

Industrie 4.0 Lösungen für Energieeffizienz in Motorsystemen



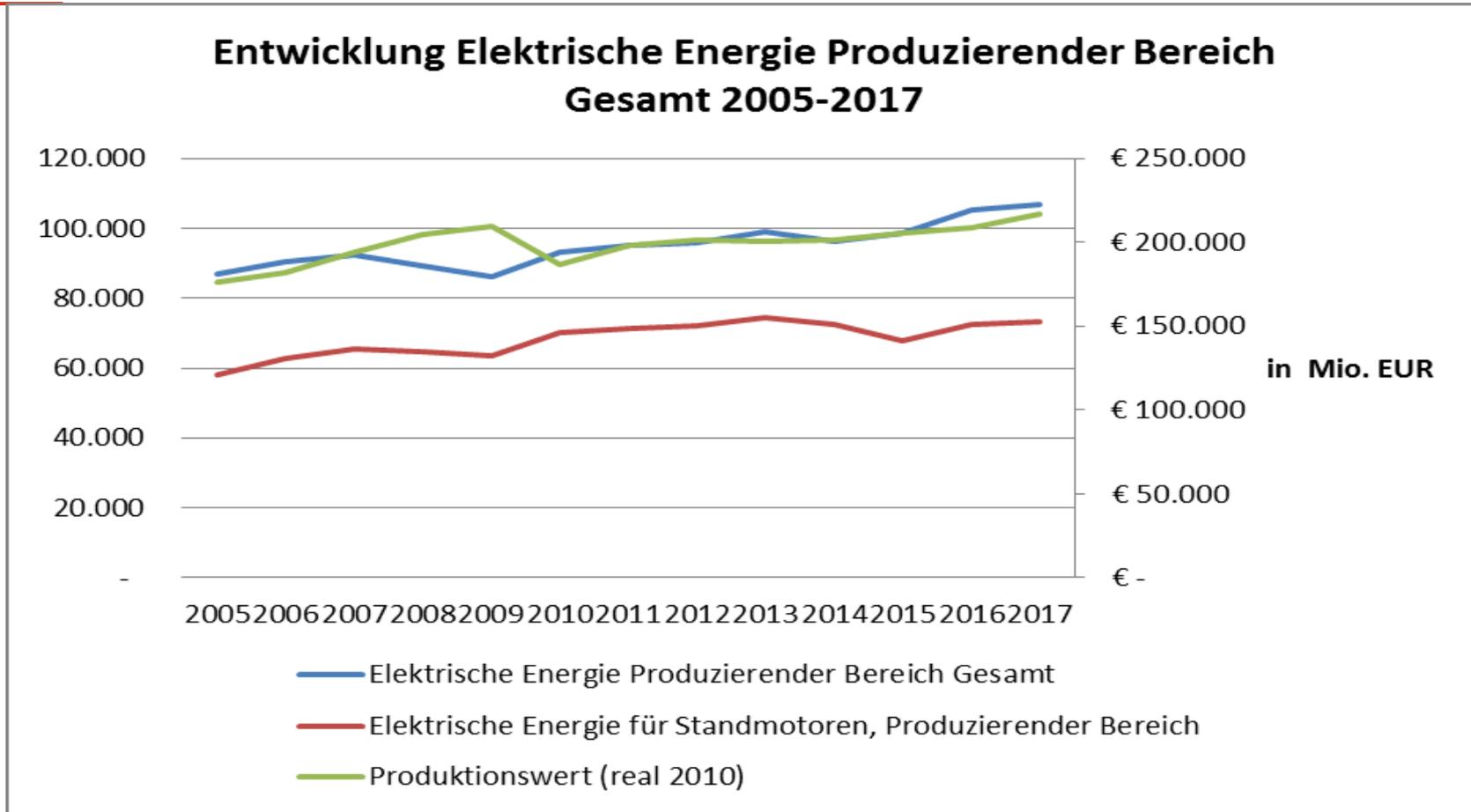
IEA FORSCHUNGS
KOOPERATION

≡ Bundesministerium
Verkehr, Innovation
und Technologie

Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency
Konstantin Kulterer | 16.2.2019

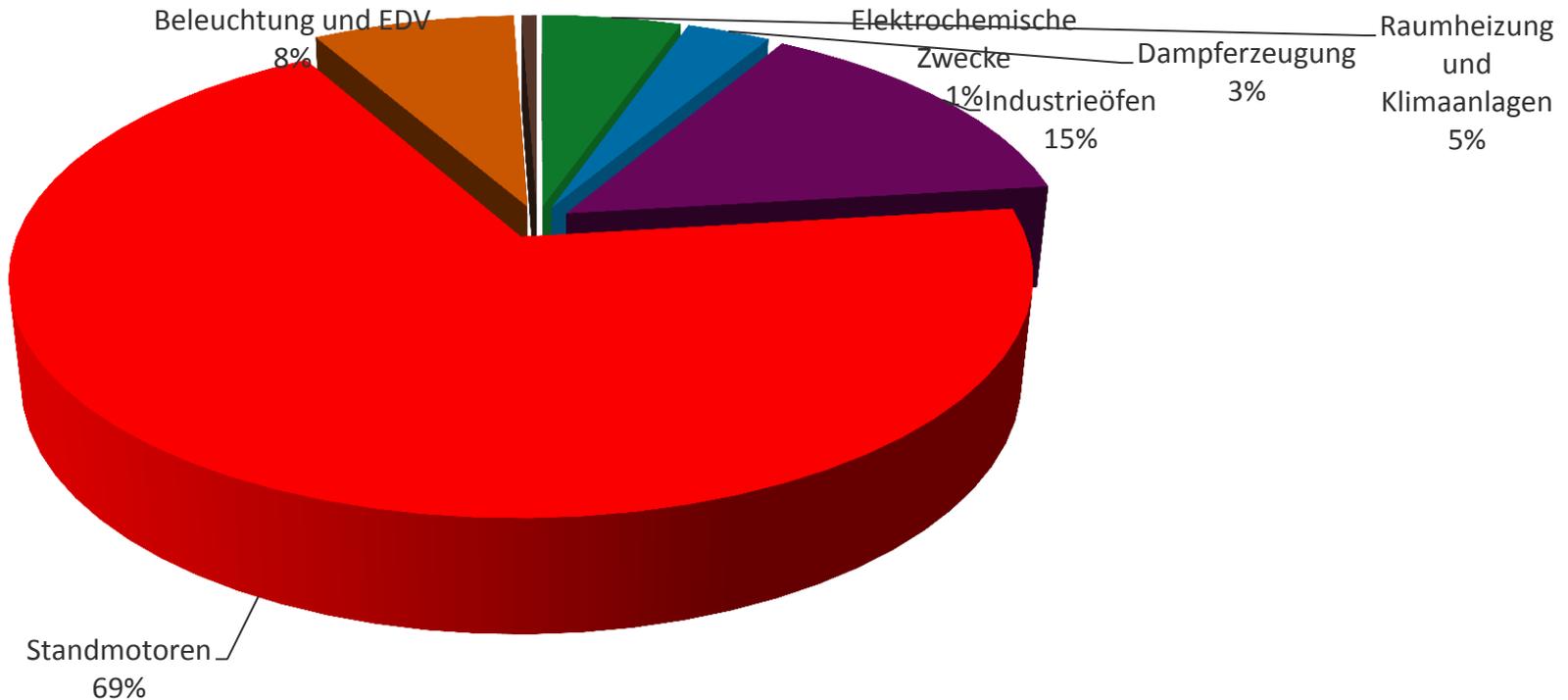


Stromverbrauch im produzierenden Bereich ansteigend



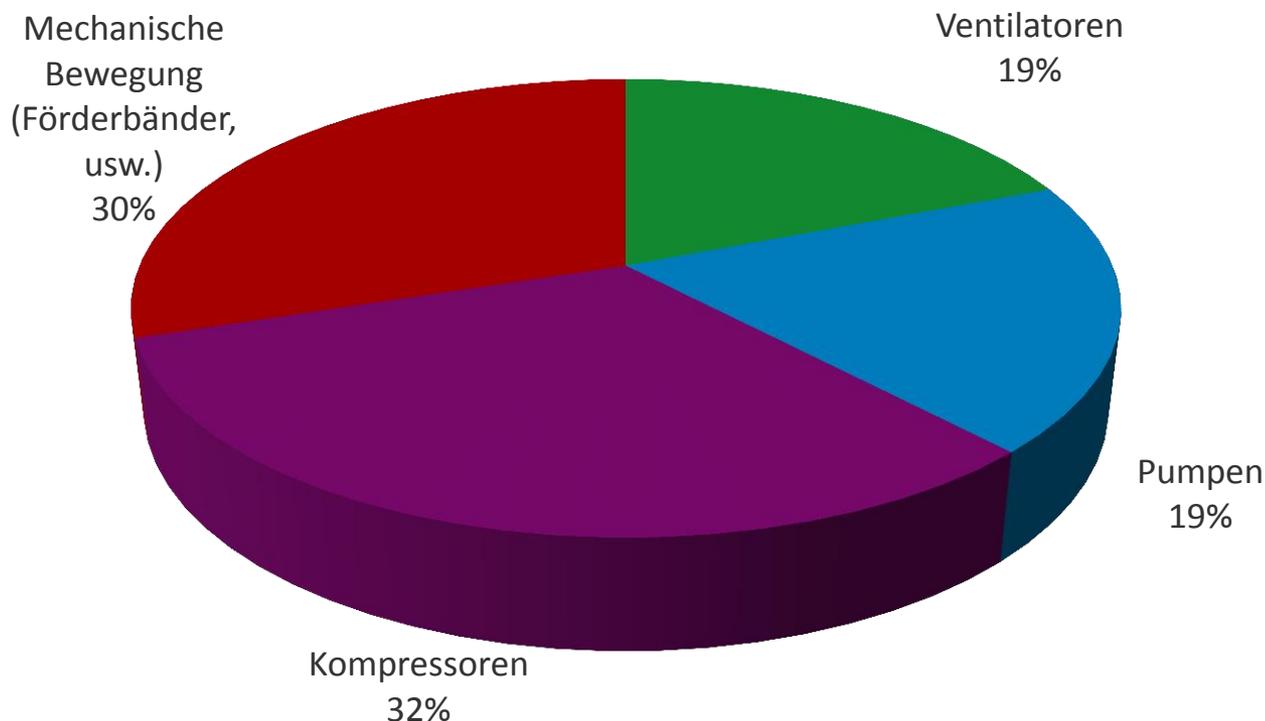
Stromverbrauch im Sektor Sachgüterproduktion stieg im Zeitraum 2009 bis 2017 um 24 % (durchschnittlich um 3 %). Quelle: Statistik Austria, NEA VGR

Aufteilung Stromverbrauch Sachgüterindustrie



Quelle: Nutzenergieanalyse für Österreich, Statistik Austria, 14.12.2018

Wichtigste Anwendungsgebiete



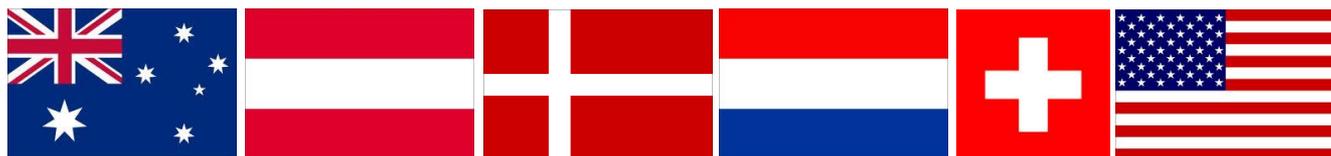
Quelle: EuP Lot 30: Electric Motors and Drives, Task 2: Economic and Market Analysis, 3rd Draft, May 2013, Seite 6

Projektinformation Annex Elektrische Motorsysteme

- Teil des **IEA Technological Cooperation Programme 4E (Energy Efficient End Use Equipments)**, eine internationale Zusammenarbeit zur Unterstützung von politischen Instrumenten zur Forcierung von Energieeffizienz von Geräten.
- **Ziel des Annex Motorsysteme (Laufzeit seit 2008)**
 - Plattform zu technischem und politischem Austausch im Bereich Elektromotoren
 - Verbreitung von Best-Practice Information
 - Unterstützung von Normen- und Policy Entwicklung, um die Effizienz von neuen und bestehenden Motorsystemen zu verbessern

www.motorsystems.org

- Teilnehmerländer:



- Observer:



Fragestellungen zu Industrie 4.0 und Motorsysteme

- Taskleitung Österreich: „Monitoring and Assessing New Industrial Developments“:
 - Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Stromverbrauchsentwicklung insbesondere von Elektromotoren
 - Beurteilung Technologieentwicklungen im Bereich Automatisierung und Digitalisierung mit Einfluss auf den Stromverbrauch von Elektromotoren
 - Einschätzung, welche Anforderungen für Elektromotoren mit Industrie 4.0 verbunden sind.

Definitionen von Industrie 4.0

- „Die Begriffe „digitale Transformation“ und „Industrie 4.0“ beziehen sich auf die **Verbindung der physischen mit der digitalen Welt**. Konkret bedeutet das für die Industrie und das verarbeitende Gewerbe die Verbindung von Anlagen, Maschinen, Werkstücken und Produkten mit digitalen Technologien, welche durch neue Informationstechnologien, insbesondere durch das Internet und Cyber-physikalische Systeme (CPS), ermöglicht wird.“

Obermair, R.: Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: Strategische und operative Handlungsfelder für Industriebetriebe, Springer Verlag, 2016, S17

- „Simply put, it („Smart Manufacturing“) is the **integration of all aspects of manufacturing, regardless of level of automation, and all the individual units of an organization, for the purpose of achieving superior control and productivity“**

Rogers, E.: The Energy Saving Potential of Smart Manufacturing, American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE), 2014

Zentrale Treiber/Industrie 4.0 Charakteristika

- Automatisierung
- Digitalisierung
- Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Akteure

Obermair, R.: Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: Strategische und operative Handlungsfelder für Industriebetriebe, Springer Verlag, 2016, S17

- Networked
- Access to logic (data analytics and simulation)
- Use of logic to optimize energy use (anticipatory)

Rogers, E., Junga, E.: Intelligent Efficiency Technology and Market Assessment, American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE), 2017, S24

Wesentliche Teilaspekte von Industrie 4.0 mit Energiebezug

- Aktoren, Sensoren,
- Robotik und Automatisierung
- Additive Fertigungstechnologie
- Big Data, Data Analytics, Cloud based analytics
- Automatische Steuerung, Online Überwachung
- Human Machine Interface /Collaboration, Augmented Reality
- Digital Twin
- Verbindung Produktions- mit Umwelt- und Energiedaten

Einsparungspotenzial Industrie 4.0

- Laut SMLC 2011 können Technologien im Kontext von „Smart Manufacturing“ die Energieeffizienz um 25% verbessern

Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC), Implementing 21st Century Smart Manufacturing. Workshop Summary Report, University of California, Los Angeles, 2011

- Jene Unternehmen ... ordneten die erzielte Verringerung des Energieverbrauchs (elektrische Energie) durch Maßnahmen der digitalen Transformation überwiegend im Bereich bis 25 % ein.

VDI ZRE (Zentrum für Ressourceneffizienz): Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0, Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes, 2017

- Stromverbrauch für Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) 2014 in Deutschland ca. 75,2 TWh (10 % des gesamten Stromverbrauchs) davon ca. 9,6 TWh in der Industrie

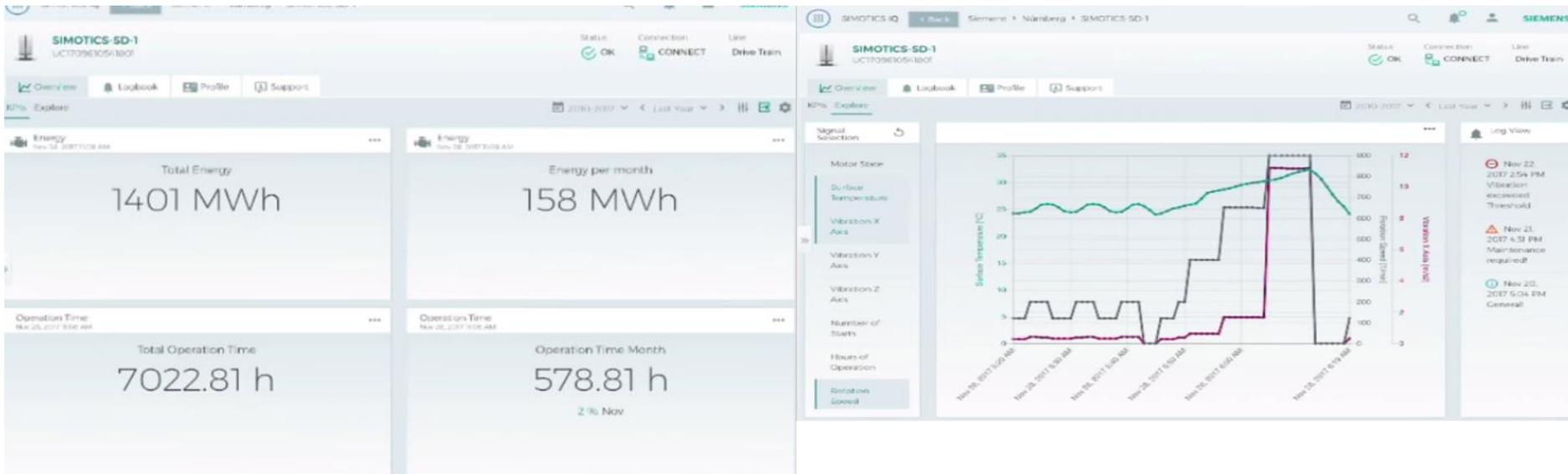
VDI ZRE (Zentrum für Ressourceneffizienz): Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0, Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes, 2017

- Global: IT hat Emissionsminderungspotenzial bis 2020 von 9,1 Milliarden t bei einem Ausstoß von rund 1,3 Milliarden (Faktor 7,2)

Reger, J, Kosch, B.: Energieaspekte der Informationstechnologie, in Matzen, F.J., Tesch, R (Hrsg.) Industrielle Energiestrategie, Springer, 2017

Smart Boxes

- Kabellose Sensorboxes zur Erfassung Vibration, Temperatur und Magnetisierung
- Übertragung der Daten mittels WLAN in die Cloud
- Berechnung Motorwicklungstemperatur
- Berechnung der Leistung über Magnetisierung
- Erkennung fehlerhafte Lager über Vibration



Siemens: Simotics IQ, Halten Sie Ihre Motoren fit - mit SIMOTICS IQ, unter <https://www.youtube.com/watch?v=1solobPLCsQ> 29.11.2017

Motordatenerfassung über Motorschutz

- Nutzung der Motorschutzeinheit zur Überwachung des Motorstroms im Schaltschrank von Elektromotoren
- Wirkleistungserfassung über Spannungserfassung in Kombination mit Strom
- Anschluss analoger Temperatursensoren: Überwachung z.B. Lager-, Getriebeöl- oder Kühlmitteltemperatur des Motors
- Weitere Sensoranschlüsse: Prozessüberwachung von Füllständen, Durchflüssen, Trockenlauf oder Filterverschmutzung
- Übertragung: Profibus und Modbus ; Ethernet/IP und Profinet; OPC UA;
- Anzeige Statusmeldungen (Betriebsdaten, Stillstandszeiten, Überlast, Übersymmetrie), Störungs- und Wartungsmeldungen, Messwerte: Strom und Spannung für jede Phase, Wirk- und Scheinleistung

SIMOCODE pro V PN - 'simocodeprovpn' - Siemens AG

https://192.168.0.2/Portal/Portal.mws]?Pri=Messwerte

SIEMENS SIMOCODE pro V PN - 'simocodeprovpn'

Benutzer: user [Abmelden](#)

- Steuern/ Statusmeldungen
- Störungen/ Warnungen/ Meldungen
- Messwerte**
- Servicedaten/ Statistikdaten
- Fehlerspeicher/ Fehlerprotokoll
- Intro

Strom		Spannung	
Max. Strom I_max	97 % von Ie	Strangspannung UL1-N	279 V
Strom I_L1	97 % von Ie	Strangspannung UL2-N	277 V
Strom I_L2	97 % von Ie	Strangspannung UL3-N	279 V
Strom I_L3	97 % von Ie		
Letzter Auslösestrom	0 % von Ie		
Phasenunsymmetrie	0 %		

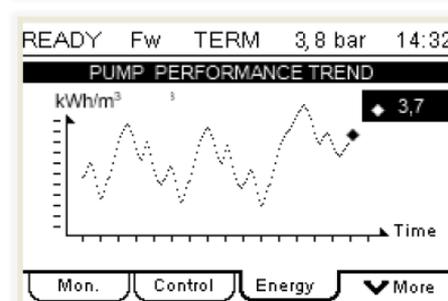
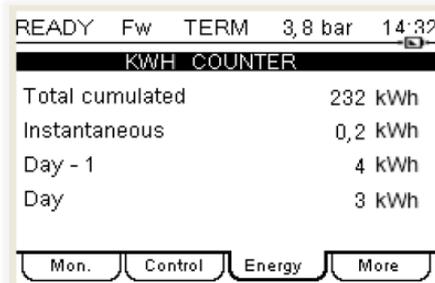
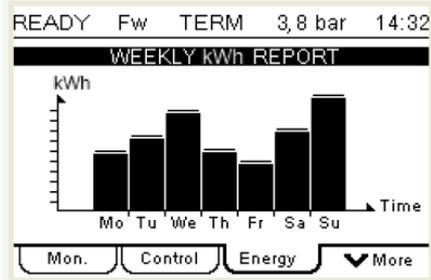
Thermisches Motormodell		Leistung/ Leistungsfaktor	
Erwärmung Motormodell	24 %	Wirkleistung P	319 kW
Abkühlzeit	0,0 s	Scheinleistung S	404 kVA
Zeit bis zur Auslösung	- s	Cos-Phi	79 %

Temperaturmodul 1		Analogmodul 1	
Max. Temperatur	-273 °C	Eingang 1	0,0 % 0,0 mA
Temperatur 1	-273 °C	Eingang 2	0,0 % 0,0 mA
Temperatur 2	-273 °C	Ausgang	0,0 % 0,0 mA
Temperatur 3	-273 °C		

Siemens: Pump Cleaning in der Wasserwirtschaft, unter <https://www.siemens.com/global/de/home/produkte/automatisierung/industrielle-schalttechnik/simocode.html> (Zugriff: 28.01.2019)

Frequenzumrichter als lokaler Datensammler

- Ein Frequenzumrichter erfasst bzw. regelt die Drehzahl eines Motors über die Amplitude und Frequenz seiner Ausgangsspannung.
- Über Spannungs- und Stromsensoren verfügt Umrichter über Vielzahl von Daten in Echtzeit (lokal gefiltert und verarbeitet).
- Drehzahl, momentane Rotorposition (Winkelposition); über weitere Eingänge: Vibration, Druck (Luft, Wasser) und Temperatur
- Beispiele für Anwendungsgebiete:
 - Benutzerdisplay: Anzeige des Energieverbrauchs
 - Ungenügende Schmierung
 - Verstopfte Luftfilter
 - Fouling an Pumpen und Rohren
 - Abgenutzte Getriebe
 - Schutzfunktionen für Pumpen (Trockenlaufschutz, Vermeidung von Kavitation, Inlet/Outlet pressure protection)



Schneider Electric: Altivar, new generation of drives, Ramazan Tuncer, Tbilisi 2018



Yaskawa: i³-Mechatronics, unter <https://www.yaskawa-global.com/product/i3mechatronics> (Zugriff: 28.01.2019)



Hanigovszki, N.: Industry 4.0, Condition monitoring & smart sensors, presentation at the Motor Summit 2018 International, Zurich, Switzerland, 15.11.2018

Intelligente Pumpe von WILO

- Sensoren zur Temperatur- und Leistungsmessung, Berechnung Durchfluss über die aufgenommene Leistung und die jeweilige Pumpenkurve
- Analoge Schnittstelle zu externen Sensoren (z.B. für die Vorlauf-, Rücklauftemperatur), Berechnung der übertragenen Wärmeenergie
- Innovative Regelstrategien nach Druck, Temperatur oder Durchfluss (z.B. konstante Raumtemperatur, konstante Differenztemperatur usw.)
- No-Flow Stop (Trockenlauf-Stopp)
- Volumenstrombegrenzung
- Dynamische Sollwertanpassung
- Farbanzeige an Pumpe von Durchfluss, Förderhöhe, Temperatur und Leistungsaufnahme
- Konnektivität: Bluetooth, WILO Net
- Cloud/Gateway App ermöglichen Monitoring- und Analysefunktion
- Warnmeldungen für Gebäudeautomatisierungssysteme

Wilo CS: Wilo Stratos MAXO, product in application, unter

<https://www.youtube.com/watch?v=2wPxSVsu2IE>, 12.04.2017 (Zugriff: 28.01.2019)



- Energieeinsparung neben der Nutzung von hocheffizienten Komponenten (z.B. IE4 Motoren) in Kombination mit Regelung (Frequenzumrichter)
- Benutzerparameter wie die Raumtemperatur als Steuerparameter und nicht den Druck
- Die Pumpe kann insgesamt 42 Parameter weitergeben, dazu gehören:
- Betriebsstatus, Drehrichtung, Differenzdruck, Durchflussmenge (berechnet), Energieverbrauch, Pumpenleistung [W], Strom [A], Mediumstemperatur, Betriebsstunden, Sollwertsabweichung, Drehzahl, verschiedene Störungen, Frequenzsollwert, max. Drehzahl, min. Drehzahl, Steuerungsmodus (konstanter Druck, konstantes Volumen)

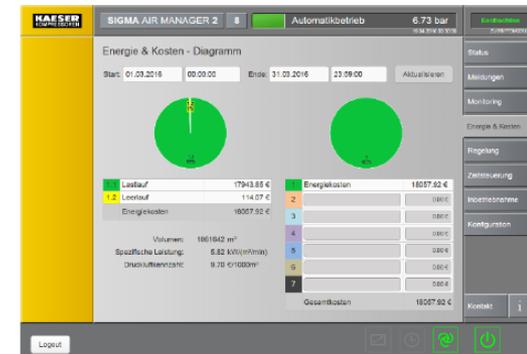
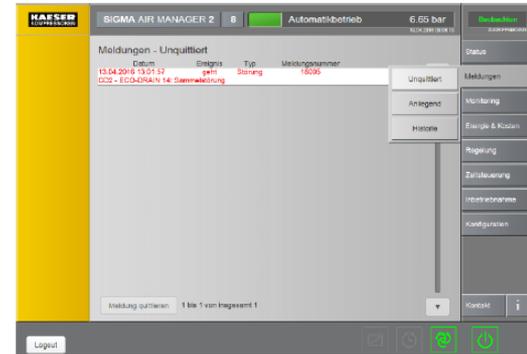
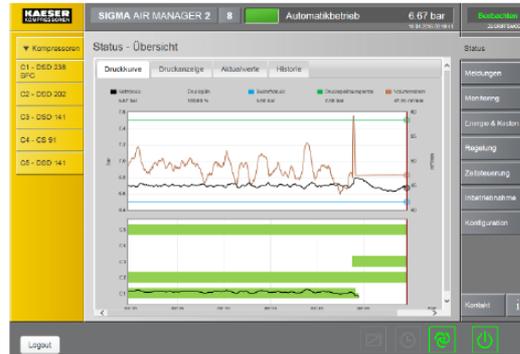
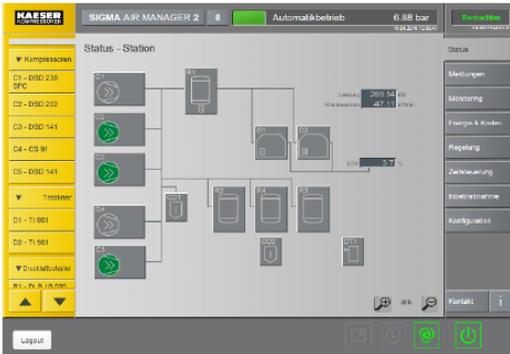
Quelle: Wilo: Experteninterview und Email-Korrespondenz, Gerhard Rauch, 15.10.2018

Intelligente Steuerungssysteme in der Druckluft

- Energieverbrauch von Kompressoren abhängig von Zeit der Anlage in versch. Betriebszuständen.
- Bei starren Kompressoren sind dies Vollast, Teillast, Start/Stopp. Bei Kompressoren mit Frequenzumrichter hängt der spezifische Energieverbrauch vom jeweiligen Lastzustand ab.
- Optimaler Betrieb durch automatische Regelstrategien:
 - SIGMA AIR MANAGER 4.0 with adaptive 3-D advanced control von KAESER analysiert den Zusammenhang Start, Stopps, Teillast, Verluste des Frequenzumrichters und Flexibilität des Drucks.
 - Dadurch wird der Druck optimiert und reduziert und somit Energie gespart.

KAESER Kompressoren: Verbund Steuerung: Sigma Air Manager 4.0, unter <https://www.kaeser.de/produkte/steuerung/verbundsteuerung/> (Zugriff: 28.01.2019)

Visualisierungstool für transparente Energiekosten



Source: presentation Farthofer, Kaeser, 28.3.2017

Automatisierte Fernüberwachung, Wartung nach Bedarf

- Die Steuerung von KAESER liefert permanent und in Echtzeit alle Betriebs- und Umgebungsparameter an das KAESER DATA CENTER.
- Durch Echtzeit-Übertragung und Auswertung bzw. Überwachung wichtiger Betriebsparameter wie z.B. Verdichtungsendtemperatur, Drucktaupunkt oder Differenzdrücke kann die Energieeffizienz der Druckluftanlage immer im optimalen Bereich gehalten werden, z.B. auch bei kurzfristigen Produktionsanpassungen

KAESER Kompressoren: KAESER SIGMA NETWORK, unter

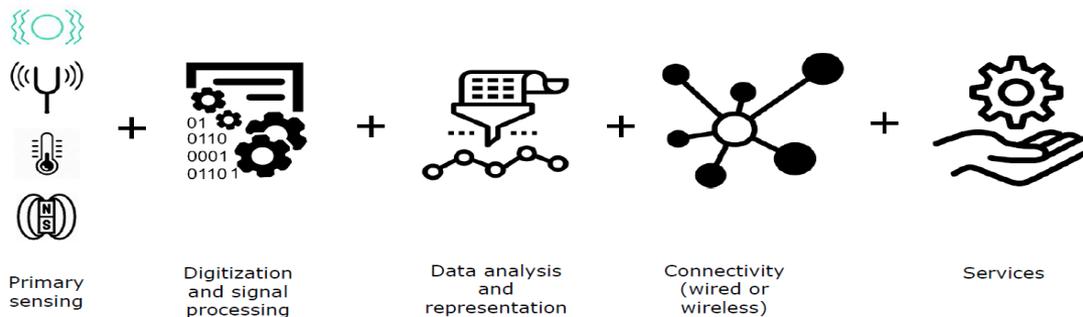
<http://de.kaeserkompressoren.ch/m/produkte/steuerungen/SIGMA-AIR-MANAGER-4-0/sigma-air-manager-4-0-network.asp> (Zugriff: 28.01.2019)

- Mittels programmierter Expertentools werden Auffälligkeiten frühzeitig erkannt und Betriebsstörungen verhindert.
- Wartung nach tatsächlichem Bedarf statt aufgrund fest definierter Serviceintervalle senkt Kosten

KAESER Kompressoren: Industrie 4.0 - die Zukunft hat begonnen,

http://www.kaeser.at/Products_and_Solutions/industrie-4-0/default.asp (Zugriff: 28.01.2019)

- Produkte selbst „intelligent“ machen: Erfassung von Daten mittels Sensoren, Speicherung der Daten, Errechnen weiterer Daten
- Der zweite Schritt umfasst die Übertragung und Darstellung von Daten
- Der dritte Schritt beinhaltet die Analyse von Daten und evt. bereits eine Ableitung von Maßnahmen. Auf dieser Ebene können bereits Dienstleistungen angeboten werden.
- Der vierte Schritt würde die (automatisierte) Steuerung der Anlage auf Basis dieser Analyse umfassen.



Hanigovszki, N.: Industry 4.0, Condition monitoring & smart sensors, presentation at the Motor Summit 2018 International, Zurich, Switzerland, 15.11.2018

Status Quo Industrie 4.0 in Motorsystemen

- Alle relevanten Hersteller bieten Produkte zur Erfassung von Daten von Motoren und Motorsystemen mittels Sensoren und Berechnungsmodellen an, um diese „intelligent“ zu machen.
- Diese Sensoren erfassen Daten und leiten diese weiter. Dies kann bereits innerhalb des Systems zu Erhöhung der Effizienz, aber auch auf Ebene des Unternehmens zu Transparenz hinsichtlich der größten Energieverbraucher und ihrem derzeitigen Effizienzniveau führen.
- Mittels Übertragung und Darstellung der Daten vor Ort oder in der Cloud können diese Daten dann auch hinsichtlich Auffälligkeiten und Optimierungsmöglichkeiten manuell oder mittels Algorithmen analysiert und mit „digital twins“ der jeweiligen Anlage oder des jeweiligen Motors verglichen werden.

Ihr Ansprechpartner

Konstantin Kulterer ^{Mag. DI}
Senior Expert Commerce & Industry

Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency

konstantin.kulterer@energyagency.at

T. +43 (0)1 586 15 24 - 114 | M. +43 (0)664 618 02 77

Mariahilfer Straße 136 | 1150 Wien | Österreich

www.energyagency.at

 @at_AEA



Fragen der **Energiezukunft** mit ExpertInnen-Know-how beantworten – dieses Ziel unterstützt die Österreichische Energieagentur mit ihrer **strategischen Personalentwicklung**.

Die Österreichische Energieagentur ist nach ÖNORM ISO 50001:2011 und ISO 29990:2010 zertifiziert.