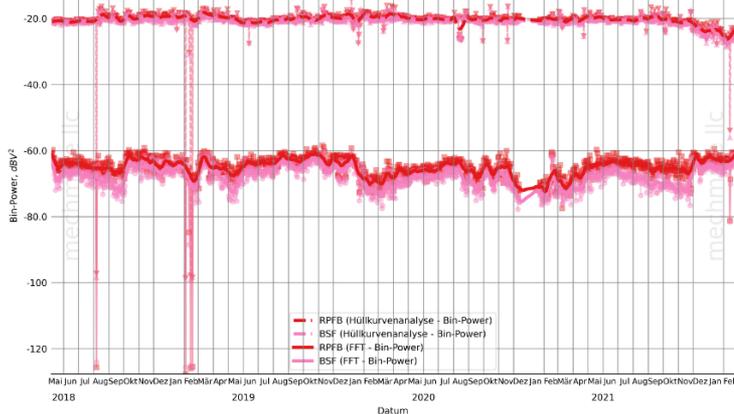


# Maschinenüberwachung Diagnosen und Vorhersagen



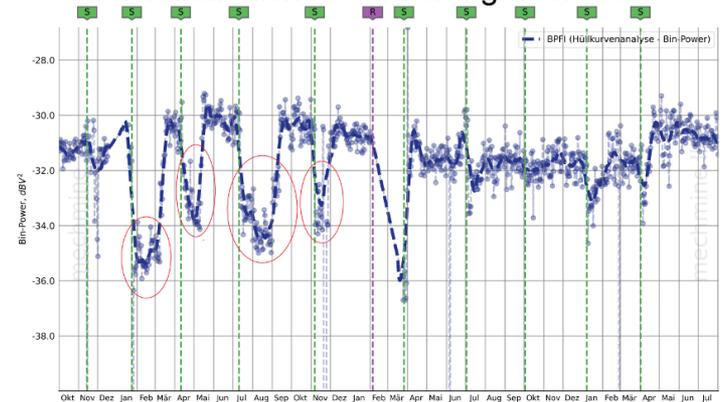
↑ Diagnose Käfigschaden

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



↑ Diagnose Unwucht oder Ausrichtfehler

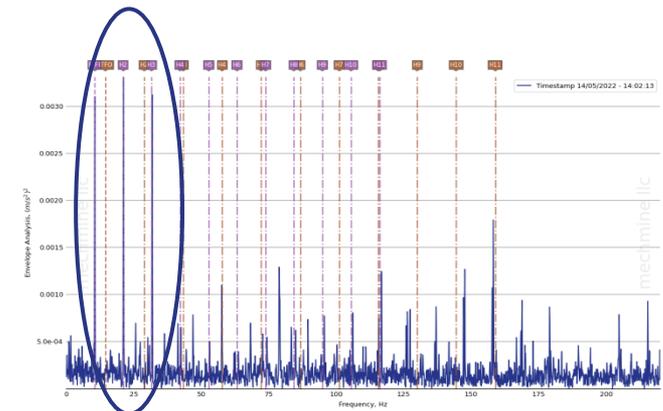
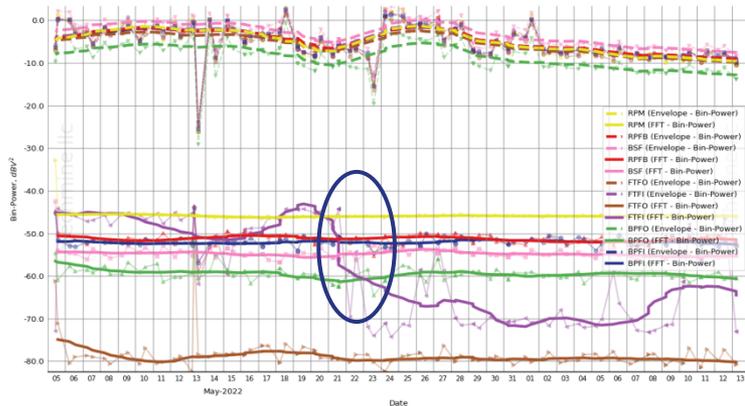
↓ Trend mit Einfluss der Fettschmierung, Empfehlung: auf kontinuierliche Schmierung wechseln



# 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	
<b>Gesamtkosten des Schadens</b>	<b>CHF 435,360</b>	
Wahrscheinliche Zeit zwischen Ausfällen [Jahre pro Defekt]	12	Jahre
<b>Gesamtüberwachungskosten für Zeit zwischen Ausfällen</b>	<b>CHF 18,400</b>	
<b>Pay-back Dauer</b>	<b>6.1</b>	Monate
<b>Mittlere Überwachungskosten pro Jahr</b>	<b>CHF 1,533</b>	

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

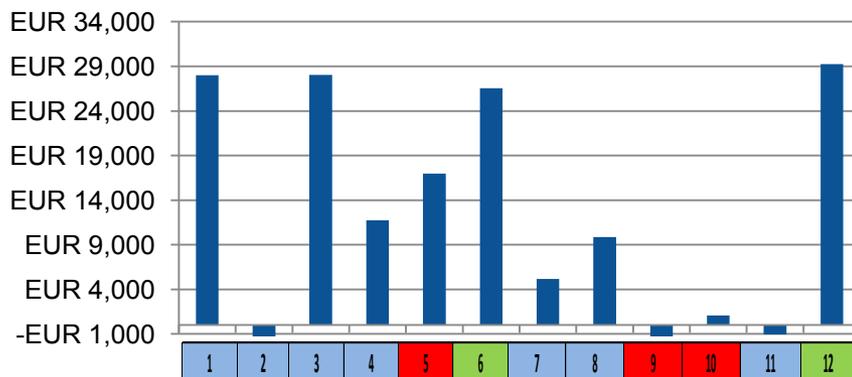
# Maschinenüberwachung

## Die Qual der Wahl!

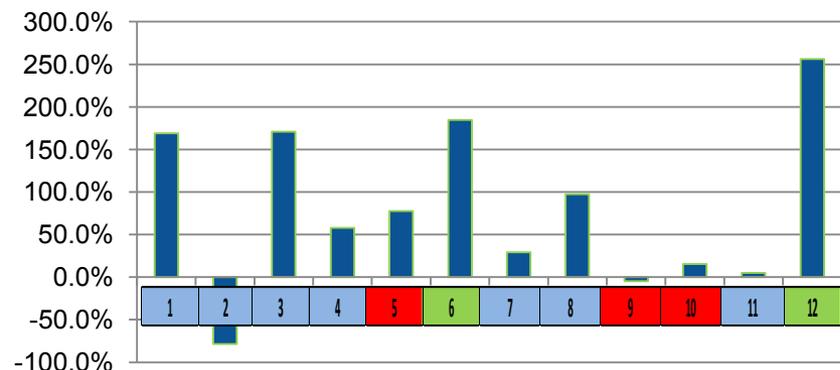
- ▶ Vergleich von 12 Systemen mit je 16 Sensoren
- ▶ Fokus auf ROI, NPV, IRR und TCO
- ▶ Laufzeit über 10 Jahre, 10% Diskontierungssatz
- ▶ Annahme: jedes System spart dem Betreiber EUR 9000/Jahr (Nettobarwertbetrachtung)
- ▶ Die Fähigkeiten der Systeme sind in der Praxis sehr unterschiedlich:
  - ▶ 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

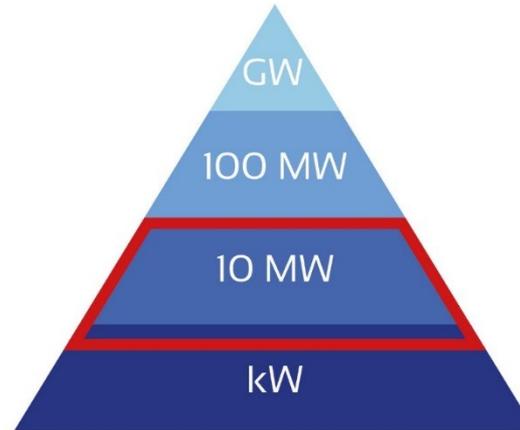


# Unsere Kunden

## OEM, B2B, B2C



Antriebe & Motoren  
Standseilbahnen  
Ventilatoren  
Generatoren  
Rolltreppen  
Getriebe  
Pumpen



Maschinenhersteller  
Maschinenbetreiber  
Schwingungsexperten

