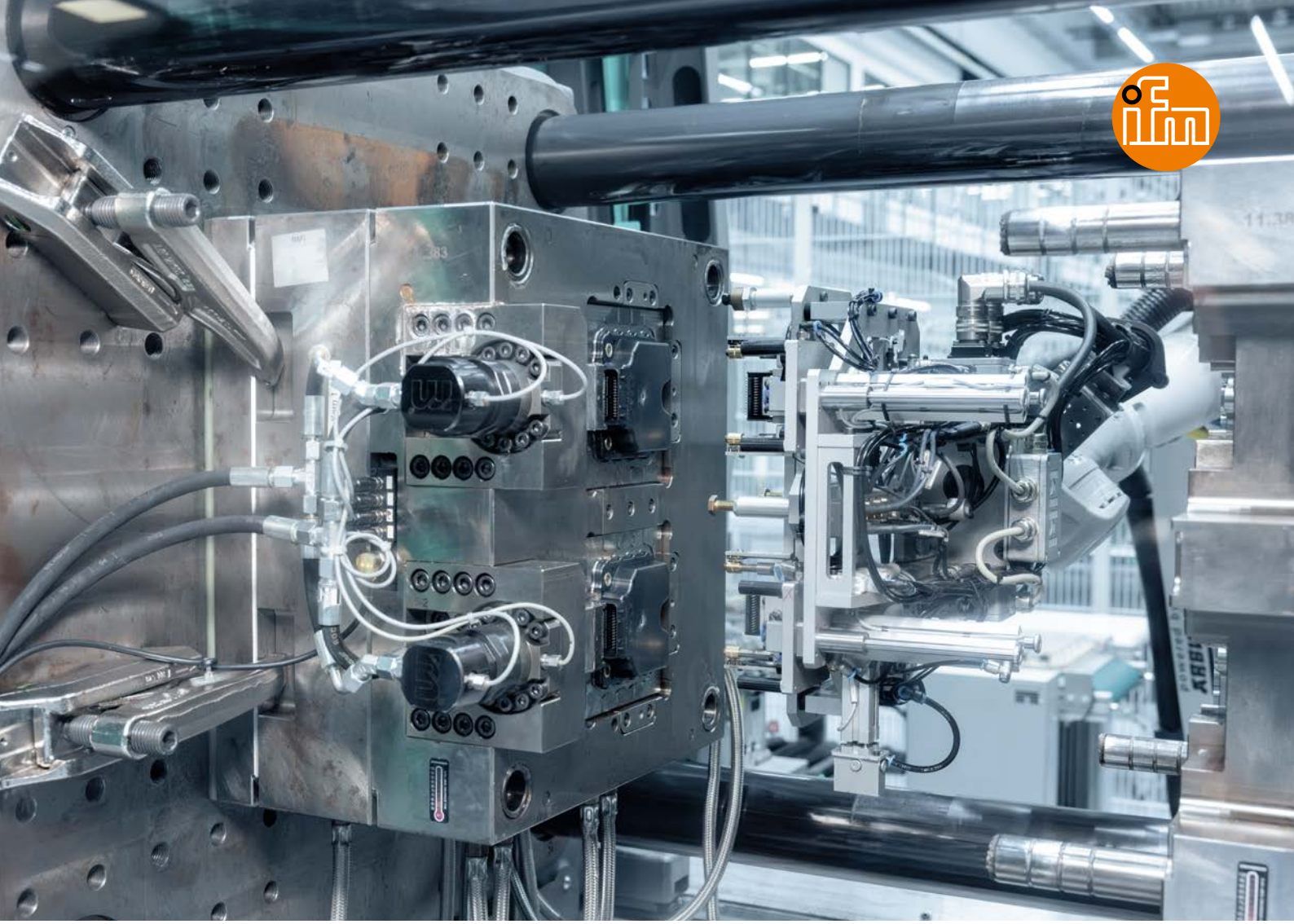


DIGITALE EINBLICKE INS WERKZEUG

Wie Sensorik und IIoT die Qualität und die Energieeffizienz im Spritzguss verbessern.

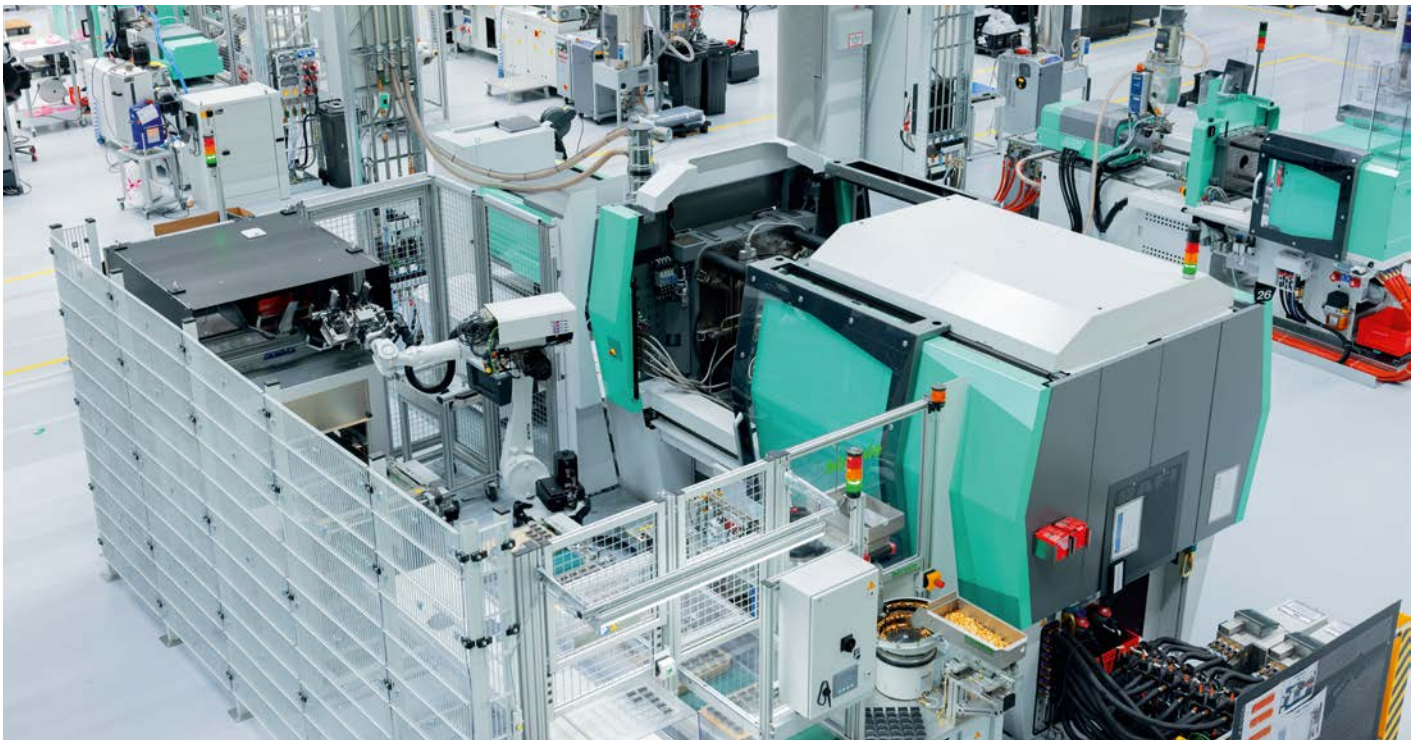
Steigende Qualitätsanforderungen, wachsender Kostendruck und der Anspruch an maximale Prozessstabilität prägen die moderne Kunststoffverarbeitung. Insbesondere im Spritzguss entscheiden reproduzierbare Bedingungen und eine präzise Prozessführung über Ausschussquote, Energieverbrauch und Wirtschaftlichkeit. Ein zentraler Erfolgsfaktor ist dabei die Verfügbarkeit belastbarer Prozessdaten. Am Standort Bad Waldsee zeigt die RAFI-Gruppe, wie sich durch den gezielten Einsatz von Sensorik und der IIoT-Plattform moneo aus Rohdaten konkrete Optimierungspotenziale für die Produktion erschließen lassen.

RAFI fertigt am Standort Bad Waldsee Kunststoffspritzgussteile sowohl für eigene HMI-Standardprodukte als auch für kundenspezifische Anwendungen. Die Einsatzbereiche reichen von der Medizintechnik über die Agrartechnik bis hin zu industriellen und automobilen Anwendungen. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an Maßhaltigkeit, Oberflächenqualität und Langzeitstabilität der Bauteile.

Im Spritzgussprozess wird vorgetrocknetes Kunststoffgranulat plastifiziert und unter hohem Druck in das Werkzeug eingespritzt. Die anschließende Abkühlphase ist für die Bauteilqualität entscheidend. Werkzeugtemperatur, Durchflussmenge des Kühlmediums und Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf müssen exakt eingehalten werden. Bereits geringe Abweichungen können sich negativ auf Zykluszeit, Formstabilität oder optische Eigenschaften auswirken.

Motivation: Prozesse sichtbar machen statt vermuten

Ausgangspunkt des Projekts war der gezielte Einsatz von Sensorik sowie der IIoT-Plattform moneo des Automatisierungsspezialisten ifm. Ziel war es, den Spritzgussprozess nicht länger ausschließlich über Erfahrungswerte und Stichproben zu bewerten. Stattdessen sollte er datenbasiert transparent und nachvollziehbar gemacht werden.



Kunststoffspritzgussmaschine inklusive Roboter
für das Handling der Formteile.

Guido Zoll, Entwicklung und Konstruktion bei RAFI, beschreibt den Ansatz so: *„Wir wollten genau verstehen, was während eines Spritzgusszyklus tatsächlich passiert – und welche Parameter wirklich Einfluss auf Qualität und Effizienz haben."*

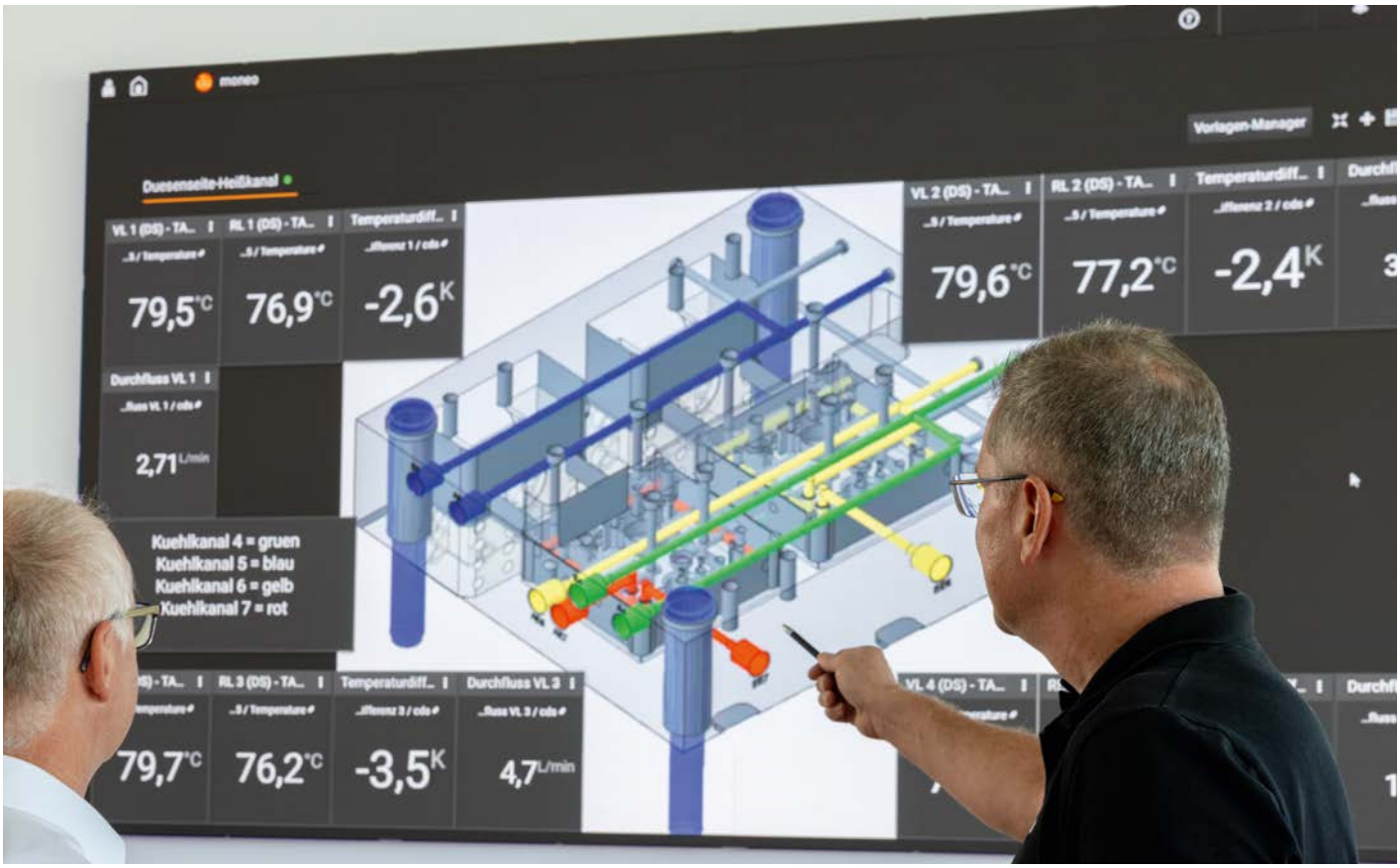
Im Fokus standen dabei insbesondere die thermischen Verhältnisse im Werkzeug, die Auslastung der Kühlkreisläufe sowie der Verbrauch unterstützender Medien wie Druckluft und elektrische Energie. Ziel war es, Transparenz zu schaffen und daraus konkrete Stellhebel für Optimierungen abzuleiten.

Sensorik als Datenquelle im Werkzeug und an der Maschine

In der praktischen Umsetzung wurden die unterschiedlichen Kühlkreisläufe der Spritzgusswerkzeuge mit Durchfluss- und Temperatursensoren ausgestattet. Diese erfassen kontinuierlich die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen sowie das jeweilige Kühlwasservolumen. Auf dieser Basis lassen sich Temperaturdifferenzen präzise bestimmen und belastbare Rückschlüsse auf die Effizienz der Werkzeugkühlung ziehen.

„Neben dem Kühlkreislauf analysieren wir auch die Stromaufnahme der Maschine, um Lastspitzen frühzeitig zu erkennen. Zusätzlich überwachen wir die Druckluftversorgung des Roboterarms und der Spritzgussmaschine, da sich Leckagen oder gelöste Verschraubungen unmittelbar in den Kennlinien zeigen. Diese Daten werden mit moneo erfasst und kontinuierlich ausgewertet. Überschreiten die Messwerte definierte Grenzbereiche, löst die Software automatisch eine Alarmmeldung aus. So lassen sich Störungen in Echtzeit identifizieren – zum Beispiel wenn ein Roboter aufgrund unzureichenden Drucks ein Bauteil verliert", so **Guido Zoll.** Da Druckluft zu den kostenintensivsten Energieformen zählt, haben selbst kleine Leckagen erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen.

Digitale Transparenz: moneo erfasst, visualisiert und analysiert alle Sensordaten und warnt selbstständig bei Grenzwertüberschreitungen oder Anomalien.



moneo als zentrale IIoT-Plattform

Eine große Menge an Sensordaten allein schafft noch keinen Mehrwert. Entscheidend sind ihre strukturierte Erfassung, Auswertung und Interpretation. Genau hier setzt moneo an: *„Unsere IIoT-Plattform schafft Transparenz in der Anlage und zeigt, wie Maschinen tatsächlich betrieben werden“,* erklärt **Christoph Schneider,** Vice President Produktmanagement Applikation bei ifm solutions. **Guido Zoll** ergänzt: *„Außerdem können alle im Team – vom Gruppenleiter bis zum Schichtführer – auf die Kennzahlen zugreifen. Jeder sieht in den Kennlinien sofort, wenn ein Prozess stabil läuft oder wenn etwas aus dem Ruder gerät.“*

Die eingesetzten IO-Link-Sensoren kommunizieren über IO-Link-Master, die die Daten bündeln und per Ethernet in das Firmennetzwerk übertragen. Von dort werden die Messwerte in moneo eingespeist. Bereits bei der Inbetriebnahme zeigte sich der modulare Ansatz der Plattform als Vorteil: *„Mit dem Software-Modul moneo configure konnten wir die Sensoren vorab parametrieren und anschließend ohne größere Stillstandzeiten in Betrieb nehmen“,* so **Christoph Schneider**, der seitens ifm die Projektumsetzung unterstützt hat.

moneo ist modular aufgebaut und deckt mehrere Ebenen ab – von der Geräteverwaltung über die Datenerfassung bis hin zur Analyse und Alarmierung.

Datenerfassung, Auswertung, Visualisierung und Historisierung

In moneo werden alle Sensordaten erfasst, zentral gespeichert und historisch nachvollziehbar aufbereitet. Über Dashboards lassen sich aktuelle Prozesszustände numerisch und grafisch darstellen. Anwender erkennen auf einen Blick, ob sich Temperaturen, Durchflussmengen oder Verbräuche innerhalb definierter Toleranzen bewegen. Diese Transparenz und die Auswertung der Messwerte zu aussagefähigen Kennzahlen sind ein entscheidender Schritt, wie **Christoph Schneider** betont: *„Erst wenn die Daten sichtbar sind, erkennt man, wo man ansetzen kann.“*

Neben der reinen Visualisierung ermöglicht moneo eine lückenlose Historisierung. Damit lassen sich Prozessverläufe über Stunden, Tage oder Wochen analysieren und mit Qualitätsmerkmalen der gefertigten Bauteile korrelieren.

> Daten werden mit moneo erfasst und kontinuierlich ausgewertet. Überschreiten die Messwerte definierte Grenzbereiche, löst die Software automatisch eine Alarmmeldung aus. So lassen sich Störungen in Echtzeit identifizieren.
>
> *Guido Zoll, Entwicklung und Konstruktion bei RAFI*

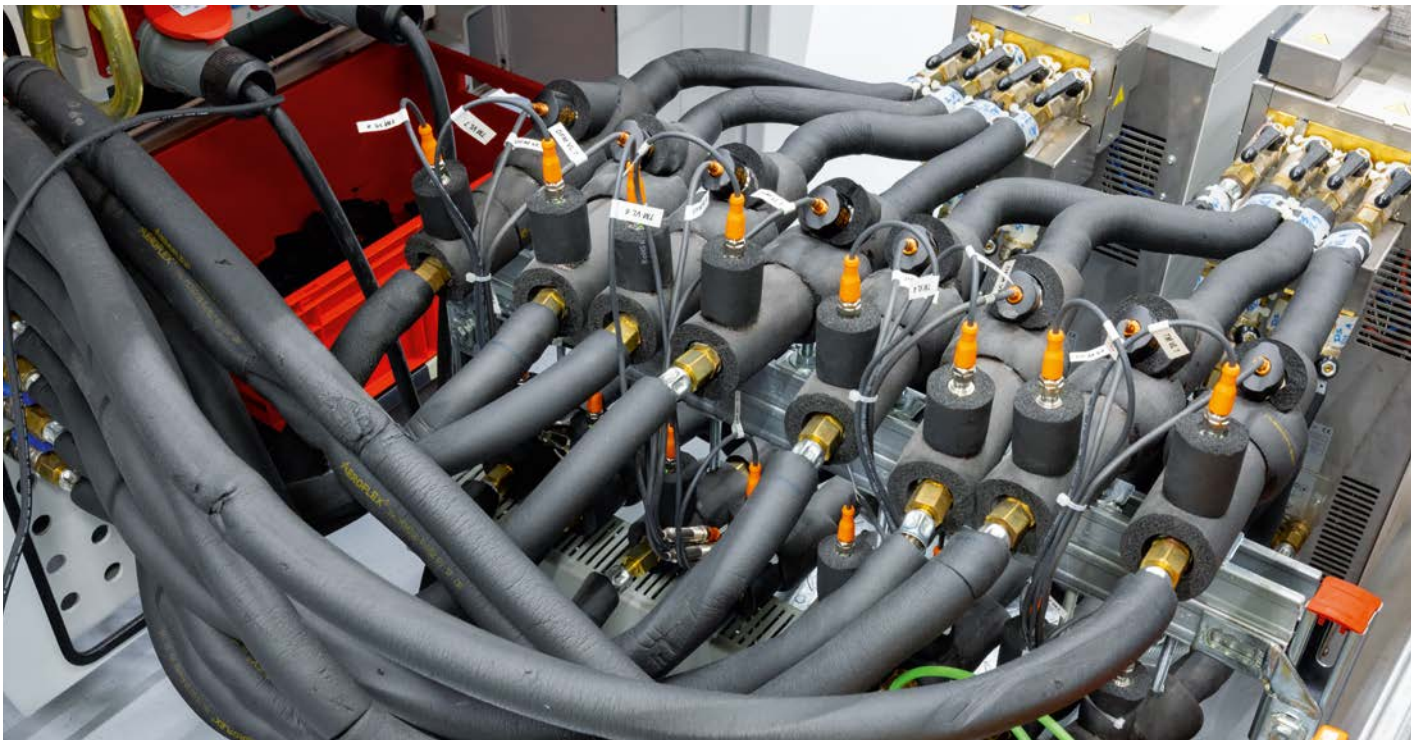


Der Druckluftzähler SD8500 erfasst hochpräzise Durchfluss, Verbrauch, Druck und Mediumtemperatur. Sämtliche Messwerte werden per IO-Link digital an die Steuerung sowie an moneo übertragen.

Grenzwerte, Alarme und Anomalieerkennung

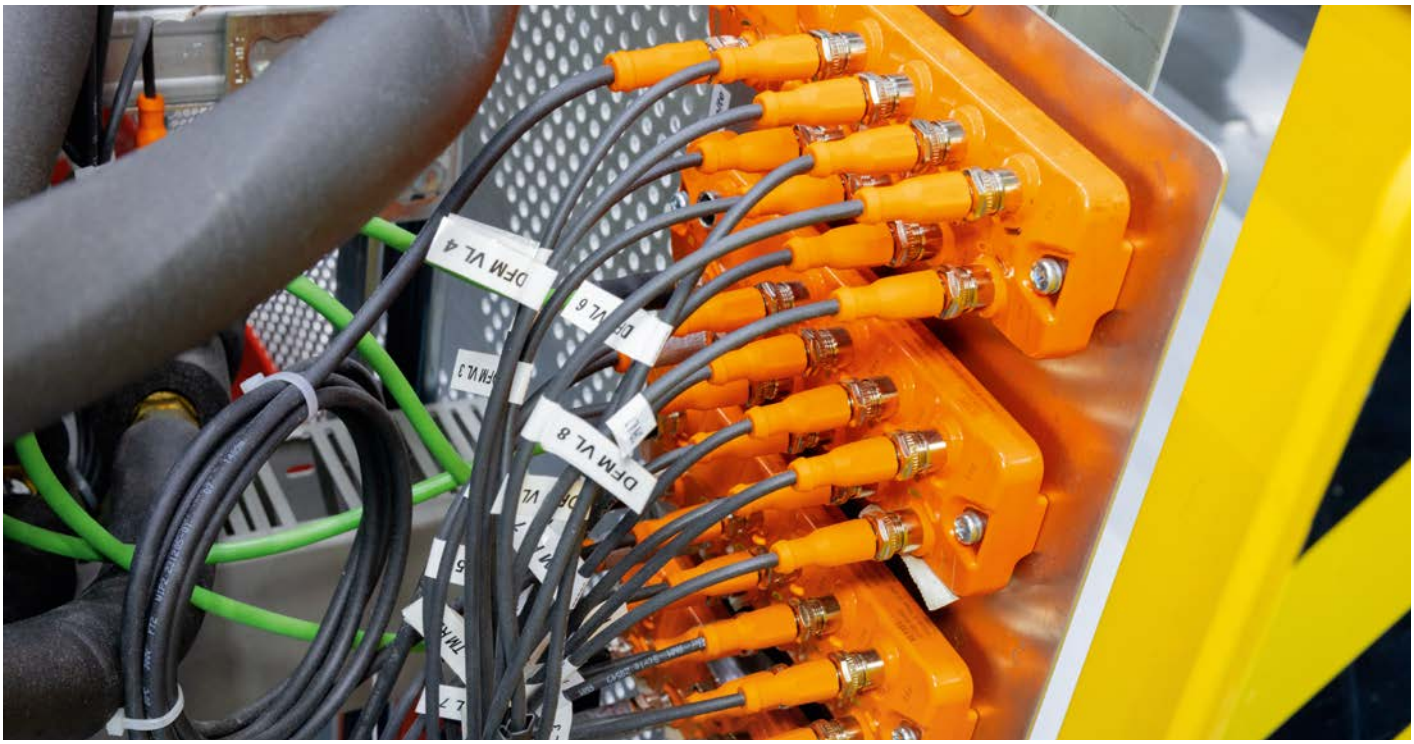
Ein zentrales Element von moneo ist die automatische Überwachung definierter Grenzwerte. Werden diese über- oder unterschritten, löst das System Alarme aus – etwa per E-Mail oder als Hinweis im Dashboard. So können Abweichungen frühzeitig erkannt und behoben werden, noch bevor sie sich in fehlerhaft produzierten Bauteilen niederschlagen.

Darüber hinaus unterstützt moneo die Erkennung von Anomalien im Prozess. Musterveränderungen in Temperatur- oder Durchflusskurven sowie die Analyse der berechneten Wärmemenge machen beispielsweise schleichende Verschmutzungen von Kühlkanälen sichtbar. *„Man geht oft davon aus, dass alles passt, wenn das Bauteil gut aussieht. Die Daten zeigen aber, ob vielleicht zu stark oder ungleichmäßig gekühlt wird“,* so **Christoph Schneider**. Diese intelligenten Analysefunktionen von moneo tragen maßgeblich dazu bei, Prozesse stabil und die Produktqualität konstant hochzuhalten.



Die verschiedenen Kühlkreisläufe des Spritzgusswerkzeugs werden mittels Temperatursensoren im Vor- und Rücklauf mit einer Genauigkeit von einem Zehntelgrad überwacht.

Alle digitalen und analogen Sensorsignale werden über die IO-Link-E/A-Module AL2301 gebündelt und als IO-Link-Signale an die Steuerung sowie an moneo weitergeleitet.



Vom Monitoring zur aktiven Prozessoptimierung

Der Mehrwert von moneo liegt nicht allein im Monitoring, sondern in der Ableitung konkreter Maßnahmen. Bei RAFI wurden auf Basis der Daten bereits Optimierungspotenziale identifiziert, etwa bei der Kühlwassermenge.

In einem Fall zeigte sich, dass statt der angestrebten Temperaturdifferenz von zwei Grad Celsius lediglich 0,8 Grad erreicht wurden – ein klarer Hinweis auf überdimensionierten Durchfluss. Durch die Anpassung des Kühlkreislaufs ließ sich Energie einsparen, ohne die Prozessstabilität zu beeinträchtigen. Gleichzeitig eröffnen die Daten die Möglichkeit, Zykluszeiten gezielt zu verkürzen und so in gleicher Zeit mehr Produkte herzustellen.
„Der Mehrwert entsteht erst, wenn man aus den Daten Maßnahmen ableitet und diese in den Prozess zurückführt“, erklärt **Christoph Schneider**. Dem pflichtet **Guido Zoll** von RAFI bei: *„Der Grundgedanke war, Ressourcen zu schonen und nur so viel einzusetzen, wie tatsächlich notwendig ist – also Kühlwasser, Strom oder Druckluft gezielt zu nutzen. Außerdem wollten wir Spitzenströme vermeiden. Wenn mehrere Maschinen gleichzeitig ihre Heizelemente einschalten, entstehen hohe Lastspitzen. Mit den erfassten Daten können wir künftig steuern, dass die Maschinen zeitlich versetzt anlaufen. So lassen sich diese Spitzen kappen und Energie einsparen.“*

Langfristig ist geplant, externe Systeme wie beispielsweise Temperiergeräte direkt anzubinden, um Stellgrößen automatisiert zu beeinflussen.

Energieeffizienz und Nachhaltigkeit

Neben der Qualitäts- und Prozessoptimierung rückt auch die Energieeffizienz zunehmend in den Fokus. Mit moneo lassen sich Energie- und Medienverbräuche detailliert erfassen, analysieren und wirtschaftlich bewerten. Auf diese Weise werden Einsparpotenziale nicht nur sichtbar, sondern auch quantifizierbar. Ein konkretes Beispiel ist der Druckluftverbrauch: *„Schon kurz nach der Inbetriebnahme haben wir gesehen, dass der Druckluftverbrauch kontinuierlich anstieg – das konnten wir sofort zuordnen und entsprechende Maßnahmen einleiten“*, so **Christoph Schneider.**

Selbst kleinste Leckagen, etwa bei einem Maschinenstillstand, werden durch die kontinuierliche Datenerfassung zuverlässig erkannt. Auf Basis der gewonnenen Informationen lässt sich präzise bestimmen, ab welchem Punkt sich Instandhaltungsmaßnahmen wirtschaftlich rechnen. Neben der direkten Kostensenkung leistet dieser datenbasierte Ansatz zugleich einen messbaren Beitrag zur Reduzierung von Energieverbrauch und CO_2-Emissionen bei.

Skalierung und Weiterentwicklung

Das Projekt ist bei RAFI bewusst skalierbar angelegt. Weitere Maschinen sollen sukzessive angebunden werden, zusätzliche Sensoren – etwa für Hallentemperatur oder Luftfeuchtigkeit – sind bereits geplant. Ziel ist es, alle qualitätsrelevanten Einflussfaktoren in moneo zusammenzuführen und miteinander zu verknüpfen.
„Aktuell planen wir die Erweiterung auf weitere Maschinen. Außerdem wollen wir zusätzliche Sensoren einbinden, zum Beispiel zur Messung der Feuchtigkeit im Trockner, der Drücke im Werkzeug, der Hallentemperatur oder der Klimaanlage. Ziel ist, in moneo alle Parameter zu erfassen, die Einfluss auf die Qualität der Spritzgussteile haben könnten“, so **Guido Zoll.**

Zukünftige Erweiterungen wie zustandsbasierte Wartung, automatische Handlungsempfehlungen oder KI-gestützte Auswertungen sollen den Weg von der reinen Transparenz hin zur selbstoptimierenden Produktion weiter unterstützen.

FAZIT

Das Beispiel RAFI zeigt, dass der Einsatz von Sensorik im Spritzguss erst durch eine leistungsfähige IIoT-Plattform seinen vollen Nutzen entfaltet. moneo fungiert dabei als zentrales System der Produktion: Es sammelt, strukturiert und interpretiert Prozessdaten und macht sie für unterschiedliche Anwenderrollen nutzbar. Die gewonnene Transparenz ermöglicht nicht nur eine stabile Qualitätssicherung, sondern auch gezielte Energieeinsparungen und eine kontinuierliche Optimierung der Zykluszeiten. Damit wird moneo zu einem unentbehrlichen Werkzeug für datenbasierte Entscheidungen und nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit im Kunststoffspritzguss.

ifm.com/cnt/rafi

ifm electronic gmbh · Friedrichstr. 1 · 45128 Essen