

**GP JOULE**

**TRUST YOUR ENERGY.**

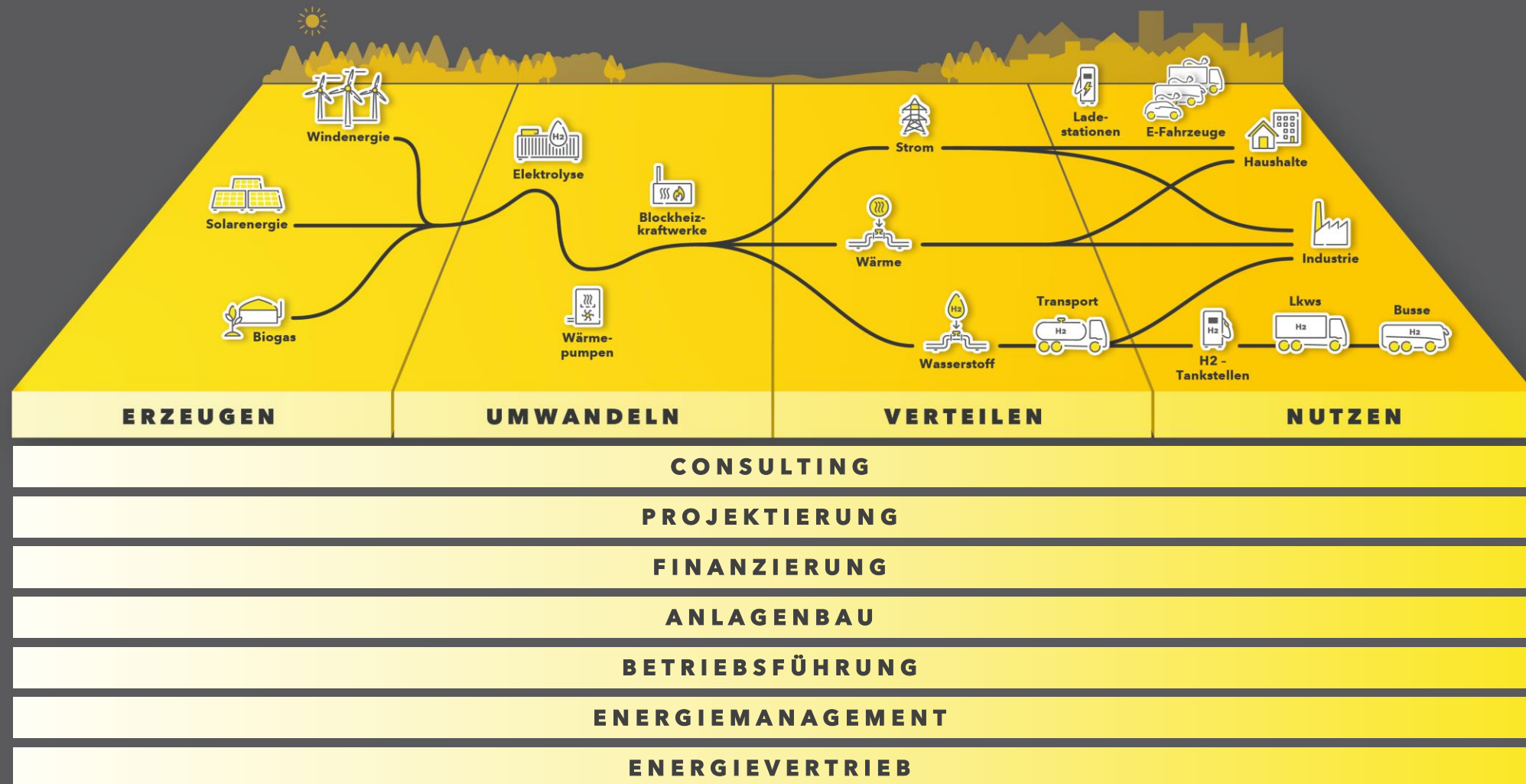


**Wie kann bei der  
Zustandsüberwachung  
durch Künstliche  
Intelligenz die  
Getriebeendoskopie  
optimiert werden**

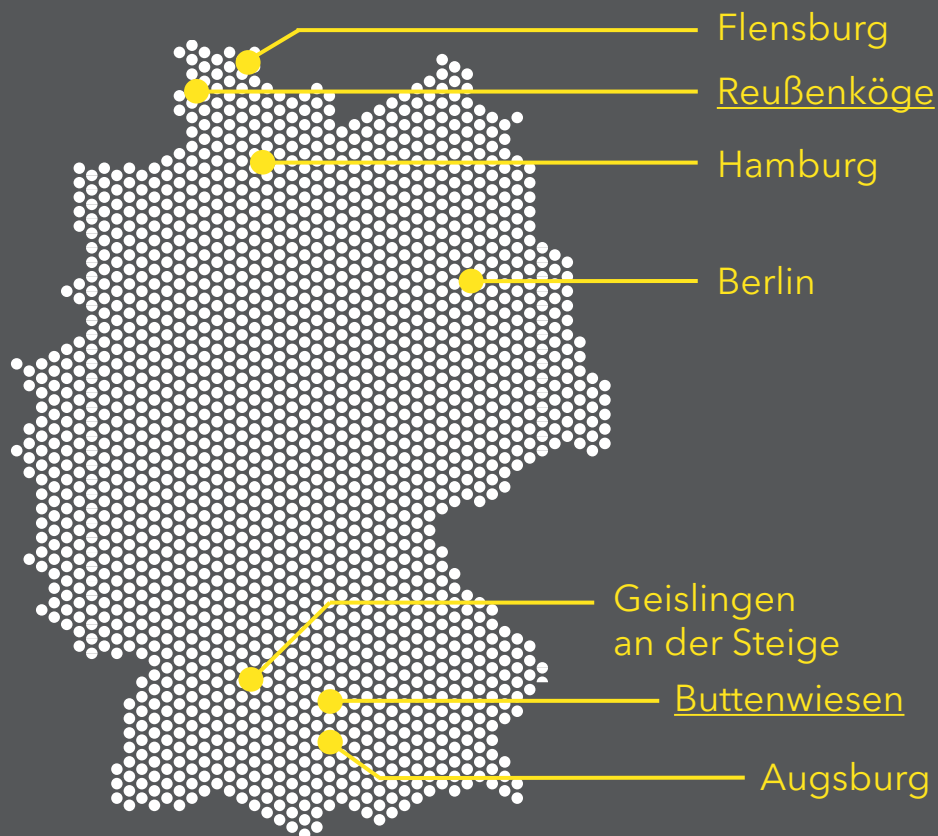
—  
erste Praxisergebnisse



# GP JOULE entwickelt, baut und betreibt Energielösungen in allen Bereichen der Wertschöpfungskette.



# GP JOULE Gruppe: Standorte & Zahlen



**2009**  
Gründung



**1.600+ MW**  
Kraftwerksleistung  
installiert



**800+**  
Mitarbeiter\*innen



**52+ km**  
Wärmenetze  
in Kommunen in Betrieb



**1,7 GWp**  
in der  
Betriebsführung



**1.800+**  
Ladeinfrastrukturprojekte  
umgesetzt



**25+**  
Windparkprojekte  
installiert



**2**  
grüne Wasserstoff-Tankstellen  
mit 5 Elektrolyseuren



**130+**  
Solarprojekte  
installiert

## Zur Person



### Roman Wolff

- Jahrgang 1978, Studium Maschinenbau - Berlin / Kiel (Forschung, Konstruktion, Entwicklung).

### Unternehmen

- Geschäftsführer  
GP JOULE Service Engineering GmbH
- Verschiedene leitende Positionen in der Windenergie seit 2002 im Bereich Engineering-, Experten- / Sachverständigendienstleistungen

### Erfahrung

- Seit 2002 national und international in der Windenergiebranche. Life-Cycle-Management Konzepte von Windenergieanlagen. Mitarbeit in Gremien, Fachausschüssen, Arbeitskreisen, Beiräten, Forschungsvorhaben, Autor von Veröffentlichungen, Referent Hochschulen.



#### INSPEKTIONSSTELLE - INSPECTION SERVICES

- Anlagenprüfungen
- Endoskopie
- Öl- und Fett-Analysen, Probenentnahmen an Lagern und Getrieben
- Ölfilteruntersuchungen an Getrieben
- Schadens- und Materialuntersuchungen, Fehlerursachenanalysen
- Thermographie von elektrischen und mechanischen Bauteilen
- Rotorblattprüfung mit Blitzschutzmessung



#### ÜBERWACHUNGSSTELLE - MONITORING SERVICES

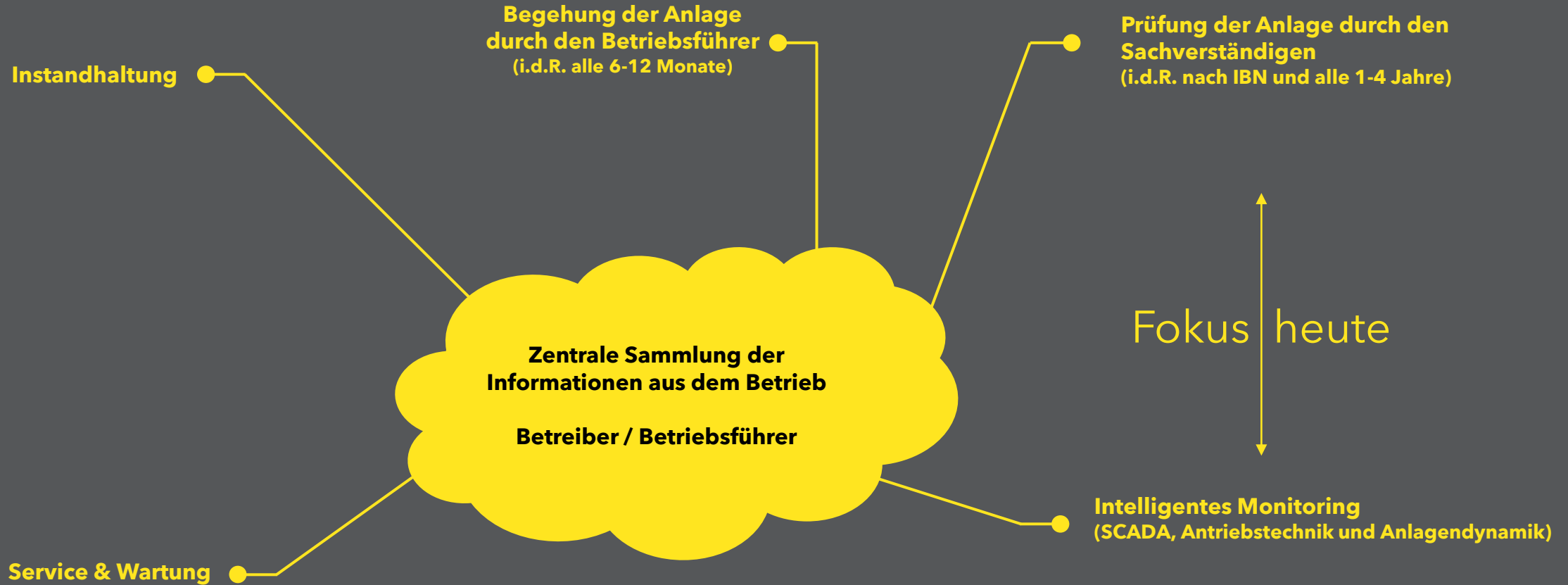
- Online-Überwachung der Antriebstechnik und Anlagendynamik mittels Condition Monitoring Systemen
- Getriebe- und Hauptlagerüberwachung per Ölsensoren
- Überwachung von Kenngrößen wie Verlagerungen (von Fundament, Turm oder Maschinenkomponenten), Drücken, Temperaturen usw.
- Mobile, temporäre Schwingungsmessungen sowie messtechnische Sonderlösungen für akute Fehler- bzw. Schadensentwicklungen



#### INGENIEURDIENSTLEISTUNGEN - ENGINEERING SERVICES

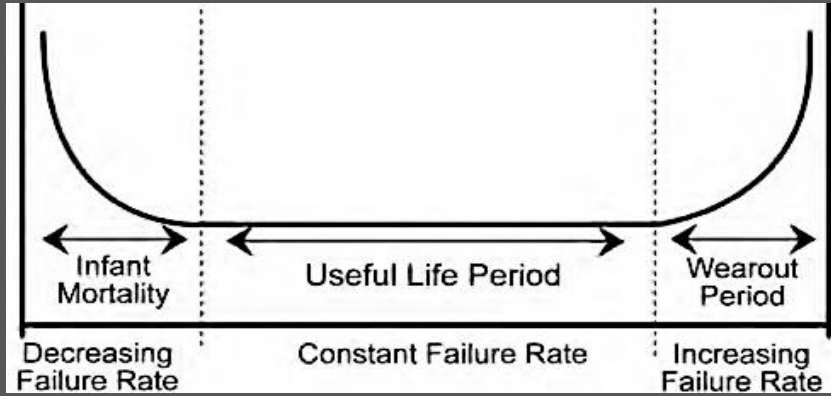
- Bewertung und Prüfung über den Weiterbetrieb von Windenergieanlagen (BPW): praktischer und analytischer Teil
- SCADA-Datenanalysen
- Lieferketten-, Produktions- und Abnahmebegleitung
- Asset-Entwicklungen und -Optimierungen
- Risikoanalysen und Gefährdungsbeurteilungen
- Begleitung im Feld, z.B. bei Havarien, Schäden, Serienschäden oder Komponententausch

# Zustandsüberwachung - Bündeln der Informationen

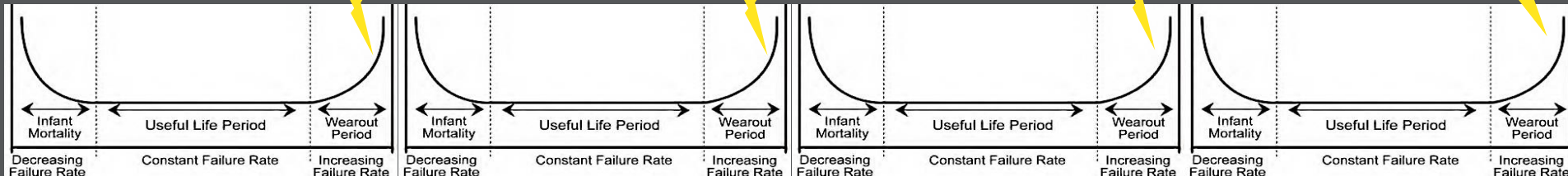


# Ausfälle über den Lebenszyklus kommen nicht geplant

Anlagen Level



Komponenten Level





## Ingenieurdienstleistungen - Engineering Services

---

### Fokus - SCADA Daten Analysen

- Datenbank aus der Betriebsführung / Schnittstelle zum Windpark
- Kennwerte
- Fehlercodes
- Betriebsführer Dokumentationen

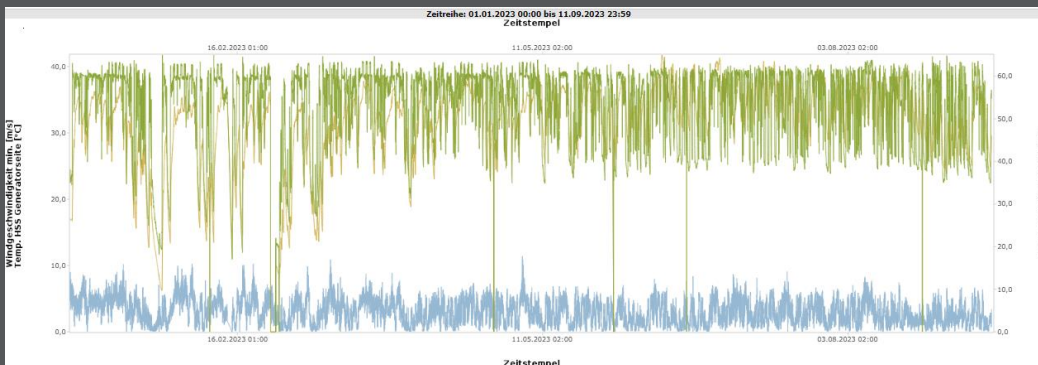


# Ingenieurdienstleistungen - Engineering Services

Fokus SCADA Datenanalysen als Ergänzung der technischen Betriebsführung

Zeitstempel	n [°C]	Temp. HSS Generatorseite [°C]	Temp. Getriebeölsumpf [°C]	Temp. Getriebelager A [°C]	Temp. Getriebelager B [°C]	Temp. Generator 1 [°C]	Temp. Generator 2 [°C]	Temp. Gen. Kühlmittel [°C]	Temp. Gen. Kühlluft [°C]	Temp. Generatorlager A [°C]	Temp. Generatorlager B [°C]	Blattwinkel 1 [°]	Blattwinkel 2 [°]
01-09-2023 00:00:00	14.56	30.36	51.25	51.25	51.75	39.49	39.17	21.49	21.32	59.53	62.64	86.98	86.98
01-09-2023 00:10:00	14.53	30.23	49.16	49.16	50.07	39.23	38.95	21.99	21.81	58.00	60.78	86.98	86.98
01-09-2023 00:20:00	14.52	30.09	47.56	47.56	48.64	39.01	38.76	22.10	21.94	56.46	58.88	86.98	86.98
01-09-2023 00:30:00	14.51	29.93	46.23	46.23	47.32	38.78	38.56	22.10	21.94	54.93	56.96	86.98	86.98
01-09-2023 00:40:00	14.55	29.77	45.01	45.01	46.14	38.53	38.36	22.08	21.91	53.47	55.10	86.98	86.98
01-09-2023 00:50:00	14.51	29.61	43.89	43.89	45.01	38.28	38.13	22.03	21.90	52.06	53.35	86.98	86.98
01-09-2023 01:00:00	14.50	29.45	43.02	43.02	44.03	38.03	37.91	22.01	21.86	50.74	51.70	86.98	86.98
01-09-2023 01:10:00	14.44	29.32	42.23	42.23	43.13	37.80	37.70	22.00	21.85	49.52	50.16	86.98	86.98
01-09-2023 01:20:00	14.44	29.16	42.10	42.10	42.80	37.57	37.49	22.24	21.85	48.37	48.73	86.98	86.98
01-09-2023 01:30:00	14.39	29.03	42.20	42.20	42.78	37.35	37.30	22.55	21.81	47.32	47.40	86.98	86.98
01-09-2023 01:40:00	14.45	28.89	42.17	42.17	42.69	37.14	37.11	22.81	21.80	46.37	46.18	86.98	86.98
01-09-2023 01:50:00	14.47	28.76	42.07	42.07	42.56	36.93	36.93	23.04	21.79	45.48	45.05	86.98	86.98
01-09-2023 02:00:00	14.38	28.65	41.93	41.93	42.42	36.74	36.76	23.31	21.77	44.67	43.99	86.98	86.98
01-09-2023 02:10:00	14.53	28.54	41.79	41.79	42.26	36.55	36.60	23.68	21.79	43.92	43.03	86.98	86.98
01-09-2023 02:20:00	14.65	28.41	41.63	41.63	42.09	36.37	36.45	24.08	21.77	43.23	42.12	86.98	86.98
01-09-2023 02:30:00	14.62	28.29	41.52	41.52	41.95	36.19	36.31	24.47	21.70	42.58	41.24	86.98	86.98

Typ	Datum	Code
↑	Mo, 11.09.23 07:48:54	FM - 0 - 1
↑	Mo, 11.09.23 07:48:54	FM - 788 - 0
↑	So, 10.09.23 18:50:53	FE - 788 - 1
↑	So, 10.09.23 15:00:55	0
↑	So, 10.09.23 11:46:00	18
↑	So, 10.09.23 07:47:01	FM - 0 - 1
↑	So, 10.09.23 07:47:01	FM - 788 - 0
↑	Sa, 09.09.23 18:53:21	FE - 788 - 1
↑	Sa, 09.09.23 13:00:55	0
↑	Sa, 09.09.23 12:30:00	18
↑	Sa, 09.09.23 07:45:14	FM - 0 - 1
↑	Sa, 09.09.23 07:45:14	FM - 788 - 0
↑	Sa, 09.09.23 05:58:38	FE - 788 - 1
↑	Sa, 09.09.23 00:28:29	FM - 0 - 1
↑	Sa, 09.09.23 00:28:29	FM - 788 - 0
↑	Fr, 08.09.23 23:37:37	FE - 788 - 1
↑	Fr, 08.09.23 23:15:02	FM - 0 - 1
↑	Fr, 08.09.23 23:15:02	FM - 788 - 0
↑	Fr, 08.09.23 18:55:54	FE - 788 - 1

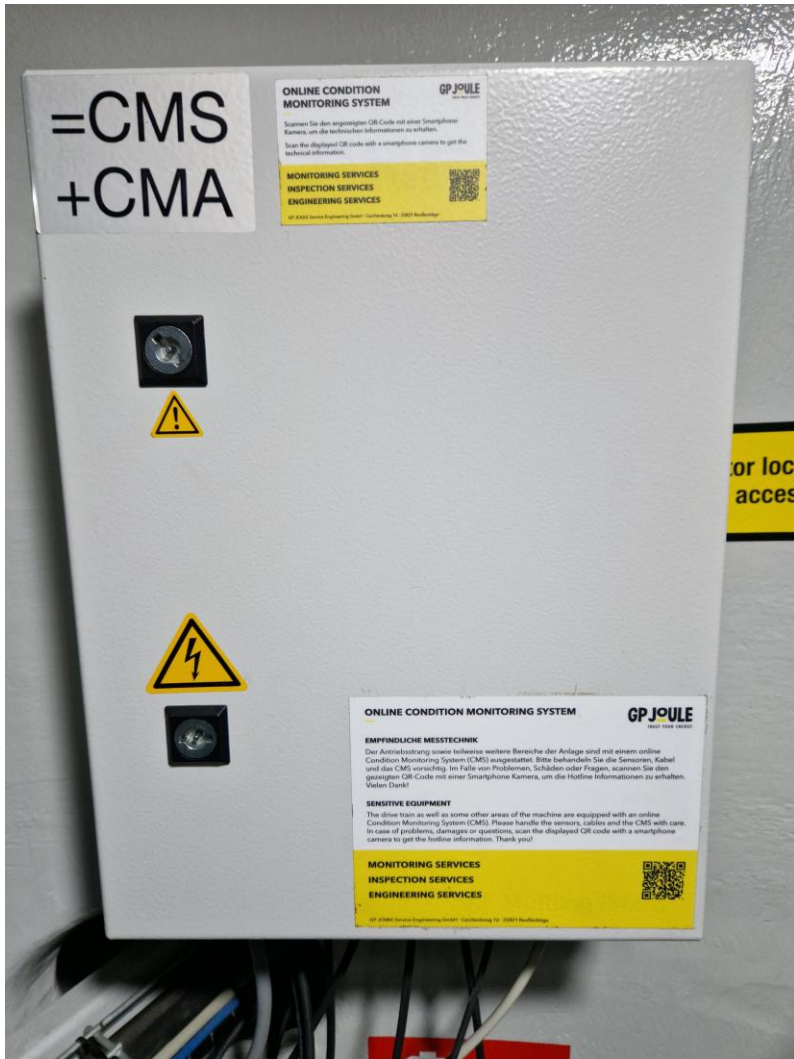


Zeitreihe: 01.01.2023 00:00 bis 11.09.2023 23:59

Alle Parameter  
 Alle n/a Parameter aus Profil entfernen

Gültige Daten ausblenden  
 Ungültige Daten ausblenden

- Importiert
- Zeitstempel Original
- Windrichtung [°]
- Windgeschwindigkeit min. [m/s]
- Windgeschwindigkeit mittl. [m/s]
- Windgeschwindigkeit max. [m/s]
- Leistung min. [kW]
- Leistung mittl. [kW]
- Leistung max. [kW]
- Blindleistung induktiv [kvar]
- Blindleistung kapazitiv [kvar]
- Scheinleistung [kVA]
- Leistungskompensation [kW]
- Produktionszähler [kWh]
- Produktionszähler Generator 1 [kWh]
- Produktionszähler Generator 2 [kWh]
- Blindproduktionszähler [kvarh]
- Produktion Generator 1 [kWh]
- Produktion Generator 2 [kWh]
- Produktion [kWh]
- Bezug [kWh]
- Bezugszähler [kWh]
- Blindbezugszähler [kvarh]
- Netzspannung [V]
- Netzstrom [A]
- Netzleistung [kW]
- Betriebsstunden [h]
- Betriebsstunden Generator 1 [h]
- Betriebsstunden Generator 2 [h]
- Betriebsstundenzähler [h]
- Stoppzeit [h]
- Stoppzeitdauer [h]
- Gondelposition [°]
- Temp. Gondel [°C]
- Temp. Außen [°C]
- Temp. HSS Generatorseite [°C]
- Temp. Wellenlager [°C]
- Temp. Rotorlager [°C]
- Temp. Getriebeölsumpf [°C]
- Temp. Getriebelager A [°C]
- Temp. Getriebelager B [°C]
- Temp. Generator 1 [°C]
- Temp. Generator 2 [°C]
- Temp. Stator 1 [°C]
- Temp. Stator 2 [°C]
- Temp. Gen. Kühlmittel [°C]
- Temp. Gen. Kühlluft [°C]
- Temp. Umrichter Kühlmittel [°C]
- Temp. Generatorlager A [°C]
- Temp. Generatorlager B [°C]
- Temp. Transformator Phase 1 [°C]
- Temp. Transformator Phase 2 [°C]
- Temp. Transformator Phase 3 [°C]
- Blattwinkel 1 [°]
- Blattwinkel 2 [°]
- Blattwinkel 3 [°]
- Blattwinkel 1 Soll [°]
- Blattwinkel 2 Soll [°]
- Blattwinkel 3 Soll [°]
- CosPhi
- CosPhi\_soll
- Spannung LSR [V]
- Spannung L2S [V]
- Spannung L3T [V]
- Strom L2R [A]
- Strom L2S [A]
- Strom L3T [A]
- Generatorfrequenz [Hz]
- Generator Drehzahl min. [min-1]
- Generator Drehzahl mittl. [min-1]
- Generator Drehzahl max. [min-1]
- Rotor Drehzahl min. [min-1]
- Rotor Drehzahl mittl. [min-1]
- Rotor Drehzahl max. [min-1]
- Leistungsschalter Schaltspiele
- Verfügbarkeit [%]
- Hydraulischer Druck [bar]
- Leistungsregelung
- Metallpartikel



# Überwachungsstelle - Monitoring Services

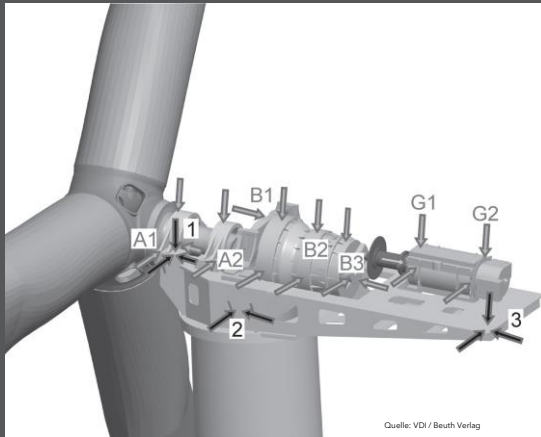
---

Fokus - Überwachung der Antriebstechnik, Dynamik und Struktur

# Überwachungsstelle - Monitoring Services

## Normen und Richtlinien

DIN ISO 20816-21 (VDI 3834) - Bewertung der allg. mech. Schwingung über den Betriebsbereich - Drehzahl, Leistung, P-n-Kennlinie, Schwingungsintensität über der Zeit (DIN ISO 20816-3 z.B. Prüfstandsabnahme)



Wind turbine component	Assessment acceleration broad-band r.m.s. value in $m/s^2$ in the frequency band		Assessment velocity broad-band r.m.s. value in $mm/s$ in the frequency band	
	Zone boundary B/C	Zone boundary C/D	Zone boundary B/C	Zone boundary C/D
Nacelle and tower	0,1 Hz to 10 Hz		0,1 Hz to 10 Hz	
	0,3	0,5	60	100
Rotor with rolling element bearings	0,1 Hz to 10 Hz		10 Hz to 1 000 Hz	
	0,3	0,5	2,0	3,2
Gearbox with rolling element bearings	0,1 Hz to 10 Hz		10 Hz to 1 000 Hz	
	0,3	0,5	3,5	5,6
	10 Hz to 2 000 Hz			
	7,5	12		
Generator with rolling element bearings	10 Hz to 5 000 Hz		10 Hz to 1 000 Hz	
	10	16	6,0	10

Measuring positions on the power train

A rotor main bearing

B gearbox planes

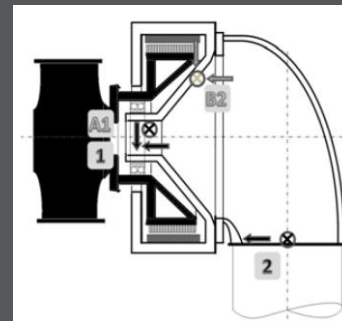
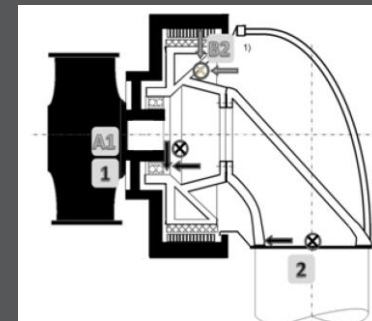
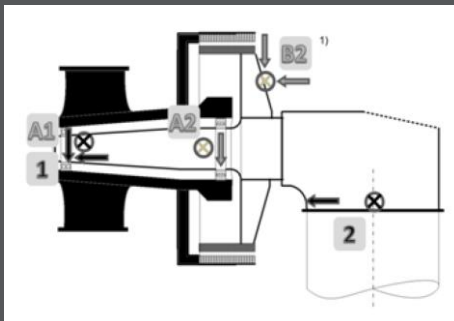
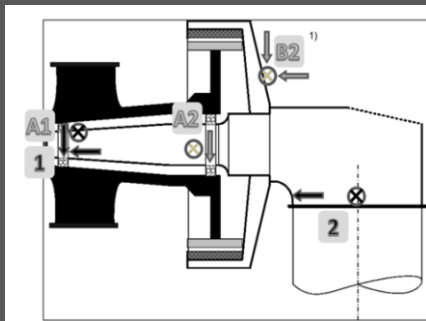
G generator planes

Measuring positions on the structure

1 in the nacelle at the main frame close to the rotor main bearing

2 on the structure above the tower flange

3 in the rear end of the nacelle on one side of the generator or main frame



A		B		C		D		Schwingungsstärke (mm/s) ( $10^{-3}$ - $1000$ Hz: $\times 600$ mm $^{-1}$ ) ( $2$ - $1000$ Hz: $\times 100$ mm $^{-1}$ )	
Neu aufgestellte Maschine	Dauerbetrieb geeignet	Kurzzeitbetrieb zulässig	Nicht zulässig	Neu aufgestellte Maschine	Dauerbetrieb geeignet	Kurzzeitbetrieb zulässig	Nicht zulässig		
								11,0 mm/s	
								7,1 mm/s	
								4,5 mm/s	
								3,5 mm/s	
								2,8 mm/s	
								2,3 mm/s	
								1,4 mm/s	
								0,71 mm/s	
starr		weich		starr		weich		Fundament	
mittlere Maschinen 15 kW < P < 300 kW				große Maschinen 300 kW < P < 50 MW				Maschinentyp	
Motoren: 180 mm < H < 315 mm				Motoren: 315 mm < H					
Gruppe 2				Gruppe 1					

Anteil aus der DIN ISO 20816-Teil 3: Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht rotierenden Teilen  
Quelle: PCB Synotech

# Überwachungsstelle – Monitoring Services Normen und Richtlinien

## VDI 4551 – Strukturüberwachung

ICS 27.180		VDI-RICHTLINIEN		Januar 2020 January 2020	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE		Strukturüberwachung und -beurteilung von Windenergieanlagen und Offshorestationen  Structure monitoring and assessment of wind turbines and offshore stations		VDI 4551  Ausg. deutsch/englisch Issue German/English	
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.		The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.			
<b>Inhalt</b>	Seite	<b>Contents</b>	Page		
Vorbemerkung .....	2	Preliminary note .....	2		
Einleitung .....	3	Introduction .....	3		
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>4</b>	<b>1 Scope</b> .....	<b>4</b>		
<b>2 Abkürzungen</b> .....	<b>5</b>	<b>2 Abbreviations</b> .....	<b>5</b>		
<b>3 Ziele und Aufgaben der Strukturüberwachung (SHM)</b> .....	<b>5</b>	<b>3 Objectives and tasks of structural health monitoring (SHM)</b> .....	<b>5</b>		
3.1 Aufgaben der Strukturüberwachung .....	6	3.1 Tasks of structural health monitoring .....	6		
3.2 Management der Strukturüberwachung .....	7	3.2 Management of structural health monitoring .....	7		
3.3 Planungsgrundlagen und empfohlene Vorgehensweise .....	10	3.3 Planning criteria and recommended approach .....	10		
<b>4 Inspektionsstrategien und Lebensdauerprognosen</b> .....	<b>12</b>	<b>4 Inspection strategies and service life forecasts</b> .....	<b>12</b>		
4.1 Risikobasierte Inspektionsstrategien .....	12	4.1 Risk-based inspection strategies .....	12		
4.2 Prognosemodelle und Lebensdauermanagement .....	13	4.2 Prognostic models and life cycle management .....	13		
4.3 Steuerungsoptimierung .....	16	4.3 Control optimisation .....	16		
<b>5 Tragstrukturen und Modelle von Windenergieanlagen und Plattformen</b> .....	<b>17</b>	<b>5 Supporting structures and models of wind turbines and platforms</b> .....	<b>17</b>		
5.1 Tragstrukturen von Windenergieanlagen .....	17	5.1 Supporting structures of wind turbines .....	17		
5.2 Tragstrukturen von Plattformen für Offshorewindparks .....	18	5.2 Supporting structures of platforms for offshore wind farms .....	18		
5.3 Grundsätze der Modellierung .....	21	5.3 Fundamentals of modelling .....	21		
5.4 Referenzgrößen der Tragstruktur .....	23	5.4 Supporting structure reference quantities .....	23		
5.5 Grenzstände und Zustandskenngrößen .....	27	5.5 Limit states and state characteristics .....	27		
<b>6 Wiederkehrende Prüfungen</b> .....	<b>29</b>	<b>6 Periodic inspections</b> .....	<b>29</b>		
6.1 Structural Health Monitoring im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung .....	29	6.1 Structural health monitoring as part of periodic inspection .....	29		
6.2 Untersuchungen und Messungen im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen .....	30	6.2 Investigations and measurements as part of periodic inspections .....	30		
<b>7 Einwirkungen und Beanspruchungen</b> .....	<b>35</b>	<b>7 Impacts and loads</b> .....	<b>35</b>		
7.1 Lastermittlung .....	36	7.1 Load determination .....	36		
7.2 Lastanalyse .....	37	7.2 Load analysis .....	37		
VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP) Fachbereich Schwingungstechnik					
VDI-Handbuch Schwingungstechnik					

Zu beziehen durch / Available at Berlin Verlag GmbH, 10172 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved (© Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2020)

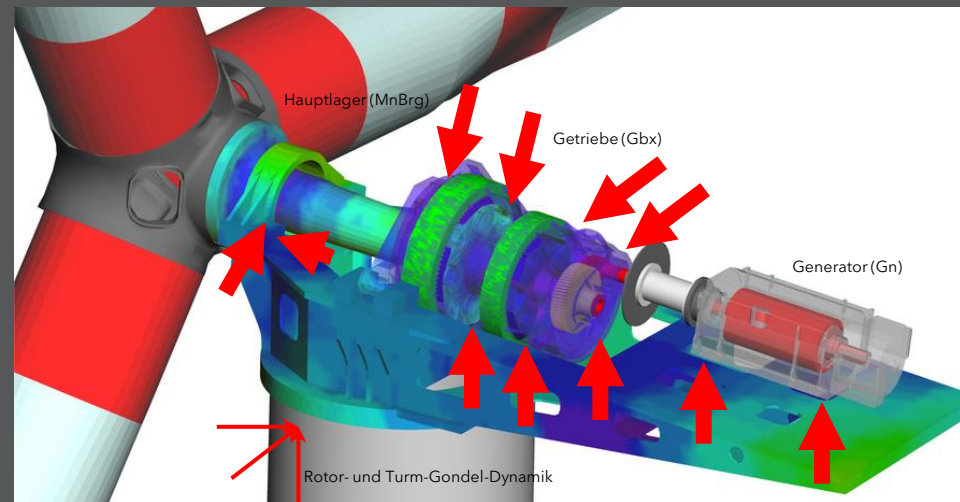
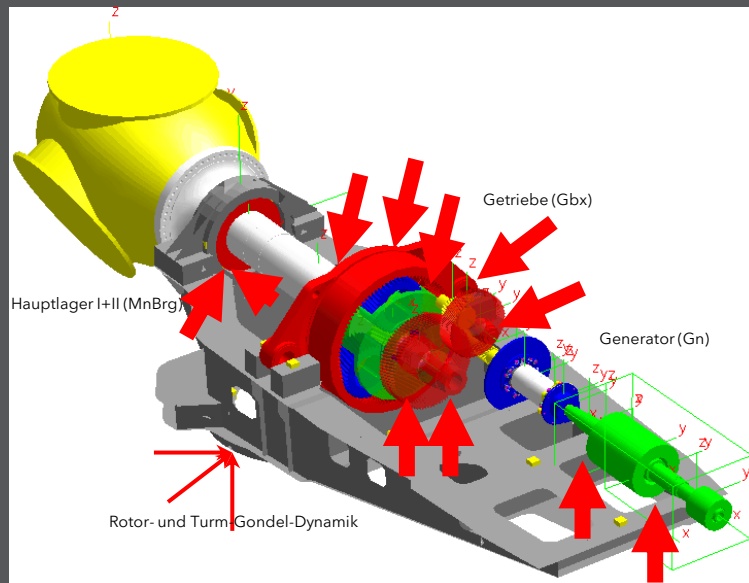
Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

# Überwachungsstelle - Monitoring Services

## Überblick Zustandsüberwachung Windenergieanlage - Konzeptlinien

Messtechnik am Antriebsstrang

- Condition Monitoring System.
- Beschleunigungsaufnehmer, Verlagerungssensoren, Dehnungssensoren, Trigger etc.
- Ölsensoren.
- Prozessgrößen.
- Schnittstellen (Rotorblatt, Pitchlager, usw.).



# Überwachungsstelle - Monitoring Services

## Überblick Sensoren, Diagnosetool, Trendcharakteristik

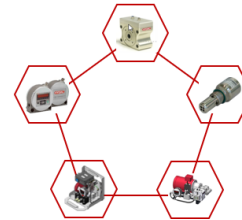


<input checked="" type="checkbox"/>	3	GbxOil-PC-Fe-50-100	1	Modbus Slave
<input checked="" type="checkbox"/>	4	GbxOil-PC-Fe-100-200	1	Modbus Slave
<input checked="" type="checkbox"/>	5	GbxOil-PC-Fe-200-400	1	Modbus Slave
<input checked="" type="checkbox"/>	6	GbxOil-PC-Fe-400-800	1	Modbus Slave
<input checked="" type="checkbox"/>	7	GbxOil-PC-Fe->800	1	Modbus Slave
<input checked="" type="checkbox"/>	8	GbxOil-PC-NFe-150-200	1	Modbus Slave
<input checked="" type="checkbox"/>	9	GbxOil-PC-NFe-200-400	1	Modbus Slave
<input checked="" type="checkbox"/>	10	GbxOil-PC-NFe-400-800	1	Modbus Slave
<input checked="" type="checkbox"/>	11	GbxOil-PC-NFe-800-1600	1	Modbus Slave
<input checked="" type="checkbox"/>	12	GbxOil-PC-NFe->1600	1	Modbus Slave

Metallic Contamination Sensor MCS -  
Partikelzähler  
Überwachung Fe > 70 µm / nFe Partikel > 200 µm

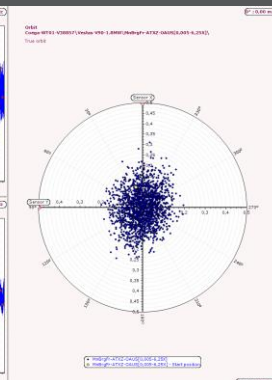
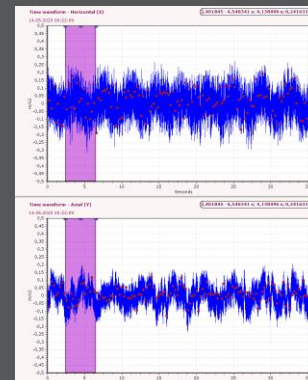
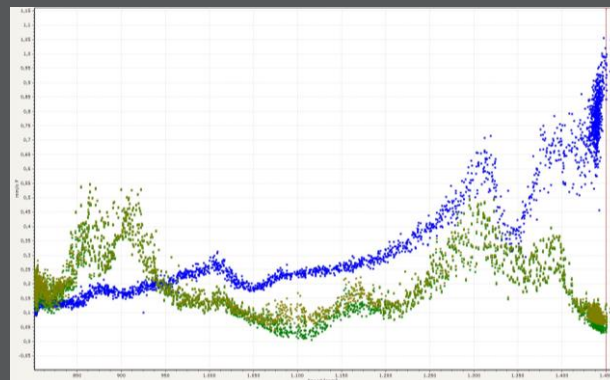
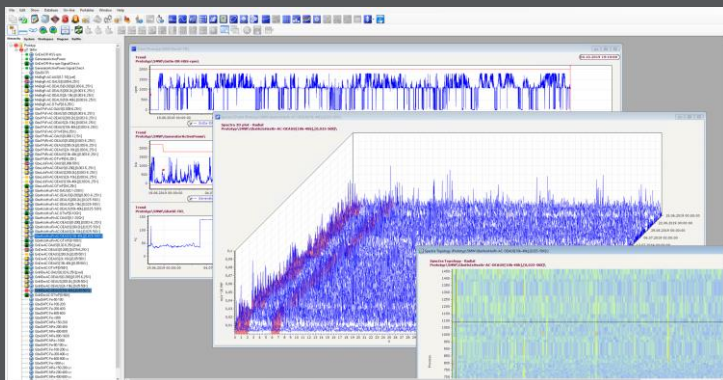
Contamination Sensor CS -  
Reinheitsklassen  
Überwachung Feinstpartikuläreverschmutzung

Lab Sensor HLB - Fluidkennwerte  
Fluidzustandsüberwachung



Condition Monitoring Package CMP - Reinheitsklassen /  
Kennwerte  
Mobiles Fluidüberwachungssystem

Condition Monitoring Package CMP - Reinheitsklassen /  
Kennwerte  
Online Fluidüberwachungssystem



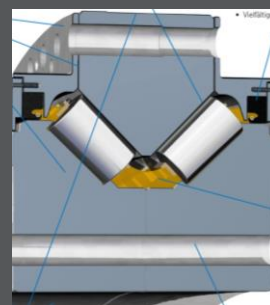
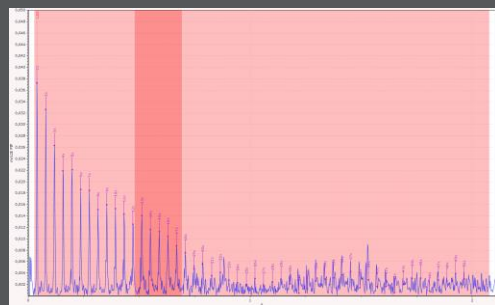
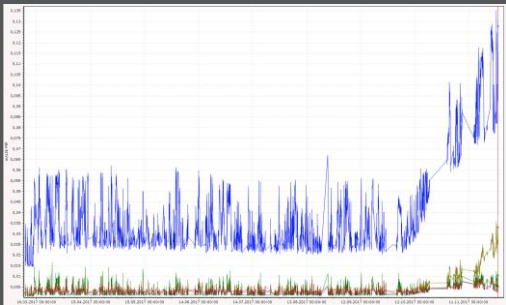
# Überwachungsstelle

## Praxisbeispiel Maschinendiagnose

---

### Hauptlager Schaden – Trendverlauf / Ordnungsspektrum

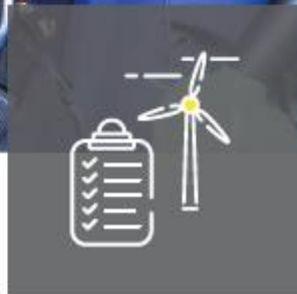
- Drehfrequente Stöße der Rotorwelle, Stöße im Zeitsignal, Trendanstieg, Tausch Hauptlager, Schadensprüfung und Dokumentation



# Überwachungsstelle - Monitoring Services Machine- und Deep-Learning - Datenbanken und Algorithmen der CMS Daten

---





## Inspektionsstelle - Inspection Services

---

**Fokus - Getriebe Untersuchung mit dem Endoskop, mobile Ölkennwertanalyse sowie Ölprobe + Laboranalyse**

**KI Anwendung**

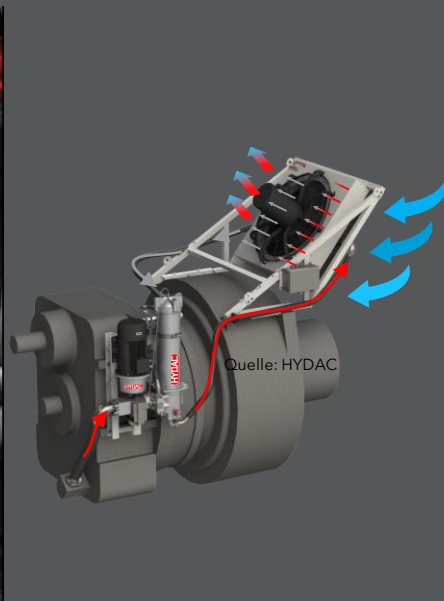
# Inspektionsstelle - Inspection Services

## Beispiel KI in der Getriebeendoskopie mit 200-350 Bildern => next => Video

---



# Inspektionsstelle - Inspection Services Ölkennwerte und Reinheit parallel zur Endoskopie



Modbus external communication channels

Active	Channel number	Name	Zero level	Full Scale [E.U.]	Sensitivity	E.U.	slave name	Register type	Register Nr	Modbus group	Data type	Sensor check	Range check	Range Mn	Range Max
<input checked="" type="checkbox"/>	1	ISO 4	0	32767	1	ISO	HYDAC	Input	12	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	2	ISO 6	0	32767	1	ISO	HYDAC	Input	14	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	3	ISO 14	0	32767	1	ISO	HYDAC	Input	16	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	4	SAE A	0	32767	1	SAE	HYDAC	Input	18	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	5	SAE B	0	32767	1	SAE	HYDAC	Input	20	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	6	SAE C	0	32767	1	SAE	HYDAC	Input	22	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	7	SAE D	0	32767	1	SAE	HYDAC	Input	24	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	8	Temp-CS	0	32767	1	C	HYDAC	Input	26	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	9	FlowState	0	32767	1	FlowState	HYDAC	Input	28	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	10	Drive	0	32767	1	%	HYDAC	Input	30	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	11	Cond.	0	32767	1	nS/m	HYDAC	Input	32	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	12	chg cond.	0	32767	1	%	HYDAC	Input	34	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	13	DC	0	32767	1	DC	HYDAC	Input	36	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	14	r chg DC	0	32767	1	%	HYDAC	Input	38	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766
<input checked="" type="checkbox"/>	15	Saturat.	0	32767	1	%	HYDAC	Input	40	Group 1	Int16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-32766	32766

### LABORBERICHT

Probenbezeichnung: **Windenergieanlage**  
Komponente: **Hauptgetriebe**  
Nummer der aktuellen Probe: **1700798**

OELCHECK GmbH  
Analysenummer: **1700798**

**Diagnose der akt. Alle ermittelten Werte bzw. erweiterten Analysen**  
Diagnose der akt. Alle ermittelten Werte bzw. erweiterten Analysen

**ANALYSEERGEBNIS LABORMUMMER GESAMTBEREITUNG**

**Diagnose der aktuellen L. Eisen ist durch Verschleiß (metall.)**

**ANALYSEERGEBNIS LABORMUMMER GESAMTBEREITUNG**

**Diagnose der aktuellen L. Eisen ist durch Verschleiß (metall.)**

**ANALYSEERGEBNIS LABORMUMMER GESAMTBEREITUNG**

### LABORBERICHT

Probenbezeichnung: **Windenergieanlage**  
Komponente: **Hauptgetriebe**  
Nummer der aktuellen Probe: **1700798**

OELCHECK GmbH  
Analysenummer: **1700798**

**Diagnose der akt. Alle ermittelten Werte bzw. erweiterten Analysen**  
Diagnose der akt. Alle ermittelten Werte bzw. erweiterten Analysen

**ANALYSEERGEBNIS LABORMUMMER GESAMTBEREITUNG**

**Diagnose der aktuellen L. Eisen ist durch Verschleiß (metall.)**

**ANALYSEERGEBNIS LABORMUMMER GESAMTBEREITUNG**

**Diagnose der aktuellen L. Eisen ist durch Verschleiß (metall.)**

**ANALYSEERGEBNIS LABORMUMMER GESAMTBEREITUNG**

Transformations (von vorherigen Set):

Blue (ISO 4)    Green (ISO 6)    Red (ISO 14)    Purple (SAE A)

Blue (ISO 6)    Green (ISO 14)    Red (ISO 16)    Purple (SAE B)

Blue (ISO 14)    Green (ISO 18)    Red (ISO 20)    Purple (SAE C)

Blue (ISO 18)    Green (ISO 22)    Red (ISO 24)    Purple (SAE D)

Blue (ISO 20)    Green (ISO 26)    Red (ISO 28)    Purple (Temp-CS)

Blue (ISO 22)    Green (ISO 30)    Red (ISO 32)    Purple (FlowState)

Blue (ISO 24)    Green (ISO 34)    Red (ISO 36)    Purple (Drive)

Blue (ISO 26)    Green (ISO 38)    Red (ISO 40)    Purple (Cond.)

Blue (ISO 28)    Green (ISO 40)    Red (ISO 42)    Purple (chg cond.)

Blue (ISO 30)    Green (ISO 44)    Red (ISO 46)    Purple (DC)

Blue (ISO 32)    Green (ISO 48)    Red (ISO 50)    Purple (r chg DC)

Blue (ISO 34)    Green (ISO 52)    Red (ISO 54)    Purple (Saturat.)

### Windkraftanlagen – Warn- und Grenzwerte für Planetengetriebe

Die folgenden Grenzwerte sind nur gültig für Planetengetriebe in Windkraftanlagen mit einer Ölfüllung von 100 bis 400 Liter. Die Verschleißwerte beziehen sich auf eine Betriebszeit der Ölfüllung von ca. 6.000 Stunden bzw. 1 Jahr. Nur wenn Werte sich ändern sind sie relevant für die Diagnose. Sie sind von der Faktor abhängig. Ein Überschreiten der unteren Achtung aufzuführen

Grenzwerte bedeutet nicht in jedem Fall, dass ein Verschleiß erfolgt ist. Maßgebend für die Aussagekraft der Werte ist ein Trendverhalten, wobei unter Beobachtung der Vergleich mit den vorherigen Proben verstanden wird. Wenn nur ein Einzelwert aus dem Rahmen fällt, ist dessen Plausibilität im Zusammenhang mit der ÖPA zu prüfen. In Abhängigkeit davon, ob gleichzeitig mehrere Verschleißwerte, Viskosität, Wasser, Staub, Oxidation oder Abblagerung in der Ölleuchte nachweisbar sind, ist eine weitere Überprüfung zu empfehlen. WEARCHECK-Inspektoren einen Checksheet oder eine erneute Kontrolle, die beim nächsten Serviceintervall, spätestens nach 6 Monaten oder 3.000 h erfolgen sollte.

Untersuchungsparameter	Einheit	Warn	Achtung	Ursachen / Rückblende
<b>Verschleiß</b>				
Eisen	mg/kg	10	15	Inspektionsstelle oder Konvention von Zersetzungs, Verschleiß von Wellen, Chassis, Ölwanne, Ölwanne, Ölwanne, Ölwanne
Aluminium	mg/kg	5	10	Wahlige Lagerungsstellen verschleißende Lagersätze, verschleißende Schmierstoffe und Käse
Kupfer	mg/kg	2	5	Ölwanne (Ölwanne, Ölwanne, Ölwanne), Verschleiß von Wellen, Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Nickel	mg/kg	5	10	Verschleiß von Ölwanne (Ölwanne, Ölwanne, Ölwanne), Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Chrom	mg/kg	2	5	Inspektionsstelle von Spezialität für Zersetzungs, verschleißende Lagersätze, Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Vanadium	mg/kg	4	8	Laufflächen von Chassis, Verschleiß von Wellen, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Mangan	mg/kg	10	15	Verschleiß von Ölwanne (Ölwanne, Ölwanne, Ölwanne), Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Silikon	mg/kg	80	100	Ölwanne (Ölwanne, Ölwanne, Ölwanne), Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
PS-Werte				
Wassergehalt	wt%	max +10	max +15	Wasser bis zu 20 mg/kg im Antriebsstrang ist akzeptabel, von Anfang durch Staub, Antriebsstrang, verschleißende Ölwanne, Ölwanne, Ölwanne
Viskosität	mm²/s	72	76	Schmieröl (Schmieröl, Ölwanne, Ölwanne), Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Staub	mg/kg	10	20	Wahlige Lagerungsstellen verschleißende Lagersätze, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Oxidation	mg/kg	1	2	Wahlige Lagerungsstellen verschleißende Lagersätze, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Abblagerungen	mg/kg	max +100	max +1000	Wahlige Lagerungsstellen verschleißende Lagersätze, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne

**Diagnose, z.B. für Synthesenöl auf P/Q-Basis**

Parameter	Warn	Achtung	Ursachen / Rückblende
Wassergehalt bei 40°C	max +10	max +15	Wahlige Lagerungsstellen verschleißende Lagersätze, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Wassergehalt bei 100°C	max +10	max +15	Wahlige Lagerungsstellen verschleißende Lagersätze, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Wassergehalt bei 150°C	max +10	max +15	Wahlige Lagerungsstellen verschleißende Lagersätze, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne

**Additive bei ÖP-Getriebeölen mit Schwefel/Phosphor Additivierung**

Parameter	Warn	Achtung	Ursachen / Rückblende
Schwefel bei 40°C	max +10	max +15	Wahlige Lagerungsstellen verschleißende Lagersätze, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne
Phosphor bei 40°C	max +10	max +15	Wahlige Lagerungsstellen verschleißende Lagersätze, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne

**Leistungsdaten**

Parameter	Warn	Achtung	Ursachen / Rückblende
Wahlige Lagerungsstellen verschleißende Lagersätze, Verschleiß von Ölwanne, Verschleiß von Ölwanne			

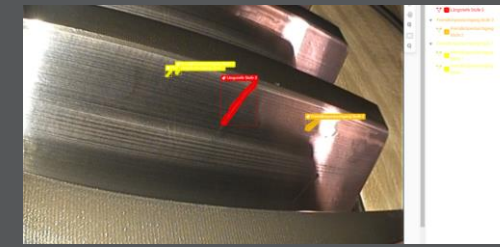
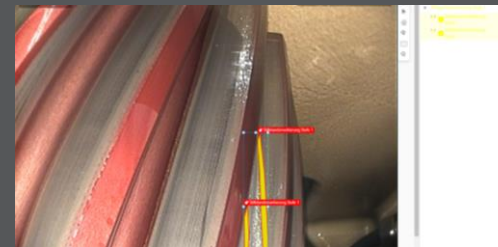
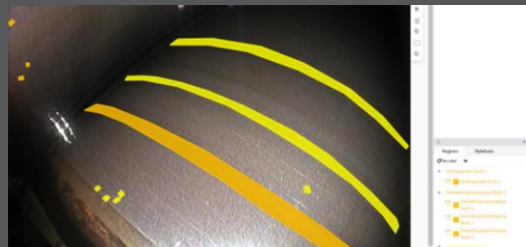
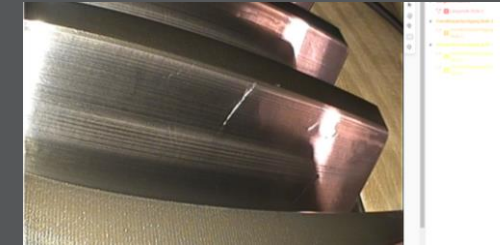




# Inspektionsstelle - Inspection Services

## Beispiel KI in der Getriebeendoskopie - Ausblick: Drohne

---



# Daten- und Informationsströme der Dienstleistungen zusammenführen



## Windpark bzw. WEA

- Inspektionsstelle  
Inspection Services
- Überwachungsstelle  
Monitoring Service
- Beratende  
Ingenieurdienstleistungen  
Engineering Services

## Datentransfer / fachkundiges Personal

## Cloud-Server

## Datenzugriff

- KPI's
- Visualisierung
- Reporting

Die Überwachungsqualität drückt sich in der Tiefe des Systemverständnis und einem intelligenten Konzept sowie Service aus.

# Zustandsüberwachung - welche KI und Sprache wird benötigt?

---

## **Identifikation:**

Anomalieerkennung.  
Charakteristik des Schadens.  
Charakteristik der Schadensentwicklung.

## **Klassifizierung:**

Schaden definieren.  
Intensitätsstufen festlegen.

## **Automatisierte Vorfilterung:**

Schaden automatisch identifizieren.  
Schaden automatisch klassifizieren.  
Trendentwicklung und Prognose sowie Lastsimulation

## **Automatisiertes Reporting:**

Erstellte Berichte werden über Stichproben einer Qualitätskontrolle unterzogen.  
Ziel: Ergebnis stärken und automatisierte Algorithmen prüfen.

## **Wissen ist erforderlich**

- Antriebstechnik und (Trag-) Struktur
- Forschung
- Konstruktion & Entwicklung
- Betriebsverhalten
- Schadenanalysen
- Evolution unterschiedlichster Anlagentechnologien

# Zustandsüberwachung - aus Daten Mehrwert und Sicherheit schaffen

## Endoskopie (Wälzlager/Getriebe)

- Kinematik / Design
- Foto
- Video
- (Audio)

## Schmierstoff Analyse (Öl/Fett)

- Kennwerte

## Online Reinheitsklasse / Charakteristik

- Kennwerte

## Prüfung Anlage (Betriebsführer / Sachverständiger):

- Foto
- Video
- (Audio)
- Ggf. Probenentnahmen (Öl, Fett)

## Monitoring der Antriebstechnik und Anlagendynamik

- Messdatenerfassung
- Sensorik
- Design
- Kennwerte
- Zeitreihen

## **Intelligentes Monitoring über Datenbank Architektur für performante Prognose KPI's, Lasten und Restlebensdauer**

Bibliotheken: Bezeichnungen, Kennzeichnungen (z.B. RDS-PP), Klassifizierung (z.B. ZEUS), Charakteristik.  
Statistik Visualisierung.  
KI-Automatisierung: Daten, Anwendungen, Informationsgenerierung.  
Report Tool und Handlungsempfehlungen

## SCADA Daten Analysen

- Kennwerte
- Fehler Codes

## Rotorblätter, Turm, Tragstruktur (Drohne/Seil)

- Foto
- Video
- Audio





# TRUST YOUR ENERGY

---

Gestalten Sie mit uns  
die Energiewende.

[www.gp-joule.de](http://www.gp-joule.de)

**GP JOULE**  
TRUST YOUR ENERGY.