

Autogummiprofile: neue Entwicklung in der Beflockungsautomatisierung

EINFÜHRUNG

Flocktechniken werden auf Gummi-, Kunststoff-, Metall- usw. Materialien in der Automobil- und Verpackungsindustrie sowie in anderen gewerblichen Bereichen eingesetzt.

Zu den verschiedenen Beflockungsmaschinen auf dem Markt gehören Anlagen für die Beflockung von Gummiteilen in der Automobilindustrie. Im Laufe der Jahre haben diese Maschinen von der fortschreitenden technischen und technologischen Entwicklung profitiert.

Aufgrund der positiven Ergebnisse dieser Entwicklung wird es immer wichtiger, die Beflockungsanlagen automatisch zu betreiben und Systeme zur Verwaltung der von den elektronischen Instrumenten der Anlagen gesammelten Daten einzusetzen.

Ein Bereich, in dem interessante Entwicklungen möglich sind, sind die Beflockungsanlagen für Automobilprofile, die aus Gummi in Rückgewinnung hergestellt werden. Kurz gesagt geht es dabei um die Beflockung der Ecken von extrudierten Gummiprofilen (EPDM, TPE und TPV), die zuvor mit speziellen Spritzgussmaschinen zusammengefügt wurden, auf speziellen Anlagen.

So entstanden automatisierte Anlagen, die mit umfangreichen Sensor- und Robotersystemen ausgestattet sind:

- **Automatisierung zur Steigerung der Produktivität, zur Verringerung von Fehlern und zur Optimierung der Kontrolle der Parameter der verschiedenen technischen Funktionen in den Anlagen;**
- **Ergonomie** zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen der Bediener. Insbesondere wurde ein System zur Verbesserung des Be- und Entladens von Teilen in der Linie entwickelt: Es wurde ein System hergestellt, das die Werkstückträger hochklappt, um das Be- und Entladen zu erleichtern;
- hohe **Produktivität** bei geringem Arbeitseinsatz;
- **Vielseitigkeit** zur schnellen Änderung des Profiltyps;
- die Möglichkeit der **Erfassung von Prozessdaten** durch geeignete **Sensoren** und den Einsatz fortschrittlicher **Kommunikationssysteme** zur Nutzung und Verarbeitung der erfassten Parameter aus der Ferne.

AIGLE Macchine S.r.l.

Via Donatello 8 - 10071 - Borgaro Torinese - Italia

Tel +39 011 2624382

E-mail: info@aigle.it <http://www.aigle.it>

C.F. e VAT N° 08765330017



Diese neuen Fortschritte ermöglichen den Einsatz und die Entwicklung innovativer Produkte mit besonderem Bezug auf die Automatisierung und das Prozessdatenmanagement, die vor allem (aber nicht nur) im Automobilssektor Anwendung finden, der ebenfalls einer der weltweit am schnellsten wachsenden Märkte ist (neben dem Automobilssektor kommen z. B. auch die Luftfahrt, die Schifffahrt, die Eisenbahn und der Bausektor in Frage).



STAND DER TECHNIK UND ENTWICKLUNGEN

Im Bereich der Beflockung von Gummiprofilen in der Verwertung gibt es bereits Anwendungen, die halbindustrielle, wenn nicht sogar noch handwerkliche Verfahren erfordern. Aigle selbst hat im Laufe der Jahrzehnte mehrere Beflockungsanlagen dieser Art entwickelt und installiert. Es handelt sich jedoch um Anlagen, bei denen es heute als möglich und sinnvoll erachtet wird, Robotersysteme zu installieren, um die verschiedenen Phasen zu automatisieren und vor allem die gesammelten Prozessdaten in geeigneter Weise zu verwalten.

Was die Automatisierung der Produktion anbelangt, so werden die Vorbehandlung der Profile und der Leimauftrag bisher noch manuell und manchmal offline durchgeführt.

Diese Erfahrungen führten zu der Notwendigkeit, neue Modelle für die automatisierte Beflockung dieser Bauteile zu entwickeln

Der Forschungsbereich wurde im Rahmen eines Industrie- und Innovationsprojekts mit dem Ziel entwickelt, ein innovatives Modell zu schaffen, das sich wesentlich von den derzeit existierenden Modellen unterscheidet, einschließlich der Verwendung von Sensoren, Konnektivität und Datenanalyse (Produktionsdatenanalyse):

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei dieser Art von Geräten, die derzeit auf dem Markt sind, die ersten beiden der fünf Arbeitsgänge (a, b) manuell durchgeführt werden:

- a. Vorbehandlung (in der Welt derzeit offline oder von Hand durchgeführt)
- b. Leimauftrag (in der Welt derzeit von Hand durch einen Bediener)
- c. Flock-Anwendung
- d. Trocknen des Leims
- e. Endreinigung

Die Neuheit bestand darin, sie durch den Einsatz von Robotern und spezifischen Werkzeugen wie Plasmapistolen und Präzisionsklebepistolen zu automatisieren, aber dabei wurde die gesamte Anlage zwangsläufig in all ihren Phasen einer tiefgreifenden elektronischen Entwicklung unterzogen. In der Tat ist es wichtig, dass die zu verarbeitenden Gummiteile automatisch erkannt werden und dass alle Phasen automatisch und integriert gesteuert und überwacht werden.

Es war also notwendig, dass die von den Sensoren und Kameras aufgezeichneten Daten nicht nur gesammelt, sondern auch während der Produktion verarbeitet und dann natürlich kontinuierlich weiterverarbeitet wurden, um die Effizienz des gesamten Produktionssystems zu kontrollieren und zu steigern (Produktivität, Abfallreduzierung usw.).

Da sich die fünf Arbeitsschritte stark voneinander unterscheiden, sind für jeden einzelne spezielle Instrumente zum Ablesen, Handhaben und Sammeln von Daten erforderlich (z. B. Pyrometer in den Öfen, Kilovoltmeter im Beflockungsbereich, Regeldruckschalter im Leimbereich, Thermometer und Hygrometer im Beflockungsbereich, usw.).

Die Innovation besteht also nicht nur in der kaskadenartigen Automatisierung der ersten beiden Phasen, sondern in der Untersuchung eines **integrierten Systems**, das sehr unterschiedliche Daten von verschiedenen Sensoren sammelt, die dann kontinuierlich analysiert und verwaltet werden.

Aigle entwickelte daher einige Prototypen von Anlagenteilen, um anschließend ein automatisches und prozessbezogenes Datenmanagementsystem zu implementieren. Ziel war die Validierung und Demonstration der verwendeten Technologien in der industriellen Umgebung zunächst auf Prototyp-Ebene und dann auf realer Betriebsebene, bis hin zur Qualifizierung des Systems und der Demonstration seiner Anwendbarkeit im Bereich der Gummiprofilproduktion.

Schließlich wurde versucht, die spezifischen Rohstoffe (Chemikalien und Flock) mit den besonderen Anforderungen an das Kontrollsystem zu kombinieren, das dann so entwickelt wurde, dass Profile mit den gewünschten technischen Eigenschaften an der Oberfläche behandelt werden können



DAS BEFLOCKTE GUMMIPROFIL: AUF DEM WEG ZUR GESAMTQUALITÄT

Speziell bei Kraftfahrzeugen (und nicht nur dort) werden Gummiprofile verwendet, die verschiedene Behandlungen benötigen, um wärmeisolierende Eigenschaften sowie Witterungs- und Abriebfestigkeit zu erhalten. Die Anwendung dieser Behandlungen macht es möglich,:

- Begrenzung von **Vibrationen** (Anti-Rumpel-Effekt)
- erleichtern das mechanische **Gleiten**
- verlängern die Lebensdauer des Produkts, indem sie den **mechanischen Verschleiß** und die Aggression der **atmosphärischen Komponenten** begrenzen.

Bei der Automatisierung des Produktionsprozesses und der Verwaltung der Daten gibt es jedoch eine Reihe von Schwierigkeiten, die auf der Prozess- und Steuerungsebene zu bewältigen sind.

Die hier vorgestellten Forschungsarbeiten befassen sich mit diesem Problem und lösen es:

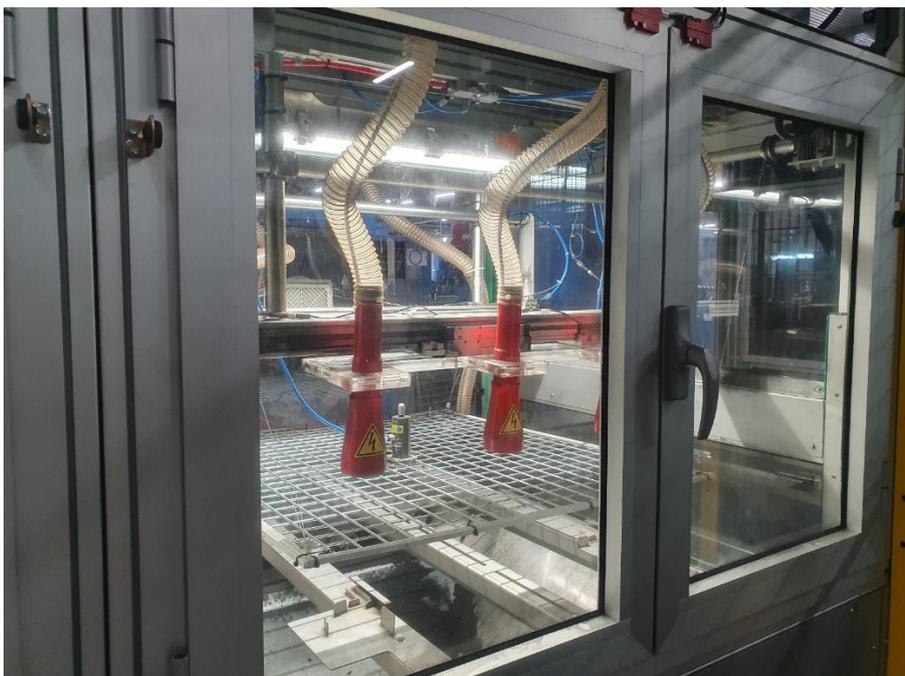
- **Automatisierung und Prozesssteuerung**
- **Veränderung der Form des Kautschuks** während der Verarbeitung (was natürlich die Qualität und Wiederholbarkeit des Produkts beeinträchtigt)
- Beflockbarkeit von **Profilabschnitten, die** von den Flockfasern **nur schwer** erreicht werden können (Vorhandensein von unterschrittenen Bereichen).

Der wachsende Bedarf an Automatisierung verschiedener mechanischer Teile des Automobils, vor allem von Klappen, Motorhauben und anderen nicht automobilen Bereichen, führt zu einer zunehmenden Verwendung von beflockten Profilen. Die steigende Nachfrage erfordert jedoch eine Rationalisierung der Produktionskriterien und deren Kontrolle sowie eine **Steigerung der Produktivität**.

Gleichzeitig erfordern die ständig steigenden Qualitätsanforderungen von den Herstellern dieser Bauteile das Bemühen um Gesamtqualität und damit um Produktionssysteme, die in der Lage sind, die Produktivität zu steigern und gleichzeitig eine hohe Qualitätskontrolle des Halbzeugs zu gewährleisten.

Die Gründe, warum es derzeit keine besonders fortschrittlichen automatisierten Anlagen für die oben genannten Bereiche gibt, sind vor allem auf die folgenden Faktoren zurückzuführen:

- Gummiteile neigen dazu, ihre **Form und Position** entlang der Produktionslinie nicht **konstant zu halten**. Das macht den Einsatz von Robotern schwierig.
- das Profil nicht komplett, **sondern nur in Teilen** beflockt werden soll. Das Auftragen von Sprühkleber müsste daher mit Masken erfolgen, was den Prozess teuer und schwieriger zu automatisieren machen würde.
- Die Schwierigkeit bei der Beflockung von Gummi liegt in der Kombination einer speziellen Vorbehandlung (Plasma) und der Suche nach Chemikalien (Klebstoffe und Farben), die mit den Präzisionsdispensern kompatibel sind. Damit die Profile beflockt werden können, müssen die Klebstoffe eine Schicht von etwa 0,2 mm auf der Oberfläche des Gummiprodukts erzeugen. Dies kann nur mit Sprühtechniken erreicht werden. Es wurden auch Klebstoffe gefunden, die bei relativ niedrigen Temperaturen aushärten, aber dennoch gut auf dem Gummi haften. Vorbehandlung, Menge und Qualität der Leimverteilung, Steuerung des Flockflusses, elektrostatische Felder und Steuerung der Trocknungstemperatur sind die **Parameter**, die bei dieser Forschung mit Hilfe von fortschrittlichen Messsystemen, Automatisierung und Kommunikationsprotokollen, die die Prozessdaten für das Produktionskontrollpersonal leicht zugänglich gemacht haben, erfasst und verwaltet wurden.



Bei Profilen werden die Schwierigkeiten der Beflockbarkeit noch dadurch vervielfacht, dass es schwierig ist, die Fasern gleichmäßig über den gesamten **Querschnitt des** Profils zu erreichen. Aus diesem Grund wurde beschlossen, die Technik der elektropneumatischen Beflockung anzuwenden, die es durch die präzise Mischung von Luft und Flock ermöglicht, dass die Fasern auch schwer zu beflockende Bereiche erreichen.

Außerdem haben die Profile nicht immer eine konstante Form und Position. Wir haben eine Lösung untersucht, bei der **Kameras auf den Robotern installiert sind, um die Bahnen live zu korrigieren** und das Problem einzugrenzen. Aus diesen Gründen waren die Bediener bisher immer gezwungen, manuell zu arbeiten, und die Notwendigkeit, den Prozess zu automatisieren, wurde bereits deutlich zum Ausdruck gebracht.

Derzeit gibt es keine alternativen Systeme zu Flock, die dieselbe Leistung auf Gummiprofilen garantieren. Ein "textilartiges" Produkt, das der Oberfläche von Gummiobjekten genau folgt, ist auf dem Markt nicht erhältlich. Außerdem können Flockfasern ausgewählt werden für:

- Durchmesser
- Länge
- Farbe

Für Gummi wird Polyester- oder Polyamidflock bevorzugt, da diese widerstandsfähiger sind. Die Möglichkeit, die Art der Fasern und damit ihre mechanischen Eigenschaften zu wählen, kann jedoch auch sehr unterschiedliche Verwendungen ermöglichen.

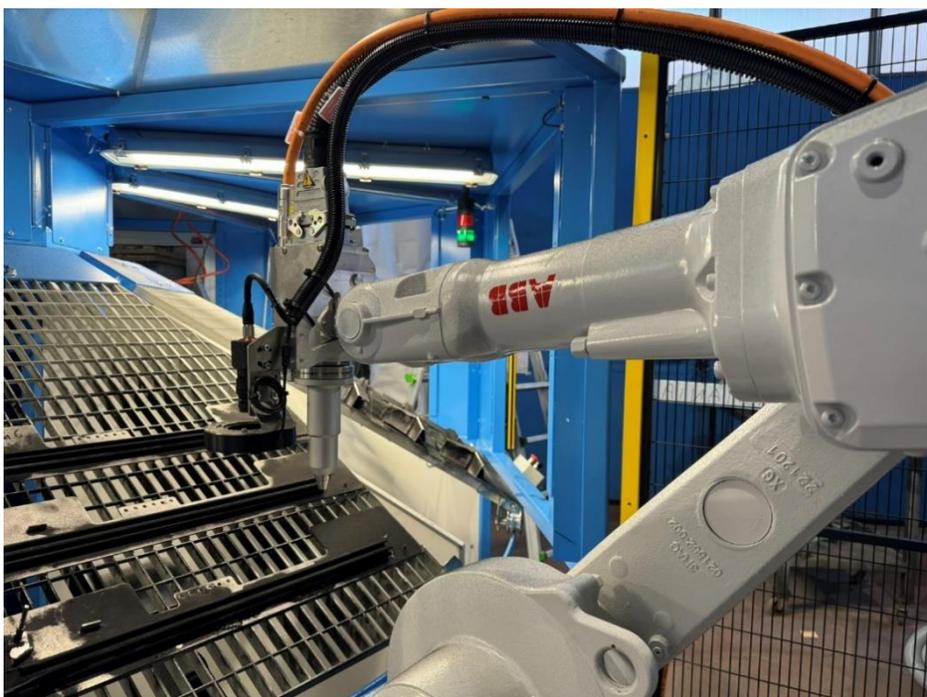
DIE BEFLOCKUNGSLINIE: INNOVATION

Daher wurden mehrere Elemente in die neuen Beflockungslinien aufgenommen:

- Die **Teile werden** von einem System von Latten oder Trägern **getragen, die sich** mit schrittweisen Anschlägen bewegen. Die Kompatibilität mit dem Latten- oder Karussell-Transportsystem, das in den zuvor gebauten Beflockungsanlagen verwendet wird, wurde in Bezug auf die mechanische Kompatibilität, die Arbeitsgeschwindigkeit und die geometrische Kompatibilität des Produkts untersucht. Die Stäbe werden beispielsweise durch ein System von automatischen Hebeln (die von Positionssensoren gesteuert werden) zum Bediener hin angehoben, was ein einfaches Laden der Stücke in die Anlage ermöglicht. Auf diese Weise bleibt die Körperhaltung während des Be- und Entladens der Profile so aufrecht wie möglich.



- Der erste Roboter, der für die **Plasmavorbehandlung** vorgesehen ist, **verfügt** über eine Kamera mit entsprechenden Beleuchtungssystemen. Die Kamera hat zwei unterschiedliche Funktionen:
 - **Identifizierung der Art des** zu behandelnden **Profils**, um das auszuführende Rezept zu wählen
 - **Identifizierung der genauen Position** jedes einzelnen Teils zur Referenzierung von Robotern, um Roboteroperationen präzise auszuführen,



- **Klebstoffauftrag**, in diesem Bereich wurde für den Übergang zum Einsatz des zweiten Roboters eine Spritzpistole identifiziert, die die Möglichkeit bietet, die Auftragshöhe erheblich zu variieren, von sehr klein, mindestens 5 mm, bis maximal 15-20 mm. Der Roboter steuert die Auftragshöhe mit einem Proportionalventil, das je nach den verschiedenen mit dem Klebstoff zu behandelnden Bereichen variiert:
- kleines Rosa für Konturen, um keine übersprühten Bereiche zu erzeugen
- eine breitere Rose für die zentralen Bereiche, um die Anwendungszeit zu verkürzen (wichtig, um das Ziel zu erreichen).

Ein fortschrittlicher Sensor wird im Klebstoffverteilungssystem eingesetzt, um den Klebstofffluss zu kontrollieren.

Dieser misst den Klebstoffdurchlass, um das ordnungsgemäße Funktionieren des Systems zu bestätigen, und alarmiert die SPS im Falle anormaler Durchlassmessungen, die nicht mit den voreingestellten Daten übereinstimmen.



- **Beflockung mit** elektropneumatischen Pistolen zur Verteilung der Fasern, mit einer speziellen Vorrichtung zur Filtration und Rückgewinnung des überschüssigen Flocks. Die an einem dritten Roboter angebrachten Pistolen können durch 3D-Druck mit transparentem Polypropylen-Filament hergestellt werden. Auf diese Weise verfügt der Schlauch, der die Polyester-Mikrofaser trägt, über die erforderliche mechanische Festigkeit, aber auch über die notwendige Transparenz: Durch die Transparenz des Schlauchs können wir das Vorhandensein des Flocks und die Menge der zu den Pistolen geleiteten Fasern mit einem optischen Sensor überwachen. Auf diese Weise können wir mit dem vom Sensor empfangenen Signal die Umrichtergeschwindigkeit des Faserflussgebläses steuern. Auf diese Weise wird die auf dem Profil ankommende Flockmenge optimiert, und im Falle einer Verstopfung im Rohr sorgt das System für eine Beschleunigung der Gebläsedrehzahl, um die Verstopfung selbstständig zu beseitigen, ohne dass ein Bedieneingriff und ein längerer Stillstand der Anlage erforderlich sind. Bleibt die Verstopfung bestehen, kann der Sensor ein Alarmsignal auslösen und die Leitung blockieren.



- Eine Beflockungsanlage, die mit einem elektrostatischen Feld variabler Intensität ausgestattet ist, das zu einer hervorragenden Abriebfestigkeit des Flocks beiträgt. Der Flockverteiler ist in einer **Klimakammer** mit automatischer Feuchtigkeits- und Temperaturkontrolle untergebracht, um einen gleichmäßigen Betrieb der Beflockungsanlage zu gewährleisten.

- **Die Trocknung** erfolgt mit einem System von Infrarotlampen. Jede Lampengruppe ist mit einem Pyrometer ausgestattet, mit dem die Intensität der Lampen moduliert werden kann, sobald die Zieltemperatur erreicht ist. Je nach Aushärtungsphase des Klebstoffs haben die Lampen unterschiedliche Wellenlängen. Die Beflockungsparameter (Gebläse und Generatorspannung) werden vom Roboter in Abhängigkeit von der vom Roboter zurückgelegten Strecke gesteuert.



- Geeignete geschlossene Anlagen, um die Faserverschmutzung in der Arbeitsumgebung zu minimieren.



Druckschalter in allen Abluftventilatoren dienen zur Kontrolle des korrekten Luftstroms und zur Meldung von Störungen in den Luftkreisläufen.

Das System wird von einer **SPS für die Verwaltung der wichtigsten** Produktionsparameter **gesteuert**. Das System ermöglicht auch die Einstellung von "Rezepten" für bestimmte Produkte: Die eingestellten Produktionsparameter können gespeichert und später für ähnliche Prozesse wieder vorgeschlagen werden. Alle Anomalien der Linie können ebenfalls überwacht und ihre Auswirkungen auf die Produktivität analysiert werden.

Die SPS ist über ein SCADA-System (CitectSCADA oder WinnCC Professional Software) mit einem PC zur Datenerfassung verbunden:

- Synoptisches Diagramm der Linie mit Angabe der verwendeten Parameter, des aktuell bearbeiteten Werkstückrezepts, der Produktion im vorgegebenen Zeitrahmen, der Produktivität und eventueller Abweichungen vom Soll.
- Die SPS verfügt über einen internen Zähler, der die Betriebsstunden und die produzierten Teile erfasst, um die Abnutzung der Verschleißteile unter Kontrolle zu halten und den Produktionsleiter bei **Wartungsplänen zu alarmieren**.

Die Studie umfasste die Erarbeitung einer technischen Lösung für Robotersysteme, die die Qualität und Wiederholbarkeit des Produktionsmodells und damit des Endprodukts gewährleisten können.

Für künftige industrielle Anwendungen wurden auch **Sicherheitssysteme**, Sensoren und Barrieren zum Schutz der Bediener untersucht.

Das Ergebnis ist eine Anlagenkapazität von etwa 180 Winkeln pro Stunde (abhängig von der Form der zu beflockenden Profile).

In Bezug auf die Fehlerhaftigkeit wird ein Ergebnis von 2-3 % erreicht.

Um noch mehr ins Detail zu gehen, benötigte die Beflockungsanlage eine Reihe von evolutionären Elementen, um die Produktqualität und -kontrolle zu gewährleisten.

So wurden Systeme entwickelt für:

1. **Visualisierung** und Verwaltung von Profilen, die die Beschichtungs- und Beflockungsphase nicht korrekt durchlaufen haben. Visuelle Markierungen zeigen die Profile an, die in "Quarantäne" verbleiben, weil während der Verarbeitung ein Notfall eingetreten ist. Der Produktionsprozess wird also nicht unterbrochen, um Abfall an anderen Profilen zu vermeiden.
2. Identifizierung und Registrierung der verschiedenen produzierten **Chargen** mit Eintragung auf der plc
3. Verwaltung von **Parametern** wie der Profilverfahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Verarbeitungszeit und der Verweilzeit im Ofen. Die Parameter der Ofentemperatur und der Profilverfahrgeschwindigkeit werden z.B. alle 10 Minuten gespeichert. Auf diese Weise hat der Bediener den Nachweis, dass die einzelne Charge mit konstanten und überprüfbaren Eigenschaften produziert wurde.
4. Kontrolle des Gewichts der **Rohstoffe** (Flock und Leim) mit Hilfe von Ladezellen zur Verwaltung und **Kontrolle des Verbrauchs** und zur Warnung vor einem sich nähernden Produktvorrat, so dass der Bediener zum Austausch der Leimtrommel und zum notwendigen Laden von Flock in den Verteilertrichter aktiviert wird.
5. **Durchflusskontrolle** mit Alarmen bei geringer oder fehlender Versorgung
6. Kontrolle der Werte des **elektrostatischen Generators** mit Alarmen im Falle der Nichteinhaltung der voreingestellten Werte.
7. Inline-Qualitätskontrollsysteme mit fortschrittlichen Sicht-/Sensorsystemen

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND PERSPEKTIVEN

Es wird davon ausgegangen, dass die Entwicklung der automatischen Beflockung von Gummiprofilen in der Verwertung fortgesetzt werden kann und neue Horizonte für diese Produktionstechniken sowie für andere Arten von Beflockungsanlagen eröffnet, wie dies in ähnlichen Versuchen in der Vergangenheit der Fall war.

Das Projekt entwickelte sich durch die folgenden vorbereitenden Aktivitäten:

- a) **Analyse von Produktionsmethoden** und Produkten zur Definition von Funktionsmodellen, um systematisch das innovative Potenzial der Profile von Beflockungsanlagen in der Verwertung sowie die besten technischen und technologischen Möglichkeiten, auch aus anderen Industriezweigen, zu ermitteln;
- b) **Rekonstruktion des Stands der Technik** und der Forschung in den einschlägigen wissenschaftlichen und technischen Bereichen, wobei aufzuzeigen ist, welche Akteure mit welchen Ergebnissen in Technologien von potenziellem Interesse investiert und neues Wissen entwickelt haben
- c) **Definition potenzieller technologischer Möglichkeiten** und Leitlinien für eine mögliche spätere Umsetzung.

Dies führte zu:

- **den Stand der elektronischen Technologien** in den technisch-wissenschaftlichen Bereichen der Produktqualitätskontrolle und des Qualitätsmanagements (die beschriebenen Profile) und das entsprechende Produktionssystem (die entwickelte Beflockungsanlage) **zusammenfassen**
- **neues Wissen zu entwickeln und es** auf das Produkt und das System **anzuwenden**, das auf den oben genannten Erkenntnissen basiert
- neue Entwicklungsziele für elektronische Systeme zu definieren, die für künftige neue Implementierungen gelten

Daher wurde eine spezielle Software entwickelt, und es wurden kommerzielle Komponenten ausgewählt und integriert, die an die spezifischen Bedürfnisse angepasst sind.

Für die Zukunft ist absehbar, dass diese Technologien in Industrieanlagen eingesetzt werden können, sicherlich für Gummiprofile, aber in der Folge auch für andere Industrieprodukte verschiedener Art: Dichtungen für die Leichtindustrie, für langlebige Konsumgüter wie Haushaltsgeräte, für das Bauwesen usw.