

WHITEPAPER

ENERGIEMONITORING UND
CONDITION MONITORING:
NACHHALTIGE BETRIEBS-
KOSTENEINSPARUNGEN
UND STEIGENDE PRODUK-
TIONSKAPAZITÄTEN

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung	3
2 Mit konkreten Messdaten neue Potenziale heben	3
3 Hohe Investitionen, aufwendige Implementierung und kontinuierliche Mehrkosten	4
4 Herstellerunabhängige, hochkompatible Plattform	4
4.1 Vielseitiges Gateway mit Open-Source-Software als zentrale Systemkomponente	5
4.2 Alles onboard: Betriebssystem und Visualisierungs-Software	7
4.3 Alles Ansichtssache: Extrem vielseitig und leistungsfähig	8
5 Sensoren für Verbrauchsmessungen und Zustandsüberwachungen	9
5.1 Durchfluss-, Volumen- und Temperaturmessung von elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten	9
5.2 Durchfluss-, Verbrauchs- und Temperaturmessung technischer Gase	9
5.3 Niveaumessungen von Flüssigkeiten und pastösen Medien	10
5.4 Stromverbrauchsmessungen von Komponenten, Anlagen und Betriebsstätten	11
5.5 Druckmessung von gasförmigen und flüssigen Medien	13
5.6 Temperaturmessung von technischen Gasen und flüssigen Medien	15
5.7 Zustandsüberwachung mit Schwingungsanalyse	16
5.8 Zustandsüberwachung mit Öl-Feuchtemessung	17
6 Wirtschaftliche Lösungen für das Condition Monitoring	18
6.1 Höhere Anlagenverfügbarkeit durch exakte Analyse	18
6.2 Condition Monitoring mit Sensorik von IPF	19
6.3 Einfache Kommunikation durch standardisierte Industrieprotokolle	20
6.4 Einbindung von IO-Link-Sensoren in das Condition Monitoring	20
6.4.1 Kontinuierliches Condition Monitoring per Schwingungsanalyse	20
6.4.2 Überwachung des Verschmutzungsgrades von Gabellichtschranken	21
6.5 Neue Potenziale für effektivere Instandhaltungsstrategien	22
7 Applikationsbeispiele	23
7.1 Beispiel 1: Rund 12,2 Megawattstundenjährlich eingespart	23
7.2 Beispiel 2: Dauerhaftweniger Anlagenstillstände	24

1 EINLEITUNG

Energieeffizienz hat in deutschen Unternehmen schon seit langem eine hohe Priorität. Durch EU-Vorgaben wie z. B. einem Nachhaltigkeitsreporting (CSRD: Corporate Sustainability Reporting Directive), Normen wie der ISO 50001, aber auch aufgrund unternehmenseigener Nachhaltigkeits- und Wirtschaftlichkeitsziele gewinnt das Thema Energiekosten weiterhin an Relevanz.

Nachhaltige Energiekosteneinsparungen sind aber meist nur mit einer entsprechend hohen Transparenz möglich, die die wahren Ursachen für unnötig hohe Verbräuche aufdeckt.

Gleiches gilt für ein durchgängiges Condition Monitoring, denn mit den Messdaten, die von Maschinen, Anlagen und Prozessen bereitstehen, lassen sich u.a. Produktionsauslastung, Leerlauf und Stillstände identifizieren und in diesem Zusammenhang bspw. mit prädiktiven und damit zustandsorientierten Instandhaltungsstrategien die Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen nachhaltig steigern.

Allerding besteht immer noch die Herausforderung, die entsprechenden Informationen sowie Daten zu sammeln und zu analysieren.

Wer an dieser Stelle denkt, dass spürbare Energieeinsparungen und Produktivitätssteigerungen zwangsläufig mit hohen Investitionen in eine entsprechende technische Infrastruktur einhergehen müssen, liegt falsch, wie dieses Whitepaper noch zeigen wird.

2 MIT KONKRETEN MESSDATEN NEUE POTENZIALE HEBEN

In unzähligen Industrieanwendungen wird auf sehr vielfältige Weise Energie benötigt: bspw. zur Erzeugung von Wärme oder Kälte, zur Bereitstellung von Druckluft oder verschiedenster flüssiger Medien oder zur Produktion und zum Einsatz von technischen Gasen. Die Einsatzbereiche, in denen heutzutage Energie unverzichtbar wird, sind derart breitgefächert, dass an dieser Stelle selbst der Anspruch an eine annähernd lückenlose Aufzählung schon im Ansatz scheitern muss.

Hinzu kommt, dass sich Unternehmen oftmals nicht über die Auslastung ihrer Produktion im Klaren sind und nur wenige oder keine Informationen z. B. über ungeplante Stillstände oder Leerläufe haben. Dabei ist ein gezieltes Condition Monitoring auf vielen Maschinen-, Anlagen- und Prozessebenen der entscheidende Schlüssel für mehr Fertigungseffizienz, einer höheren Auslastung der Produktion und wirtschaftlicheren Instandhaltungsstrategien mit geringeren Wartungszyklen und sinkenden Ersatzteilkosten.

So vielschichtig der Einsatz von sehr unterschiedlichen Produktionsanlagen und Prozessen auch sein mag, so haben sie doch vor diesem Hintergrund eines gemeinsam: Sie liefern alle in irgendeiner Form Messdaten.

Daten, die möglicherweise aus Sicht des einen oder anderen Unternehmens für lange Zeit nicht sonderlich relevant waren, aber heute und auch in Zukunft mit Blick auf Energie als knappe und kostspielige Ressource sowie einer hohen Maschinen- sowie Anlagenverfügbarkeit mit geringeren Produktionsausfällen oder -verzögerungen ein wertvolles Kapital darstellen.

Denn Messdaten, unter Umständen verknüpft bzw. ergänzt durch weitere Informationen, z. B. zu korrelierenden Arbeitsabläufen und Fertigungsprozessen, liefern die Basis für ein durchgängiges Energiemonitoring und Condition Monitoring mit vielen Möglichkeiten für zielgerichtete Analysen. Je granularer solche Messdaten gewonnen werden, desto besser lassen sich genauere Aussagen zu den Energieverbräuchen und Zuständen von Maschinen bzw. Anlagen in einem Unternehmen machen und desto substanzieller und somit hilfreicher sind letztendlich die Informationen bzw. Erkenntnisse, die sich hieraus ableiten lassen. Auf diese Weise können genau die Potenziale gehoben werden, die zu wirklich nachhaltigen Optimierung und Einsparungen führen.

3 HOHE INVESTITIONEN, AUFWENDIGE IMPLEMENTIERUNG UND KONTINUIERLICHE MEHRKOSTEN

Schon allein mit Blick auf die durchaus sinnvolle Option, ein System für ein Energiemonitoring und Condition Monitoring auch sukzessive in verschiedene Fertigungs- und Produktionsbereiche implementieren zu können, erfordert eine gleichsam modulare wie variabel einsetzbare Lösung.

Also eine flexible Lösung als zentrale Schnittstelle, mit der die Daten erfasst, zusammengeführt, weiterverarbeitet und flexibel analysiert werden können, um sehr gezielt Maßnahmen zu ergreifen.

Viele Systeme für ein Energiemonitoring oder Condition Monitoring sind indes oftmals gerade in der Handhabung viel zu unflexibel und lassen sich überdies hinsichtlich der Schnittstellen zu verschiedenen Sensorlösungen nur mit höherem Aufwand implementieren. Außerdem führen solche Lösungen, einmal ganz abgesehen von den hohen Initialkosten für deren Anschaffung, aufgrund von bspw. Softwarelizenzengebühren, notwendigen Cloudanbindungen oder Wartungsverträgen zu regelmäßigen Mehrkosten, die sich zusammengenommen durch entsprechende Energieeinsparungen und einer höheren Auslastung der Produktion erst einmal amortisieren müssen.

4 HERSTELLERUNABHÄNGIGE, HOCHKOMPATIBLE PLATTFORM

Aus den zuvor genannten Gründen entschied sich ipf electronic bei den Themen Energiemonitoring und Condition Monitoring daher ganz bewusst für einen völlig anderen Ansatz und setzt im Sinne einer soliden Kalkulation mit stets überschaubaren Kosten und eines vergleichsweisen geringen Aufwands bei der Implementierung auf eine Lösung, die auf einer herstellerunabhängigen Plattform basiert.

Diese Lösung lässt sich ohne aufwendige Umbauten realisieren und verursacht nach der Inbetriebnahme keinerlei Mehr- oder Zusatzkosten. Darüber hinaus stellt sie eine hohe Kompatibilität zu allen derzeit im Markt verfügbaren Hardware- und IT-Systemen sicher.



Das System von ipf electronic basiert auf einer herstellerunabhängigen Plattform und verursacht nach der Implementierung keinerlei Mehr- oder Zusatzkosten.

4.1 VIELSEITIGES GATEWAY MIT OPEN-SOURCE-SOFTWARE ALS ZENTRALE SYSTEMKOMPONENTE

Zentrale Bestandteile des Systems von ipf electronic sind das Energiemessmodul **AB000008** und das IIoT-Gateway **BY000002**. Das Energiemessmodul erfasst in Kombination mit Stromwandlern Energiedaten, genauer Ströme und Spannungen in 1- und 3-Phasen-Netzen mit Neutralleiter (Messgrößen: Strom, Spannung, Leistung, Blindleistung, Wirkleistung, Frequenz, Leistungsfaktor, Energieverbrauch).

Aber das **AB000008** kann noch weitaus mehr als ein Energiemessgerät, denn es bindet zusätzlich prozessrelevante und zustandsorientierte Informationen mit ein, z. B. über Modbus-fähige Sensoren oder via Ethernet-Schnittstelle aus einer Steuerung. Diese Daten werden dann in Echtzeit bereitgestellt. Zu den weiteren Schnittstellen und unterstützten Protokollen gehören: USB1 (Micro USB), USB2 Device (USB-A), Ethernet (100 Mbit/s), Backplane-Bus, OPC UA, MQTT sowie Modbus TCP/IP.



VORTEILE IM ÜBERBLICK	AB000008
Prozessor	NXP® i.MX 6ULL
Großer interner Speicher	1 GB DDR3L RAM 8 GB eMMC
Zahlreiche Schnittstellen	USB1: Host (Micro USB) USB2: Device (USB-A) Ethernet: 100 Mbit/s Backplane-Bus
Vielfältige Protokolle	OPC UA MQTT Modbus TCP/IP

Übersicht zu den Leistungsmerkmalen des Energiemessmoduls **AB000008**.

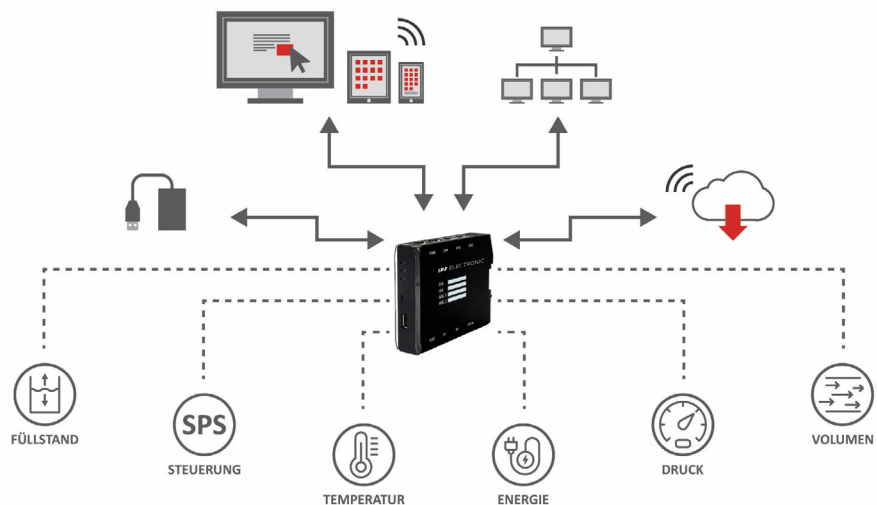
Das IIoT-Gateway **BY000002** zeichnet in Kombination mit dem Energiemessmodul und Stromwandlern ebenfalls Energiedaten auf. Ein entscheidender Unterschied zum Energiemessmodul besteht vor allem in der höheren Konnektivität des Gateways, das u.a. über 6 digitale und 4 analoge Eingänge verfügt, an denen sich zusätzliche Sensoren anschließen lassen, um noch mehr Daten aus dem Feld zu gewinnen. Wie das Energiemessmodul **AB000008** hat auch das **BY000002** ein Ethernet-Interface für die Anbindung an eine Steuerung.



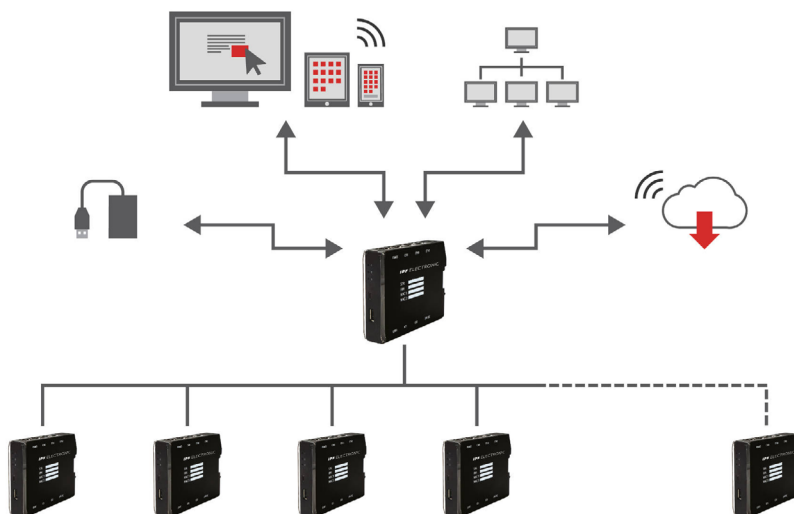
VORTEILE IM ÜBERBLICK	BY000002
Prozessor	2 x ARM Cortex-A7 CPU 1 x Cortex-M4 CPU Cores
Großer interner Speicher	1GBD DDR3L RAM 4GB eMMC
Zahlreiche Schnittstellen	100MbE USB2.0 Host USB2.0 Device CAN RS485 GPIO 4x Analogeingang (4...20 mA/0...10 V) 6x digitale I/Os Back-Plane-Bus-Connector für AddOn-Module
Vielfältige Protokolle	Modbus CAN MQTT HTTP Cloud of Things OPC U/A DB/SQL
Optionales W-LAN-Modul	802.11b/ g/ n.150 Mbits/s über W-LAN Stick
Optional LTE-Stick	AB000002

Übersicht zu den Leistungsmerkmalen des IloT-Gateways BY000002.

Eine herausragende Eigenschaft des Gateways ist außerdem seine Einsatzflexibilität. So eignet es sich sowohl für das Monitoring einer Einzelanlage oder aber zur Anbindung an entsprechende Sensoren sowie Aktoren auf Anlagenebene als auch als vernetzte fabrikweite Lösung. Bei einer fabrikweiten Lösung werden die auf den einzelnen Gateways dezentral gesammelten Daten an ein zentrales Gateway als Master übertragen und somit zusammengeführt.



Das Gateway lässt sich bspw. auf Maschinenebene direkt an eine Steuerung (SPS) anschließen oder aber an entsprechende Sensoren und Aktoren auf Anlagenebene anbinden.



Beispiel für den Einsatz des Gateways als betriebsweite, vernetzte Lösung.

Als Datenschnittstellen verfügt das Gateway wie das Energiemessmodul ebenfalls über USB1 (Micro USB), USB2 Device (USB-A) und einen Backplane Bus. Zusätzlich integriert das Gerät eine USB3-Schnittstelle (USB-A), zwei Ethernet-Schnittstellen (100 Mbit/s) sowie eine CAN- und RS485-Schnittstelle. Wie das Energiemessmodul unterstützt das Gateway außerdem OPC UA, MQTT und Modbus TCP/IP.

Die Wahl der Module und/oder deren Kombination hängt somit letztendlich von den konkreten Zielen ab, die ein Unternehmen für das Energiemonitoring und die Prozessdatenerfassung verfolgt.

AB000008: Energiemonitoring, optional ergänzt mit Daten aus Modbus-fähigen Sensoren oder einer Steuerung via Ethernetschnittstelle.

BY000002: Energiemonitoring plus Anbindung zahlreicher digitaler und/oder analoger Sensoren für ein umfängliches Condition Monitoring. Optional Einbindung von Sensorsignalen via Modbus / CAN-Bus oder weiterer steuerungsseitiger Daten.

4.2 ALLES ONBOARD: BETRIEBSSYSTEM UND VISUALISIERUNGS-SOFTWARE

Das Energiemessmodul **AB000008** und das IIoT-Gateway **BY000002** verfügen bereits über ein Betriebssystem, um je nach Anwendung Energie-, Maschinen- und/oder Sensordaten zusammenzuführen. Alles geschieht lokal, sicher und ohne Cloud-Zwang, wobei eine Cloud-Anbindung prinzipiell möglich ist.

Eine bereits auf dem Energiemessmodul und dem Gateway vorinstallierte Freeware verarbeitet die gesammelten Daten und stellt sie für die Visualisierung auf einem Webclient als Dashboard bereit, das den Anwendern zahlreiche leistungsstarke Darstellungsoptionen bietet – und das ganz einfach per IP-Zugriff – ohne zusätzliche Software, ohne Programmieraufwand, externe Server oder separate Tools.

4.3 ALLES ANSICHTSSACHE: EXTREM VIELSEITIG UND LEISTUNGSFÄHIG

Wie oben bereits beschrieben, übernimmt ein individuell konfigurierbares und über jeden Standardwebbrowser aufrufbares Dashboard die übersichtliche Visualisierung aller zuvor gesammelten Messwerte auf einem PC oder einem mobilen Endgerät. Auch hier entschied sich ipf electronic mit Grafana als Webclient für eine plattformübergreifende Freeware zur grafischen Darstellung von Messdaten aus verschiedensten Quellen wie z. B. InfluxDB, MySQL, PostgreSQL, Prometheus, etc.

Das interaktive und überaus leistungsfähige Dashboard bietet hierzu sehr vielfältige Möglichkeiten zur individuellen Datenvisualisierung, z. B. in Form von Tachometer-, Säulen- oder Kurvendiagrammen, Heatmaps, Histogrammen, etc. Auch eigene Detailansichten mit vergrößerten Darstellungen und somit höheren Auflösungen, z. B. von Zeitachsen usw., sind hierbei realisierbar.

Darüber hinaus lassen sich u.a. über das Betriebssystem Warnschwellen für bestimmte Messwerte setzen, wobei in diesem Zusammenhang z. B. die Möglichkeit besteht, dass der Anwender bei Erreichen oder Überschreiten eines spezifischen Schwellen- oder Grenzwertes eine Push-Nachricht z. B. auf sein Mobiltelefon erhält. Doch das ist nur ein kleiner Bruchteil der zahlreichen Optionen, die die vielseitige Lösung bereitstellt.



Beispiel für ein individuell konfiguriertes Dashboard. Die Visualisierungssoftware bietet eine Vielzahl an Optionen für die grafische Darstellung verschiedenster Messwerte.

Einmal konfigurierte Dashboards können in ein kompaktes JavaScript-Datenformat exportiert werden, um sie auf andere Gateways zu übertragen und mit der Visualisierungssoftware zu öffnen. Über eine plattformunabhängige VNC-Verbindung (VNC: Virtual Network Computing) lässt sich die Dashboard-Ansicht außerdem mit anderen Anwendern auf verschiedensten PCs oder mobilen Geräten teilen, sodass einer problemlosen teamweiten Zusammenarbeit mit einem reibungslosen Datenaustausch ohne Medienbrüche nichts im Wege steht.

5 SENSOREN FÜR VERBRAUCHSMESSUNGEN UND ZUSTANDSÜBERWACHUNGEN

Flankierend zum Energiemessmodule bzw. zum Gateway bietet ipf electronic verschiedene Sensorlösungen für dezentrale Verbrauchsmessungen und die Zustandsüberwachung an. Exemplarisch werden hier einige Geräte der Baureihen **SM** und **SL** vorgestellt. Hinzu kommen die nach dem hochpräzisen kalorimetrischen Verfahren arbeitenden Strömungssensoren der Reihe **SS50** mit IO-Link für leitfähige Medien, die Kompaktgeräte der Reihen **SS40-SS42** für Flüssigkeiten sowie die Reihen **SS89** und **SS90** mit separater Auswerteeinheit für Anwendungen, bei denen wenig Einbauraum zur Verfügung steht.

5.1 DURCHFLUSS-, VOLUMEN- UND TEMPERATURMESSUNG VON ELEKTRISCH LEITFÄHIGEN FLÜSSIGKEITEN

Die magnetisch-induktiven Sensoren der Baureihe **SM** wurden für die präzise Durchflussmessung, Dosierung und Temperaturmessung von elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten wie z. B. Wasser, Kühlmittel oder Pasten entwickelt und eignen sich für den hochflexiblen Einsatz selbst unter besonders anspruchsvollen Umgebungsbedingungen.



Magnetisch-induktive Sensoren der Baureihe **SM** für elektrisch leitfähige Medien ermöglichen hochgenaue Messungen.

Die komplett in Edelstahl ausgeführten Geräte der Reihe **SM** bestehen aus einer kompakten Einheit aus Sensor sowie Auswerteelektronik. Die Sensoren verfügen über verschiedene Prozessanschlüsse (G1/4", G1/2", G3/4", G1", G2") und decken Messbereiche bis maximal 650 l/min ab.

Alle Einstellungen lassen sich über die Tasten des Farb-Digitaldisplays vornehmen und hierbei u.a. Funktionen für die Dosierung oder Temperaturmessung mit einem PT1000-Temperaturfühler auf Schnellwahltasten legen. Das Display bietet zudem zahlreiche Optionen für die Vor-Ort-Konfiguration und -Kalibrierung, um die Geräte auf nahezu jede Messsituation vorzubereiten. Die Sensoren der Baureihe **SM** integrieren zwei Analogausgänge (0...10V, 0...20mA, 4...20mA, 2...10V) sowie Schalt-, Puls- und Frequenzausgänge.

5.2 DURCHFLUSS-, VERBRAUCHS- UND TEMPERATURMESSUNG TECHNISCHER GASE

Mit Strömungssensoren von ipf electronic lassen sich u.a. die Durchfluss- und Verbrauchsmengen sowie Temperaturen von technischen Gasen wie z. B. Druckluft, Erdgas, Stickstoff, Kohlendioxid etc. exakt ermitteln. Die Strömungssensoren der Baureihe **SL** mit TFT-Display sind optimal auf diese Aufgaben vorbereitet und dienen zudem zur Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit von technischen Gasen. Die ab Werk bereits auf verschiedene Gase vorkalibrierten Sensoren eignen sich für Medientemperaturen von -30 °C bis +80 °C bzw. von -30 °C bis +110 °C und können auf andere Gase neu kalibriert werden. Für die Montage stehen sogenannte Einstichsensoren und Lösungen mit integrierter Messstrecke zur Verfügung.



Strömungssensoren der Baureihe **SL** sind als Lösungen mit integrierter Messstrecke (oben) oder als sogenannte Einstichsensoren erhältlich.

Die Einstichsensoren sind ideal als Einstiegslösung und lassen sich einfach unter Druck über einen Kugelhahn installieren. Daneben sind Geräte mit integrierter Messstrecke verfügbar, die einfach in ein bestehendes Rohrleitungssystem eingebaut werden können, um hier verlässliche Messergebnisse zu erhalten. Die Strömungssensoren der Baureihe **SL** haben einen Analogausgang (4 bis 20mA), Impulsausgang und eine RS485-Schnittstelle. Optional erhältlich sind Modbus Ethernet-TCP- und M-Bus.

Mit den unter den beiden vorherigen Kapiteln vorgestellten Lösungen der Baureihen **SM** und **SL** sind bereits eine Fülle an Verbrauchsmessungen von elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten und technischen Gasen realisierbar, wobei sich die Geräte problemlos in verschiedenste innerbetriebliche Versorgungsnetze integrieren lassen. Anhand der präzisen Messdaten, die die Sensoren zur Visualisierung auf dem Dashboard bereitstellen, können z. B. abweichend hohe Verbräuche schnell identifiziert und geeignete Maßnahmen für nachhaltige Kosteneinsparungen ergriffen werden.

5.3 NIVEAUMESSUNGEN VON FLÜSSIGKEITEN UND PASTÖSEN MEDIEN

Mit Baureihen wie z. B. **FK**, **FM**, **FR** und **UT** wird der Füllstand diverser flüssiger und pastöser Medien, z. B. Brauchwasser, Kühl-/Schmiermittel oder Reinigungsemulsionen, in unterschiedlichen Behältern bestimmt.

Die von den Sensoren ermittelten Messwerte ermöglichen wiederum Rückschlüsse zum Verbrauch eines Mediums über einen vordefinierten Zeitraum (Volumeninformationen). Hieraus können dann auch Informationen bspw. über die Ein- und Ausschaltzyklen von Pumpen für die Medienförderung abgeleitet werden.

Optimierungspotenziale ergeben sich in diesem Zusammenhang z. B. durch den Vergleich von Verbräuchen pro Schicht oder bei unterschiedlichen Produktionsprozessen. Doch das sind nur zwei Beispiele von vielen, wie sich anhand der Messdaten von Füllstandsensoren in Kombination mit an anderen innerbetrieblichen Stellen aufgenommenen, ergänzenden Daten und Informationen Einsparpotenziale ergeben.

Die Füllstand- und Niveausensoren der Baureihe **FK** mit M12-Steckverbinder für den elektrischen Anschluss verfügen über Messsonden in verschiedenen Längen und eignen sich für Medientemperaturen von -25 °C bis +100 °C. Über den integrierten Digitalausgang (2 x 100mA) können flexibel verschiedene Schaltpunkte gesetzt werden. Der Analogausgang (4...20mA) liefert hingegen ein kontinuierliches Signal zur permanenten Abfrage einer Füllstandhöhe. Die Sensoren eignen sich insbesondere für Füllstandabfragen in Vorratsbehältern, z. B. für Kühlemulsionen von Maschinen.

Die Füllstandsensoren der Baureihe **FM** ermöglichen hochpräzise Füllstandmessungen ohne vorherigen Medienabgleich. Die für Medientemperaturen von -20 °C bis +80 °C ausgelegten Geräte verfügen neben einem Schaltausgang auch über einen Analogausgang für kontinuierliche Füllstandmessungen. Die Ansprechempfindlichkeit der sehr einfach zu installierenden Lösungen ist über eine Folientastatur mit LED-Anzeige einstellbar. Zu den potenziellen Aufgabenbereichen der Baureihe **FM** gehört die Füllstandabfrage in Behältern mit Ölen, Laugen, Reinigungsmitteln oder Trennmitteln, um nur wenige Beispiele zum überaus breitgefächerten Einsatzspektrum zu nennen.

Ultraschallsensoren der Baureihe **UT** mit IO-Link bieten im Zusammenhang mit Füllstandabfragen den Vorteil, dass sie berührungslos und somit völlig verschleißfrei arbeiten. Daher lassen sich mit diesen Geräten auch Füllstandmessungen in Behältern mit aggressiven Medien realisieren. Ein weiterer Vorteil der Baureihe **UT** sind die hohen Reichweiten der Geräte von bis zu 6.000mm (z. B. Einsatz in Silos). Die Ultraschallsensoren eignen sich für die Füllstandkontrolle von allen Medien, die in der Lage sind, den Schallimpuls der Geräte in ausreichender Menge zu reflektieren. Ein bevorzugter Einsatzbereich der Sensoren ist daher z. B. die Abfrage von hochtransparenten Flüssigkeiten.

Wenn Ultraschallsensoren bei der berührungslosen Füllstandüberwachung aufgrund verschiedener Umgebungsbedingungen an ihre Grenzen stoßen, können die Radarsensoren der Reihe **FR90** eine Alternative sein.

Für diese Sensoren von ipf electronic mit hoch fokussiertem Radarsignal (Öffnungswinkel lediglich 10°) stellt bspw. störendes Fremdlicht, Staub, Über- oder Unterdruck, Vakuum, hohe Temperaturen oder Gas-, Dampf- sowie Schaumschichtungen auf einem Medium keinerlei Probleme dar. Darüber hinaus erlauben die Radarsensoren u.a. auch die Detektion durch einen Kunststoffdeckel hindurch, der etwa als Behälterabdeckung oder Schutzfenster dient.

Die Radarsensoren mit Schalt- sowie Analogausgang (0...20mA, 4...20mA) werden einfach über die integrierte IO-Link-Schnittstelle parametrierbar und ermöglichen hochpräzise, berührungslose Füllstandabfragen über Distanzen bis 5.000mm mit extrem kurzen Ansprechzeiten bis 0,03ms. Aufgrund der hohen Schutzarten von IP67 bzw. IP69k können die Sensoren auch unter anspruchsvollen Umgebungsbedingungen eingesetzt werden.



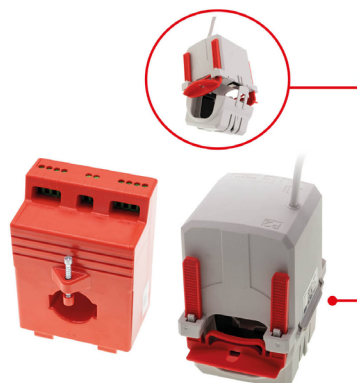
Verschiedene Lösungen von ipf electronic für Füllstandmessungen (von oben): Sensor der Baureihe **FM** mit Parallelstab und integriertem Schaltausgang für den sofortigen Einsatz ohne Medienabgleich, ein Gerät der Baureihe **FK** mit Messsonde für Medientemperaturen bis +100° C, ein Ultraschallsensor der Baureihe **UT** mit hoher Reichweite für berührungslose Füllstandmessungen sowie ein Radarsensor der Reihe **FR90** für besonders anspruchsvolle Füllstandabfragen.

5.4 STROMVERBRAUCHSMESSUNGEN VON KOMPONENTEN, ANLAGEN UND BETRIEBSSTÄTTEN

Die Wechselspannungs-Messumformer der Baureihe **NZ** mit integriertem Stromwandler verfügen über einen Messbereich bis 600A und liefern ein direktes Analogsignal (0...10V oder 0...20mA) für die dezentrale Erfassung des Stromverbrauchs bspw. von einzelnen

Komponenten, Maschinen oder Anlagen. Diese können direkt mit dem IIoT-Gateway **BY000002** verbunden werden, sodass sich auf diese Weise u.a. ermitteln lässt, wie sich der Energieverbrauch in einer Produktionsstätte genau verteilt und anhand der über einen spezifischen Zeitraum gesammelten Messdaten zudem Bereiche identifizieren, in denen die Stromverbräuche möglicherweise besonders hoch sind. Die Messumformer **NZ** mit Befestigungssockel können entweder auf eine Stromschiene oder einem Rundleiter montiert werden.

Alternativ können mit dem Energiemessmodul **AB000008** in Verbindung mit passenden Stromwandlern (**NZ**) Energiedaten in 3-Leitersystemen ermittelt lokal dargestellt oder an das IIoT-Gateway **BY000002** zur Verarbeitung weitergegeben werden.



Die Messumformer für Wechselstrom der Baureihe **NZ** mit integriertem Stromwandler verfügen über einen Messbereich bis 600A und liefern ein direktes Analogsignal (0...10V oder 0...20mA) für die dezentrale Erfassung des Stromverbrauchs.

Alternativ zum Einsatz des Energiemessmoduls **AB000008** können die Wirkenergiezähler der Reihe **CS72** über die Modbus- oder Ethernetschnittstelle bspw. direkt an das IIoT-Gateway **BY000002** angeschlossen werden. Die kompakten Wirkenergiezähler (Breite 4TE) werden hierzu in die Zuleitung der relevanten Verbraucher integriert (Klemmanschluss).

Die modularen, dreiphasige Wirkenergiezähler der Genauigkeitsklasse B eignen sich für die direkten Anschluss von bis zu 100A (**CS720001** - 320-480V AC) oder bis zu 80A (**CS720002** - 400V AC). Beide Zähler haben ein hinterleuchtetes LCD-Display, das die Wirkenergie (also die tatsächliche genutzte elektrische Energie), die Blindenergie und weitere Messwerte anzeigt. Da die Messgeräte über eine MID-Zertifizierung verfügen, sind sie zudem für Verbrauchsabrechnungen einsetzbar.



Die Wirkenergiezähler (links: **CS720001**, rechts: **CS720002**) bieten eine weitere Möglichkeit für ein gezieltes Energiemonitoring anhand konkreter Messwerte.

5.5 DRUCKMESSUNG VON GASFÖRMIGEN UND FLÜSSIGEN MEDIEN

Druck wird in allen erdenklichen Industriebereichen benötigt und muss mit entsprechendem Einsatz von Energie erzeugt werden, bspw. für hydraulische und pneumatische Anwendungen. Die Bewertung des Energieverbrauchs für die Druckerzeugung lässt sich am wirksamsten am Ort des Geschehens vornehmen, nämlich dort wo der Druck benötigt wird und auch gemessen werden kann.

Durch die Aufzeichnung von Druckverläufen sind u.a. Aussagen über den aktuellen Zustand einer Anlage im Sinne eines Condition Monitoring möglich. Ferner lässt sich bspw. ermitteln, wie sich die Zustände im laufenden Anlagenbetrieb verändern und welcher Druck es in bestimmten Zeiträumen bedarf, um nur wenige Beispiele zu nennen.

Aus welchen Gründen auch immer die Druckmessungen durchgeführt werden, die Drucksensoren liefern auf jeden Fall wertvolle Daten, um z. B. Korrelationen zwischen Energieverbrauch und Erzeugung, aber auch zu den Anlagenzuständen etc. herstellen zu können.

Die Sensoren der Baureihe **DW5x**, **DT24** und **DW25** wurden für Druckmessungen von gasförmigen und flüssigen Medien entwickelt. Die Geräte der Reihen **DW04**, **DW06** und **DW08** sowie **DT16** und **DW16** sind für den Einsatz mit Druckluft konzipiert.

Die Drucksensoren der Reihe **DW5x** mit IO-Link-Schnittstelle decken einen sehr weiten Druckbereich von -1bar bis +600bar ab und sind in drei verschiedenen Varianten erhältlich: **DW50** mit ¼-Zoll-Außengewinde für 7 Druckbereiche, **DW51** mit ¼-Zoll-Innengewinde für 8 Druckbereiche sowie **DW52** mit ½-Zoll-Außengewinde und frontbündiger Membran für 7 Druckbereiche.

Die Sensoren mit digitaler Volledelstahlmesszelle (eingeschweißte Edelstahlmembran ohne interne Dichtungen) und integriertem Prozessor liefern nicht nur den Druck, sondern auf Wunsch auch einen relativen Temperaturwert des jeweils zu überwachenden Mediums.

Was bei den **DW5x** sofort ins Auge sticht, ist das sehr gut ablesbare TFT-Farbdisplay, das die intuitive Bedienung der Sensoren entscheidend unterstützt und außerdem eine sehr breitgefächerte Palette an verschiedenen Anzeigemodi bietet.

Die Drucksensoren haben insgesamt zwei Ausgänge: einen festen Schaltausgang und einen zweiten Ausgang der flexibel als Schalt-, Analog- oder Alarmausgang parametrierbar ist. Der Analogausgang lässt sich überdies als Stromausgang (0...20mA, 4...20mA) oder als Spannungsausgang (0...10V, 0...5V) definieren.

Wer hohe Investitionen in Sensorik scheut, aber dennoch eine sehr robuste Lösung mit Analogausgang (4...20mA) zur Messung von neutralen Gasen und flüssigen Medien benötigt, der sollte sich die Drucktransmitter der Reihe **DT24** von ipf electronic einmal genauer anschauen. Die nahezu unverwüstlichen Geräte im Edelstahlgehäuse (Schutzart IP67) sind kostengünstig, eignen sich für einen weiten Medientemperaturbereich von -25 °C...+100 °C und eröffnen durch ihren weiten Druckbereich von 0...400bar ein potenziell sehr breites Anwendungsfeld. Erhältlich sind die Geräte für insgesamt fünf Druckbereiche von 0...10bar (**DT24310D**), 0...40bar (**DT243103**), 0...100bar (**DT243104**), 0...250bar (**DT243105**) und 0...400bar (**DT243106**).

Im Vergleich zu herkömmlichen Druckwächtern zeichnen sich die Drucksensoren der Reihe **DW25** von ipf electronic durch ihre robuste kapazitive Keramikmesszelle und einen besonders großen Medientemperaturbereich von -40 °C bis +100 °C aus. Die Geräte mit IO-Link-Schnittstelle lassen sich aufgrund ihrer Messbereiche von -0,1...+0,1bar (**DW25310N**) und 0...0,25bar (**DW25310P**) vor allem für statische Füllstandmessungen von Flüssigkeiten (z. B. Hydrauliköl, Kühlschmieremulsionen, etc.) in besonders anspruchsvollen Um-

gebungen einsetzen.

Schnell einen Drucksensor oder einen Drucktransmitter in eine Schlauchleitung zur Überwachung eines bestehenden Pneumatiksystems integrieren? Das geht mit den InLine-Drucksensoren der Reihen **DW04**, **DW06** und **DW08** und Drucktransmittern der Reihe **DT16** für einen Druckbereich von -1...10bar besonders einfach.

Über den Push-In-Fluidanschluss der Reihen **DW04**, **DW06** und **DW08** wird der Druckluftschlauch einfach aufgesteckt, fertig! Mittels Sicherheitsring wird die Schlauchverbindung an den Sensoren ebenso schnell wieder gelöst. Die je nach Gerätereihe über einen IO-Link-Master (z. B. den **VY000005**) parametrierbaren Drucksensoren sind mit 20g bzw. 30g besonders leicht sowie kompakt und daher vor allem für die Robotik und Vakuumtechnik geeignet.

Besonders leicht und platzsparend sind auch die Drucktransmitter der Baureihe **DT16**. Die Sensoren für Druck- und Vakuumanwendungen haben ein Gewicht von nur 25g, eine Länge von 44,5mm und einen Durchmesser von lediglich 15,5mm.

Die Drucktransmitter im robusten Edelstahlgehäuse (Schutzart IP67) mit M8-Steckverbinder und G1/8"-Prozessanschluss halten Umgebungstemperaturen von -10° C bis +70 °C stand und sind daher auch für anspruchsvollere Einsatzbedingungen eine gute Wahl. Die Messzelle eignet sich für gefilterte, trockene oder geölte Druckluft. Daher bieten sich die **DT16** u.a. ideal für Pneumatikanwendungen in der Robotik an. Erwähnenswert ist außerdem, dass die in der Herstellung der Sensoren verwendeten Materialien frei von sogenannten „Lackbenetzungsstörenden Substanzen“ (LABS) wie bspw. Silikone oder fluorchaltige Stoffe sind.

Die Drucktransmitter der Reihe **DT16** mit Analogausgang (4...20mA) verfügen über insgesamt vier Druckbereiche 1...0bar (**DT164100**), 0...+10bar (**DT16410D**), -1...+1bar (**DT16410J**) und -1...+10bar (**DT16410K**).

Dank ihrer IO-Link-Schnittstelle sind die kompakten Vakuum- und Drucksensoren der Reihe **DW16** (Durchmesser 16mm) bedarfsspezifisch parametrierbar. Via IO-Link erhalten Anwender außerdem wertvolle Zusatzinformationen im Einsatz.

Die Sensoren mit sehr gut ablesbarem Display für die menügeführte Konfiguration integrieren ein Manometer, zwei Schaltausgänge und einen G1/8"-Prozessanschluss. Der Druckbereich der **DW16** reicht von -1...+10bar. Mit einer Ansprechzeit von <2,5ms finden die Geräte ihre Aufgaben in allen erdenklichen Handling- und Automatisierungssystemen, bei denen gefilterte, trockene oder geölte Druckluft verwendet wird. Beispiele hierfür sind die Drucküberwachung, die Vakuumkontrolle bei Unterdrucktraversen oder die Ansteuerung von Kompressoren.



ipf electronic stellt eine Vielzahl an Lösungen für die Druckmessung von gasförmigen und flüssigen Medien bereit: Geräte der Baureihe **DW5x**, **DW16** und **DW06** (oben) sowie **DT16**, **DT24** und **DW25** (unten).

ipf electronic gmbh | Tel +49 2351 9365-0 | info@ipf.de • www.ipf.de

5.6 TEMPERATURMESSUNG VON TECHNISCHEN GASEN UND FLÜSSIGEN MEDIEN

Die Erzeugung von Temperatur respektive Wärme hat in vielen Bereichen und Prozessen einen direkten Einfluss auf den Verbrauch der hierfür benötigten Energieträger (Strom oder Erdgas). Eine entscheidende Frage kann hier z. B. sein, wie effizient die Energie für die Temperaturerzeugung eingesetzt wird, wobei eine entsprechende Bewertung und detailliertere Aussagen nur anhand von validen Daten von Temperatursensoren möglich sind.



Parametrierbarer Temperatursensor der Reihe **YT4** (oben links) und Sensoren der Reihen **YT90012x** (Mitte) sowie **YT90022x** (unten) mit PT100.

Die Temperatursensoren der Reihe **YT4** mit PT100 zeichnen sich vor allem durch ihre hohe Druckfestigkeit aus und wurden für die medienberührende Temperaturmessung von technischen Gasen und Flüssigkeiten entwickelt. Hinzu kommen die Kompaktgeräte der Reihen **YT90012x** und **YT90022x** mit PT100, konzipiert für Medientemperaturen bis +150 °C.

Die parametrierbaren Sensoren der Reihe **YT4** mit G1/2-Zoll Prozessanschluss werden einfach über frontseitige Tasten (Folientastatur) eingestellt und verfügen über einen einstellbaren Schalterpunkt sowie einen skalierbaren Analogausgang (4...20mA). Die Geräte sind besonders druckfest bis 100bar und für Medientemperaturen von -40 °C bis +120 °C ausgelegt. Der Messaufnehmer der Sensorreihe besteht aus Edelstahl 1.4571. Die Geräte werden vornehmlich für Temperaturmessungen von Flüssigkeit in Rohrleitungen eingesetzt, wobei sich u.a. kurzzeitige Temperaturschwankungen mit einer Ein- bzw. Ausschaltverzögerung ausgleichen lassen.

Temperatursensoren der Reihen **YT90012x** und **YT90022x** (G1/2-Zoll Prozessanschluss) verfügen ebenfalls über einen Analogausgang (4...20mA) und können für Medien mit Temperaturen von -50 °C bis +150 °C eingesetzt werden. Die bis 50bar druckfesten Geräte werden in sechs Versionen mit zwei Messfühlerlängen (50mm und 100mm) angeboten. Die Reihen **YT90012x** und **YT90022x** eignen sich u.a. ideal für Einsätze in Kühlkreisläufen, Vorratsbehältern, Abgas- und Lüftungssystemen sowie Absauganlagen, um wenige Beispiele zu nennen.

5.7 ZUSTANDSÜBERWACHUNG MIT SCHWINGUNGSANALYSE

Eine kontinuierliche Zustandsüberwachung ist ein entscheidender Baustein für eine hohe Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen. Ein wesentlicher Bestandteil ist hierbei die Erfassung mechanischer Schwingungen, verursacht durch die Beschleunigung, Geschwindigkeitsänderungen oder Verschiebungen bewegter Komponenten wie etwa Motoren, Getriebe, Wälzlager oder Industrieventilatoren.

Für die zuverlässige Erfassung dieser Messgrößen hat ipf electronic den kompakten Vibrationssensor **WF210020** mit IO-Link-Schnittstelle ins Programm aufgenommen. Der Sensor im Edelstahlgehäuse (Schutzart IP67) eignet sich hervorragend für den Einsatz in anspruchsvollen Industrieumgebungen.

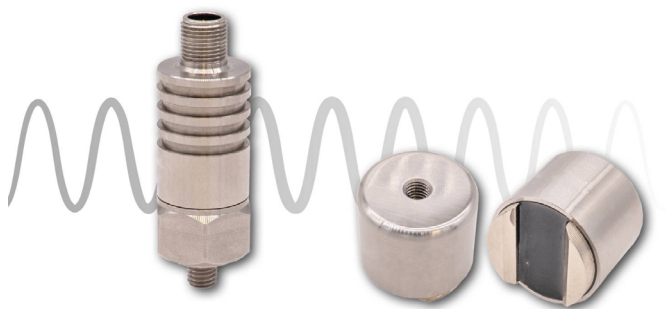
Trotz kompakter Bauform ermöglicht der **WF210020** eine umfassende Überwachung folgender Parameter:

- / Schwinggeschwindigkeit (v-RMS, mm/s), z. B. zur Überwachung der Bauteilermüdung
- / Schwingbeschleunigung und Spitzenwert der Schwingungsbeschleunigung (a-RMS und a-Peak), z. B. zur Überwachung von mechanischer Reibung und mechanischen Stößen
- / Temperatur (°C), z. B. Überwachung von Temperaturerhöhungen, die durch übermäßige Reibung in Lagern oder andere Effekte (z. B. innerhalb der Elektrik) entstehen.

Die maximal zu erfassende Beschleunigung liegt bei $\pm 15g$, die maximale Geschwindigkeit bei 128mm/s. Der via IO-Link einstellbare Frequenzbereich beträgt 10...1000Hz.

Die Messwertausgabe kann wahlweise über einen Analogausgang (4...20 mA) oder über zwei konfigurierbare Schaltausgänge erfolgen. Die integrierte IO-Link-Schnittstelle ermöglicht zudem eine einfache Inbetriebnahme sowie eine individuelle Parametrierung des Sensors.

Mehr zu den Vorteilen des **WF210020** im Einsatz über die IO-Link-Schnittstelle in **Kapitel 6.4.1**.



Der Schwingungssensor **WF210020** (links) und Magnethalter **AY000189** mit einer sehr hohen Haltekraft von bis zu 350N als Montageoption.

5.8 ZUSTANDSÜBERWACHUNG MIT ÖL-FEUCHTEMESSUNG

Wasser ist in Hydraulikflüssigkeiten und Schmierstoffen grundsätzlich unerwünscht, weil es in hohen Konzentrationen mit hoher Wahrscheinlichkeit zu enormen Schäden an Maschinen und Anlagen führt.

Mit dem kompakten Ölfeuchtesensor **YF900020** von ipf electronic lässt sich das gezielt vermeiden, denn die Lösung wurde eigens zur Messung von Feuchtigkeit in Transformatoren-, Motoren-, Schmier- oder Hydraulikölen sowie Dieselmotoren entwickelt.

Der Sensor integriert zwei frei konfigurierbare Analogausgänge (4...20mA) und eine RS485-Schnittstelle mit Modbus RTU, die eine hochgenaue Messung der Wasseraktivität (a_w – Wert für den Sättigungsgrad des Öls mit Wasser) sowie der Prozesstemperatur (°C) ermöglichen. Darüber hinaus kann der Sensor den absoluten Wassergehalt (x) in ppm (parts per million) berechnen.

Alle Messwerte können wiederum über das IIoT-Gateway auf einem Dashboard in Echtzeit für die Analyse visualisiert werden.

Der sehr robuste **YF900020** mit einem 1/2"-Prozessanschluss hält Öltemperaturen bis maximal +125 °C und einem Betriebsdruck bis maximal 300bar stand. Über einen zusätzlichen Schnittstellenadapter (**VY000026**) können bspw. Änderungen an den Modbus-Einstellungen vorgenommen, die Analogausgänge skaliert oder Messwerte wie etwa Wasseraktivität, Temperatur oder Wassergehalt zugeordnet werden.



Mit dem Ölfeuchtesensor **YF900020** lassen sich massive Schäden an Maschinen und Anlagen durch einen zu hohen Wassergehalt in Hydraulikflüssigkeiten und Schmierstoffen vermeiden.

Wissenswert:

Wasseraktivität a_w

Die Wasseraktivität a_w ist ein relatives Maß für die Feuchte in Öl und beschreibt das Verhältnis zwischen tatsächlicher und maximal möglicher Menge gelösten Wassers im Öl bei einer bestimmten Temperatur.

Der a_w -Wert zeigt den Sättigungsgrad des Öls an:

$a_w = 0$ (kein Wasser), $a_w = 1$ (vollständige Sättigung).

Die Wasseraktivität ist unabhängig von der Art des Öls.

Wassergehalt x (ppm)

Der Wassergehalt x ist ein absolutes Maß und drückt die Wassermenge im Öl aus (gelöst, emulgiert oder getrennt). Der Wassergehalt wird in ppm oder Milligramm Wasser pro Kilogramm Öl gemessen und ist unabhängig von der Öltemperatur.

Um den Sättigungsgrad zu beurteilen, muss x zusammen mit der Temperatur (T) betrachtet werden. Die Berechnung des Wassergehalts x aus den Messwerten für a_w und T ist ölspezifisch und erfordert spezielle Parameter für das jeweilige Öl, die in der Regel aus einem Datenblatt des Schmierstoffherstellers ersichtlich sind.

6 WIRTSCHAFTLICHE LÖSUNGEN FÜR DAS CONDITION MONITORING

Obwohl bereits unter dem **Kapitel 5** einige Sensoren für das Condition Monitoring vorgestellt wurden, widmet sich dieses Kapitel nochmals in einem Schwerpunkt diesem Thema.

Condition Monitoring ist eine immens wichtige Strategie in einer zunehmend datengetriebenen Industrie mit stetig steigender Digitalisierung und hohen Anforderungen an die Fertigungs- und Prozesseffizienz.

Condition Monitoring Systeme (CMS) ermöglichen es, von überall Teilkomponenten, Prozesse, Maschinen und komplette Produktionsanlagen gezielt zu überwachen. Hierdurch kann die Produktivität aufgrund einer höheren Maschinen- und Anlagenverfügbarkeit gesteigert und zudem die Transparenz über die tatsächlich verfügbaren Produktionskapazitäten (z. B. Produktion, Leerlauf, Stillstand) erhöht werden.

Zu den wichtigsten Zielen eines Condition Monitoring gehört die Vermeidung unnötiger Produktionsausfälle und die Identifizierung von möglichen Optimierungspotenzialen anhand valider Daten. Jeder ungeplante Maschinenstillstand und jeder Prozess, der nicht reibungslos abläuft, führen zu einer sinkenden Produktivität und verschlingt zudem wertvolle Ressourcen für die Ursachenfindung und -behebung, was letztendlich mit viel Aufwand und hohen Kosten verbunden ist.

Wie bereits in **Kapitel 4** erwähnt, erfüllen die hier vorgestellten Module (Energiemessmodul **AB000008**) und insbesondere das IIoT-Gateway **BY000002** je nach Einsatzszenario alle Voraussetzungen für ein Condition Monitoring und das, ebenso wie beim Energiemonitoring, ohne aufwendige Umbauten sowie hohe Investitions- und Folgekosten. Insbesondere das IIoT-Gateway stellt hierfür eine Vielzahl an Optionen für den Anschluss von digitaler und analoger Sensorik zur Verfügung.

6.1 HÖHERE ANLAGENVERFÜGBARKEIT DURCH EXAKTE ANALYSE

Um unnötige Produktionsausfälle so kurz wie möglich zu halten oder sie bestenfalls gänzlich zu vermeiden, ist eine permanente Zustandsüberwachung von Maschinen, Anlagen und Prozessen unumgänglich. Die von Sensoren und Aktoren gesammelten Daten werden hierzu auf dem IIoT-Gateway **BY000002** gespeichert und können, optional angereichert mit weiteren Daten von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) und Servern (BMD, MDE, etc.), über das weiter oben beschriebene browserbasierte Dashboard visualisiert und analysiert werden.

Mithilfe der übersichtlich dargestellten Maschinen-, Anlagen- und Prozessdaten sind Verantwortliche somit zu jeder Zeit darüber informiert, was in einer Produktion geschieht und können sofort handeln, noch bevor unerwünschte Ereignisse mit größeren Folgen eintreten.

Generell ist eine Zustandsüberwachung auch mit dem Energiemessmodul möglich, allerdings mit gewissen Einschränkungen, z. B. durch Anbindung von ausschließlich Modbus-fähiger Sensorik.

Je nach Anforderungen an das Condition Monitoring lassen sich im IIoT-Gateway über das Betriebssystem bestimmte Schwellen- oder Grenzwerte festlegen, etwa im Zusammenhang mit der Überwachung von Temperaturverläufen, Druckluftverbräuchen, Füllständen, Schwingungen, etc. Bei Erreichen eines zuvor definierten Wertes kann dann eine automatische Benachrichtigung generiert und bspw. als E-Mail oder SMS über eine WLAN-Verbindung oder mit einem am Gateway angeschlossenen LTE-Stick übertragen werden.

Überdies besteht in diesem Zusammenhang auch die Möglichkeit, über die digitalen IOs des IIoT-Gateways steuernd einzugreifen, etwa indem spezifische Signale direkt an eine übergeordnete Steuerung (SPS) übertragen werden, um z. B. bei Überschreitung eines Schwellen- bzw. Grenzwertes einen spezifischen Prozess oder eine Maschine zu stoppen.

Reichen die am IIoT-Gateway vorhandenen Sensorschnittstellen nicht aus, kann zusätzlich das I/O-Modul **AB000009** angeschlossen werden, das das **BY000002** um 12 digitale und 6 analoge Eingänge sowie 6 digitale und 2 analoge Ausgänge erweitert. Außerdem können bis zu 10 I/O-Module an ein einziges IIoT-Gateway angebunden werden, womit das **AB000009** zu einem wahren Schnittstellen-Booster wird.

6.2 CONDITION MONITORING MIT SENSORIK VON IPF

Prinzipiell können die im **Kapitel 5** vorgestellten Sensoren auch für ein durchgängiges Condition Monitoring eingesetzt werden. Hierzu gehören Lösungen u.a. für die Durchfluss-, Verbrauchs-, Volumen- und Temperaturmessung von leitfähigen Flüssigkeiten und technischen Gasen wie die Baureihen **SM** (elektrisch leitfähige Flüssigkeiten), **SL** (technische Gase), **SS40-SS42** (Flüssigkeiten), **SS** (leitfähige Medien), **YT4** und **YT90** (Temperaturmessungen von technischen Gasen und Flüssigkeiten), Sensoren zur Erfassung von Füllständen in Behältern mit flüssigen und pastösen Medien (Baureihen **FK**, **FM**, **FR** und **UT**), Geräte zur Druckmessung von gasförmigen oder flüssigen Medien (Baureihen **DW5x**, **DT16**, **DT24**, **DW16**, **DW25**, **DW04**, **DW06** und **DW08**) sowie die Messumformer der Reihe **NZ** und die Wirkenergiezähler der Reihe **CS72** für Stromverbrauchsmessungen. Hinzu kommen weitere vielseitige Geräte bspw. zur Schwingungsanalyse wie der **WF210020** und der **YF900020** für die Öl-Feuchtemessung.

Da auf die besonderen technischen Eigenschaften dieser Geräte schon detaillierter eingegangen wurde, sollen nachfolgend einige Anwendungsbeispiele für deren potenziellen Einsatz im Zuge des Condition Monitoring genannt werden.

Durchflusssensoren: z. B. für die Überwachung von spezifischen Flüssigkeits- und Gas-mengen zur Erkennung möglicher Leckagen bzw. Undichtigkeiten oder zur Identifizierung abnehmender Pumpenleistung aufgrund von Verschleiß oder technischen Defekten.

Füllstandsensoren: z. B. zur Messung und Kontrolle von Füllständen in Behältern, um rechtzeitig Leckagen in den Gefäßen oder an Leitungen zu erfassen oder die Ein- und Ausschaltzyklen von Förderpumpen zu optimieren.

Drucksensoren: z. B. zur Überwachung von hydraulischen und pneumatischen Prozessen sowie deren spezifischen Regelkreise.

Temperatursensoren: z. B. zur kontinuierlichen Erfassung der Temperaturen von technischen Gasen und Flüssigkeiten, um bei auffälligen Abweichungen durch schnelle Gegenmaßnahmen potenzielle Maschinen- oder Anlagenschäden zu vermeiden.

Stromwandler: z. B. zur Überwachung der Stromaufnahme von Aggregaten und Komponenten (z. B. Motoren), um bei massiven Veränderungen (erhöhte Stromaufnahme) geeignete Maßnahmen gegen einen wachsenden Verschleiß einzuleiten.

Wirkenergiezähler: z. B. zum Monitoring der Leistungsaufnahme einzelner Maschinen und Produktionslinien, um aufgrund von Laständerungen Verschleiß, Reibungsverluste oder ineffiziente Betriebszustände zu identifizieren. Die Geräte können aber etwa auch in energetische Condition Monitoring Systeme für Niederspannungsverteilungen integriert werden, um aus Lastverläufen, Lastspitzen oder plötzlichen Verbrauchsveränderungen neue Erkenntnisse (z. B. Überlastungen oder fehlerhafte Lasten) zu gewinnen.

Vibrationssensor: zur kontinuierlichen Schwingungsüberwachung von Motoren, Getrieben, Wälzlager, Industrieventilatoren, etc., um u.a. Bauteilermüdungen oder erhöhte mechanische Reibungen rechtzeitig noch vor dem Eintritt größerer Schäden zu erkennen.

Ölfeuchtesensor: zur permanenten Messung von Feuchtigkeit in Transformatoren-, Motoren-, Schmier- oder Hydraulikölen sowie Dieselmotoren, um eine erhöhte Wasserkonzentration bereits im Ansatz zu vermeiden, die zu massiven Schäden in Maschinen und Anlagen führen kann.

6.3 EINFACHE KOMMUNIKATION DURCH STANDARDISIERTE INDUSTRIEPROTOKOLLE

Wie aus den Übersichten zu dem Energiemessmodul und dem IIoT-Gateway in **Kapitel 4.1** ersichtlich ist, beherrschen beide Geräte eine Reihe an Kommunikationsprotokollen, darunter u.a. das standardisierte OPC UA-Protokoll (Open Platform Communications Unified Architecture) für die Kommunikation und den Datenaustausch im gesamten Umfeld der Industrieautomation.

Schon allein hierdurch ergeben sich weitere Optionen, in vielfältiger Weise mit einer SPS zu kommunizieren. In Bezug auf das Leistungsspektrum der an das IIoT-Gateway angeschlossenen Sensorik eröffnen sich in diesem Zusammenhang wiederum eine Vielzahl an Deklarations- bzw. Definitionsmöglichkeiten.

6.4 EINBINDUNG VON IO-LINK-SENSOREN IN DAS CONDITION MONITORING

Zusätzlich zu den in **Kapitel 6.2** exemplarisch aufgeführten Sensorlösungen, eignen sich eine ganze Reihe an weiteren Sensoren von ipf electronic für ein Condition Monitoring, darunter vor allem Geräte, die über ihre IO-Link-Schnittstelle u.a. verschiedenste Statusmeldungen bereitstellen.

Von den schon vorgestellten Geräten gehören hierzu die Strömungssensoren der Reihe **SS50**, die Füllstandsensoren der Reihe **FR** (Radar) und **UT** (Ultraschall), die Drucksensoren der Reihe **DW04**, **DW06** und **DW08** (je nach Gerätetyp), die Drucksensoren der Reihen **DW16**, **DW25** sowie **DW5x** und darüber hinaus der **WF210020** als klassisches Gerät für die Schwingungsanalyse.

Hinzu kommen induktive Sensoren, Laser-Sensoren, optische Sensoren und IO-Link-Logikmodule, die unter diesem Link zusammengefasst sind: **IO-Link-Produkte**.

Grundsätzlich können die von IO-Link-Geräten u.a. bereitgestellten Statusmeldungen zur Gerätefunktionalität auf einer Steuerung (SPS) weiterverarbeitet und ausgewertet werden. Anstelle jedoch solche zusätzlichen Aufgaben im Programmablauf einer SPS zu integrieren (was z. B. zu einem höheren Programmumfang oder längeren Zykluszeiten führen kann), lassen sich derartige Sensor-Statusmeldungen via OPC UA-Protokoll direkt auf ein Gateway übertragen und für ein Condition Monitoring nutzen. Die SPS ist somit ausschließlich für die Anlagenfunktionalität zuständig, während die weitergehenden Sensordaten für die Zustandsüberwachung verarbeitet und analysiert werden können. Hierzu nachfolgend zwei Beispiele.

6.4.1 KONTINUIERLICHES CONDITION MONITORING PER SCHWINGUNGSANALYSE

Im **Kapitel 5.7** wurde der Schwingungssensor **WF210020** mit IO-Link-Schnittstelle zur Erfassung und Analyse mechanischer Schwingungen und Temperaturverläufen z. B. in Motoren, Getriebe, Wälzlager oder Industrieventilatoren vorgestellt.

Wird der Schwingungssensor über den IO-Link-Master **VY000010** von ipf electronic mit dem IIoT-Gateway **BY000002** verbunden, lassen sich mit nur einem Gerät gleichzeitig vier Messparameter (Schwinggeschwindigkeit, Schwingbeschleunigung, Spitzenwert der

Schwingungsbeschleunigung und Temperatur) an einer Abfragestelle erfassen und die Messwerte über das Dashboard visualisieren (inklusive vordefinierter Alarmschwellen).

Da der IO-Link-Master **VY000010** über insgesamt vier Ports verfügt, können bis zu vier Schwingungssensoren **WF210020** an das Gateway angeschlossen werden, wobei jeder einzelne Sensor auf Wunsch in Echtzeit alle genannten Parameter für ein Condition Monitoring liefert. Diese Option kann bspw. besonders nützlich sein, wenn an einer Maschine oder Anlage mehrere Motoren, Antriebe oder Lager überwacht werden sollen.

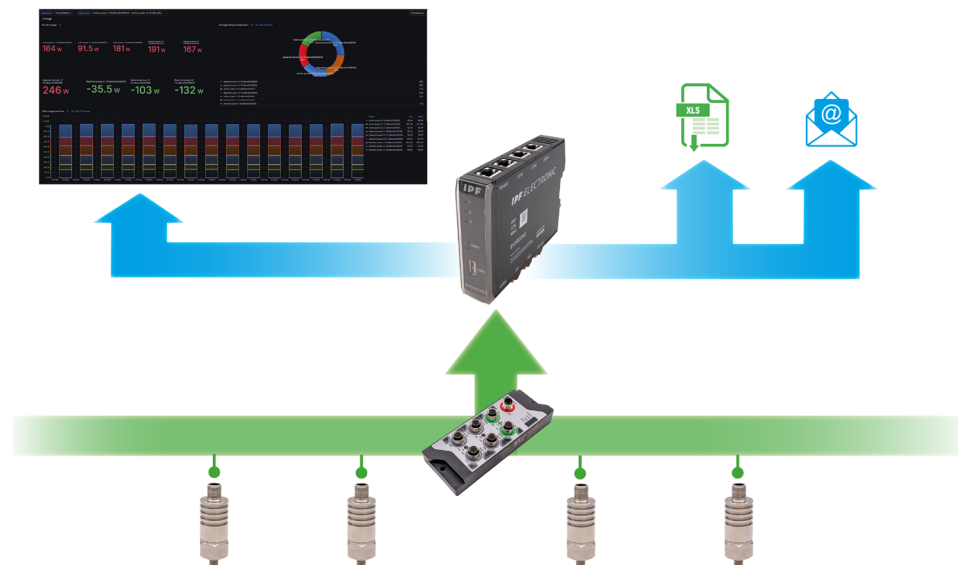


Abbildung WF210020 mit IO-Link-Master VY000010 und Gateway in einer topologischen Darstellung

6.4.2 ÜBERWACHUNG DES VERSCHMUTZUNGSGRADES VON GABELLICHTSCHRANKEN

Ein weiteres Beispiel für die Integration von IO-Link-Sensoren in ein Condition Monitoring mithilfe des IIoT-Gateways von ipf electronic liefern Gabellichtschranken wie die **OG500572**, die via IO-Link u. a. die vom Empfänger erfasste Lichtintensität des Senders als Messwert ausgeben kann. Die ermittelten Messwerte lassen sich an eine SPS und anschließend mittels OPC UA an das IIoT-Gateway übertragen, um anhand der Datenanalyse kontinuierlich den Verschmutzungsgrad der Lichtschranke zu beurteilen und zu überwachen.



Die Gabellichtschranke **OG500572** ist u.a. in der Lage, über die IO-Link-Schnittstelle die vom Empfänger erfasste Lichtintensität des Senders als Messwert auszugeben.

Bei einer unbedämpften Gabellichtschranke mit nicht verschmutzten Optiken beträgt der Mess- bzw. Intensitätswert des Empfängers 100%. Da in der Regel auf Basis dieser Referenz eine Schaltschwelle definiert wird, die zumeist die Hälfte des Wertes bei unbedämpfter Lichtschranke entspricht (50%), ist auch die Leistungsreserve des Gerätes bekannt. Ein kritischer Prozesszustand wird demnach erreicht, wenn sich der Intensitätswert bei freier Gabellichtschranke (kein Objekt im Erfassungsbereich) der zuvor festgelegten Schaltschwelle nähert.

Wird der Intensitätswert bei freier Lichtschranke kontinuierlich überwacht und aufgezeichnet, kann anhand der im IIoT-Gateway gesammelten Messdaten festgestellt werden, in welchen Zeitabständen das Gerät einen kritische Verschmutzungsgrad erreicht und daher gereinigt werden muss. Da die Qualität respektive Intensität des Empfangssignals der Lichtschranke stets bekannt ist, besteht auch hier die Möglichkeit, einen Schwellen- bzw. Grenzwert festzulegen und bei Erreichen dieses Wertes eine Push-Nachricht z. B. per E-Mail oder SMS an verantwortliche Personen zu versenden.

6.5 NEUE POTENZIALE FÜR EFFEKTIVERE INSTANDHALTUNGSSTRATEGIEN

Die ab **Kapitel 6.2** dargestellten Beispiele und Lösungen verdeutlichen, wie das IIoT-Gateway in Kombination mit Sensorlösungen von ipf electronic über ein Energiemonitoring hinaus auf vielfältige Weise für ein effizientes Condition Monitoring einsetzbar ist, um u. a. bislang ungenutzte Potenziale für effektivere Instandhaltungsstrategien zu heben.

So lässt sich im Gegensatz zu einer reaktiven Instandhaltung, die erst dann aktiv wird, wenn ein Fehler bereits aufgetreten ist, mit den über das IIoT-Gateway zur Verfügung gestellten Daten eine vorausschauende, prädiktive Instandhaltungsstrategie umsetzen. Somit kann stets rechtzeitig und damit noch vor dem Ausfall einer Komponente oder Anlage reagiert werden.

Auch im Vergleich zu einer präventiven Instandhaltung hat das deutliche Vorteile, da nicht in regelmäßigen Zeitabständen, etwa im Zuge von Revisionen, noch möglicherweise völlig intakte Maschinen- bzw. Anlagenbestandteile ausgetauscht werden müssen.

Durch eine zustandsorientierte Instandhaltungsstrategie ist zu erwarten, dass sich die mittlere Betriebsdauer von Anlagen, Maschinen oder Prozessen zwischen zwei Ausfällen (Mean Time between Failures) verlängert, die durchschnittliche Zeit bis zu einer Reparatur (Mean Time to Repair) verkürzt sowie die durchschnittlichen Kosten der Ersatzteile pro Anlagenausfall (Mean Cost of Replacement Parts) reduzieren.

7 APPLIKATIONSBEISPIELE

Das in diesem Whitepaper beschriebene modulare System von ipf electronic hat sich bereits in etlichen praktischen Industrieinsätzen mit sehr unterschiedlichen Aufgabenstellungen und damit Anforderungen bewährt.

Ganz abgesehen davon, dass das System Schritt für Schritt und ohne aufwändige Umbauten implementiert werden kann, basiert dessen entscheidender Mehrwert auf der intelligenten Verknüpfung der aus verschiedensten Bereichen generierten Daten. Erst durch die gemeinsame bzw. ganzheitliche Betrachtung von Energieverbrauch, Prozessstatus und Maschinenzustände entstehen Aussagen mit echtem Entscheidungs- und Handlungswert, wie die folgenden beiden Fallbeispiele belegen.

7.1 BEISPIEL 1: RUND 12,2 MEGAWATTSTUNDENJÄHRlich EINGESPART

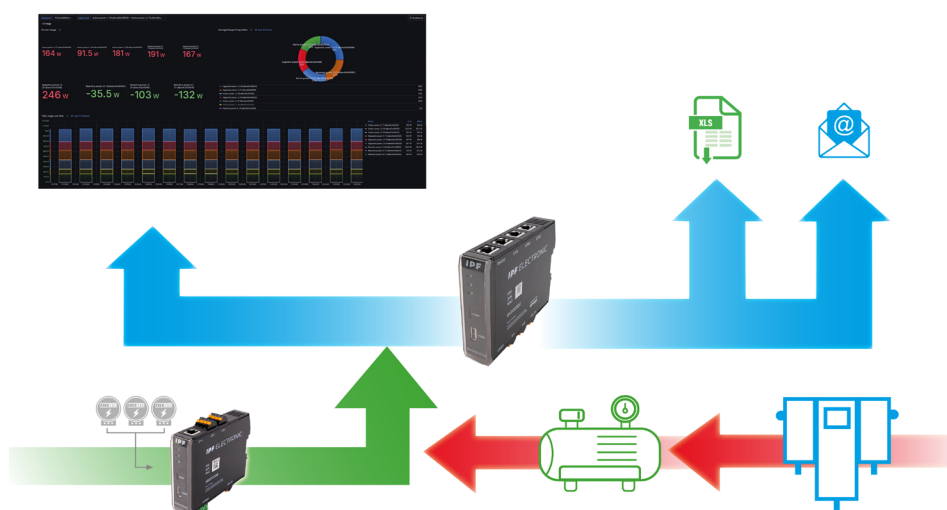
Ein Retrofitting-Spezialist für Pressen sah sich mit kontinuierlich steigenden Kosten für die Druckluftversorgung konfrontiert, ohne genau zu wissen, wann und wo die Energie verloren ging. Mit dem System von IPF wurden jedoch die bislang verborgenen Einsparpotenziale sichtbar.

Über das Energiemessmodul **AB000008** in Verbindung mit Stromwandlern in der elektrischen Zuleitung wurde die Leistungsaufnahme des Kompressors erfasst, die Messwerte gesichert und zusätzlich zur Ermittlung der Kompressorlast an ein Druckluftmanagementsystem weitergeleitet.

Zusätzlich zur Zustandsüberwachung mit vorausschauender Wartung ließen sich hierdurch bislang unerkannte Leckagen, die bis zu 20% des Druckluftverbrauchs ausmachen können, präzise ermitteln, um sie schnellstmöglich zu beheben – mit beeindruckenden Resultaten.

Nach Beseitigung der Leckagen sank der Energieverbrauch der Druckluftanlage um zirka 15 Prozent. Die Folge: jährliche Energieeinsparungen von etwa 12,2 MWh und Stromkostensenkungen um 2.550 Euro per Anno.

Die Investition in das System von IPF beliefen sich auf etwas mehr als die Hälfte der jährlichen Stromkosteneinsparungen. Hinzu kam die Investition in ein externes Druckluftmanagementsystem. Die Refinanzierung benötigte somit nur wenige Monate, wobei der jährliche CO₂-Ausstoß um mehr als 3,92 Tonnen sank.



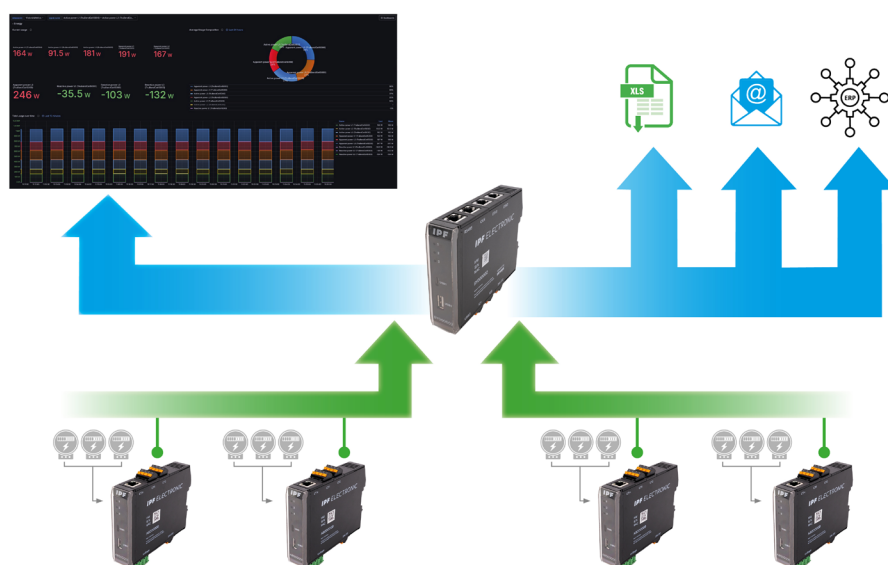
7.2 BEISPIEL 2: DAUERHAFT WENIGER ANLAGENSTILLSTÄNDE

Mangelnde Transparenz muss nicht sein und lässt sich jederzeit ändern. Vor allem wenn es um die Auslastung von Produktionsanlagen inklusive deren genauen Betriebszeiten geht. Daher suchte ein Hersteller von Maschinen für die Fertigungsautomatisierung eine Lösung zur systematischen Ursachenanalyse für fundierte Auswertungen und Optimierungsmöglichkeiten.

Ein Energiemessmodul **AB000008** mit den zugehörigen Stromwandlern an jeder von insgesamt vier Anlagen ermöglichte die Echtzeit-Erfassung von Energieverbräuchen, die letztendlich die Prozessdaten zur Unterscheidung zwischen Produktion, Leerlauf und Stillstand bereitstellten.

Durch die Integration des **AB000008** in die Netzwerkstruktur flossen die detaillierten Echtzeit-Daten nahtlos ins ERP-System ein und wurden zusätzlich auf dem lokalen Dashboard des Energiemessmoduls visualisiert.

Das Unternehmen gewann mit nur wenig Aufwand somit erstmals volle OEE-Transparenz über seine Anlagen. Das Ergebnis: Die Investitionen zahlten sich in nur wenigen Monaten aus, denn innerhalb eines Jahres sanken ungeplante Stillstände um zirka 12 Prozent, wodurch die jährlichen Mehreinnahmen (14.000 Euro) auf nahezu das fünffache der einmaligen Investitionssumme stiegen.



© Dieses White Paper ist urheberrechtlich geschützt. Die Verwendung des Textes (auch in Auszügen) sowie der Bildmaterialien in diesem Dokument ist nur mit schriftlicher Genehmigung der ipf electronic gmbh gestattet. Änderungen vorbehalten.

