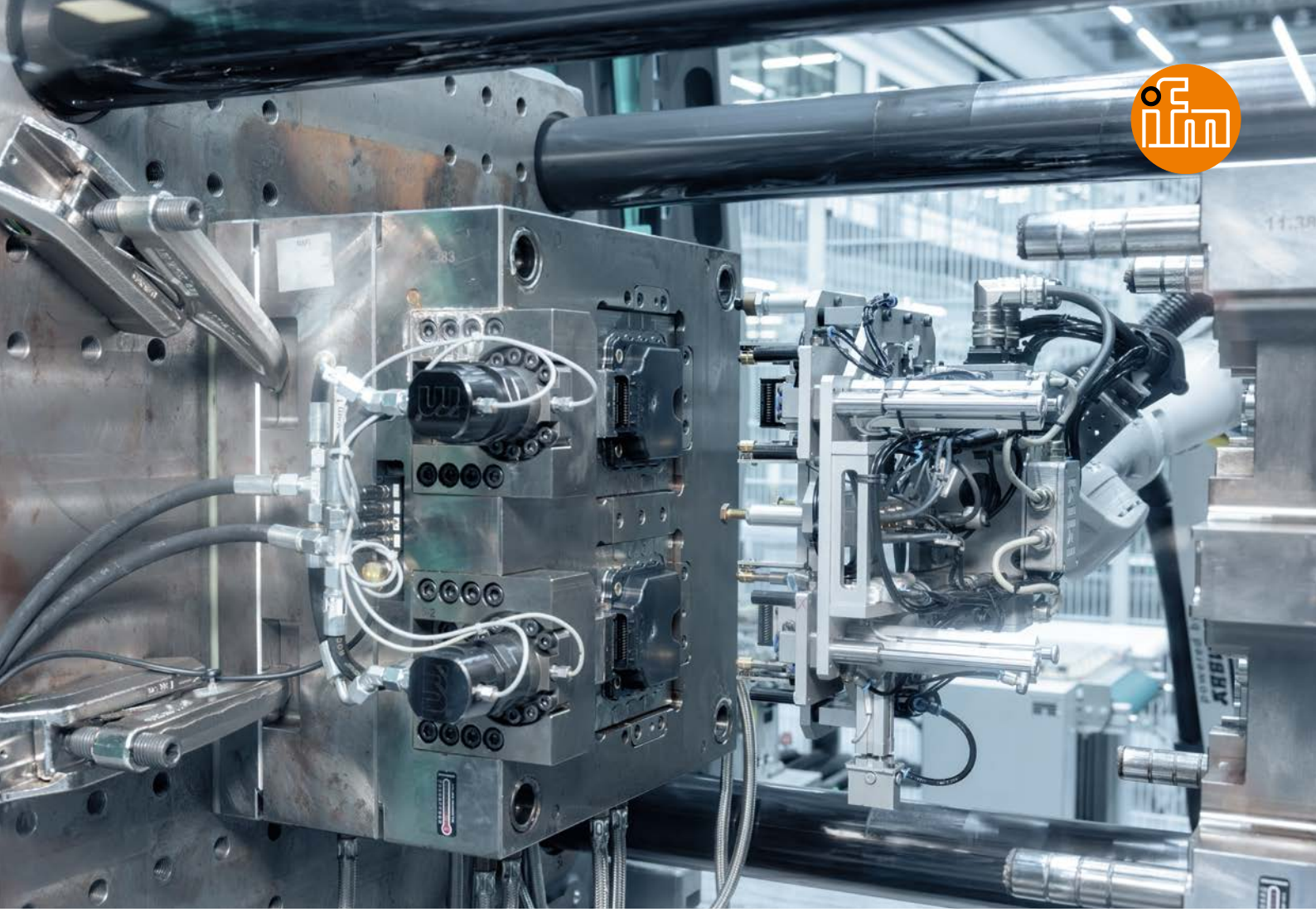


APERÇU NUMÉRIQUE DU MOULE

Comment les capteurs et l'IIoT améliorent la qualité et l'efficacité énergétique dans le moulage par injection.

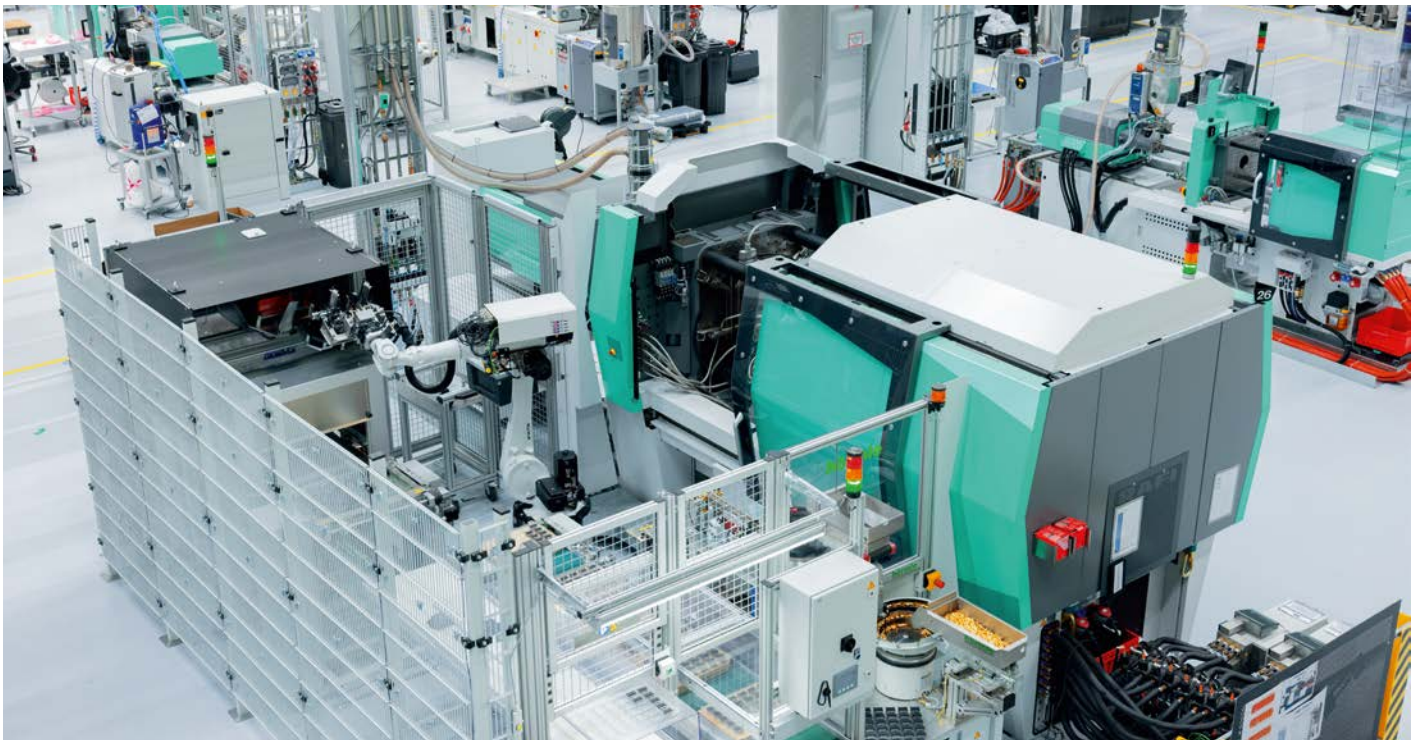
Des exigences de qualité toujours plus élevées, une pression croissante sur les coûts et la nécessité d'une stabilité maximale des processus caractérisent la transformation moderne des matières plastiques. Dans le domaine du moulage par injection en particulier, la reproductibilité des conditions et la précision de la gestion des processus sont déterminantes pour le taux de rebut, la consommation d'énergie et la rentabilité. La disponibilité de données process fiables constitue à cet égard un facteur clé de réussite. Sur son site de Bad Waldsee, le groupe RAFI montre comment l'utilisation ciblée de capteurs et de la plateforme IIoT moneo permet d'exploiter les données brutes afin d'identifier des potentiels d'optimisation concrets pour la production.

A Bad Waldsee, RAFI fabrique des pièces moulées par injection de plastique destinées aussi bien à ses propres produits IHM standard qu'à des applications spécifiques à ses clients. Les domaines d'application s'étendent de la technologie médicale à la technologie agricole, en passant par les applications industrielles et automobiles. Les exigences en matière de précision dimensionnelle, de qualité de surface et de stabilité à long terme des pièces sont donc très élevées.

Dans le procédé de moulage par injection, des granulés de plastique pré-séchés sont plastifiés puis injectés sous haute pression dans le moule. La phase de refroidissement qui suit est déterminante pour la qualité des pièces. La température du moule, le débit du fluide de refroidissement et les différences de température entre l'alimentation et le retour doivent être respectés avec précision. Même de légers écarts peuvent avoir un impact négatif sur la durée du cycle, la stabilité dimensionnelle ou les propriétés optiques.

Motivation : rendre les processus visibles plutôt que de se contenter de suppositions

Le point de départ du projet était l'utilisation ciblée de capteurs ainsi que de la plateforme IIoT moneo du spécialiste de l'automatisation ifm. L'objectif était de ne plus évaluer le processus de moulage par injection uniquement sur la base de l'expérience et d'échantillons. Il s'agissait plutôt de le rendre transparent et traçable grâce à des données.



Machine de moulage par injection incluant un robot pour la manutention des pièces moulées.

Guido Zoll, responsable du développement et de la construction chez RAFI, décrit cette approche en ces termes : « *Nous voulions comprendre précisément ce qui se passe réellement au cours d'un cycle de moulage par injection – et quels paramètres ont réellement une influence sur la qualité et l'efficacité.* »

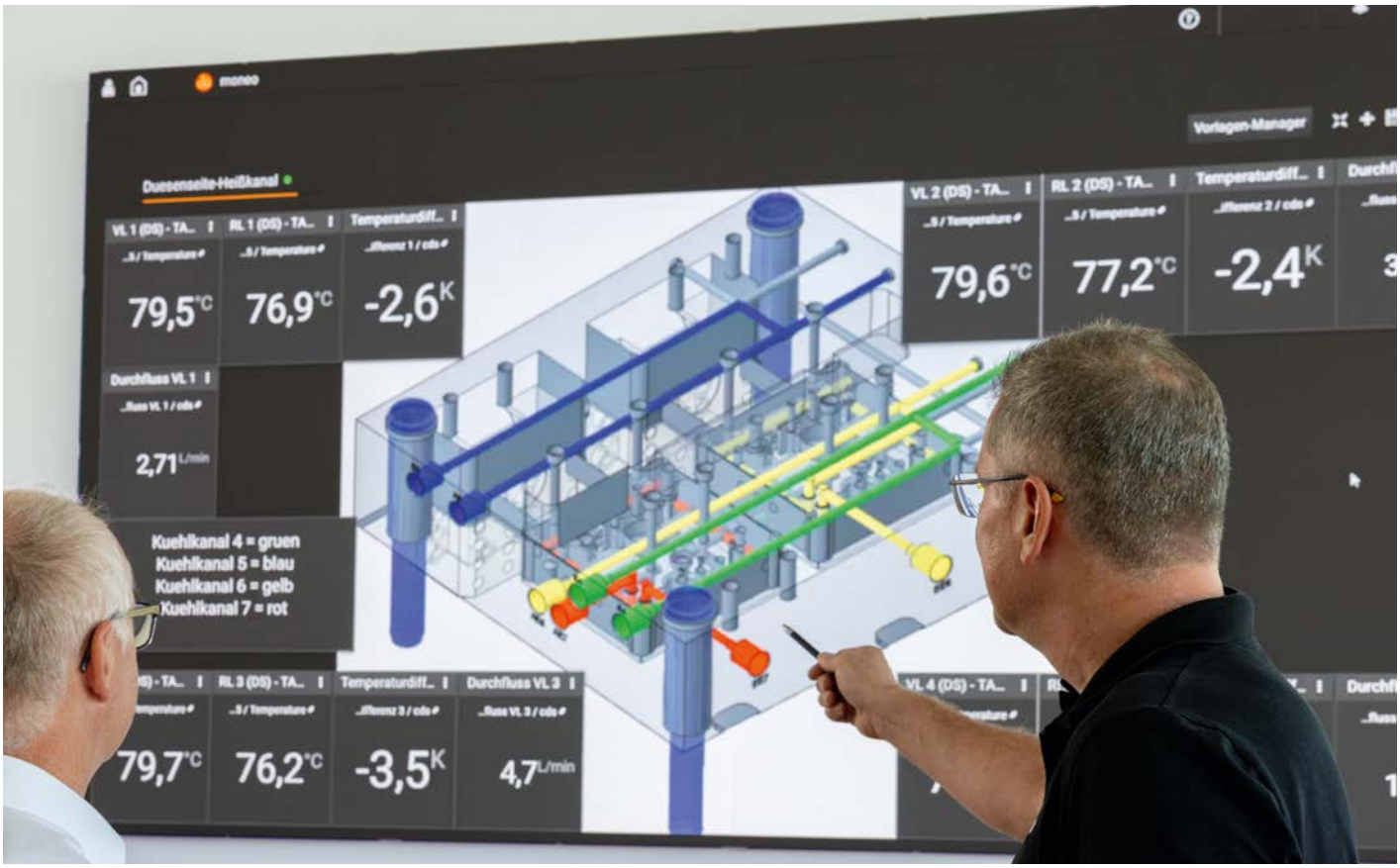
L'accent a notamment été mis sur les conditions thermiques au sein du moule, la charge des circuits de refroidissement ainsi que la consommation des fluides auxiliaires tels que l'air comprimé et l'énergie électrique. L'objectif était d'assurer la transparence et d'en tirer des leviers concrets d'optimisation.

Les capteurs comme source de données dans le moule et sur la machine

Dans la mise en œuvre pratique, les différents circuits de refroidissement des moules d'injection ont été équipés de débitmètres et de capteurs de température. Ceux-ci mesurent en continu les températures d'alimentation et de retour ainsi que le volume d'eau de refroidissement correspondant. Sur cette base, il est possible de déterminer avec précision les différences de température et de tirer des conclusions fiables quant à l'efficacité du refroidissement du moule.

« *Outre le circuit de refroidissement, nous analysons également la consommation électrique de la machine afin de détecter à temps les pics de charge. De plus, nous surveillons l'alimentation en air comprimé du bras robotisé et de la machine de moulage par injection, car les fuites ou les raccords desserrés se reflètent immédiatement dans les courbes caractéristiques. Ces données sont saisies à l'aide de moneo et analysées en continu. Si les valeurs mesurées dépassent les seuils définis, le logiciel déclenche automatiquement un message d'alarme. Cela permet d'identifier les dysfonctionnements en temps réel – par exemple lorsqu'un robot perd une pièce en raison d'une pression insuffisante* », explique **Guido Zoll.** L'air comprimé comptant parmi les formes d'énergie les plus coûteuses, même de petites fuites ont des répercussions économiques considérables.

Transparence numérique : moneo collecte, visualise et analyse toutes les données des capteurs et émet automatiquement des alarmes en cas de dépassement des seuils ou d'anomalies.



moneo, plateforme IIoT centrale

Une grande quantité de données de capteurs ne crée pas à elle seule de valeur ajoutée. Ce qui est déterminant, c'est de collecter, d'analyser et d'interpréter ces données de manière structurée. C'est précisément là qu'intervient moneo : « *Notre plateforme IIoT apporte de la transparence au sein de l'installation et montre comment les machines fonctionnent réellement* », explique **Christoph Schneider,** Vice President IIoT Use Cases chez ifm solutions. **Guido Zoll** ajoute : « *De plus, tous les membres de l'équipe – du responsable de groupe au chef d'équipe – peuvent accéder aux indicateurs. Chacun voit immédiatement, grâce aux courbes caractéristiques, si un processus fonctionne de manière stable ou si quelque chose dérape.* »

Les capteurs IO-Link utilisés communiquent via des maîtres IO-Link, qui regroupent les données et les transmettent au réseau de l'entreprise via Ethernet. De là, les valeurs mesurées sont transmises à moneo. Dès la mise en service, l'approche modulaire de la plateforme s'est révélée être un atout : « *Grâce au module logiciel moneo configure, nous avons pu paramétrer les capteurs à l'avance, puis les mettre en service sans temps d'arrêt importants* », explique **Christoph Schneider**, qui a accompagné la mise en œuvre du projet du côté d'ifm.

moneo a une structure modulaire et couvre plusieurs niveaux, de la gestion des appareils à la notification d'alarmes, en passant par la collecte des données et l'analyse.

Collecte, analyse, visualisation et historisation des données

Dans moneo, toutes les données des capteurs sont collectées, stockées de manière centralisée et historisées afin de garantir leur traçabilité dans le temps. Grâce aux tableaux de bord, les états actuels des processus peuvent être représentés sous forme numérique et graphique. En un coup d'œil, les utilisateurs peuvent vérifier si les températures, les débits ou les consommations évoluent dans les plages de tolérance définies. Cette transparence ainsi que l'analyse des valeurs mesurées pour en tirer des indicateurs pertinents constituent une étape décisive, comme le souligne **Christoph Schneider** : « *Ce n'est que lorsque les données sont visibles que l'on peut identifier les leviers d'amélioration.* »

Au-delà de la simple visualisation, moneo permet une historisation complète des données. Il est ainsi possible d'analyser l'évolution des processus sur des périodes de plusieurs heures, jours ou semaines et d'établir des corrélations avec les caractéristiques de qualité des pièces produites.

> Les données sont saisies à l'aide de moneo et analysées en continu. Si les valeurs mesurées dépassent les seuils définis, le logiciel déclenche automatiquement un message d'alarme. Cela permet d'identifier les dysfonctionnements en temps réel.
>
> *Guido Zoll, développement et construction chez RAFI*

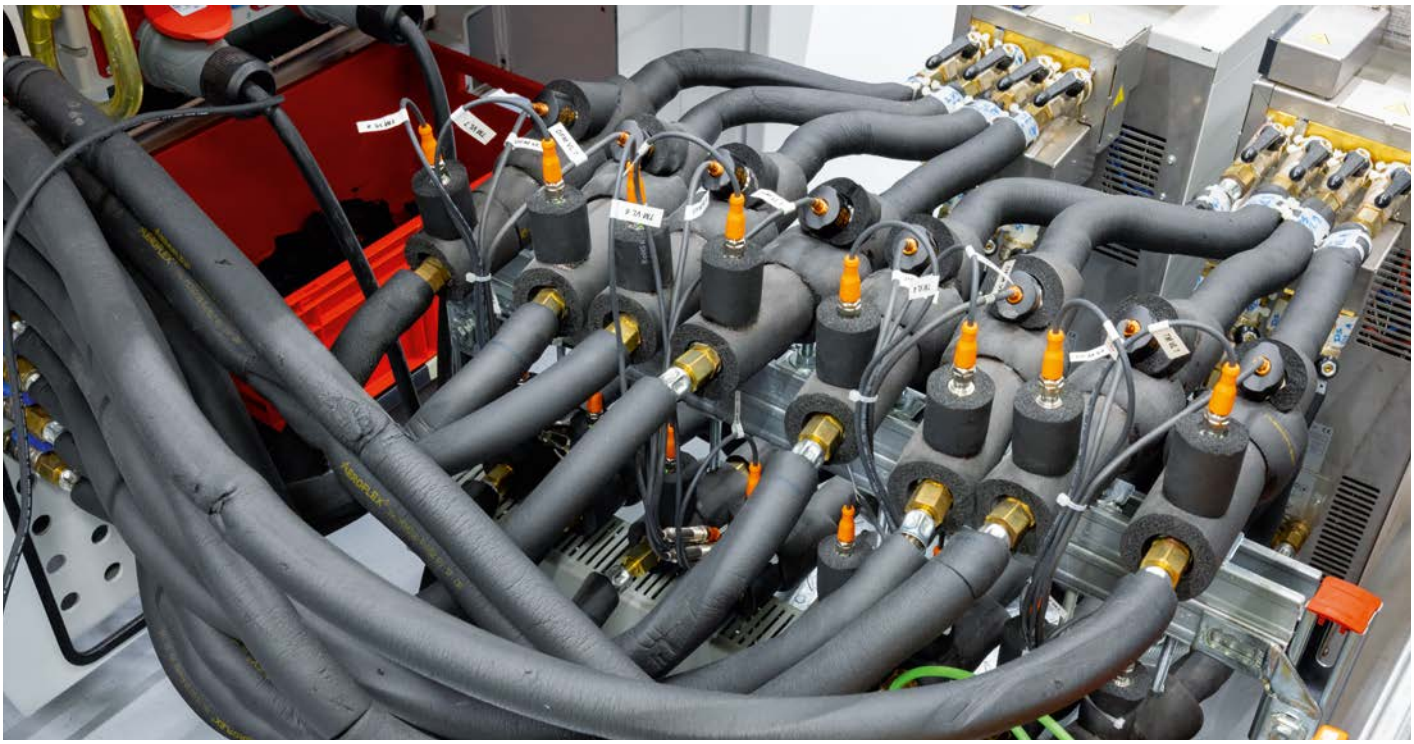


Le compteur d'air comprimé SD8500 mesure avec une grande précision le débit, la consommation, la pression et la température du fluide. Toutes les valeurs mesurées sont transmises numériquement via IO-Link au contrôleur ainsi qu'à moneo.

Seuils, alarmes et détection des anomalies

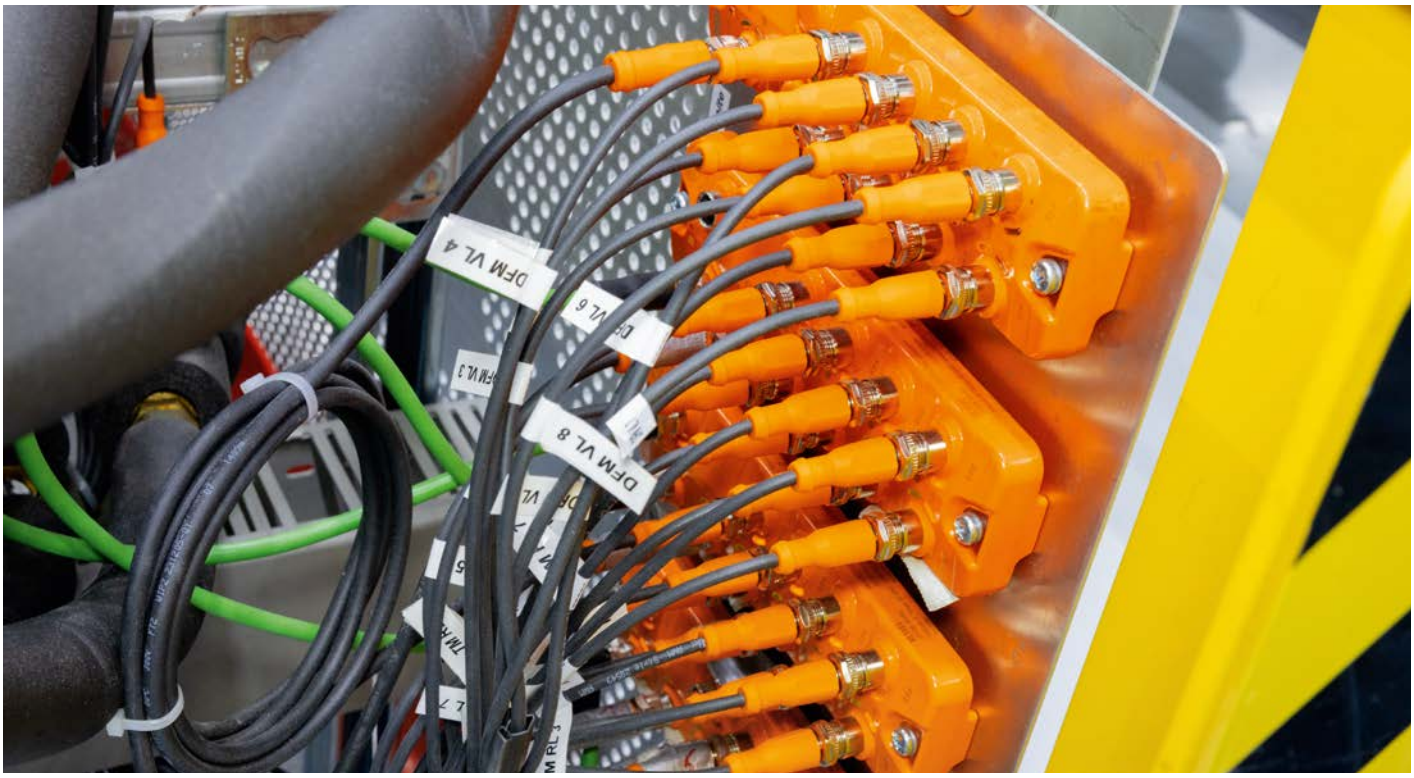
L'un des éléments clés de moneo est la surveillance automatique de seuils définis. Lorsque ceux-ci sont dépassés ou ne sont pas atteints, le système déclenche des alarmes, par exemple par e-mail ou sous forme de notification dans le tableau de bord. Les écarts peuvent ainsi être détectés et corrigés à un stade précoce, avant même qu'ils n'aient une incidence sur la qualité des pièces produites.

De plus, moneo facilite la détection des anomalies dans le processus. Les variations observées dans les courbes de température ou de débit, ainsi que l'analyse de la quantité de chaleur calculée, permettent par exemple de mettre en évidence un encrassement progressif des canaux de refroidissement. « *On suppose souvent que tout est en ordre lorsque la pièce présente un bon aspect. Pourtant, les données révèlent si le refroidissement est excessif ou irrégulier* », explique **Christoph Schneider**. Ces fonctions d'analyse intelligentes de moneo contribuent de manière déterminante à maintenir la stabilité des processus et un niveau de qualité élevé et constant des produits.



Les différents circuits de refroidissement du moule d'injection sont surveillés à l'aide de capteurs de température placés sur les conduites d'alimentation et de retour, avec une précision d'un dixième de degré.

Tous les signaux numériques et analogiques des capteurs sont regroupés via les modules E/S IO-Link AL2301, puis transmis sous forme de signaux IO-Link au contrôleur ainsi qu'à moneo.



De la surveillance à l'optimisation active des processus

La valeur ajoutée de moneo ne se limite pas à la surveillance ; elle réside également dans l'identification de mesures concrètes. Chez RAFI, les données ont déjà permis d'identifier plusieurs potentiels d'amélioration, notamment en ce qui concerne la quantité d'eau de refroidissement.

Dans un cas, l'analyse a montré que, au lieu de la différence de température visée de deux degrés Celsius, seulement 0,8 degré était atteint, ce qui constituait un indicateur clair d'un débit excessif.

L'adaptation du circuit de refroidissement a permis de réduire la consommation d'énergie sans compromettre la stabilité du processus. Les données offrent en outre la possibilité de réduire de manière ciblée les temps de cycle et ainsi de fabriquer davantage de produits dans le même laps de temps.
« La véritable valeur ajoutée n'apparaît que lorsqu'on traduit les données en actions concrètes et qu'on les réinjecte dans le processus », explique **Christoph Schneider**. **Guido Zoll**, de RAFI, partage cet avis : *« L'idée de départ était de préserver les ressources et de n'utiliser que ce qui est réellement nécessaire, autrement dit de faire un usage ciblé de l'eau de refroidissement, de l'électricité et de l'air comprimé. Nous voulions également éviter les pics de consommation électrique. Lorsque plusieurs machines enclenchent simultanément leurs éléments chauffants, cela génère d'importants pics de charge. Grâce aux données collectées, nous pourrons à l'avenir faire en sorte que les machines démarrent de manière échelonnée. Il sera ainsi possible d'écrêter ces pics et de réduire la consommation d'énergie. »*

A long terme, il est prévu de raccorder directement des systèmes externes, tels que des régulateurs de température, afin d'agir automatiquement sur les variables de commande.

Efficacité énergétique et développement durable

Outre l'optimisation de la qualité et des processus, l'efficacité énergétique occupe une place de plus en plus importante. Avec moneo, les consommations d'énergie et de fluides peuvent être détectées en détail, analysées et évaluées sur le plan économique. Les potentiels d'économies deviennent ainsi non seulement visibles, mais aussi quantifiables. La consommation d'air comprimé en est un exemple concret : *« Peu de temps après la mise en service, nous avons constaté que la consommation d'air comprimé augmentait continuellement. Nous avons immédiatement pu en identifier la cause et mettre en œuvre les mesures appropriées »*, explique **Christoph Schneider.**

Même les plus petites fuites, par exemple à l'arrêt d'une machine, sont détectées de manière fiable grâce à la collecte continue des données. Les informations obtenues permettent de déterminer avec précision à partir de quel moment les mesures de maintenance deviennent économiquement rentables. Outre la réduction directe des coûts, cette approche basée sur les données contribue également de manière mesurable à la réduction de la consommation d'énergie et des émissions de CO_2.

Evolutivité et développement

Le projet a été délibérément conçu de manière évolutive chez RAFI. D'autres machines seront progressivement raccordées, et l'intégration de capteurs supplémentaires, notamment pour la température ambiante de l'atelier et l'humidité de l'air, est déjà prévue. L'objectif est de centraliser dans moneo l'ensemble des facteurs d'influence ayant un impact sur la qualité et de les mettre en relation les uns avec les autres.
« Nous prévoyons actuellement d'étendre cette solution à d'autres machines. Nous souhaitons également intégrer des capteurs supplémentaires, par exemple pour mesurer l'humidité dans le sécheur, les pressions dans le moule, la température ambiante dans l'atelier ou encore les paramètres du système de climatisation. L'objectif est de collecter dans moneo l'ensemble des paramètres susceptibles d'avoir une influence sur la qualité des pièces moulées par injection », explique **Guido Zoll.**

De futures extensions, telles que la maintenance conditionnelle, les recommandations d'action automatisées ou les analyses assistées par l'IA, contribueront à poursuivre la transition d'une simple transparence à une production auto-optimisante.

CONCLUSION

L'exemple de RAFI montre que l'utilisation de capteurs dans le moulage par injection ne déploie tout son potentiel qu'avec une plateforme IIoT performante. Dans ce contexte, moneo fait office de système central de la production, en collectant, structurant et interprétant les données process pour les mettre à la disposition des différents profils d'utilisateurs. La transparence ainsi obtenue permet non seulement d'assurer une qualité constante, mais aussi de réaliser des économies d'énergie ciblées et d'optimiser en continu les temps de cycle. moneo devient ainsi un outil essentiel pour la prise de décisions fondées sur les données et pour le renforcement durable de la compétitivité dans le domaine du moulage par injection de plastique.

ifm.com/cnt/rafi

ifm electronic gmbh · Friedrichstr. 1 · 45128 Essen