

WHITEPAPER

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

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung	3
2 Mit gezielten Messdaten Potenziale für Energieeinsparungen heben.....	4
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 Hohe Konnektivität und einfache Netzwerkimtegration.....	7
4.3 Extrem vielseitige, leistungsfähige Visualisierung.....	7
5 Breites Sensorangebot für dezentrale Verbrauchsmessungen.....	8
5.1 Durchfluss-, Volumen- und Temperaturmessung von elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten.....	8
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	11
5.6 Temperaturmessung von technischen Gasen und flüssigen Medien	13
6 Wirtschaftliche Lösungen für das Condition Monitoring.....	14
6.1 Höhere Anlagenverfügbarkeit durch gezielte Analyse.....	14
6.2 Sensorlösungen für das Condition Monitoring von Anlagen, Maschinen und Prozessen	15
6.3 Einfache Kommunikation durch standardisierte Industrieprotokolle.....	15
6.4 Einbindung von IO-Link-Sensoren in das Condition Monitoring.....	16
6.4.1 Überwachung von Positionier- und Zuführprozessen mit induktiven Sensoren	16
6.4.2 Überwachung des Verschmutzungsgrades von Gabellichtschranken	17
6.5 Neue Potenziale für effektivere Instandhaltungsstrategien	18
7 Applikation: Druckluftverluste in der Produktion gezielt senken.....	18
7.1 Keinen Überblick über Verbrauch und mögliche Verschwendung	19
7.2 Detaillierte Analyse inklusive Einsparpotenziale.....	19
7.3 Exakte Messungen mit intelligenter Datenverarbeitung	19
7.4 Spezifizierung von Druckluftverbrauch und-verlust.....	20
7.5 Einfach Integration von Sensor und Gateway	20
7.6 Einsparpotenziale von jährlich mehr als 13.000 Euro.....	21
7.7 Lohnende Investition schont Ressourcen.....	21

1 EINLEITUNG

Mit dem Einmarsch russischer Truppen in die Ukraine im Februar 2022 stiegen in Europa die Ängste vor einer mangelhaften Versorgungssicherheit und damit auch die Energiepreise, insbesondere bei Gas, Öl und Strom. Durch die Verlagerung der bislang vor allem bei Gas priorisierten Beschaffungsmärkte entspannte sich indes die Lage im Jahresverlauf, u.a. aber auch bedingt durch politische Maßnahmen, den forcierten Bau von LNG-Terminals und einen milden Winter 2022/23. Wenn auch die Energiepreise nicht mehr so exorbitant stiegen, wie zu Beginn der Krise, blieben sie dennoch extrem volatil und bewegten sich auf einem vergleichsweise hohen Niveau.

Seit Februar 2022 hat Energieeffizienz in deutschen Unternehmen zwar eine besonders hohe Priorität. Allerdings richtete sich schon vor der Krise die Aufmerksamkeit im Zusammenhang mit einer nachhaltigeren Produktion auf das komplexe Thema Energiekosten.

Nachhaltige Energiekosteneinsparungen sind in der Regel aber nur dann möglich, wenn die Ursachen für unnötige hohe Verbräuche auch bekannt sind. Ist diese Voraussetzung gegeben, bleibt immer noch die Herausforderung, die entsprechenden Daten zu sammeln und zu analysieren. Wer allerdings denkt, dass spürbare Energieeinsparungen unmittelbar mit hohen Investitionen in eine notwendige Infrastruktur für das Energiemonitoring verbunden sind, liegt falsch, wie dieses Whitepaper noch zeigen wird.

Was für ein effizientes Energiemonitoring gilt, hat durchaus auch seine Berechtigung im Hinblick auf ein durchgängiges Condition Monitoring. Denn mit den Messdaten, die von Maschinen, Anlagen und Prozessen über den Einsatz spezifischer Sensorlösungen bereitstehen, lassen sich im Sinne einer prädiktiven und damit zustandsorientierten Instandhaltung die Ersatzteilkosten senken und überdies die Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen und damit wichtiger Produktionskapazitäten nachhaltig steigern.

Dieses Whitepaper beschreibt im ersten Teil, wie sich ein effizientes Energiemonitoring einfach, schnell und vor allem ohne hohe Anfangsinvestitionen sowie Folgekosten umsetzen lässt. Darüber hinaus beschäftigt sich das Whitepaper mit dem Thema Condition Monitoring und zeigt, wie auf Basis eines für das Energiemonitoring eingesetzten Gateways als Netzwerkknoten ein durchgängiges und überaus wirtschaftliches Condition Monitoring System (CMS) aufgebaut und in der Folge bedarfsorientiert erweitert werden kann.

Abschließend wird anhand eines Applikationsbeispiels gezeigt, welche Potenziale sich durch ein gezieltes Energiemonitoring im Hinblick auf erhebliche Kosteneinsparungen beim Verbrauch von Druckluft heben lassen.

2 MIT GEZIELTEN MESSDATEN POTENZIALE FÜR ENERGIEEINSPARUNGEN 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.

So vielschichtig aber der Einsatz von sehr unterschiedlichen Produktionsanlagen und Prozessen auch sein mag, so haben sie doch eines gemein: 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 zudem kostspielige Ressource ein wertvolles Kapital darstellen. Denn Messdaten, unter Umständen verknüpft bzw. ergänzt durch weitere Informationen, z. B. zu korrelierenden Arbeitsabläufen und Fertigungsprozessen, liefern den Schlüssel für ein durchgängiges Energiemonitoring mit vielen Möglichkeiten für zielgerichtete Analysen. Je granularer solche Messdaten gewonnen werden, desto besser lassen sich genauere Aussagen zu den Energieverbräuchen 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 Energieeinsparungen führen.

3 HOHE INVESTITIONEN, AUFWENDIGE IMPLEMENTIERUNG UND KONTINUIERLICHE MEHRKOSTEN

Schon allein mit Blick auf die durchaus sinnvolle Option, ein System für ein Energiemonitoring 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 für Kosteneinsparungen einzuleiten.

Viele Systeme für ein Energiemonitoring 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 erst einmal amortisieren müssen.

4 HERSTELLERUNABHÄNGIGE, HOCHKOMPATIBLE PLATTFORM

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

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



Die Lösung von ipf electronic basiert auf einer herstellerunabhängigen Plattform mit Open-Source-Software und verursacht nach der Implementierung keinerlei Mehr- oder Zusatzkosten.

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

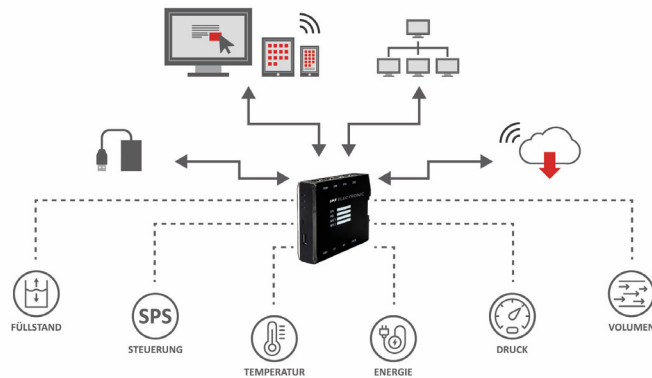
Das IloT-Gateway **BY000002** mit ARM-Prozessor bildet gewissermaßen das leistungsstarke „Herzstück“ des Systems. Sowohl das leicht einzurichtende, Linux-basierte Betriebssystem, als auch der Webclient zur Verarbeitung, Bereitstellung und Visualisierung der Messdaten auf einem Dashboard (Grafana), das sich über jeden Standard-Internetbrowser aufrufen lässt, befinden sich als Open-Source-Lösungen bereits auf dem Gateway.



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...20mA/0...10V) 6x digitale IO's 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

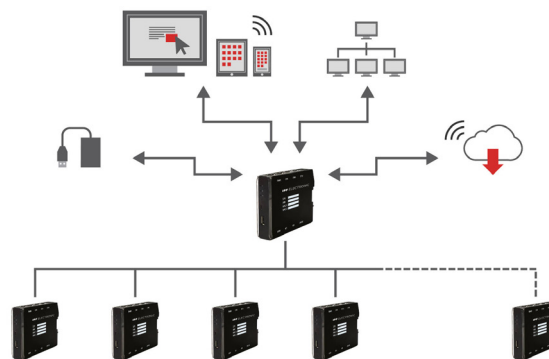
Übersicht zu den Leistungsmerkmalen des IloT-Gateways **BY000002**.

Zu den herausragenden Eigenschaften des Gateways zur Erfassung von Energieströmen zählen u.a. eine hohe Einsatzflexibilität und Skalierbarkeit. So ermöglicht das IIoT-Gateway ein kontinuierliches Monitoring einer einzelnen Anlage, z. B. durch den Anschluss an eine SPS, oder lässt sich als vernetzte fabrikweite Lösung implementieren, die jederzeit flexibel erweiterbar ist.



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

Bei Einsatz eines Gateways werden die von einer Maschine, einer Anlage oder von einem Prozess ermittelten Daten und Messwerte im großen internen Ringspeicher des Gerätes oder alternativ hierzu über eine USB2.0-Device-Schnittstelle auf ein externes Speichermedium abgelegt. Darüber hinaus lassen sich die Messwerte auf einen lokalen Server übertragen oder über eine sichere VPN-Verbindung (VPN: Virtuell Private Network) in einer Cloud abspeichern.



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

Bei einer fabrikweiten Lösung werden die auf den einzelnen Gateways dezentral gesammelten Daten an ein zentrales Gateway als Master übertragen und somit zusammengeführt. Anschließend lassen sich die Messdaten über das Dashboard zur Analyse und Auswertung visualisieren. Das zentrale Gateway kann aber bpsw. auch zusätzlich auf ein Firmennetzwerk, ein Speichermedium oder eine Cloud zugreifen und die hierauf befindlichen Daten bzw. Messwerte gleich mitverarbeiten.

4.2 HOHE KONNEKTIVITÄT UND EINFACHE NETZWERKINTEGRATION

Ein weiterer entscheidender Vorteil des Gateways ist dessen hohe Konnektivität aufgrund einer Vielzahl an Schnittstellen. So können bis zu sechs digitale und vier analoge Sensoren direkt an ein Gateway angeschlossen werden. Das **BY000002** stellt hierzu vier Analogeingänge (4...20mA/0...10V) sowie sechs digitale IOs bereit. Alternativ hierzu haben Anwender aber auch die Option, Sensoren z. B. über Modbus anzubinden, wobei sich über Modbus RTU bis zu 32 Geräte und via Modbus TCP bis zu 200 Geräte verbinden lassen.

Neben den oben genannten Schnittstellen bietet das Gateway weitere Interfaces: 100MbE, USB2.0 Host (Micro-USB) für den Anschluss an einen PC zur Konfiguration des Betriebssystems, USB2.0 Device für den Anschluss externer Speichermedien, CAN, RS485 sowie ein Back-Plane-Bus-Connector für AddOn-Module.

Ein hohes Maß an Kommunikationsfähigkeit beweist das Gateway auch hinsichtlich der Netzwerkprotokolle, die verarbeitet werden können, hierzu zählen Modbus, CAN, http, Cloud of Things, OPC U/A, DB/SQL und MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), ein einfaches Netzwerk- bzw. Messaging-Protokoll, das in den letzten Jahren zunehmend beliebter geworden ist und sich zu einem wichtigen Bestandteil vieler IoT-Lösungen etabliert hat. Optional ist außerdem ein WLAN-Modul (802.11b/g/n.150 Mbits/s) für den Aufbau einer Netzwerkverbindung erhältlich.

4.3 EXTREM VIELSEITIGE, LEISTUNGSFÄHIGE VISUALISIERUNG

Die übersichtliche Visualisierung aller zuvor gesammelten Messwerte auf einem PC oder mobilen Endgerät übernimmt das über jeden Standardwebbrowser aufrufbare Dashboard. Auch hier entschied sich ipf electronic mit Grafana als Webclient ebenfalls für eine plattformübergreifende, kostenfreie Open-Source-Anwendung zur grafischen Darstellung von Messdaten aus verschiedensten Quellen wie z. B. InfluxDB, MySQL, PostgreSQL, Prometheus, etc.

Hierzu bietet das interaktive, individuell konfigurierbare und überaus leistungsfähige Dashboard sehr vielfältige Möglichkeiten zur Datenvisualisierung, z. B. in Form von Tachometer-, Säulen- oder Kurvendiagrammen, Heatmaps, Histogrammen, etc. Auch individuelle 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 die Möglichkeit besteht, dass der Anwender bei Erreichen oder Überschreiten einer spezifischen Schwelle eine Push-Nachricht z. B. auf sein Mobiltelefon erhält. Doch das ist nur ein kleiner Bruchteil der zahlreichen Optionen, die die vielseitige Open-Source-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 eine problemlose teamweite Zusammenarbeit mit einem reibungslosen Datenaustausch ohne Medienbrüche ermöglicht wird.

5 BREITES SENSORANGEBOT FÜR DEZENTRALE VERBRAUCHSMESSUNGEN

Flankierend zu dem Gateway als eine wesentliche Grundlage für potenzielle Energiekosteneinsparungen bietet ipf electronic ein breites Angebot an Sensorlösungen für dezentrale Verbrauchsmessungen an.

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 Frequenzgänge.

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 den Baureihen **FK**, **FM** 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 Einsatz von größeren Behältern, die weniger oft befüllt werden müssen und somit u.a. den Einsatz von Pumpen reduzieren. Doch das ist nur ein Beispiel von vielen, wie sich anhand der Messdaten von Füllstandssensoren 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 (235mm bis 1185mm) 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 vielfach bewährten Sensoren eignen sich insbesondere für Füllstandabfragen in Vorratsbehältern, z. B. für Kühlemulsionen von Maschinen.

Die Füllstandssensoren 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 die 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.

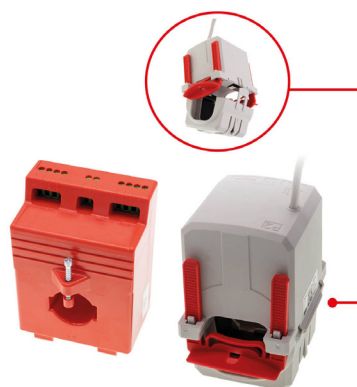


Verschiedene Lösungen von ipf electronic für Füllstandmessungen: Sensor der Baureihe **FM** mit Parallelstab und integriertem Schaltausgang für den sofortigen Einsatz ohne Medienabgleich (oben), ein Gerät der Baureihe **FK** mit Messsonde für Medientemperaturen bis +100° C (Mitte) und ein Ultraschallsensor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

Ultraschallsensoren der Baureihe **UT** 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. Die Ultraschallsensoren eignen sich für die Füllstandkontrolle von allen Medien, die in der Lage sind, den Schallimpuls der Geräte in ausreichender Menge zu reflektieren. Vor diesem Hintergrund ist ein bevorzugter Einsatzbereich der Sensoren z. B. die Abfrage von hochtransparenten Flüssigkeiten.

5.4 STROMVERBRAUCHSMESSUNGEN VON KOMPONENTEN, ANLAGEN UND BETRIEBSSTÄTTEN

Die Messumformer (AC) 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. Auf diese Weise lässt sich u.a. ermitteln, 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.



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.

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 möglich. Ferner lässt sich bspw. ermitteln, wie sich die Zustände im laufenden Anlagenbetrieb verändern und welcher Drücke es in bestimmten Zeiträumen bedarf, um nur wenige Beispiele zu nennen. Zu welchem Zweck 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 Baureihen **DW3** wurden für Druckmessungen von gasförmigen und flüssigen Medien entwickelt. Die Geräte der Reihen **DT16**, **DT24**, **DW16** und **DW06** sind für Messungen von gasförmigen Medien wie z. B. Druckluft oder Stickstoff konzipiert.

Die Gerätereihe **DW3** mit frontbündiger Membran bzw. Einbaugewinde decken Druckbereiche von -1bar bis +600bar bzw. -1bar bis +1bar ab und eignen sich u.a. aufgrund der robusten Ausführung der medienberührenden Teile für eine Vielzahl an Druckmessungen von gasförmigen und flüssigen Medien.

Die Geräte verfügen über zwei Schaltausgänge, die bis zu 250mA pro Kanal liefern. Der zweite Ausgang kann zudem als Schalt-, Analog- oder Alarmausgang genutzt werden.

Neben der integrierten Folientastatur lassen sich die Drucksensoren über eine separate PC-Software parametrieren und auslesen. Eine Testfunktion bietet überdies die Möglichkeit, die elektrische Funktion bzw. die angeschalteten Auswertungen der Geräte über die Software oder die Folientastatur am Sensor zu überprüfen. Hierbei lässt sich jeder Druck simulieren, ohne dass am Sensor selbst ein Druck anliegen muss.

Werden die Drucksensoren als Messmittel eingesetzt, können sie auf Wunsch regelmäßig von ipf electronic kalibriert werden, wobei hierzu auch die entsprechenden Kalibrierzertifikate ausgestellt werden.



ipf electronic stellt eine Vielzahl an Lösungen für die Druckmessung von gasförmigen und flüssigen Medien (**DW3**) bereit: Geräte der Baureihe **DW3** und **DW16** (links und rechts oben) sowie **DT16**, **DT24** und **DW06** (links, mitte und rechts unten).

Die Drucktransmitter **DT16** von ipf electronic für Druck- und Vakuumanwendungen sind besonders kompakte und mit einem Gewicht von 25g zudem sehr leichte Geräte, die sich für den vielfältigen Einsatz in allen erdenklichen Handlings- und Automatisierungssystemen eignen.

Die robusten Sensoren im Edelstahlgehäuse mit M8-Steckverbinder und G1/8"-Prozessanschluss sind für Umgebungstemperaturen von -10 °C bis +70 °C ausgelegt und empfehlen sich daher auch für anspruchsvolle Einsatzbedingungen. Die Messzelle ist für gefilterte, trockene oder geölte Druckluft und neutrale Gase geeignet. Zur Auswertung integrieren die Geräte einen Analogausgang (4...20mA) mit einer Gesamtgenauigkeit von $\pm 0,5\%$ und einer Wiederholgenauigkeit von $\pm 0,2\%$. Die Drucktransmitter **DT16** sind mit vier unterschiedlichen Druckbereichen (-1 bis 0bar, 0 bis +10bar, -1 bis +1bar und -1 bis +10bar) erhältlich.

Die Drucktransmitter der Baureihe **DT24** im robusten Edelstahlgehäuse (Schutzart IP68) mit G1/4"-Prozessanschluss und einer Keramik-Messzelle ergänzen das breitgefächerte Portfolio an Drucksensoren von ipf electronic. Mit einer Länge von 57mm sowie einem Durchmesser von 24mm überzeugen die Sensoren durch eine kompakte Bauform. Die Gerätereihe eignet sich zur Messung von allen gasförmigen und flüssigen Medien der Fluidgruppe 2 (Medien, die weder explosionsgefährlich, entzündlich, brandfördernd oder giftig bzw. sehr giftig sind). Die Messwerte können über einen Analogausgang (4- 20mA) ausgewertet werden. Der Anschluss der Sensoren erfolgt über einen M12-Stecker. Die Drucktransmitter **DT24** sind mit fünf unterschiedlichen Druckbereichen (0 bis 10bar, 0 bis 40bar, 0 bis 100bar, 0 bis 250 und 0 bis 400bar) erhältlich.

Die ebenfalls überaus kompakten elektronischen IO-Link-Vakuum- und Drucksensoren der Baureihe **DW16** für gefilterte, trockene oder geölte Druckluft sowie neutrale Gase decken Erfassungsbereiche von -1...10bar ab und verfügen über eine Ansprechzeit <2,5ms sowie eine Schaltfrequenz von 200Hz. Die kalibrierten und temperaturkompensierten Geräte liefern hochpräzise Messwerte und ermöglichen somit einen variablen und damit vielseitigen Einsatz in allen erdenklichen Bereichen von Handlings- und Automationssystemen (z. B. Drucküberwachung, Vakuumkontrolle bei Unterdrucktraversen, Ansteuerung

von Kompressoren, etc.). Ausgestattet sind die Drucksensoren mit zwei unabhängig voneinander einstellbaren Signalausgängen mit präzise einstellbaren Schaltpunkten. Zudem ist die jeweils zugehörige Schaltpunkthysterese frei definierbar.

Die Drucksensoren der Baureihen **DW04**, **DW06** und **DW08** sind für die direkte Montage in Druckluftleitungen vorgesehen. Sie sind hierzu mit einem Push-In Anschluß ausgestattet, in denen die Schlauchleitungen eingeschoben und sofort arretiert werden können. Gleichzeitig stellt die Verschlusstechnik sicher, dass die Leitungen nach der Montage absolut dicht sind. Die Baureihe ist daher für unterschiedliche Leitungsdurchmesser von 4mm, 6mm und 8mm mit Druckbereichen von -1 bis 0bar, 0 bis 10bar, -1 bis +1bar und -1 bis +10 bar erhältlich. Die Drucksensoren werden in jeweils zwei unterschiedlichen Geräteversionen offeriert. Eine Lösung verfügt über einen Schaltausgang und ein Potentiometer. Die hierzu entsprechende Sensorvariante integriert zwei Schaltausgänge und eine IO-Link-Schnittstelle. Die Sensoren mit M8-Steckverbinder verfügen über die Schutzklasse IP68 und sind für Umgebungstemperaturen von -10 °C bis +60 °C ausgelegt.

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.



Temperatursensoren der Baureihen **YT35** (links), **YT90** (mitte) und **YT45**. Die Thermowiderstände PT100 sind mit verschiedenen Sondenlängen erhältlich.

Die Temperatursensoren der Reihen **YT35** und **YT45** wurden für die medienberührende Temperaturmessung von technischen Gasen und Flüssigkeiten entwickelt. In Kombination mit einem PT100-Thermowiderstand eignen sich die Messumformer vom Typ **YT353100** und **YT353120** in diesem Zusammenhang für die Erfassung von Temperaturen in einem sehr weiten Bereich von -40 °C bis +300 °C. Die Messumformer sind mit zwei Schaltausgängen ausgestattet, von denen einer als Analogausgang (0...10V / 4...20mA) parametrisiert werden kann. Der Analogausgang verfügt dabei über eine hohe Wiederholgenauigkeit von 0,1%.

Die Temperatursensoren der Reihe **YT45** mit Messaufnehmer aus Edelstahl sind als Einschraubarmatur mit 1/2"-Prozessanschluss verfügbar und für Medientemperaturen von -40 °C bis +120 °C ausgelegt. Die Geräte integrieren einen Schaltausgang sowie einen Analogausgang (4...20mA) und lassen sich anhand von drei Tasten an der Frontseite parametrieren.

Die Temperaturtransmitter der Baureihe **YT90** in Edelstahl mit G1/2"-Prozessanschluss und PT100-Thermowiderstand verfügen über einen Analogausgang (4-20mA) und sind in sechs Varianten mit zwei Messfühlerlängen (50 und 100mm) für jeweils drei unterschiedliche Temperaturbereiche (-50 bis +150°C, -20 bis +120°C und 0 bis +100°C) erhältlich.

6 WIRTSCHAFTLICHE LÖSUNGEN FÜR DAS CONDITION MONITORING

Das Condition Monitoring ist ein wichtiger Baustein für Unternehmen im Hinblick auf die stetig wachsende Digitalisierung ihrer Prozesse. Mit Condition Monitoring Systemen (CMS) lassen sich von überall Teilkomponenten, Prozesse, Maschinen und komplette Produktionsanlagen gezielt überwachen. Hierdurch wird die Produktivität aufgrund einer höheren Maschinen- und Anlagenverfügbarkeit gesteigert und zudem die Transparenz über die tatsächlich verfügbaren Produktionskapazitäten erhöht. 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 verschlingen zudem wertvolle Ressourcen für die Problembeseitigung, was letztendlich viel Aufwand und hohe Kosten bedeutet.

Wie bereits in der Einleitung zu diesem White Paper erwähnt, erfüllt das hier vorgestellte IIoT-Gateway sämtliche Voraussetzungen für ein gezieltes Condition Monitoring und das, ebenso wie beim Energiemonitoring, ohne aufwendige Umbauten sowie hohe Investitions- und Folgekosten. Wie in Kapitel 4.1 im Zusammenhang mit einem Energiemonitoring beschrieben, ist hierbei entweder eine Zustandsüberwachung auf Maschinenebene oder aber ein fabrikweites, vernetztes CMS realisierbar.

6.1 HÖHERE ANLAGENVERFÜGBARKEIT DURCH GEZIELTE 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 gespeichert und können, optional angereichert mit weiteren Daten von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) und Servern (BMD, MDE, etc.), über die im Kapitel 4.3 bereits vorgestellte Software (Grafana) auf einem Dashboard visualisiert und analysiert werden. Mithilfe der übersichtlich dargestellten Maschinen-, Anlagen- und Prozessdaten sind Anwender somit zu jeder Zeit darüber informiert, was in einer Produktion geschieht und können sofort handeln, noch bevor größere Fehler und damit Probleme auftreten.

Je nach Anforderungen an das Condition Monitoring lassen sich außerdem im Gateway über das Betriebssystem bestimmte Schwellen- oder Grenzwerte festlegen, z. B. im Zusammenhang mit der Überwachung von Temperaturverläufen, Druckluftverbräuchen, Füllständen, 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 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, um nur ein Beispiel zu nennen.

6.2 SENSORLÖSUNGEN FÜR DAS CONDITION MONITORING VON ANLAGEN, MASCHINEN UND PROZESSEN

Prinzipiell können die im Kapitel 5 vorgestellten Sensoren auch für eine durchgängige Zustandsüberwachung eingesetzt werden. Hierzu gehören Lösungen u.a. für die Durchfluss-, Verbrauchs-, Volumen- und Temperaturmessung von leitfähigen Flüssigkeiten und technischen Gasen wie die Baureihen **SM**, **SL**, **YT35**, **YT45** und **YT90** Sensoren zur Erfassung von Füllständen in Behältern mit flüssigen und pastösen Medien (Baureihen **FK**, **FM** und **UT**), Geräte zur Druckmessung von gasförmigen oder flüssigen Medien (Baureihen **DW3**, **DT16**, **DT24**, **DW16** und **DW06**) sowie die Messumformer der Reihe **NZ** für Stromverbrauchsmessungen. Da weiter oben schon auf die technischen Eigenschaften dieser Lösungen detaillierter eingegangen wurde, sollen nachfolgend einige Anwendungsbeispiele für den potenziellen Einsatz dieser Geräte 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.

6.3 EINFACHE KOMMUNIKATION DURCH STANDARDISIERTE INDUSTRIEPROTOKOLLE

Wie aus der Übersicht in Abb. 2 ersichtlich ist, beherrscht das Gateway zahlreiche Kommunikationsprotokolle, darunter u.a. auch das standardisierte OPC U/A-Protokoll (Open Platform Communications Unified Architecture) für die Kommunikation und den Datenaustausch im 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 Gateway angeschlossenen Sensorik eröffnen sich in diesem Zusammenhang 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 zur Gerätefunktionalität bereitstellen, die wiederum auf einer SPS weiterverarbeitet und ausgewertet werden können.

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 U/A-Protokoll direkt auf ein Gateway übertragen und für das 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 ÜBERWACHUNG VON POSITIONIER- UND ZUFÜHRPROZESSEN MIT INDUKTIVEN SENSOREN

ipf electronic verfügt über eine ganze Reihe an induktiven Sensoren mit IO-Link-Schnittstelle. Ein Großteil der Näherungsschalter liefern über IO-Link u.a. die Zusatzinformation, ob sich ein Sensor bei der Abfrage innerhalb seines sicheren Schaltbereichs befindet und somit ein Objekt stets zuverlässig detektiert.

Möchte man diese Information für ein Condition Monitoring nutzen, muss der induktive Sensor via IO-Link-Schnittstelle mit der SPS einer Anlage verbunden sein, wobei die Steuerung die entsprechenden Sensorinformationen mittels OPC U/A-Protokoll an ein Gateway überträgt. Anhand dieser im Gateway gespeicherten Daten ist dann über die Darstellung auf dem Dashboard sehr schnell ersichtlich, ob ein Näherungsschalter im sicheren Schaltbereich arbeitet oder sich möglicherweise schon innerhalb seiner Ansprechgrenzen bewegt bzw. nicht mehr das zu erwartende Schaltverhalten zeigt. Gründe hierfür können u. a. veränderte und damit fehlerhafte Prozesse z. B. bei einer automatisierten Bauteilzuführung sein, sodass bspw. rechtzeitig die Mechanik eines Zuführ- oder Positioniersystems kontrolliert und ggfs. korrigiert werden kann, noch bevor es zu einem kompletten Anlagenstillstand kommt.

Die induktiven Sensoren **IC080172**, **IC120122**, **IC180122** und **IC300122** mit IO-Link-Interface von ipf electronic sind in der Lage, die oben beschriebene Überwachungsfunktion auszuführen. Die Näherungsschalter für den bündigen Einbau verfügen über hohe Reichweiten bis 10mm und sind extrem robust, da sie über ein Gehäuse komplett in Edelstahl verfügen (Schutzklasse IP69K), das auch an den aktiven Flächen absolut dicht gegenüber Flüssigkeiten und Gasen ist. Die Sensoren wurden insbesondere für Anwendungen entwickelt, in denen sehr hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Langlebigkeit der Sensorik gestellt werden, z. B. Einsatzgebiete mit Öl, Schmutz, hohen Drücken oder starken mechanischen Beanspruchungen.



Induktive Sensoren mit IO-Link: **IC080172** (oben, links), **IC120122** (oben, rechts), **IC180122** (unten, links) und **IC300122** (unten, rechts).

Sind in Applikationen induktive Sensoren mit erhöhten Schaltabständen notwendig, die via IO-Link gleichzeitig auch Diagnosedaten über ihre Schaltzustände liefern sollen, dann bieten sich hierfür der **IB050176** oder der **IN450423** mit maximalen Schaltabständen von 1,5mm bis 40mm an. Beide Geräte haben Schutzklasse IP67, wobei der **IN450423** als quaderförmige Variante für den nicht-bündigen Einbau mit passender Anschlussleitung auch IP69K erreicht.



Für erhöhte Schaltabstände ausgelegte induktive Sensoren: der **IB050176** (links) und **IN450423** mit IO-Link-Schnittstelle.

Die genannten Näherungsschalter stehen exemplarisch für eine ganze Reihe an induktiven Sensoren von ipf electronic mit IO-Link, die sich zusätzlich zu ihren originären Aufgabenstellungen für die kontinuierliche Zustandsüberwachung eignen. In diesem Zusammenhang sind u.a. auch die spanresistenten induktiven Sensoren zu nennen, die problemlos Zielobjekte aus Stahl, Buntmetallen und VA erkennen, ohne dass es aufgrund von Metallspänen zu Fehlfunktionen kommt.



Spanresistente induktive Sensoren: links der **IO30012F** in Baugröße M30, daneben der **IO18012F** in Baugröße M18 und der **IO12012F** in Baugröße M12.

6.4.2 ÜBERWACHUNG DES VERSCHMUTZUNGSGRADES VON GABELLICHTSCHRANKEN

Ein weiteres Beispiel für die Integration von IO-Link-Sensoren in das 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 U/A an ein 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 ungedämpften 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 ungedämpfter 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 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 eine Push-Nachricht z. B. per E-Mail oder SMS an verantwortliche Personen zu versenden, wenn dieser Wert erreicht ist.

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 auch sehr vielseitig für ein effizientes Condition Monitoring einsetzbar ist, um u. a. bislang vielfach ungenutzte Potenziale für effektivere Instandhaltungsstrategien zu heben.

So lässt sich im Gegensatz zu einer reaktiven Instandhaltung, die erst dann aktiv wird, wenn ein Fehler oder Problem bereits aufgetreten ist, mit den über das 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 (Meantime between Failures) verlängert, die durchschnittliche Zeit bis zu einer Reparatur (Meantime to Repair) verkürzt sowie die durchschnittlichen Kosten der Ersatzteile pro Anlagenausfall (Mean Cost of Replacement Parts) reduzieren.

7 APPLIKATION: DRUCKLUFTVERLUSTE IN DER PRODUKTION GEZIELT SENKEN

Druckluft ist eine wertvolle Ressource, verpufft aber in vielen Unternehmen dennoch oftmals völlig ungenutzt. Wie hoch die Druckluftverluste und die damit korrelierenden Kosten tatsächlich sein können, wollte die Diamond Tooling Systems GmbH (DTS) aus Kaiserslautern einmal genauer wissen. Das Unternehmen ist auf die Entwicklung, Fertigung und den Vertrieb von Präzisionswerkzeugen spezialisiert, die mit ultraharten Schneidwerkstoffen bestückt sind. Druckluft wird in nahezu allen Bereichen der Produktion benötigt.

7.1 KEINEN ÜBERBLICK ÜBER VERBRAUCH UND MÖGLICHE VERSCHWENDUNG

Bis 2023 hatte die DTS jedoch weder einen Überblick, wie hoch der Druckluftverbrauch in der Produktion tatsächlich ist, noch wieviel hiervon möglicherweise verschwendet wird. Daher entschloss sich das Unternehmen, den Verbrauch im Rahmen einer Projektarbeit eingehender zu untersuchen. In diesem Zusammenhang sollte zudem aufgezeigt werden, mit welchen Maßnahmen sich der Verbrauch von Druckluft und die Kosten für deren Erzeugung reduzieren lassen.

7.2 DETAILLIERTE ANALYSE INKLUSIVE EINSARPOTENZIALE

Zu den zentralen Anforderungen des Projektes gehörte u.a., eine Übersicht über den Druckluftverbrauch pro Maschine und Abteilung zu erstellen sowie die entsprechenden Jahresverbräuche zu ermitteln, die in eine anschließende Kostenanalyse mit Einsparpotenzialen münden sollte. Zu Projektbeginn wurde eine Ist-Aufnahme mit allen Randbedingungen durchgeführt, aus den Anforderungen sowie Möglichkeiten konkrete Ziele definiert und in einem Projektauftrag festgehalten.

Insgesamt 14 Maschinen wurden in verschiedenen Produktionsbereichen (Lasern, Schleifen und Löten) näher unter die Lupe genommen. Die Druckluft für diese Anlagen erzeugen zwei Kompressoren, die im wöchentlichen Wechsel in Betrieb sind, sodass eine Versorgungseinheit immer als Backup dient. Während der Projektplanung wurde u.a. eine Multimomentaufnahme der Kompressoren durchgeführt, da von deren Auslastung und dem Druck direkt auf den Volumenstrom und umgekehrt, sowie auf den Stromverbrauch geschlossen werden kann.

7.3 EXAKTE MESSUNGEN MIT INTELLIGENTER DATENVERARBEITUNG

Das Equipment zur Erfassung des Druckluftverbrauchs und Verarbeitung der Daten lieferte ipf electronic. Konkret handelte es sich hierbei um den Strömungssensor **SL920021** und das IIoT-Gateway **BY000002** (detaillierte Infos in Kapitel 4.1). Der Strömungssensor ist für den Einbau selbst bei beengten Platzverhältnissen geeignet und integriert bereits einen Strömungsgleichrichter. Die Sensorelemente werden somit für die Messungen stets optimal angeströmt, denn hierfür ist eine Beruhigung der Strömung (laminare Strömung) zwingend erforderlich. Eine zusätzliche Ein- und Auslaufstrecke, wie bei anderen Lösungen, ist nicht notwendig. Der **SL920021** bietet sich daher insbesondere für Messungen innerhalb von Schlauchleitungen an. Die vom Sensor erfassten Messwerte werden im Ring-speicher des IIoT-Gateways **BY000002** abgelegt.



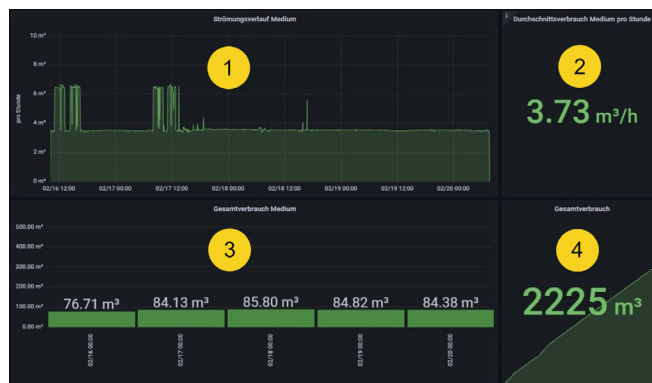
Der Strömungssensor **SL920021** mit integriertem Strömungsgleichrichter eignet sich ideal zur Integration in Schlauchleitungen.

7.4 SPEZIFIZIERUNG VON DRUCKLUFTVERBRAUCH UND -VERLUST

Zwei zuvor entwickelte Excel-Programme dienten dazu, die Berechnungen zu vereinheitlichen und übersichtlich zu visualisieren. Mithilfe der aus dem Gateway als CSV-Datei exportierten Daten ließ sich somit eine generelle Verbrauchsübersicht erstellen, die alle Zeiträume berücksichtigte, in denen die Maschinen Druckluft verbrauchten oder nicht. Die zweite Excel-Anwendung, ebenfalls auf Basis der Daten aus dem Gateway, diente als eigentlicher Kostenrechner, um den Verbrauch und die Verluste an Druckluft der einzelnen Maschinen zu spezifizieren. Durch die kombinierte Analyse aus beiden Listen ließen sich außerdem entsprechende Maßnahmen für Drucklufteinsparungen ableiten. Als Berechnungsgrundlage für den Kostenrechner wurde ein Leitungsverlust von 15% für jede Anlage, bedingt durch den Druckluftanschluss an den Maschinen, sowie ein Strompreis von 0,18 Euro je Kilowattstunde festgelegt.


7.5 EINFACH INTEGRATION VON SENSOR UND GATEWAY

Für die Messungen wurde der Strömungssensor über Schnellanschlüsse in die Druckluftleitungen der jeweiligen Maschinen integriert und über die Modbus RTU-Schnittstelle mit dem Gateway verbunden. Das Betriebssystem des Gateways wurde zuvor von ipf electronic vorkonfiguriert. Via WLAN-Verbindung ließen sich die vom Sensor erfassten und vom Gateway gespeicherten Daten abrufen und über den Webclient der Visualisierungssoftware auf einem PC darstellen. Für den Verbrauchs- und Verlustrechner konnten bis auf den vordefinierten Leitungsverlust und den Strompreis alle über das Gateway bereitgestellten Daten genutzt werden.



Mithilfe der Visualisierungssoftware wurden im Projektverlauf verschiedenste Diagramme zum Strömungsverlauf erstellt. Auch eine Auswahl individueller Detailansichten mit vergrößerter Darstellung und höherer Messwertauflösung war hierbei möglich. Diese Visualisierung zeigt den Strömungsverlauf (1) und den durchschnittlichen Strömungsverlauf (2) in m³/h, den Tagesverbrauch an Druckluft (3) in m³ sowie den Gesamtverbrauch (4). (Bild: DTS GmbH)

Verbrauchsrechner mit Verlustrechnung

Preis _{pro kWh}	0,18 €	 <p>DTS GmbH Diamond Tooling Systems</p>
Leitungsverlust	15 %	
Ø-Verbrauch _{Woche}	29,4 m³/h	
Ø-Verbrauch _{Wochenende}	29,4 m³/h	
Ø-Verlust	29,4 m³/h	
Verlustzeit _{pro Woche}	85,25 h	
Energieverbrauch _{1(100%)}	19,01 kWh	
Volumenstrom _{1(100%)}	142,92 m³/h	
Effizienz	49,26%	

Verbrauch pro Tag	811 m³	107,9 kWh	19,43 €	bei 24 Stunden
Verbrauch pro Woche	5680 m³	755,5 kWh	135,99 €	bei 7 Tagen
Verbrauch pro Monat	24343 m³	3237,9 kWh	582,83 €	bei 30 Tagen
Verbrauch pro Jahr	284004 m³	37775,8 kWh	6799,64 €	bei 50 Betriebswochen

Verlust pro Tag	412 m³	54,8 kWh	9,86 €	bei 24 Stunden
Verlust pro Woche	2882 m³	383,4 kWh	69,01 €	bei 7 Tagen
Verlust pro Monat	12353 m³	1643,1 kWh	295,75 €	bei 30 Tagen
Verlust pro Jahr	144115 m³	19169,0 kWh	3450,41 €	bei 50 Betriebswochen

Erstellt von: Felix Theiß Erstellt am: 13.02.2023

Für den Verbrauchs- und Verlustrechner ließen sich alle über das Gateway bereitgestellten Daten verwenden. Das Excel-Programm lieferte somit belastbare Zahlen zum Druckluftverbrauch und -verlust innerhalb verschiedener Zeitabschnitte. (Bild: DTS GmbH)

Berücksichtigt wurden hierbei der Durchschnittsverbrauch an Druckluft während der Woche sowie am Wochenende, der Durchschnittsverlust in Kubikmeter pro Stunde sowie die anfallende Verlustzeit pro Woche in Stunden.

Hieraus ließen sich der Energieverbrauch sowie der Volumenstrom berechnen, sodass valide Zahlen zum Verbrauch und Verlust pro Tag, Woche, Monat und Jahr zur Verfügung standen. Und das mit überraschenden Ergebnissen, wie nur zwei Beispiele belegen.

7.6 EINSARPOTENZIALE VON JÄHRLICH MEHR ALS 13.000 EURO

So entstand an einer Lasermaschine durch ein fehlerhaftes Pneumatikmodul ein Verlust von 1,71 m³/h in 168 Stunden pro Woche und führte zu jährlichen Kosten von 395,49 Euro.

Weitaus gravierender waren die ermittelten Kosten an einer anderen Lasermaschine in Höhe von 2.212,86 Euro per Anno. Ein Großteil dieser Kosten entstanden, weil die Maschine nach Beendigung eines Produktionsauftrags ihre pneumatisch betriebenen Achsen nicht abschaltete und daher in 141 Wochenstunden dauerhaft 11,4m³/h (also insgesamt 1607,4 m³) abgeblasen wurden. Die Maschine war durchschnittlich 5,4 Stunden täglich in Betrieb und stand den Rest sowie an den Wochenenden still. Die Druckluftverluste und damit Kosten hätten indes durch das manuelle Abschalten der Achsen nach jedem Auftrag vermieden werden können.

Defektes Pneumatikmodul: 1,71 m ³ /h Druckluftverlust in 168 Stunden pro Woche = 395,49 Euro

Nicht abgeschaltete Pneumatikachsen bei Maschinenstillstand: 11,4m ³ /h Druckluftverlust in 141 Stunden pro Woche = 2.212,86 Euro
--

Mithilfe der Lösungen von ipf electronic konnte schließlich ein unnötig hoher Druckluftverbrauch aufgedeckt und darüber hinaus gezielt Optimierungspotenziale identifiziert werden. Immerhin beliefen sich bei Abschluss der Projektarbeit die berechneten jährlichen Gesamtkosten für den Druckluftverbrauch auf 23.964,16 Euro und das Gesamtoptimierungspotenzial auf 13.277,76 Euro pro Jahr, wobei sich die Kosten nach Umsetzung aller Maßnahmen auf 10.686,40 Euro, also um rund 55%, senken lassen.

Jährliche Gesamtkosten 22.964,16 Euro Jährliches Einsparpotenzial: 13.277,76 Euro

7.7 LOHNENDE INVESTITION SCHONT RESSOURCEN

Die erfolgreiche Projektarbeit hat die DTS letztendlich dazu bewogen, in mehrere Strömungssensoren zu investieren, deren Messergebnisse regelmäßig in Form eines Messprotokolls ausgegeben werden sollen. Ziel ist es, jetzt frühzeitig Abweichungen des Druckluftverbrauchs zu erkennen, um schnell reagieren zu können. Für eventuelle Störfälle sollen zudem Warngrenzen programmiert und automatisch entsprechende Meldungen versendet werden.

© 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.

ipf electronic gmbh
info@ipf.de • www.ipf.de

Änderungen vorbehalten! Stand: Januar 2024