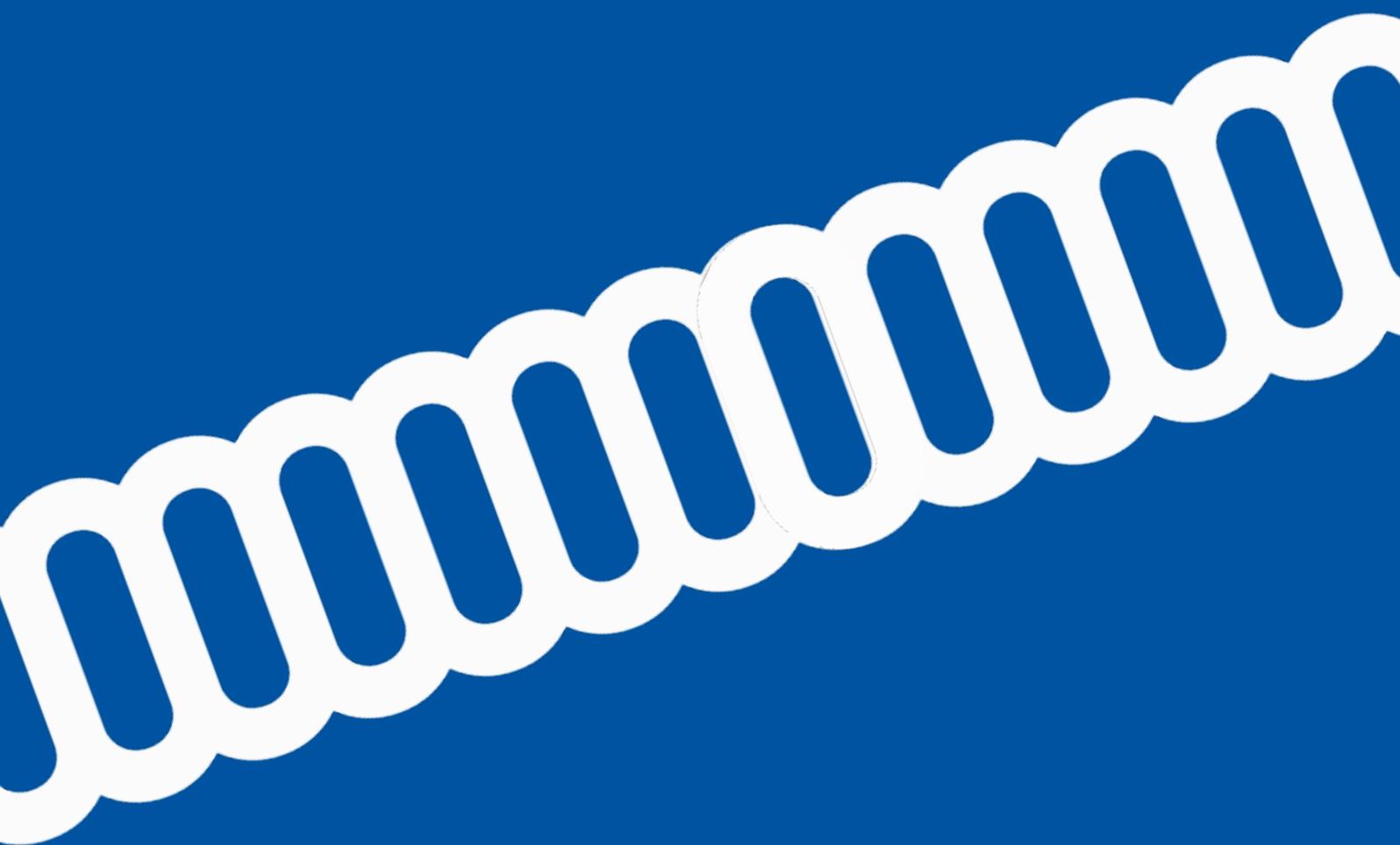


WHITEPAPER

Kosteneffiziente Wartung ist keine Glückssache

Wie intelligente Sensorik Produktions-
ausfälle in industriellen Umgebungen
minimiert



A VALUABLE PART OF THE
MASTERFLEX GROUP

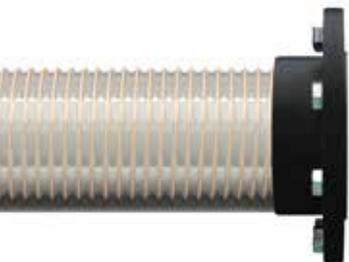
Kosteneffiziente Wartung ist keine Glückssache

Wie intelligente Sensorik Produktionsausfälle in industriellen Umgebungen minimiert

Kunden fragen häufig nach den Standzeiten unserer Schläuche und Schlauchleitungen. Pauschal lässt sich diese Frage nicht beantworten. Der Verschleiß ist von vielen Faktoren abhängig. Dazu gehören beispielsweise die Fördermenge, Strömungsgeschwindigkeiten, Temperatur oder auch die konkrete Einbausituation. Damit Verschleiß rechtzeitig erkannt und Produktionsausfälle vermieden werden können, wird zunehmend intelligente Sensorik eingesetzt.

Umgangssprachlich wird mit Verschleiß in Verbindung mit Schläuchen oft der Abrieb, also der Abtrag von Material bezeichnet. Durch die Schwächung von Querschnitten oder die Veränderung von Funktionsflächen kommt es zu einer Beeinflussung der Funktionalität von Komponenten, Bauteilen oder auch kompletten Systemen. Der Begriff des Verschleißes geht jedoch noch deutlich weiter.

Neben mechanischem Verschleiß, beispielsweise durch Reibung, Schleifen oder Schneiden, gibt es weitere Einflussfaktoren. Im Falle des Abrollens beispielsweise kommt es, je nach Materialkombination der Komponenten, zu einer Adhäsion, dem Aneinanderhaften zweier Materialien. Stück für Stück werden die Komponenten so verschlissen. Ein griffiges Beispiel hierfür ist der Abrieb von Autoreifen auf Asphalt. Auch der Asphalt wird durch den Reifen sukzessive abgerieben – allerdings aufgrund seiner Härte in einem deutlich geringeren Ausmaß. Es verschleiben also stets beide Reibpartner in einem tribologischen System.



Tribologisches System

Die Tribologie (Reibungslehre) beschreibt wissenschaftlich das System von Reibung, Verschleiß und Schmierung, dort, wo Bauteile unter Kraft in Relativbewegung aufeinander wirken. Ziel ist es, Technologien zu entwickeln, die Reibungsvorgänge optimieren.

Thermische, chemische oder biologische Verschleißerscheinungen basieren ebenfalls auf dem Zersetzen intakter Materialstrukturen durch externe Einflussfaktoren. Zu Letzterem zählt das Zersetzen von Kunststoffen oder anderen Materialien durch den Befall von Mikroben, die ubiquitär, also allgegenwärtig sind.

Auch Hydrolyse, also die Zersetzung von Materialien durch die chemische Reaktion mit Wasser oder Luftfeuchtigkeit beeinflusst Produkte und Prozesse. Durch das Abtragen von Material entstehen gleich mehrere Schwierigkeiten. Einerseits wird, wie anfangs erwähnt, der Materialquerschnitt geschwächt. Die Bauteilstabilität, -integrität oder auch -dichtigkeit kann ab einem gewissen Punkt nicht mehr gewährleistet werden.

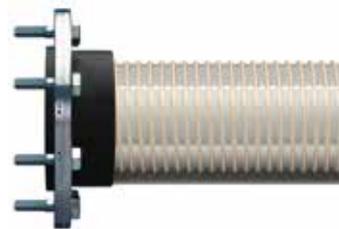
Andererseits erzeugt in vielen Fällen auch der Abtrag selbst im Fall von abrasivem Verschleiß weitergehende Beeinträchtigungen. Der Abrieb des Autoreifens z.B. findet sich in der Umwelt als Mikrogummi wieder.

Werden sensible Medien durch Schläuche mit niedrigem Abriebwiderstand gefördert, kann der Abrieb das Fördermedium kontaminieren und sogar das Mischungsverhältnis von Rezepturen beeinflussen. Der Einsatz von Schläuchen aus abriebbeständigen Materialien wie Polyurethan macht dieses Problem deutlich kleiner, doch auch diese Produkte verschleiben im Laufe der Zeit durch einzelne oder mehrere Einflussfaktoren gleichzeitig.

Die häufigsten Ursachen für Verschleiß von Schläuchen in Systemen/Anlagen sind

- Abriebverursachende Medien (Korund, Quarzsand, Metallspäne, Gfk-Granulate, etc.)
- Alterung der Materialien (Aushärtung)
- Chemische Beanspruchung
- Dauerbewegungen und -vibrationen
- Zu hohe Temperaturen
- Zu hoher Über- oder Unterdruck

Quelle: Masterflex Group



Was beeinflusst den Verschleiß?

Die Ausprägung und die Auswirkungen von Verschleiß werden also von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Die reine Existenz von Verschleiß durch Reibung beispielsweise ist nicht der alleinige Grund für Bauteilversagen. Wird ein abrasives Medium durch einen Schlauch gefördert, beeinträchtigen auch die übrigen Anwendungsbedingungen die Stärke des Verschleißes. Förderdrücke, Medienzusammensetzungen und -geometrien, Betriebstemperaturen, Vibrationen – die Liste der ergänzenden Einflussfaktoren ist nahezu endlos.

Ebenso ist die Beschaffenheit der Abrasionspartner entscheidend. Ist die Oberfläche des zu fördernden Granulats sehr rau? Ist die Innenschicht einer Förderleitung tendenziell wellig oder besitzt sie sogar Kanten? Eine genaue Einschätzung hinsichtlich des Verschleißverhaltens ist wegen der Vielzahl an Parametern und kombinierenden Einflussfaktoren oftmals nur durch aufwändige Prüfungen oder anwendungsnahe Tests möglich.

Wird ein stark abrasives Medium durch einen Schlauch aus thermoplastischem Kunststoff gefördert, beeinflusst beispielsweise die Temperatur ganz erheblich die Leistung der Schlauchkomponente. Thermoplastische Materialien erweichen unter Druck und Temperatur. Somit ist es logisch, dass die Abriebbeständigkeit eines solchen Schlauches bei +90°C signifikant geringer ist, als sie es bei +20°C wäre.

Volumen und Druck entscheiden ebenso über die Langlebigkeit, da sie definieren, wie viele abrieberzeugende Partikel die Schlauchwandung beeinflussen und mit welcher Kraft dies geschieht.



Leider wird auch sehr oft der Faktor der Einbaulage eines Schlauches unterschätzt. Eine gleichmäßige Strömung in U-Form ist für das Medium und den Schlauch gleichermaßen schonender als der Transport durch einen Schlauch in mehrfacher S-Lage oder in Schlaufen. Schlauchhersteller bieten deshalb häufig im Appendix ihrer Kataloge Hinweise zur optimalen Einbaulage von Schläuchen an. Die korrekte Einbaulage stellt eine wichtige Möglichkeit dar, den Verschleiß zu verringern.

Ebenso sollten zur Vermeidung übermäßigen Verschleißes stets die vom Hersteller benannten, maximalen Einsatzparameter (insbesondere Drücke und Temperaturen) eingehalten werden.

Gelegenheitsfahrer oder Berufspendler?

Kunden fragen häufig, wie lang Produkte wie Schlauchleitungen einem Verschleiß standhalten bzw. wie groß die Lebensdauer ist. Aufgrund der erwähnten, sehr vielfältigen Anwendungsbedingungen lässt sich hierzu jedoch ebenso wie im bereits erwähnten Beispiel des Autoreifens keine pauschale Aussage treffen.



Die Frage ist eher: Bin ich ein Gelegenheitsfahrer oder ein Berufspendler? Führt mich mein Weg über die Autobahn oder durch dichten Stadtverkehr? Fahre ich sportlich oder ressourcenschonend? Insofern lässt sich Verschleiß bzw. dessen Auswirkungen auf die Lebensdauer von Bauteilen meist nur auf Basis von Erfahrungen grob einschätzen. Eine Vorhersage basiert selten auf empirischen Daten, sondern oftmals auf einem Bauchgefühl. Um zumindest Werkstoffe gegeneinander zu klassifizieren und das Bauchgefühl mit

Messdaten zu hinterlegen, gibt es genormte Prüfungen. Diese beziehen sich zwar in der Regel nicht auf die exakte spätere Anwendung, geben jedoch eine Ahnung davon, wie sehr sich Materialien in ihrer Abriebfestigkeit unterscheiden.



Bei thermoplastischen Schläuchen findet hier die DIN ISO 4649 (zur Bestimmung des Abriebwiderstandes) Verwendung. Hierbei werden Probekörper aus einem Testmaterial über eine rotierende Zylindertrommel geschoben. Unter Berücksichtigung eines genormten Referenzmaterials wird das abgetragene Volumen ermittelt, das letztlich als Vergleichswert zu anderen Testmaterialien dient.

Von Preventive Monitoring zu Predictive Maintenance

Im schlimmsten Fall macht sich Verschleiß durch einen Einbruch der Prozess-Performance bemerkbar, der bis zum Ausfall der verschlissenen Komponente gehen kann. Dies hat besonders dann gravierende Auswirkungen, wenn es sich um teure Fördermedien, straff getaktete oder kostensensitive Prozesse handelt.

Regelmäßige Performance-Tests oder optische Begutachtungen der Komponenten im Rahmen von Preventive Maintenance (der vorbeugenden Wartung) können Risiken stark minimieren. Ohne entsprechende Maßnahmen kann auch ein im Vergleich zu peripheren Komponenten eher günstiges Produkt wie ein Schlauch Stillstand und damit hohe Kosten erzeugen. Es handelt sich so gesehen um eine „kleine“ Komponente, deren Ausfall jedoch sehr große Auswirkungen haben kann.

“ *Das Bauchgefühl oder der Blick in die Glaskugel wird dank valider Daten mess- und belegbar.* ”

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Nüßen, Entwicklungsingenieur Spiralschläuche und Verbindungssysteme bei Masterflex in Gelsenkirchen

Doch die regelmäßige, vorbeugende Wartung ist eher als Notbehelf zu sehen. Analoge Komponenten müssen unabhängig von ihrem Zustand außer Betrieb genommen, geprüft und ggf. getauscht und anschließend wieder in Betrieb genommen werden. In vielen Fällen werden diese Bauteile auch aus Sicherheitsgründen unabhängig von Zustand und Lebensdauer vorsorglich ausgetauscht. Was einer doppelten Kostenbelastung entspricht, da die Anlage für den Zeitraum des Stillstands mit der vorherigen Komponente möglicherweise noch eine bestimmte Zeit weiter funktionieren würde.

Digitale Produkte mit intelligenter Sensorik bieten hier die Möglichkeit des Condition Monitorings. Die Instandhaltungsabteilung kann jederzeit „live“ den Zustand der Komponente einsehen und aufgrund ihrer Erfahrungen abschätzen, wie lange die Funktionalität noch gegeben sein wird. Hierdurch sind erste Erkenntnisse und Analysen zu Einflussfaktoren auf die Lebensdauer möglich, da der Datenbestand einen unmittelbaren Vergleich von Einsatzszenarien ermöglicht.

Predictive Maintenance, die prognostizierende Wartung, geht noch einen Schritt weiter. Mit dem Condition Monitoring als Basis werden eine Vielzahl von Daten und Verläufen in einer Datenbank festgehalten. Im Kontext von Industrie 4.0 wird auch oftmals vom „Data Lake“ gesprochen, also einer Datenbank, die eine riesige Datenmenge aus unterschiedlichsten Bereichen enthält. Mit einem ausreichend großen Datenbestand können dann Korrelationen aufgedeckt werden, die als Basis für Algorithmen dienen.



Folgendes Szenario könnte hierbei ein Beispiel sein:

In einem kunststoffverarbeitenden Betrieb läuft die Produktion im Laufe eines Jahres überwiegend stabil. Geringe Schwankungen werden durch definierte Toleranzgrenzen abgefangen. Von Mitte Juli bis Mitte August sinkt jedoch die Qualität der produzierten Teile regelmäßig teils deutlich. Während die Prüfung sämtlicher Anlagenparameter ergebnislos bleibt, da alle Parameter im Soll sind, beginnt die Ursachenermittlung mit dem Materiallieferanten. Gibt es beim Lieferanten Schwankungen? Wird das Material in diesem Zeitraum von einem anderen Werk bezogen? Durch die Verknüpfung aller zur Verfügung stehenden Daten fällt auf, dass an der Produktionslinie montierte Klima-Datenlogger genau im Problemzeitraum eine erhöhte Luftfeuchtigkeit feststellen. Die Zeiten mit Messwertspitzen der Logger und Qualitätseinbußen an den Produkten decken sich praktisch zu 100 Prozent. Diese Korrelation lässt den Schluss zu, dass das Material an Tagen mit hoher Luftfeuchtigkeit mit dieser reagiert und es hierdurch zu Problemen kommt. Fortan gehört auch die Überwachung der klimatischen Bedingungen zum Spektrum der zu überwachenden Parameter.

An diesem einfachen Beispiel ist erkennbar, wie ein eher sekundärer Parameter (Klima) mit einem primären Parameter (z.B. Oberflächengüte) korreliert. In der Realität sind Zusammenhänge jedoch meist wesentlich komplexer und können nur durch tiefgehendes Fachwissen oder Korrelationsanalysen ermittelt werden. Die daraus entstehenden Erkenntnisse führen zu Algorithmen, die als Basis für eine künstliche Intelligenz dienen.

” Einzelne Rohdaten sind für den Anwender unter Umständen nur schwer interpretierbar. Wir kennen aufgrund unserer jahrzehntelangen Erfahrung in der Schlauchtechnik die Auswirkungen unterschiedlichster Einflussfaktoren. Wir sehen das Gesamtbild und können unsere Kunden durch Erfahrungen aus unzähligen unterschiedlichen Anwendungsszenarien kombiniert mit Live-Daten aus der Produktion optimal beraten. “

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Nüßen, Entwicklungsingenieur Spiralschläuche und Verbindungssysteme bei Masterflex in Gelsenkirchen

Inwiefern die Verwendung von Algorithmen tatsächlich als Intelligenz zu bezeichnen ist, wird unter Fachleuten debattiert. Fest steht jedoch, dass mit steigender Größe des Datenbestands an unterschiedlichsten Einflussfaktoren die Genauigkeit für Aussagen zu zukünftigen Entwicklungen zunimmt.

In unserem Beispiel erkennt die Sensorik den Anstieg der Luftfeuchtigkeit innerhalb der Produktionsumgebung. Eine Warnung wird rechtzeitig ausgegeben und ein Lufttrockner automatisch aktiviert. Die Luftfeuchtigkeit sinkt und die Qualität bleibt stabil.

Das Vermeiden von Ausschuss in diesem Beispiel oder auch das generell längere Betreiben von noch intakten Schlauchsystemen sorgt, wie zuvor erwähnt, für deutliche Kosteneinsparungen. Aber auch abseits von ökonomischen Interessen leistet die Digitalisierung hier einen greifbaren ökologischen Beitrag. Der unnötige Material- und Energieeinsatz, der bei der Produktion von Ausschussware anfällt oder die Materialverschwendung durch zu früh ausgetauschte Schlauchsysteme wird durch digitale Lösungen vermieden. Das Resultat ist ein Beitrag zur nachhaltigeren Produktion durch geringeren Ressourceneinsatz.



Ein weiteres Beispiel verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Algorithmen und Predictive Maintenance:

Ein Produkt besitzt Sensorik für unterschiedlichste Betriebsparameter wie Temperatur, Förderdruck, Vibration und Bauteillängung. Auf Basis des umfangreichen Datenbestandes kennt das angeschlossene IT-System mehrere Tausend Konstellationen dieser Parameter. Ebenso bekannt ist, wie lange eine Verschleißkomponente der jeweiligen Parameterkonstellation standhält. Mit diesem Wissen und dem Wissen, welchen Konstellationen die eingebaute Komponente zuvor ausgesetzt war, kann beim Einstellen einer speziellen Parameterkonstellation abgeschätzt werden, wann es im vorliegenden Fall zum Bauteilversagen kommen wird.

Die Welt der Schläuche und Schlauchleitungen ist komplex

Da sich Umgebungs- und Einsatzbedingungen von Fall zu Fall unterscheiden, gibt es nicht den „einen Schlauch für alle Fälle“. Bei intelligenten Produkten wird dies noch durch die Anforderungen verstärkt, die durch die Digitalisierung gestellt werden. Intelligente Schlauchleitungen sind dementsprechend stets an die konkreten Gegebenheiten der jeweiligen Kundenanwendung angepasst. Welche Sensorik hierbei in welches Produkt eingebaut werden muss und auf welchem Weg die Sensordaten dem Kunden verfügbar gemacht werden, wird gemeinsam erarbeitet.

Gerade die Bereiche Sensorik und Datenübertragung entwickeln sich so rasant, dass sich stetig neue Möglichkeiten ergeben, die früher als unmöglich, sehr aufwendig oder unwirtschaftlich galten. Bereits heute ist es möglich, durch einfachen Kontakt eines Smartphones mit einer Schlauchleitung produktspezifische Daten auszulesen und so die Auftragsnummer, Produktionsdaten oder den Zeitpunkt der Inbetriebnahme zu ermitteln. Diese Informationen sorgen im Rahmen eines Lifecycle Trackings für eine optimierte Rückverfolgbarkeit einzelner Produkte. Insbesondere in sensiblen Produktionsumgebungen, die streng überwacht und auditiert werden, ist der Nachweis über die Rückverfolgbarkeit von Produkten ein entscheidender Vorteil. Ebenso ermöglicht diese Technologie direkten Einblick in Produktspezifikationen am Einsatzort, wie z.B. maximale Betriebsdrücke oder Einsatztemperaturen. Das Suchen von oder in Datenblättern entfällt somit und sorgt für eine Zeit- bzw. Kostenersparnis. In Kombination mit einer Verschleiß-, Temperatur-, Druck- oder sonstigen Sensorik lässt sich zudem schnell und einfach feststellen, ob die aktuellen Einsatzbedingungen den vom Hersteller definierten Grenzen entsprechen. Die Verknüpfung von Sensorik, einzigartiger Produkt-ID und digitaler Plattform ermöglicht künftig noch viele weitere Möglichkeiten wie automatisierte Bestellvorgänge, das Hinterlegen von Prüfzeugnissen am Produkt selbst oder die Rückmeldung, dass der richtige Schlauch am richtigen Anschluss angebracht ist.



Bei diesen Prozessen werden Daten generiert, die wiederum die Grundlage für neues Wissen und Know-how bilden. Die Nutzung neuer, bislang noch nicht vorhandener Daten bietet völlig neue Einblicke in die eigenen Prozesse. Das Verständnis, weshalb sich ein Bauteil unter bestimmten Einflussfaktoren auf bestimmte Art und Weise verhält, ist die Basis für Verbesserungen. Anhand intelligenter und ausgefeilter Simulationsmodelle können so präzise Aussagen zur erwartbaren Restlebensdauer unter definierten Einflussparametern getroffen werden.

Autor/Redaktion: Stefan Nüßen / Heike Friedrichsen (Masterflex Group)

AMPIUS® - Intelligente Produkte, die sich selbst vor dem Ausfall schützen

Unser Anspruch ist es, unsere Produkte stetig zu verbessern und neue Technologien wirtschaftlich einzusetzen. So entstand auch die Idee eines „intelligenten Schlauches“, mit dem wir unsere Kunden in die Lage versetzen, zu jeder Zeit den exakten Zustand unserer Produkte einsehen zu können, ohne dass deren Einsatz dafür unterbrochen werden muss. Unter dem Namen AMPIUS® hat die Masterflex Group Schlauchsysteme entwickelt, die serienmäßig mit einer digitalen Schnittstelle ausgestattet werden. Über eine App ist es zudem möglich, Daten zu Verschleiß, Druck, Innen- und Außentemperatur und weiteren Parametern von entsprechend ausgerüsteten Schläuchen abzurufen. Die Einsatzmöglichkeiten von AMPIUS® sind dabei so vielfältig wie die Anwendungen unserer Kunden.



Sprechen Sie uns an - gemeinsam finden wir die beste Lösung für die konkreten Anforderungen Ihrer Branche.

Ihre **AMPIUS®** Ansprechpartner:

Für den technischen Bereich:

Stefan Nüßen +49 (0)209 / 97077 - 43

Für den Vertrieb:

Christian Gemsa +49 (0)209 / 97077 - 211

Email: AMPIUS@MasterflexGroup.com