

Vorstellung der Stumer-Baureihe

Volumenexpander zur Energieerzeugung

(„Von der passiven zur aktiven Dampfreduzierstation“)

Bereit für die Energiewende ???



Sie suchen energetische Optimierungspotentiale in ihrem Produktionsprozess?

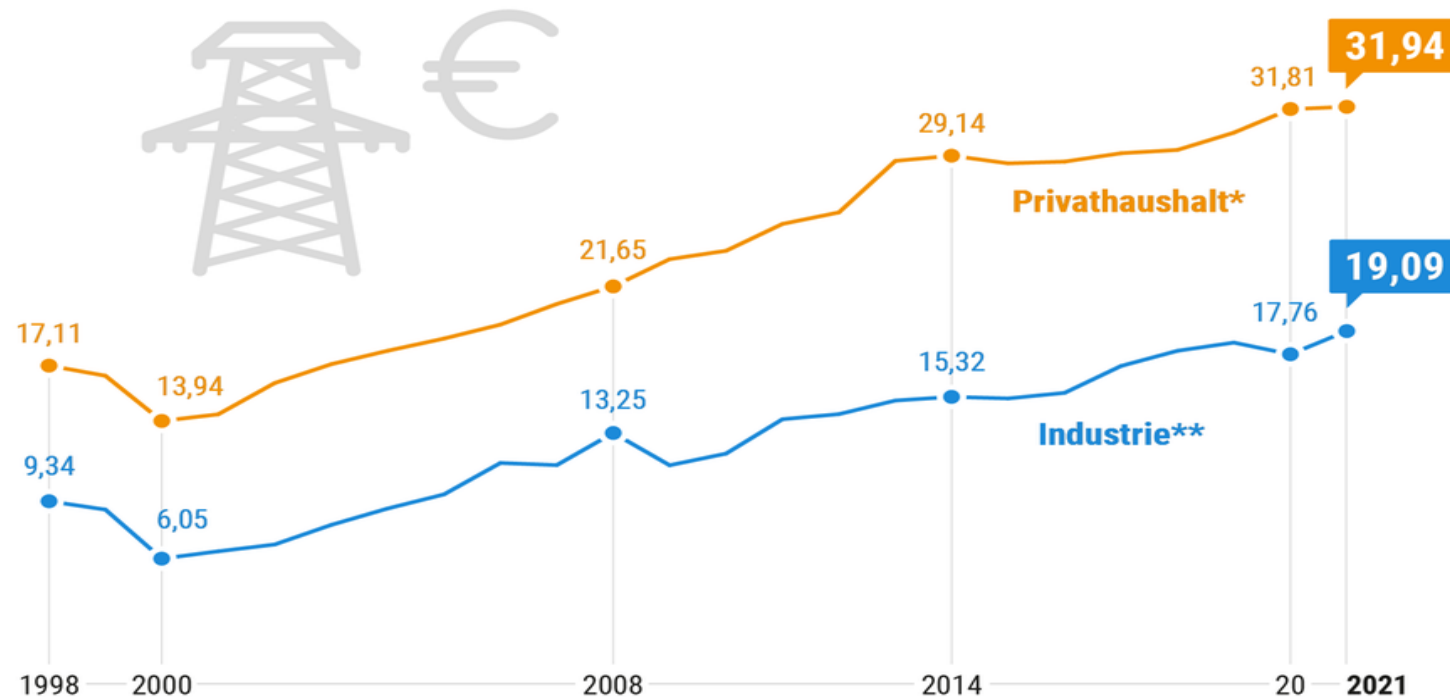
- Sie „vernichten“ Dampf über passive Dampfreduzierstationen?
- Sie „entsorgen“ Druckluft ohne das vorhandene Potential zu nutzen?
- Sie „reduzieren“ den Druck ihres Arbeitsmediums einfach nur so?
- Sie „entlassen“ Abwärme aus Verbrennungsprozessen direkt in die Umgebung?

Wir haben eine Lösung für Sie!

Energieeffizienz, Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks und längerfristige Kosteneinsparungen bei ihrer Energieversorgung durch den **Einsatz des Stumer** zur elektrischen Energieversorgung.

... Strompreisentwicklung der letzten 20 Jahre

Durchschnittlicher Strompreis in Cent je Kilowattstunde



Dezember 2023:
durchschnittlich 44,59 Cent/kWh

Dezember 2023:
ohne Steuervorteile 40,11 Cent/kWh

Neben den ansteigenden Strompreisen steigen auch die Stromnebenkosten, die heute schon ca. 35% vom Rechnungsbetrag ausmachen.

*Jahresverbrauch 3 500 kWh, inkl. MwSt. 2020,

**Jahresverbrauch 160 000 bis 20 Mio. kWh inkl. Stromsteuer

Strompreisentwicklung – Konsequenzen ?



Die Industriestrompreise entwickeln sich in den letzten 20 Jahren *stetig aufwärts*, eine Umkehrung dieser Tendenz ist nicht erkennbar!

- Senkung des Energieverbrauchs innerhalb der Produktion.
- Einführung von Energieeffizienzmaßnahmen.
- Auslagerung der Produktion, falls möglich.
- Start einer Eigenstromproduktion:
 - Installation von Solaranlagen
 - Aufbau von Windkraftanlagen
 - Nutzung von „Restdampf“, z.B. aus Dampfreduktionsvorgängen
 - Reduktion CO₂-Erzeugung
 - Verbesserung des CO₂-Fingerprints

Fördermöglichkeiten für Unternehmen



In Deutschland bzw. NRW gibt es diverse Möglichkeiten solche Projekte durch den Staat bzw. das Land (=> Effizienz-Agentur NRW) fördern zu lassen.

Maßgeblich ist das Förderprogramm 295 „Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“ der KfW bzw. der Prozesswärmeförderung der Bafa. Es sind Förderungen von bis zu 55% möglich, relevant sind die Module 2 und 4:

Modul 2 „Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien“:

Der Ersatz oder die Neuanschaffung u.a. von Biomasseanlagen zur Bereitstellung von Wärme, deren Wärme zu über 50% verwendet wird für Prozesse zur Herstellung, Weiterverarbeitung oder Veredelung von Produkten oder zur Erbringung von Dienstleistungen kann mit bis zu 45% gefördert werden. KMU erhalten einen Bonus von 10%.

Modul 4 „Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen“:

Dazu gehören Maßnahmen zur Nutzung von Prozessabwärme, etwa Einbindung der Abwärme zur Bereitstellung von Wärme inklusive erforderlicher Maßnahmen an den Anlagen- oder Gebäudetechnik, Einspeisung in Wärmenetze inklusive der Verbindungsleitungen, **Maßnahmen zur Verstromung von Abwärme**. Die Förderung beträgt bis zu 30% (bei außerbetrieblicher Abwärmenutzung 40%), maximal jedoch 500 € pro eingesparter Tonne CO₂. Einen Bonus von 10% gibt es für KMU begrenzt auf 900 €/to.

Stand 10/2023

Investitionskosten – Stumer 220



Vereinfachte Beispielrechnung ohne MwSt. für einen Stumer 220 mit einer elektrischen Leistung von 270,6 kW bei einer maximalen Drehzahl von 3800 U/min:

Planung & Umbauarbeiten an der bestehenden Anlage: 50 T€

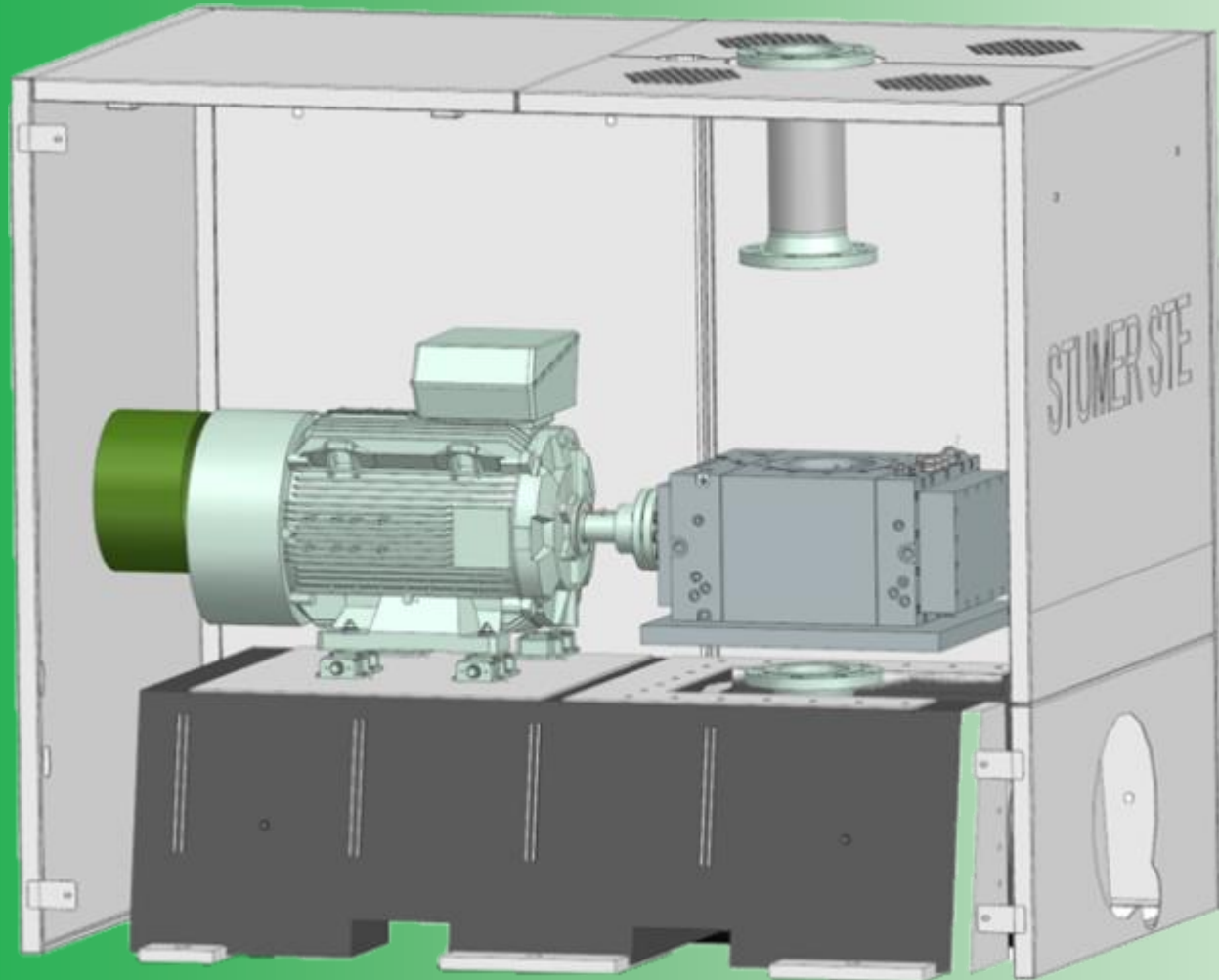
Kosten für einen kompletten Volumenexpander Stumer 220: 300 T€

Bei 4380 Vollaststunden/Jahr, d.h. nur die Hälfte der jährlichen Vollaststunden, und einem zu zahlenden Strompreis von 0,25 €/kWh liegt der **ROI bei einem Jahr!** Innerhalb eines Betriebsjahrs liegen die vermiedenen Kosten für den Grundstrombezug bei ca. 296 T€. Im zweiten Betriebsjahr erwirtschaftet die Maschine dann schon einen erheblichen Gewinn.

Bei 8760 Vollaststunden/Jahr, d.h. die mögliche Anzahl der jährlichen Vollaststunden, und einem zu zahlenden Strompreis von 0,25 €/kWh liegt der **ROI bei weniger als einem Jahr!** Innerhalb eines Betriebsjahrs liegen die vermiedenen Kosten für den Grundstrombezug bei ca. 592 T€. Im ersten Betriebsjahr erwirtschaftet die Maschine also schon einen erheblichen Gewinn und hat sich quasi selbst bezahlt.

Aber: Jeder Fall muss individuell betrachtet werden!

Aufstellungskonzept als integrierte Packagebauweise mit allen Hauptkomponenten



Baugrößen:

Stumer 170

Stumer 220

Stumer 320

Prinzipdarstellung ohne
Frequenzumrichter (FU)
und Bedienpanel

Unterschiedliche Bauteile des Stumer 320



Einer der beiden Rotoren



Die Deckel der Maschine, ein Teil vom Lagerdichtungsträger und die Synchronisationszahnräder

Unterschiedliche Bauteile des Stumer 320



Das Fundament



Die
Kernmaschine
montiert

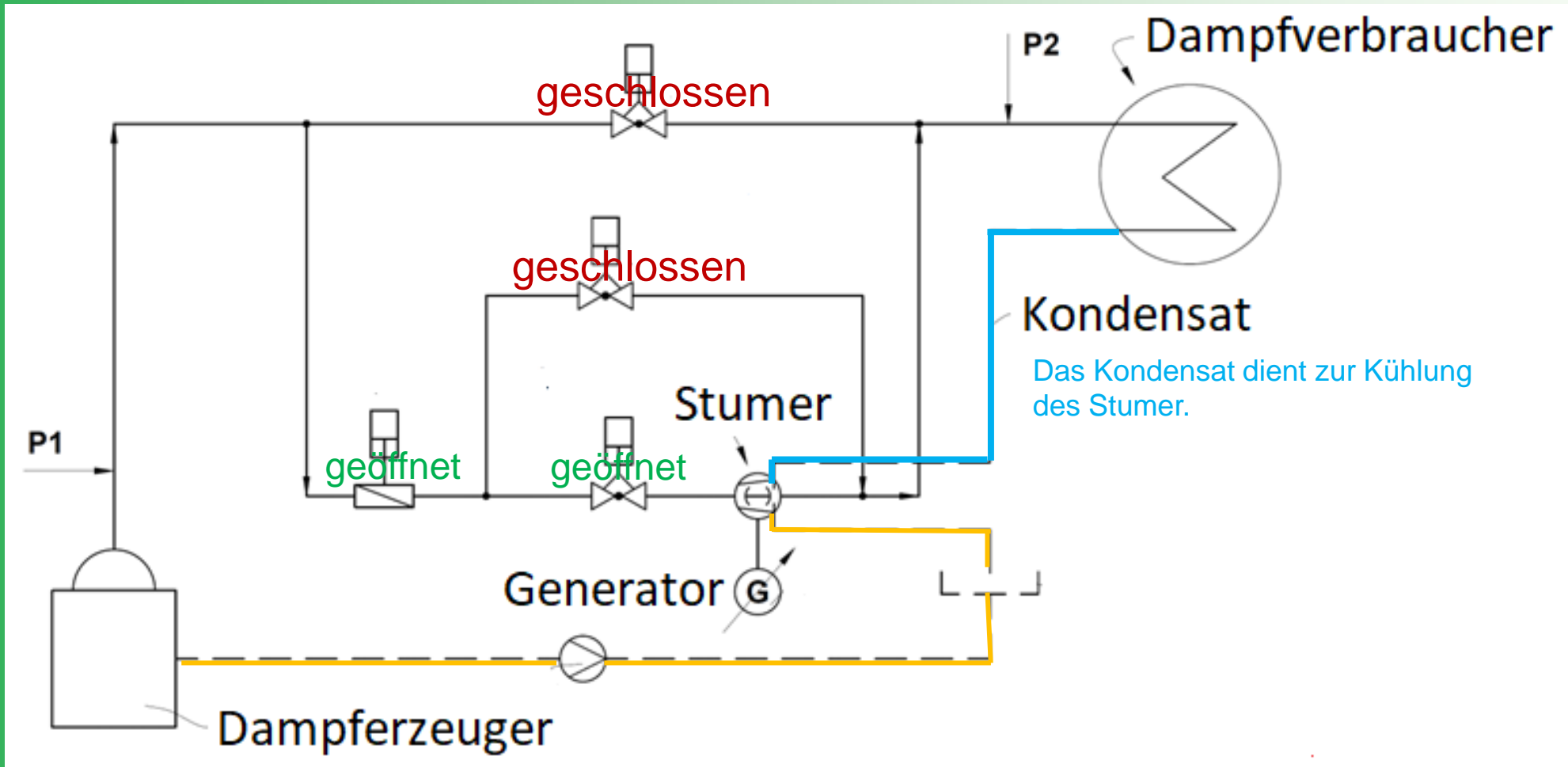
Allgemeine Betriebsdaten

- 1) Mechanischer Auslegungsdruck 30 barg
- 2) Auslegungstemperatur bis 300°C
- 3) Maximaler Betriebsdruck 25 barg
- 4) Bester Arbeitsdifferenzdruck 1 bis 4 bar
- 5) Kühlung durch Wasser oder Kondensat 70°C Vorlauftemperatur
- 6) Verzahnung und Lager werden mit Öl geschmiert
- 7) Ölsorte VG150 mit einer Ölvorlauftemperatur von 75°C
- 8) Ölumlaufrmenge 1 l/min
- 9) Dichtungsmedium Wasser oder Kondensat 70°C
Vorlauftemperatur; evtl. Filterung mit 10 µm-Filter
- 10) Schallemission < 85 dB mit Schalldämmhaube
- 11) Prozessleitung ohne Kompensator direkt an der Maschine
(Stutzenkräfte können begrenzt aufgenommen werden)



Kurz vor der Auslieferung auf dem Prüfstand

Nutzung eines Stumers zur „Restdampfnutzung“ als Ersatz einer Dampfdruckreduzierstation im Bypassbetrieb



Leistungsermittlung



Auslegungsbeispiel für unterschiedliche Drehzahlen, Differenzdrücke und Massenströme eines Stumers:

Stumer 320		Generatorleistung kW				
		p ein = 5 bara	p ein = 5 bara	p ein = 5 bara	p ein = 5 bara	p ein = 5 bara
Drehzahl	Massenstrom kg/h	p aus = 2 bara	p aus = 2,5 bara	p aus = 2,9 bara	p aus = 3,1 bara	p aus = 3,5 bara
1900	17176,40	372	341	259	234	187
1942	17555,90	381	315	264	240	191
2100	18984,20	412	340	286	259	206
2300	20792,00	451	373	313	284	226
2500	22600,95	490	405	340	309	246
2700	24408,75	530	438	368	333	265

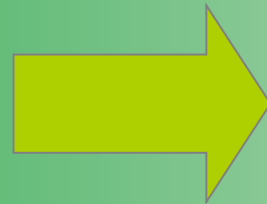
Aufbau und Funktionsweise

Hohes Druckniveau p_{ein}



Volumenstrom

Stumer
(Volumenexpander)



$$M = V \cdot (p_{\text{ein}} - p_{\text{aus}}) / 2\pi \Rightarrow \text{Die Drehzahl } n \text{ stellt sich ein.}$$



Volumenstrom

Niedriges Druckniveau p_{aus}

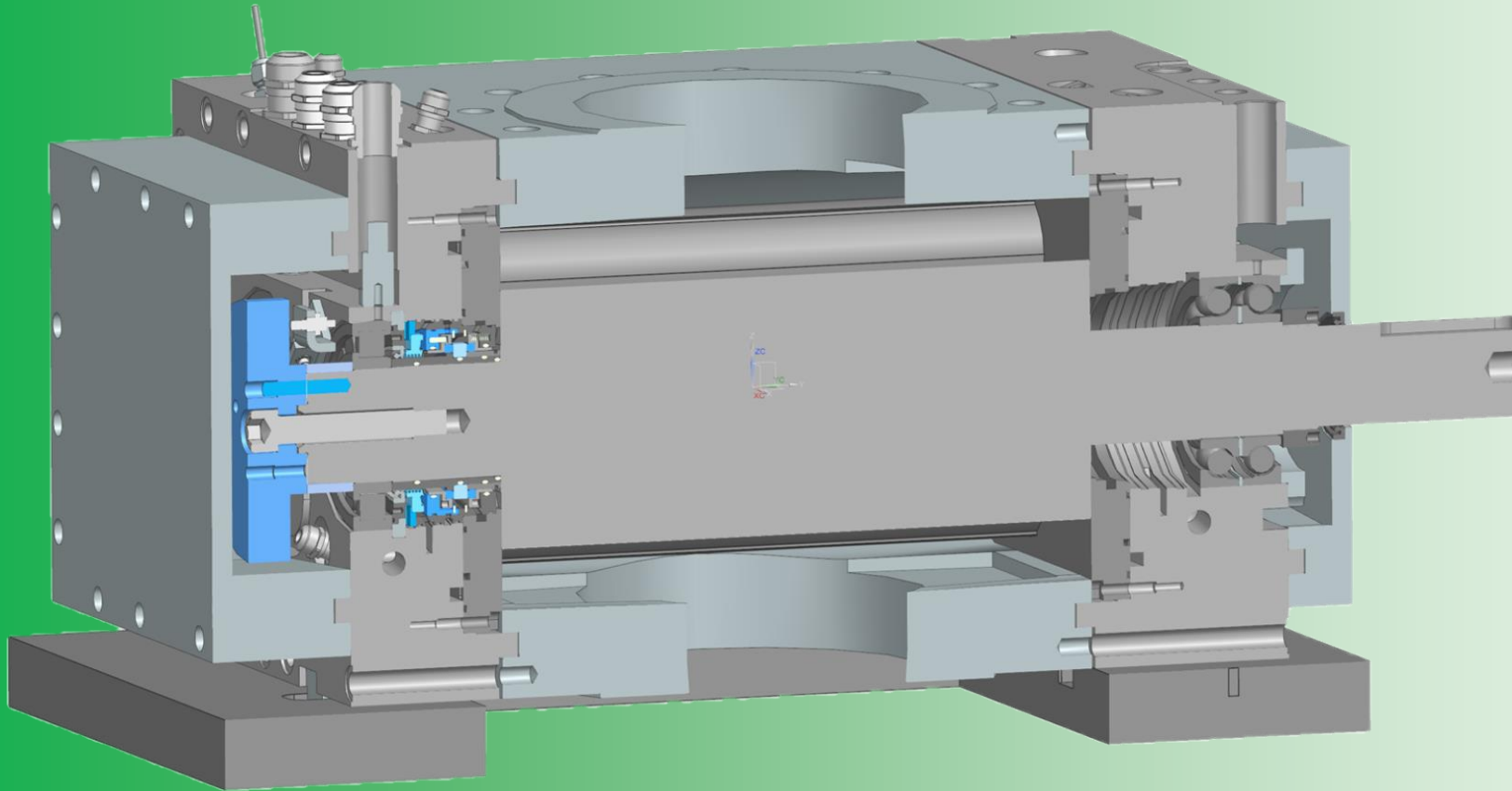
Das Drehmoment M hängt ab von ...

- der Konstruktionsart,
- dem Volumen V ,
- dem angeforderten Differenzdruck $p_{\text{ein}} - p_{\text{aus}}$,

Durch den Einsatz einer Drehmomentenregelung, kann über den Generator das Gegenmoment aufgebracht werden, welches benötigt wird, um die geforderte Druckreduzierung herbeizuführen.

Die Abdichtung der Maschine ist eine innovative Neuentwicklung und bedarf einer präzisen Druckregelung von vier Kreisen.

Konzept der Kernmaschine ...



... als kundenspezifische und angepasste Einzellösung.

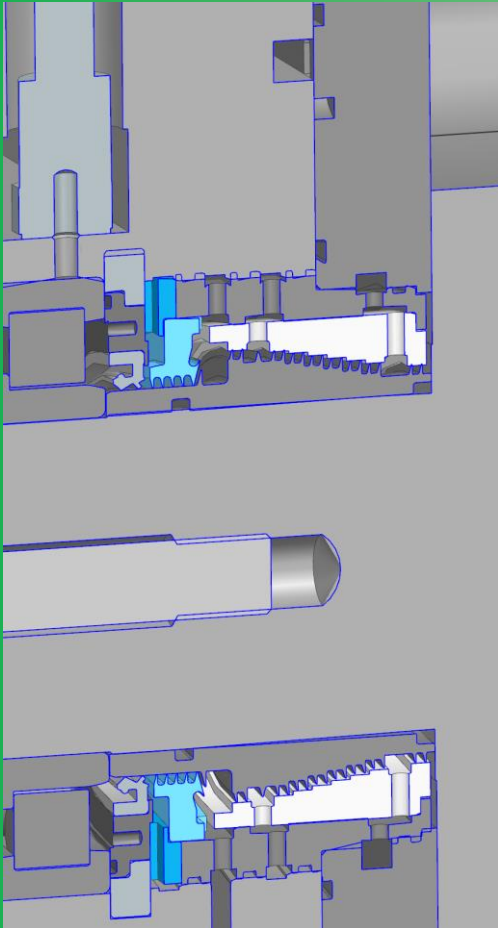
Wesentliche Auslegungskriterien

- Einteilige Gehäuseauslegung
- Modulares Dichtungskonzept
- Kühlung der Lagerung
- Axiallager als Festlager
- Instrumentierung
- Betonstruktur des Fundaments
- Maintenance vor Ort möglich
- Ausrichtung mittels Mittenführung
- Angepasste Spielauslegung
- Keine vertikale und horizontale
Gehäuseteilungen
- Leichte Demontage der Kernmaschine
- Höhere Temperaturen über 200 °C
möglich
- Onlinemonitoring
- Keine Kompensatoren
- Angepasste Werkstoffe

Konzept der Kernmaschine – modulares Dichtungssystem

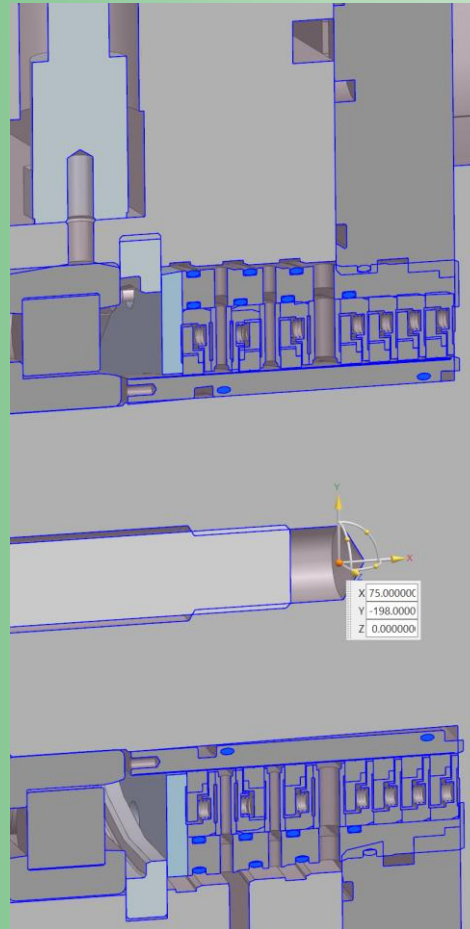


Labyrinth



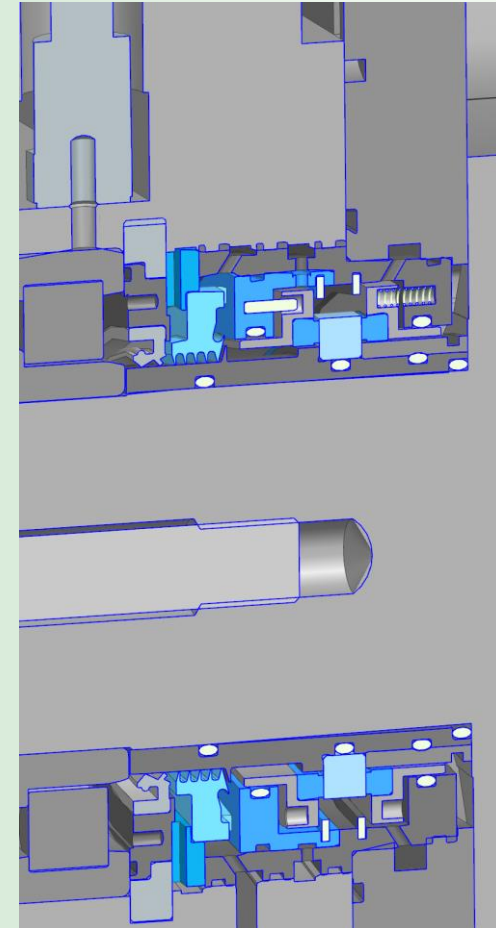
Luft
Stickstoff
Kondensat

Kohlering



Luft
Stickstoff

Gleitring

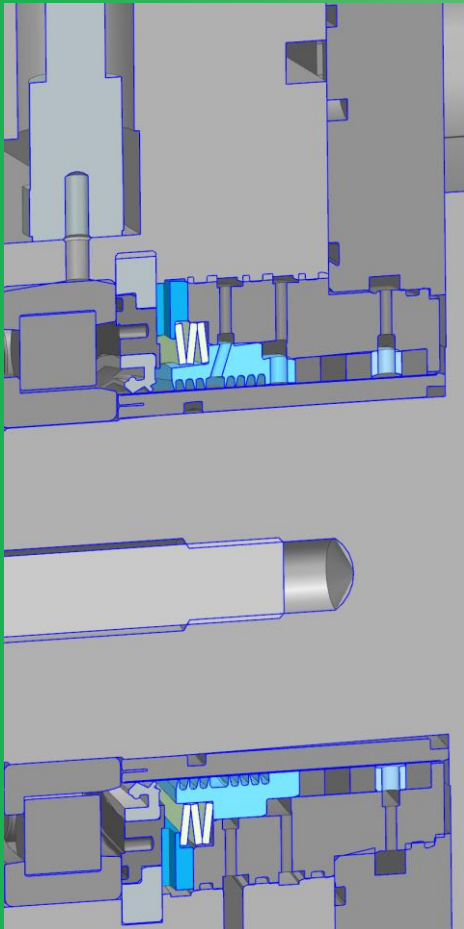


Luft
Stickstoff
Kondensat
Gase

Konzept der Kernmaschine – modulares Dichtungssystem

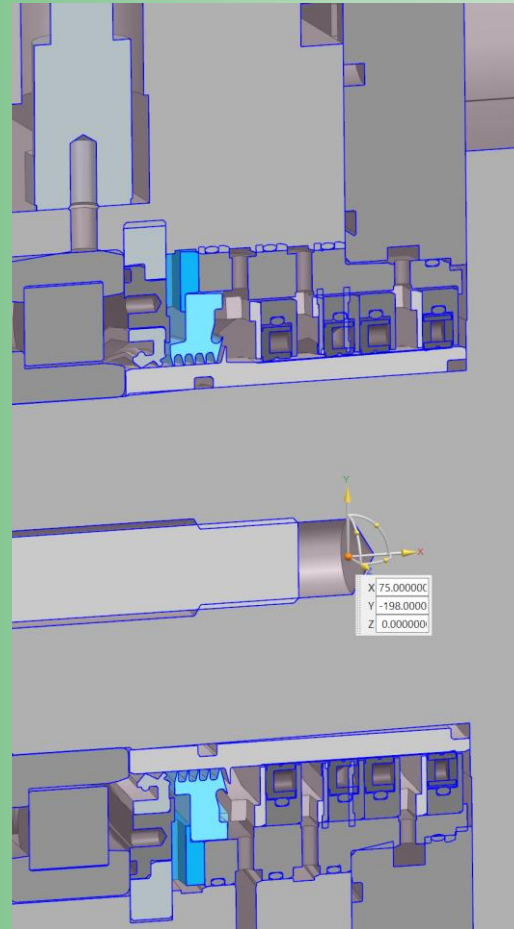


Packung



Kondensat

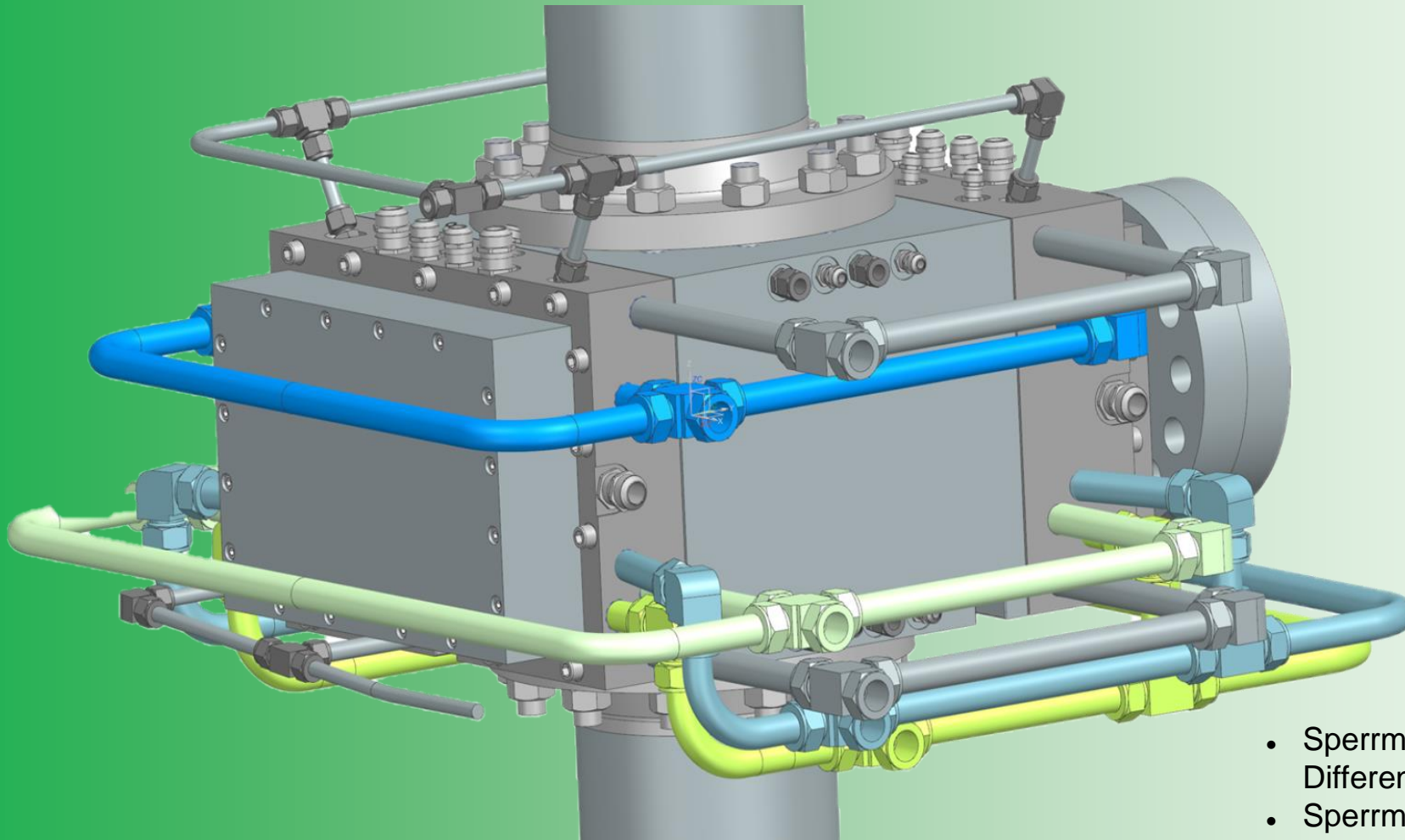
Schwimmring



Kondensat
Öl

Das modulare Dichtungssystem erlaubt den einfachen Umbau der Dichtungen, so dass verschiedene Medien (Dampf, Luft, Gase, ...) zur Druckreduzierung und damit zur Stromerzeugung genutzt werden können. M.a.W. derselbe Stumer kann über seine Dichtungen variabel an das zu expandierende Medium angepasst werden.

Konzept der Kernmaschine – modulares Dichtungssystem



14 bara Sperrkondensat ein

1,5 bara Sperrkondensat aus

1,3 bara Sperrkondensat /
-luft aus

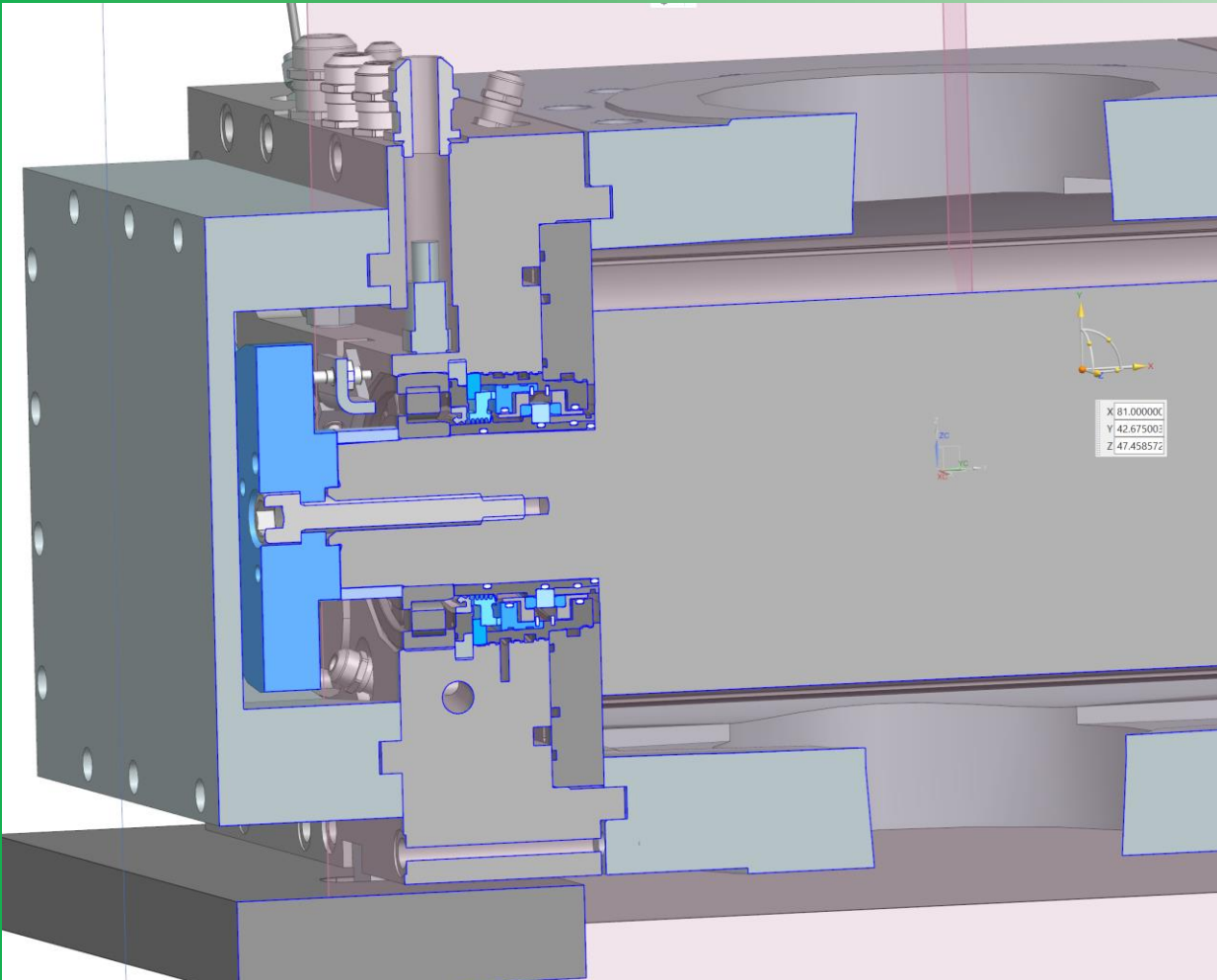
1,5 bara Sperrluft ein

14,5 bara Kühlwasser ein

14,2 bara Kühlwasser aus

- Sperrmedium prozesseitig Wasser / Kondensat
Differenzdruck zum Prozeß 0,5 bar.
- Sperrmedium ölseitig ist Instrumentenluft 0,4
barg mit 20 l/min.

Konzept der Kernmaschine – Instrumentierung

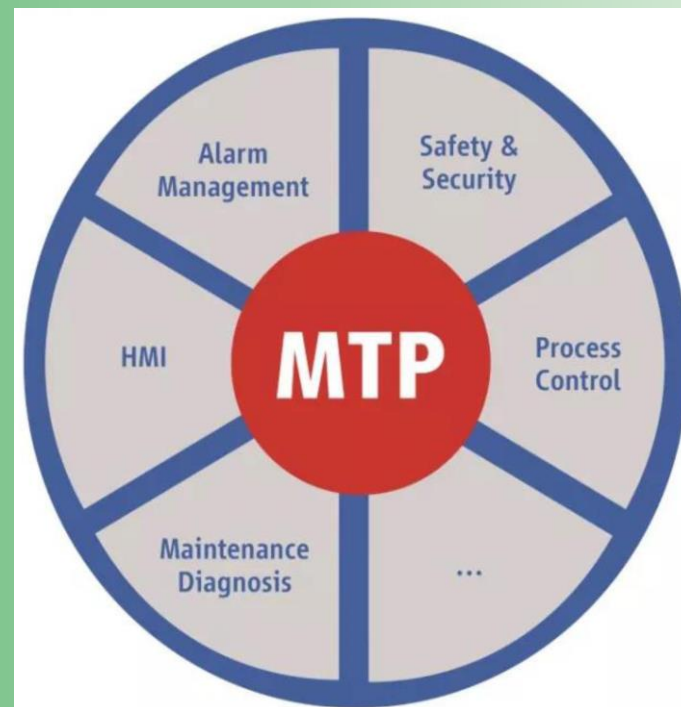


Messung	Medium			Bezeichnung auf Maschine	Einbauort		
temperature	T	cooling water in	CWI	DE	T_CWI_DE	Maschine	PT100 Kabelfühler 50/100/200 DIN2353_Schneidrin Tauchhülse 1/2 und 1/4 L=100/150/200
temperature	T	cooling water out	CWO	DE	#WERTI	Maschine	PT100 Kabelfühler 50/100/201 DIN2353_Schneidrin Tauchhülse 1/2 und 1/4 L=100/150/200
temperature	T	oil in	OI	DE		Maschine	PT100 Kabelfühler in Rohrleitung
temperature	T	oil out	OO	DE		Maschine	PT100 Kabelfühler Gummiloch
temperature	T	cooling water in	CWI	NDE		Maschine	PT100 Kabelfühler 50/100/200
temperature	T	cooling water out	CWO	NDE	T_CWO_NDE	Maschine	PT100 Kabelfühler 50/100/201
temperature	T	oil in	OI	NDE		Maschine	PT100 Kabelfühler in Rohrleitung
temperature	T	oil out	OO	NDE		Maschine	PT100 Kabelfühler Gummiloch
temperature	T	case bearing	CB	DE		Maschine	PT100 Kabelfühler 50/100/200 DIN2353_Schneidringverschraubung RS 1/4
temperature	T	case bearing	CB	DE		Maschine	PT100 Kabelfühler 50/100/200 DIN2353_Schneidringverschraubung RS 1/4
temperature	T	process in	PR	I1	T_PR_I1	Maschine	PT100 Kabelfühler 50/100/200 DIN2353_Schneidrin Tauchhülse 1/2 und 1/4 L=100/150/200
temperature	T	process in	PR	I2	T_PR_I2	Maschine	PT100 Kabelfühler 50/100/200 DIN2353_Schneidrin Tauchhülse 1/2 und 1/4 L=100/150/200
pressure	P	process in	PR	I1	P_PR_I1	Maschine	Druckmessung am Gehäuse
pressure	P	process in	PR	I2	P_PR_I2	Maschine	Druckmessung am Gehäuse
temperature	T	process out	PR	O1		Maschine	PT100 Kabelfühler 50/100/200 DIN2353_Schneidrin Tauchhülse 1/2 und 1/4 L=100/150/200
temperature	T	process out	PR	O2		Maschine	PT100 Kabelfühler 50/100/200 DIN2353_Schneidrin Tauchhülse 1/2 und 1/4 L=100/150/200
pressure	P	process out	PR	O1		Maschine	Druckmessung am Gehäuse
pressure	P	process out	PR	O2		Maschine	Druckmessung am Gehäuse
acceleration	A	sensor	A1	DE HR		Maschine	AVKS80D Gummiloch
acceleration	A	sensor	A2	DE HR		Maschine	AVKS80D Gummiloch
acceleration	A	sensor	A1	DE NR		Maschine	AVKS80D Gummiloch
acceleration	A	sensor	A2	DE NR		Maschine	AVKS80D Gummiloch
acceleration	A	sensor	A1	NDE HR		Maschine	AVKS80D Gummiloch
acceleration	A	sensor	A2	NDE HR		Maschine	AVKS80D Gummiloch
acceleration	A	sensor	A1	NDE NR		Maschine	AVKS80D Gummiloch
acceleration	A	sensor	A2	NDE NR		Maschine	AVKS80D Gummiloch
gap axial	G	probe	P	DE HR		Maschine	Bently Sonde M8x1 5,2 Gummiloch
gap axial	G	probe	P	DE NR		Maschine	Bently Sonde M8x1 5,2 Gummiloch
keyphasor	K	probe	P	DR HR		Maschine	Bently Sonde M8x1 5,2 Gummiloch
1st pressure		seal in		DE HR/NR		Rohrleitung	
1st pressure		seal in		NDE HR/NR		Rohrleitung	
1st Temperature		seal in				Rohrleitung	
2nd pressure		seal out		DE HR/NR		Rohrleitung	
2nd pressure		seal out		NDE HR/NR		Rohrleitung	
2nd Temperature		seal out				Rohrleitung	
3rd pressure		seal out		DE HR/NR		Rohrleitung	
3rd pressure		seal out		NDE HR/NR		Rohrleitung	
3rd Temperature		seal out				Rohrleitung	
purge gas		seal in		DE HR/NR		Rohrleitung	
purge gas		seal in		NDE HR/NR		Rohrleitung	
4th Temperature		seal out				Rohrleitung	
Pressure		cooling water in		DE		Rohrleitung	
Pressure		cooling water out		DE		Rohrleitung	
Pressure		cooling water in		NDE		Rohrleitung	
Pressure		cooling water out		NDE		Rohrleitung	

Instrumentierung als Basis für Condition Monitoring

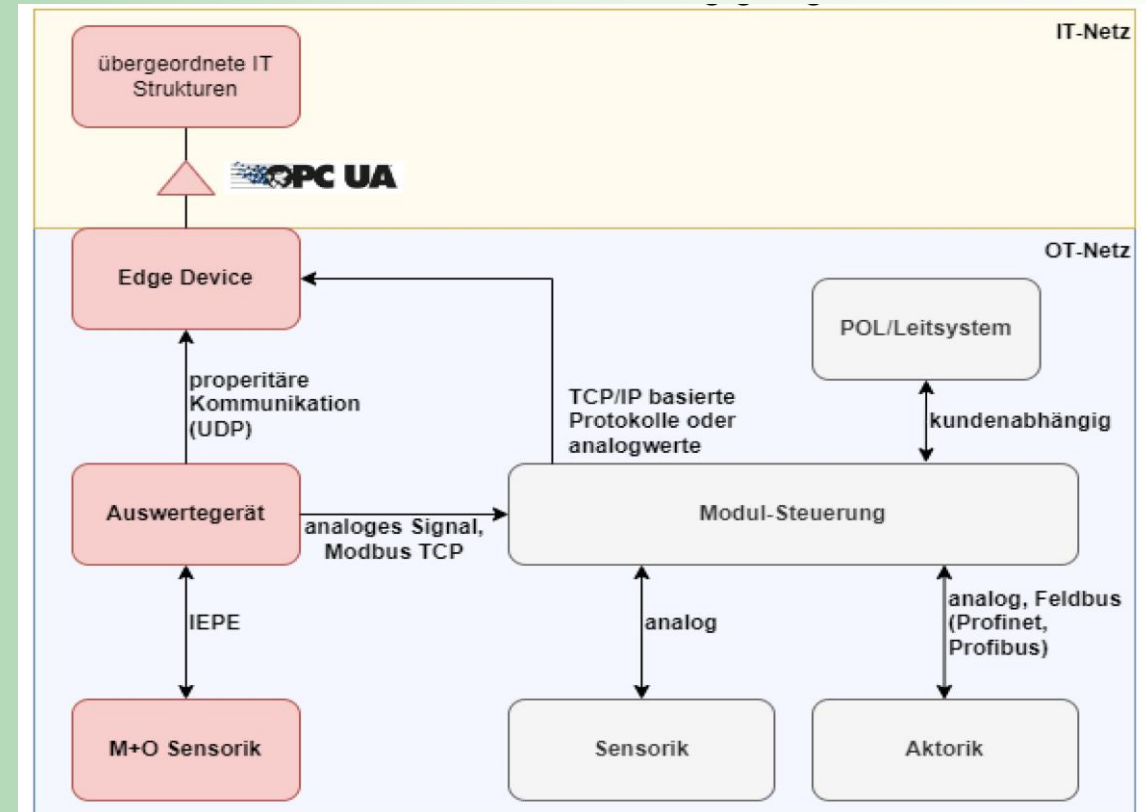
Konzept der Kernmaschine – Leittechnik

Zur Einbindung in übergeordnete Leitsysteme wird das Modul mit dem „Module Type Package“ (MTP) ausgestattet, so dass das Modul schnell und flexibel in den POL eingebunden werden kann. Besteht diese Möglichkeit nicht, wird das Modul auf herkömmliche Weise in das Leitsystem eingebunden, die Automatisierung erfolgt dennoch modulintern, nach Parameterangaben des Leitsystems. Die untere Abbildung zeigt die vom MTP abgedeckten Aspekte:



Konzept der Kernmaschine – Condition Monitoring

Insgesamt acht Schwingungsmessungen sowie sechs Temperaturmessungen werden ausschließlich zur Überwachung der Maschine eingesetzt. Diese erfolgt unabhängig von der Automatisierungstechnik. Die hochfrequenten Daten (96 kHz / Messkanal) können zwischengespeichert und mittels OPC UA an übergeordnete Systeme übermittelt werden. So ist die Basis für eine NOA-konforme Datenübermittlung gelegt.



Beispielhafte Leistungsermittlung für einen Stumer 220

Leistungsermittlung



Der Stumer ist ein Volumenexpander in der Ausführung eines Drehkolbenexpanders (Aufbau eines Roots-Kompressors).

Die erzeugte Maschinenleistung ist abhängig vom Volumenstrom und dem am Expander anstehenden Δp .

Der Stumer 220 hat ein Födervolumen von ca. $14.112.000 \text{ mm}^3/\text{n} \Rightarrow 0,014112 \text{ m}^3/\text{n}$.
 \Rightarrow bei 1000 1/min theoretischer Volumenstrom von $14,112 \text{ m}^3/\text{min}$.

Wirkungsgradannahmen:

Für Füllung und Leckagen können ca. 5% abgezogen werden: $\eta_v = 0,95$

Die mechanischen Verluste: 3% $\Rightarrow \eta_{\text{mech}} = 0,97$

Generatorverluste: 5% $\Rightarrow \eta_{\text{gen}} = 0,95$

Frequenzwandlerverluste: 5% $\Rightarrow \eta_{\text{freq}} = 0,95$

Die Druckdifferenz ist in der Regel vorgegeben. Von der Druckmessstelle „Ein“ bis zum Maschineneintritt und vom Maschinenaustritt bis Druckmessstelle „Aus“ sind Druckverluste von ca. 0,5 % des Absolutdrucks anzusetzen. Der Maschineneintrittsverlust kann mit ca. 1% des jeweiligen Absolutdruckes (Ein und Aus) angesetzt werden.
 \Rightarrow Insgesamt belaufen sich die absoluten Druckverluste auf ca. 1,5%.

Leistungsermittlung



Ein konkretes Beispiel für den Stumer 220:

Eintrittsvolumenstrom V : 3217,5 m³/h => Drehzahl => $V / 60 \text{ min/h} / 0,014112 \text{ m}^3/\text{U}$ für $n = 3800 \text{ 1/min}$

Druck an der Messstelle eintrittsseitig: $p_{\text{ein}} = 14 \text{ bara} \Rightarrow \Delta p_{\text{ein}} = 0,21 \text{ bar}$ Druckverlust

Druck an der Messstelle austrittsseitig: $p_{\text{aus}} = 10 \text{ bara} \Rightarrow \Delta p_{\text{aus}} = 0,15 \text{ bar}$ Druckverlust

$\Delta p = p_{\text{ein}} - p_{\text{aus}} = 14 \text{ bara} - 10 \text{ bara} - 0,21 - 0,15 = 3,64 \text{ bar} \Rightarrow 3,64 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

Expanderleistung P_{el}

$$P_{\text{el}} = V \times \Delta p \times \eta_V \times \eta_{\text{mech}} \times \eta_{\text{gen}} \times \eta_{\text{freq}}$$

$$P_{\text{el}} = 3217,5 \text{ m}^3/\text{h} / (3600 \text{ s/h}) \times 3,64 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 0,95 \times 0,97 \times 0,95 \times 0,95$$

$$P_{\text{el}} = 270,6 \text{ kW}$$

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt



Geschäftsführender Gesellschafter
Dr.-Ing. Matthias Humer
Key Expert Turbo Machinery
Trouble Shooting / Vibration expert

Mobile: +49 160 969 88651

matthias.humer@stumer.de



Geschäftsführender Gesellschafter
Dipl.-Ing. Gerard Sterz
Key Expert Compressor
Trouble Shooting

Mobile: +49 172 265 6544

gerard.sterz@stumer.de

STUMER GmbH
Daermansweg 3
47647 Kerken
Germany

www.stumer.de