


Kontaktlose, zerstörungsfreie
WANDDICKENMESSUNG
für den Blasformmarkt



Ihr Guide zur Potenzialbewertung und zur Umsetzung

 Für Anwendungen
ab 2 mm Wandstärke

 Radartechnologie reduziert den
Materialeinsatz um bis zu 5 %

Auf einen Blick

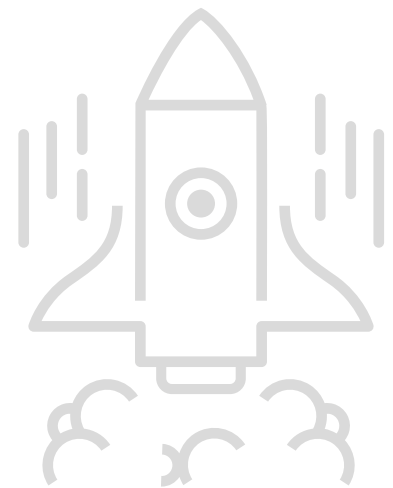
So heben Sie Ihr Materialeinsparpotenzial und reduzieren zerstörende Qualitätssicherungsschritte mittels modernster Radartechnologie

AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN:

- » Steigende Materialpreise und strenge Nachhaltigkeitsziele
- » Lückenhafte, personalintensive Bauteilprüfungen
- » Fachkräftemangel schmälert Prozesswissen im Produktionsbetrieb
- » Digitalisierung der Produktionsumgebung

Neben globalen Herausforderungen im Bereich der internationalen Lieferketten und der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung sind die oben genannten Herausforderungen derzeit maßgebend für einen Großteil der kunststoffverarbeitenden Industrie und damit auch das Blasformen.

Grundlage, um diese Herausforderungen zu meistern ist Prozesstransparenz. Klarheit über Wanddickenverteilung im Bauteil, Prozessstabilität und Bauteileigenschaften sind maßgeblich für die Implementierung von digitalen, automatisierbaren Regelschleifen. Die kontaktlose, radarbasierte Wanddickenmesstechnik ist genau dafür eine Schlüsseltechnologie. Sie deckt aufgrund ihrer Flexibilität einen breiten Anwendungsbereich ab und ist dank ihrer Präzision und Robustheit bereits seit Jahren in der Rohrextusion etabliert.



Der Anspruch unserer WARP Radartechnologie für den Blasformmarkt ist es, nicht nur derzeit oftmals händische oder zerstörende Qualitätssicherungsprozesse abzulösen, sondern einen Schritt weiterzugehen und erstmals eine Datenbasis zur automatisierten Prozessregelung zur Verfügung zu stellen. Auf diese Weise werden die Bauteilqualität verbessert und die Prozesseffizienz gesteigert. Realisierbare Materialeinsparungen und drastisch reduzierte Qualitätssicherungskosten gewährleisten einen schnellen Return on Investment. Ebenso wird in Zeiten von wachsendem Fachkräftemangel die Abhängigkeit von langjährigem, personengebundenem Prozesswissen der Anlagenbediener reduziert.

Dieses Whitepaper fokussiert sich auf die Einsatzmöglichkeiten der Radartechnologie für den Blasformmarkt und beleuchtet folgende Themen im Detail:

- **Welchen Mehrwert modernste Radartechnologie für Sie leistet**
- **Welche Anwendungen für den Einsatz von Radartechnologie geeignet sind**
- **Wie Sie WARP-Radartechnologie erfolgreich in Ihre Produktion integrieren**
- **Wo Radarmesssysteme bereits heute erfolgreich genutzt werden**

Was ist Radartechnologie?

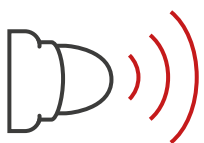
Funktionsprinzip und Einordnung der Radartechnologie

Nachhaltigkeit und Materialeinsparung sind im Blasformen eng miteinander verbunden. Jede moderne Produktionslinie hat zum Ziel, das Bauteilgewicht unter Einhaltung der Spezifikation zu reduzieren. Die Einhaltung der in der Spezifikation festgelegten Mindestwandstärke wird heute meist stichprobenartig durchgeführt. Dazu stehen sowohl zerstörungsfreie, händische Prüfmethode wie Ultraschall- oder Magnetmessungen als auch zerstörende Bauteilprüfungen zur Verfügung. Bei der zerstörenden Prüfung werden ausgewählte Behälter zerteilt und mittels Messtaster punktuell vermessen.

Diese Art der Qualitätssicherung ist zeit- und teils auch personalintensiv und mindert durch die regelmäßige Zerstörung von fehlerfreien Bauteilen die Produktivität des Prozesses. Zudem führen Abweichungen von der Spezifikation zu Ausschuss, da in der Regel alle Behälter bis zur letzten Messung verworfen werden. Eine Regelung des Blasformprozesses ist auf Basis der punktuellen Messwerte nur begrenzt möglich.



Die in diesem Whitepaper vorgestellte Radartechnologie löst die oben genannten Herausforderungen und ermöglicht es darüber hinaus den Blasformprozess durch Regelschleifen weiter zu automatisieren. Hier die wichtigsten Fakten zur Radartechnologie:



Radar ist **berührungslos** und **zerstörungsfrei**



Radar wird an den Grenzflächen teilweise reflektiert und ermöglicht so eine **Dickenmessung**



Radarstrahlung ist **ungefährlich** und ohne Arbeitsschutz einsetzbar



Radar ist nahezu **temperaturunabhängig** und minimiert so den Kalibrieraufwand

Vorteile durch Messtechnik

Fünf Gründe wieso Sie in WARP-Radartechnologie investieren sollten

Materialeinsparung

Erhalten Sie Transparenz über lokale Wanddickenunterschiede und steuern Sie gezielt dagegen. Eine ungleichmäßig verteilte Wanddicke verlängert die Kühlzeit und senkt somit die Produktivität. Die homogene Wanddickenverteilung ermöglicht es, **bis zu 5 % weniger Material** einzusetzen. Die Nachhaltigkeit steigt und Energie- und Materialkosten werden gesenkt.

Prozessregelung

Die neue Dimension an Datenqualität und -quantität ermöglicht es erstmals **inline und automatisiert Prozessregelung** zu betreiben. So kann unmittelbar auf Chargenschwankungen oder Drifts im Prozess reagiert werden. Händische Bauteilprüfungen entfallen und die Abhängigkeit von langjährigem Prozesswissen der Mitarbeiter gesenkt.

Plug & Play

Der WARP GAUGE Sensor verfügt über eine browserbasierte, **integrierte Benutzeroberfläche** zur Visualisierung der Messergebnisse. Alternativ können die Messdaten über eine **OPC-UA Schnittstelle** ausgelesen, weiterverarbeitet und mit anderen Daten kombiniert werden. Dies vereinfacht die Integration und macht das Messsystem flexibel.

Transparenz

WARP-Radartechnologie misst Geometrieigenschaften wie **Wanddicke** und **Abstand** sowie den Durchmesser. In Kombination mit den Sensorpositionsdaten wird auf weitere Bauteileigenschaften wie **Kontur** und **Ovalität** geschlossen.

Mit einer Messfrequenz von bis zu 8 Hz wird so ein umfassendes Bild über Ihr Bauteil erzeugt und lokale Abweichungen identifiziert. Die **Messgenauigkeit** und Reproduzierbarkeit der Technologie liegt im Bereich **weniger Hundertstel Millimeter**.

Qualitätssteigerung

Stetig **steigende Anforderungen** an **Bauteilqualität**, Prozesseffizienz und die **Dokumentation** von Prozess- und Qualitätsdaten macht es notwendig, händische Qualitätssicherungsprozesse zu reduzieren und die **Digitalisierung** voranzutreiben.

Die hohe **Präzision** und ausgesprochene **Robustheit** radarbasierter Messtechnik leistet hierzu einen entscheidenden Beitrag, da ohne großen Personalaufwand Bauteile automatisiert vermessen werden können.

Ihre Lösungen im Detail

Zwei Messgeräte, zwei Einsatzmöglichkeiten

WARP GAUGE

Bauteilmessung

Der autark nutzbare WARP GAUGE Sensor erlaubt es in Kombination mit einer einfachen Kinematik Ihre Blasformteile nach dem Entformen vollautomatisiert zu vermessen. Dabei wird der Sensor senkrecht zur Bauteiloberfläche geführt und abhängig von Messfrequenz und Bewegungsgeschwindigkeit ein Raster an Messpunkten erzeugt. Für die Messpunkte werden Abstand, Wanddicke ggf. Durchmesser des Bauteils gemessen. In Kombination mit der Sensorposition kann auch die Bauteilkontur erfasst und somit Aussagen über Bauteilverzug oder Ovalität des Bauteils getroffen werden.

Schmelzemessung

Neben der Vermessung bereits entformter Bauteile kann der WARP GAUGE Sensor auch direkt in die Blasformanlage integriert werden und bereits während der Extrusion von kontinuierlich produzierten Schmelzeschläuchen Messdaten liefern.

Aufgrund der geringen Baugröße des WARP GAUGE (170 x 125 x 85 mm) kann dieser flexibel je nach Prozessführung und Bauteilgeometrie in die Linie eingebracht werden. Entscheidend ist dabei an welcher Stelle die erzeugten Messdaten für Ihre Anwendung möglichst aussagekräftig sind und die Anzahl der Messdaten ausreichend ist, um Rückschlüsse auf den Prozess zuzulassen und aktiv eine Prozessregelung umzusetzen.



WARP portable

Das WARP portable ist ein mobiles, intuitiv nutzbares Handmessgerät zur punktuellen Wanddickenmessung. Die integrierte Zentrierhilfe stellt stets den idealen Messabstand sicher.

Die Messung erfolgt per Knopfdruck. Die letzten 500 Messwerte inklusive des Messwinkels sowie dem Zeitstempel werden gespeichert und können via USB als CSV-Datei zur weiteren Verwendung exportiert werden.

Das WARP portable bietet damit eine kontaktlose, zerstörungsfreie Alternative zu bisherigen Messtechnologien die entweder zerstörend durchgeführt werden mussten oder hinsichtlich des Messablaufs umständlich und aufwändig sind.



Flexible Messtechnik für breite

Für welche Produkte ist WARP GAUGE geeignet?

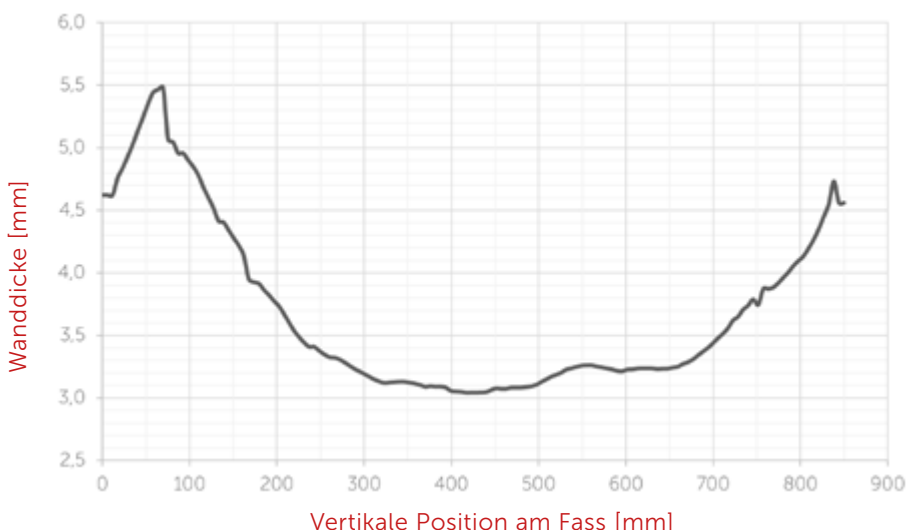
Um robuste und präzise Messergebnisse zu erhalten, sollten die folgenden Charakteristika für Ihre Anwendung erfüllt sein:

- » Wanddicke des Bauteils beträgt $> 2 \text{ mm}$
- » Sensor senkrecht zu den gewünschten Messpunkten positionierbar ohne dass die Messstelle verdeckt ist (z. B. Hinterschnitt)
- » Bauteilwand weist zwei parallele Grenzflächen auf, die die Radarwelle zum Sensor zurückreflektieren

ANWENDUNGSFALL: Fass

Fässer werden in unterschiedlichsten Größen und für eine Vielzahl an Anwendungen gefertigt. Eine zentrale Rolle bei der Fassqualität spielen die mechanischen Eigenschaften (z. B. Stapeldruckfestigkeit oder Berstdruck), die Chemikalienbeständigkeit und die Formgenauigkeit. Aus wirtschaftlichen Gründen sollen diese Eigenschaften bei minimalem Materialeinsatz sicher erreicht werden.

WARP GAUGE ermöglicht genau dies. Vermessen Sie mittels einfacher Kinematik die Fässer und erhalten Sie Wanddickeninformationen über die Fasshöhe (siehe Bild) und den Umfang (vgl. Wasserstoffdruckbehälter). Zusätzlich zu den Wanddickeninformationen werden auch Abstandsdaten aufgezeichnet, um die Formgenauigkeit zu bewerten. Im hier dargestellten Fall eines aus dem freien Handel bezogenen 220 l Fasses konnte, insbesondere im Randbereich, ein hohes Übergewicht festgestellt werden. Reicht die minimal gemessene Wanddicke im mittleren Bereich des Fasses für die Anwendung aus, so wären in diesem Beispiel



über 10 % Materialeinsparung möglich. Weitere Stichproben aus dem Produktsegment lassen durchschnittlich bis zu 5 % Materialeinsparungen mittels Wanddickenoptimierung erwarten.

Mit einer Messrate von 8Hz kann im gezeigten Beispiel eine Scandauer von 50s (Umfangsmessung und Vertikalscan) bei 5 mm Messpunktabstand realisiert werden. So können 100 % der Produkte vermessen werden ohne die Zykluszeit einzuschränken. Eine kurze Signalaufnahmezeit von 4 ms garantiert dabei ein Messung mit vernachlässigbarer Bewegungsunschärfe.

en Anwendungsbereich

ANWENDUNGSFALL: Wasserstoffdruckbehälter

Insbesondere für mobile Anwendungen wie z. B. Fahrzeuge oder mobile Speichermodule bieten Faserverbundbehälter (Type IV) eine um bis zu 70 % leichtere Alternative zu Stahlzylindern.

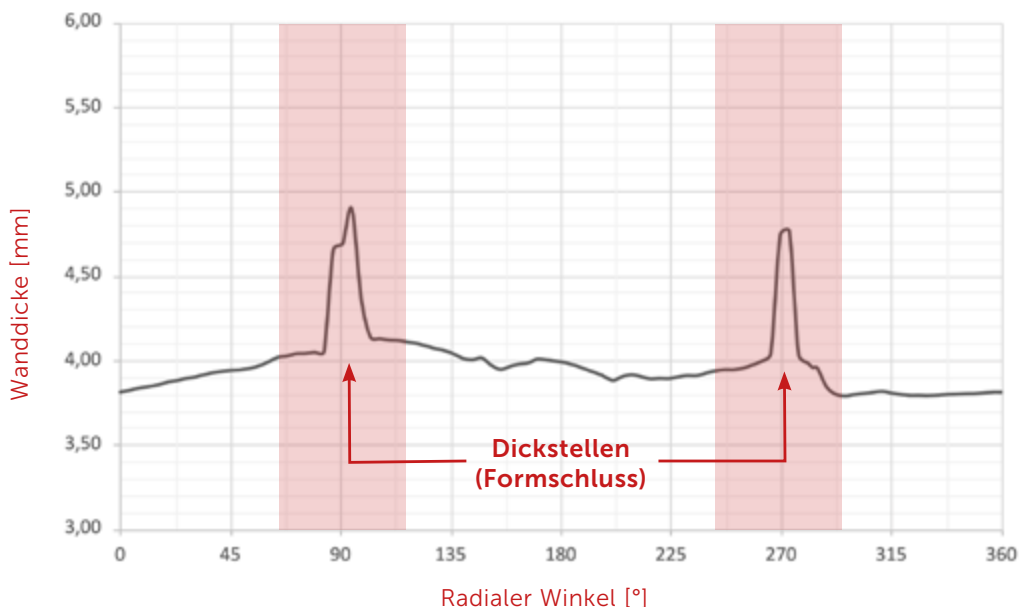
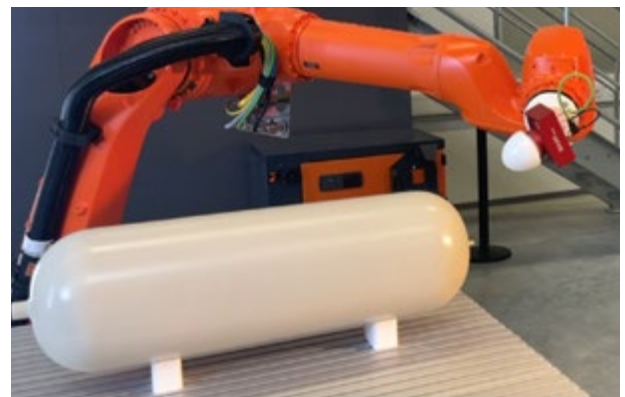
Dem Liner kommen dabei zentrale Aufgaben zu: Er bildet den eigentlichen Druckbehälter, stellt die notwendige Wasserstoffbarriere und ist somit für die Dichtigkeit des unter hohem Druck (bis zu 700 bar Betriebsdruck) stehenden Behälters verantwortlich. Der Liner unterliegt strengsten Qualitätsanforderungen und gewährleistet die Sicherheit, Effizienz und Langlebigkeit des Type IV Behälters.



Radarmesstechnik leistet zur Sicherstellung Ihrer Linerqualität einen entscheidenden Beitrag. Im zylindrischen Bereich erfasst WARP GAUGE (in Kombination mit einer Kinematik, siehe Bild) automatisiert Wandstärke, Durchmesser und Exzentrizität. Auch im Dombereich lassen sich die Kontur sowie die Wandstärke und Abweichungen von der Sollgeometrie feststellen.

Qualitätskritische Produkte sicher vermessen:

- Reproduzierbarkeit und Automatisierbarkeit der Messwerterfassung
- Gezielte Analyse kritischer Bereiche
- Identifikation für qualitätskritischen Dünnstellen und Prozessschwankungen
- Erfassung der Behälterkontur und Analyse von Abweichungen zur Sollkontur
- Messtechnik flexibel an verschiedene Baugrößen und Materialien anpassbar



Das abgebildete Diagramm zeigt den Wanddickenverlauf eines Liners am Umfang. Gut zu sehen sind die Dickstellen an den Nahtstellen des Werkzeugs bei ansonsten homogener Wanddickenverteilung am Umfang. Ein Scan entlang des Zylinders (vgl. Fassmessung) ist ebenfalls möglich, wodurch z. B. Druckschwankungen im Extruder, die sich in Wanddickenschwankungen äußern, sicher identifiziert werden können.

INDIVIDUELLE PROZESSREGELUNG

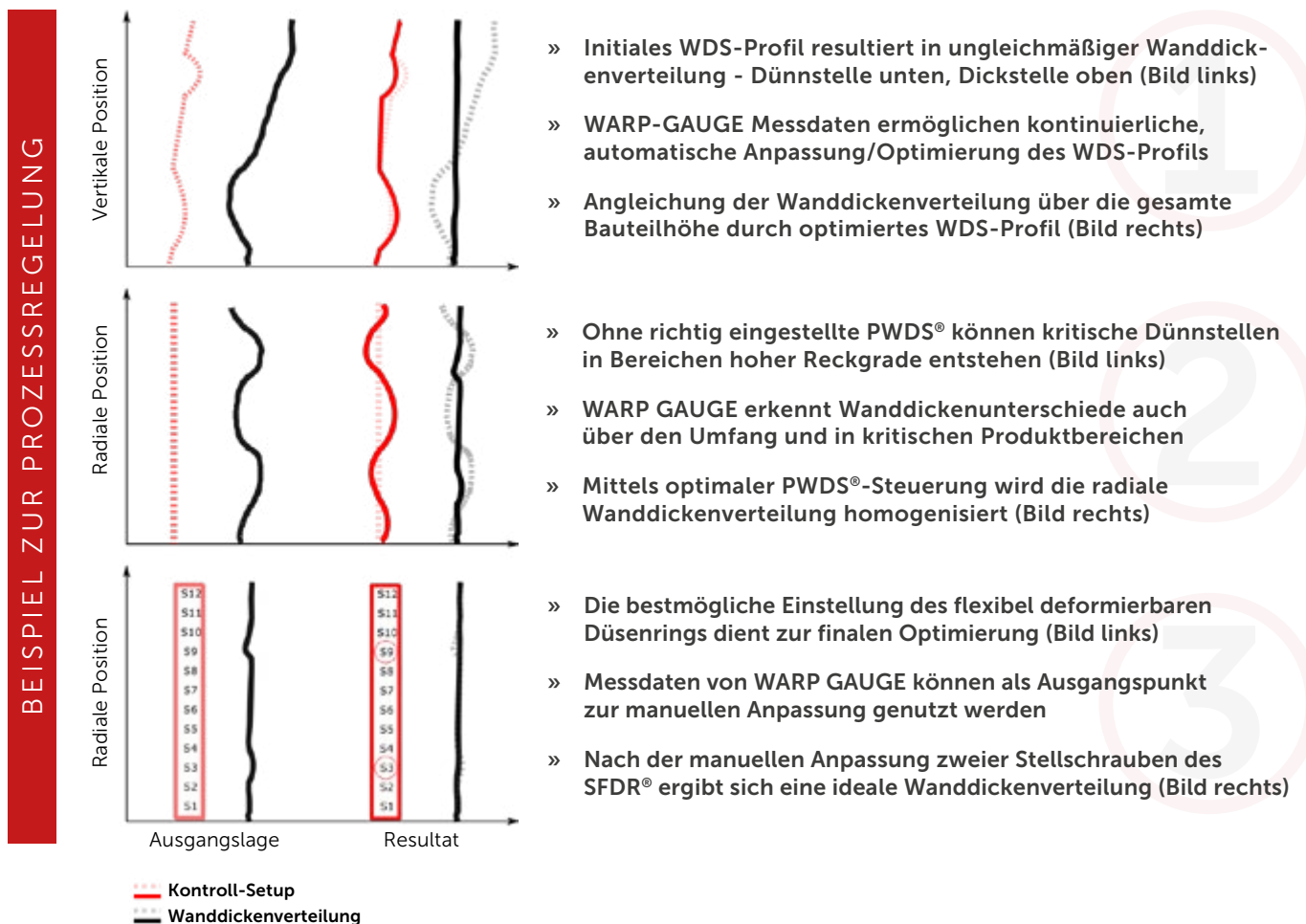
Individuelle Prozessregelung

Wie hochqualitative Messwerte zur Automatisierung beitragen

Ausgangspunkt und Instrumente der Prozessregelung

Grundvoraussetzung für eine funktionierende und automatisierte Prozessregelung ist eine Messwertbasis, die hinsichtlich der Datenqualität und -quantität genau ist. Diese Messwertbasis wird von WARP GAUGE zur Verfügung gestellt. Werden bei der Messung Abweichungen, z. B. durch Materialschwankungen oder nicht optimal eingestellte Werkzeuge, von der Sollwanddicke im Bauteil festgestellt, bietet der Blasformprozess verschiedene Möglichkeiten mit deren Hilfe lokale Wanddickenunterschiede oder die Gesamtwanddicke des Bauteils angepasst werden können.

- Die Wanddickensteuerung (WDS) gleicht unterschiedliche Reckwege im Produkt und das schwerkraftbedingte Dünziehen des Schmelzeschlauchs aus. Für einen optimalen und an das Produkt angepassten Vorformling.
- Mittels eines ansteuerbaren radialen Düsenrings (PWDS®) wird die Kunststoffschmelze über den Umfang umverteilt und der Vorformling optimiert.
- Ein statisch flexibler, deformierbarer Düsenring (SFDR®) ermöglicht es, differenzierte, radiale Profiländerungen vorzunehmen und insbesondere für nicht-runde Endprodukte eine optimale, radiale Schmelzeverteilung zu erreichen.



Ihre Sensorintegration

Radarmesstechnologie in 3 Schritten erfolgreich etablieren



IST-Analyse

Zur Abschätzung des Einsparpotenzials und den Automatisierungsmöglichkeiten die Radartechnologie für Ihren Blasformprozess bietet, benötigen wir folgende Informationen:

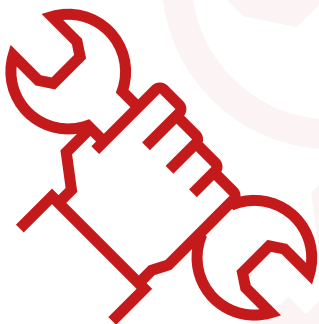
- **Wie findet bei Ihnen derzeit Qualitätssicherung statt und welchen Aufwand verursacht diese?**
- **Welche Bauteilvariabilität wollen Sie abdecken?**
- **Welche Messpunkte sind besonders entscheidend für eine hohe Bauteilqualität?**
- **Welche Zykluszeit haben die betreffenden Bauteile und welchen Anteil der Bauteile wollen Sie automatisiert vermessen?**

Auf Basis der obigen Informationen bewerten wir für Sie den Nutzen der Radartechnologie für Ihre Anwendung hat:

- **Gerne vermessen wir Ihre Bauteile/Proben bei uns im Labor und stellen Ihnen die Messergebnisse vor.**
- **Probieren Sie das handgeführte Radarmesssystem WARP portable bei Ihnen vor Ort aus und überzeugen Sie sich von der Einfachheit und der Genauigkeit.**
- **Definieren Sie gemeinsam mit uns das Zielbild: Automatisierungsgrad, Return on Investment, Informationsdetailgrad, Qualität, etc.**
- **Erhalten Sie Ihr individuelles Angebot für die angestrebte WARP-Radartechnologie Messlösung für Ihre Produkte.**



Machbarkeitsstudie und Zielbild



Umsetzung

Je nach Anwendungsfall und Zielbild können sich die Umsetzung und die notwendigen Schritte unterscheiden. Zentrale Umsetzungsaspekte sind folgende:

- **Die Sensorintegration in Ihre Maschine inkl. automatisierter Prozessregelung findet in der Regel in enger Abstimmung mit dem Anlagenhersteller statt.**
- **Mit Bauteilkomplexität und Messaufgabe variiert die notwendige Kinematik zum Führen des Sensors. Die Konstruktion der Kinematik kann über Sie oder uns erfolgen.**
- **Etablieren einer Prozessregelung auf Basis der Interpretation der Messdaten.**

Success Story

WARP GAUGE*Der einfachste Weg zur optimalen Produktqualität*

Radartechnologie bietet uns die Möglichkeit, Qualitätsmerkmale in Echtzeit zu erfassen und zur Prozess-Optimierung zu nutzen.

Das ist Sustainable Innovation für Kunststoffprodukte höchster Qualität.

Maurice Mielke

Director Engineering R&D
@ Kautex Maschinenbau

Motivation

Unser Fokus als führender Anbieter von Extrusions-Blasformtechnik liegt klar auf dem Kunststoffendprodukt unserer Kunden. Für uns ist es daher unerlässlich, Qualitätsmerkmale wie beispielsweise eine gute Materialverteilung im Kunststoffprodukt messen und regeln zu können. Leider ist diese Überprüfung heute noch sehr zeitintensiv und wird oft erst nach der Produktion des Produktes durchgeführt. In einigen Fällen wird das Produkt auch zerlegt, um die geforderten Messpunkte zu erreichen.

Für uns bedeutet höchste Qualität, dass Abweichungen vermieden werden. Nur so kann teurer Produktionsabfall vermieden werden. Daher wäre eine komplette Inline-Messung ideal, die Anomalien in der Wanddickenverteilung frühzeitig erkennt und verhindert.

Problemlöser: Radartechnologie

Radartechnologie bietet uns die Möglichkeit, Qualitätsmerkmale wie bspw. die Wanddickenverteilung in Echtzeit zu erfassen und zur Prozess-Optimierung zu nutzen. Dies bringt uns einen Schritt näher in Richtung „Closed Loop“-Regelkreis. So kann stets optimale Produktqualität sichergestellt werden, selbst unter schwierigen Rahmenbedingungen wie beispielsweise beim Einsatz von recycelten Kunststoffen sogenannten Post Consumer (PCR) oder Post Industrial Re grind (PIR) Materials. Für uns ist iNOEX WARP Radartechnologie ein wichtiger Schritt bei der Inlineprozessoptimierung. So können wir bereits heute im Bereich Industrieverpackungen die erforderlichen Informationen erfassen, um unsere Prozesse abzusichern und zu verbessern.

Über KAUTEX Maschinenbau

Über acht Dekaden, geprägt durch Innovationskraft und Leistungen für seine Kunden, machen Kautex Maschinenbau heute zu einem der weltweit führenden Anbieter in der Extrusionsblasformtechnik. Mit seiner „Final Plastic Product Focus“-Philosophie unterstützt das Unternehmen Kunden weltweit, nachhaltige Kunststoffprodukte höchster Qualität zu fertigen.

Success Story

WARP Inline Messung

Seit Jahren steigende Materialeffizienz bei der Rohrextrusion



JET STREAM 
by PipeLife

Die Berechnungen, die wir zu den Einsparungen durch das WARP-System angestellt haben, stimmten ziemlich genau mit den Annahmen von iNOEX überein. Es wäre großartig, diese Technologie in jeder Linie zu haben.

Louie Bold

Werksleiter
@ Pipelife Jet Stream

Motivation

Neben anderen Produkten produziert PipeLife Jet Stream auch C900-Rohre (PVC-Druckrohre), die zu den anspruchsvollsten und hochwertigsten Produkten auf dem Markt gehören. Für C900-Rohre gelten strenge Standards, einschließlich strenger Spezifikationen für die Wandstärke, den Innen- und Außendurchmesser sowie die Länge. Die Wanddicke ist höher als bei den meisten anderen Produkten auf dem Markt. Diese Standards werden durch die Tatsache unterstrichen, dass 100 % der Produkte am Ende der Produktionslinie einem Hydrottest unterzogen werden.

Da PipeLife Jetstream so wichtige Produkte herstellt, ist das Unternehmen bestrebt, die Produktions- und Qualitätsdaten der Produkte zu erhöhen und gleichzeitig den Materialverbrauch und die Ausschussrate zu reduzieren.

Problemlöser: Radartechnologie

Die iNOEX WARP-Radartechnologie ist das ideale System für die Inline-Rohrprüfung in der Extrusionslinie. Sie ermöglicht ein schnelleres Anfahren der Linie und liefert gleichzeitig eine enorme Datenmenge für die aktuelle Produktion sowie die Produktionshistorie. Die Messdaten ermöglichen es, notwendige Änderungen in der Wanddicke zu erkennen, bevor das Rohr aus der Toleranz gerät. Kritische Bereiche können gezielt korrigiert werden, bevor das Produkt die Säge erreicht. Zudem trägt die WARP-Radartechnologie dazu bei, den Extrusionsprozess zu steuern und schneller qualitativ hochwertige Produkte zu produzieren.

Über Pipelife Jet Stream

Jet Stream ist die US-Division von General Shale, Nordamerikas größtem Hersteller von Tonziegeln und nachhaltigen Baumaterialien. Jet Stream stellt PVC-Rohre für kommunale Wasser- und Abwasserleitungen, Brunnen, Sanitäranlagen und Bewässerungssysteme her.

Mit über 50 Jahren Erfahrung in der Herstellung hochwertiger Produkte freut sich PipeLife Jet Stream darauf, die Zukunft der Kunststoffrohre mitzugestalten.

ÜBERZEUGEN SIE SICH VON DEN VORTEILEN DER WARP RADARTECHNOLOGIE



Unsere Zusammenarbeit ist von einem klaren Leitbild und der Ausrichtung auf die Kundenbedürfnisse geprägt. Dieses beruht auf unseren Werten und Prinzipien. Mit Begeisterung und Leidenschaft arbeiten wir jeden Tag an unserem Anspruch „inspire beyond measurement“.

Vision

Wir sind der innovativste Lösungsanbieter für Messtechnik in der Kunststoffindustrie. Heute und in Zukunft.

Mission

Als Pioniere und Experten bieten wir unseren Kunden einen Mehrwert in der Rohr-, Schlauch-, Folien-, Kabel-Blasform- und Proflextrusionsindustrie.

Unsere qualitativ hochwertigen Produkte, ausgestattet mit einer hervorragenden Benutzerfreundlichkeit, bieten intelligente und innovative Lösungen, die als Schlüsselfaktoren für nachhaltigen Erfolg stehen.

iNOEX

INSPIRE BEYOND MEASUREMENT

Maschweg 70
49324 Melle, Germany

T +49 5422 60507-0
F +49 5422 60507-101

www.inoex.de



Ihr Ansprechpartner:

Dr. Jan Beckmann

Product & Business-
Development Manager

jan.beckmann@inoex.de