

2. Innovationswettbewerb „Klimaneutrale Produktion mittels Industrie 4.0-Lösungen“ des
Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg

Förderkennzeichen WM33-42-47/515/5

Projekt „DeWaste“

Digital überwachte Plasmabeschichtungen für sichere und nachhaltige Lebensmittelverpackungen



1. Projektziele

Das Ziel des Projekts „DeWaste“ war die Entwicklung digital überwachter Plasmabeschichtungsprozesse für recyclebare und nachhaltige Lebensmittelverpackungen. Im Fokus stand die Inline-Kontrolle der Schichtdicke auf Verpackungen durch optische Sensorik und die Erzeugung eines digitalen Zwillings für jedes Produkt. Dadurch kann die Qualitätssicherung gesteigert, die Recyclingfähigkeit verbessert und die Produktionsprozesse effizienter gestaltet werden. Die Technologie adressiert gleichzeitig die Umwelt- und Energieproblematik herkömmlicher Verpackungsmaterialien.

2. Beteiligte Partner

- **PLASMA ELECTRONIC GmbH** (Neuenburg): Entwickelt seit vielen Jahren innovative Plasmabeschichtungsanlagen und Steuerungssysteme, insbesondere für Hochdurchsatzanwendungen.

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM (Freiburg): Verfügt über umfassende Expertise in optischer Messtechnik und kombinierten Hardware-Software-Lösungen für Industrieanwendungen.

3. Vorhabensverlauf

Das Projekt war in fünf zentralen Arbeitspaketen strukturiert, um eine enge Verzahnung zwischen Maschinenbau und Digitalisierung sicherzustellen.

- **Arbeitspaket 1:** Es wurde die interne und externe Kommunikation zwischen Beschichtungsanlage und Sensorik definiert. Insbesondere entstanden Schnittstellen wie ein OPC-UA-Server sowie die Integration der optischen Sensorik in die bestehende Maschinensteuerung (SPS).
- **Arbeitspaket 2:** Die Sensoren wurden hardwareseitig in die Beschichtungsanlage integriert, inkl. mechanischer und elektronischer Lösungen. Die Datenerfassung zwischen Sensoren und zentralem Industrie-PC wurde vollständig aufgebaut.
- **Arbeitspaket 3:** Eine optische Detektionseinheit wurde entwickelt, die Schichtparameter wie Schichtdicke (< 10 nm) misst. Über eine grafische Benutzeroberfläche können Produktionsparameter kalibriert und angepasst werden.
- **Arbeitspaket 4:** Die Zusammenführung der Sensormesswerte und Anlagenparameter erfolgt nun zentral und wird zur Überwachung und Prozessrückkopplung genutzt. Die Datenstruktur erlaubt die lückenlose Rückverfolgbarkeit bis hin zur digitalen Zwillingserstellung.
- **Arbeitspaket 5:** Die Validierung erfolgte am Standort von PLASMA ELECTRONIC. Dabei wurden der Austausch zwischen Software und Hardware, die Präzision der Inline-Sensorik und die digitale Datenarchitektur erfolgreich getestet.

Durch enge Abstimmung der beiden Partner und eine sechsmonatige Projektverlängerung wurden die ambitionierten Ziele vollständig erreicht.

4. Erzielte Ergebnisse / Technologiereifegrad

- **Schlüsseltechnologien:**
 - Inline-Sensorik, die Schichten von weniger als 10 nm Dicke misst und chemische Zusammensetzungen analysiert.

- Vollständig digitale Integration der Prozess- und Messdaten in Industrieanlagen.
 - Erstellung eines digitalen Zwillings für jedes Produkt zur lückenlosen Qualitätssicherung.
- **Demonstrator:**

Ein funktionsfähiger Demonstrator zeigt die gesamte Prozesskette von der Beschichtung bis zur Schichtmessung. Im Demonstrator wurden die optischen Sensoren (Abbildung 1) vollständig in die Anlage integriert, um präzise Daten zur Schichtdicke und chemischen Zusammensetzung zu erfassen. Die Sensortechnologie arbeitet dabei mit Infrarot-Detektion und nutzt integrierte Schnittstellen (z. B. OPC-UA), um Rückschlüsse auf die Prozessparameter zu ermöglichen. Die schematische Funktionsweise der Sensoren, einschließlich der Mess- und Datenverarbeitungsschritte, ist in Abbildung 2 dargestellt.

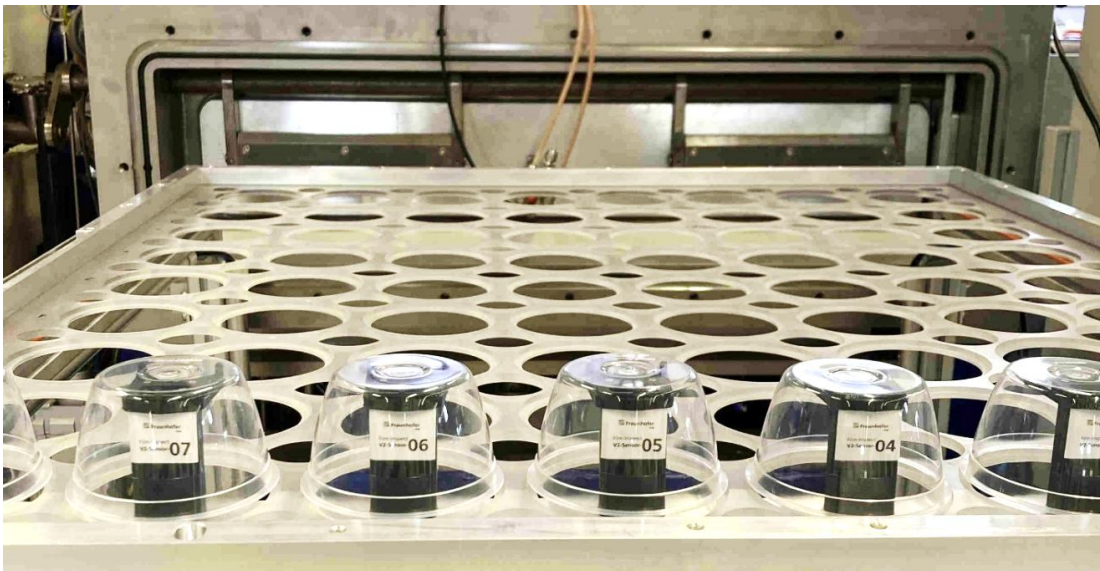


Abbildung 1: Foto der optischen Sensoren in der Beschichtungsanlage.

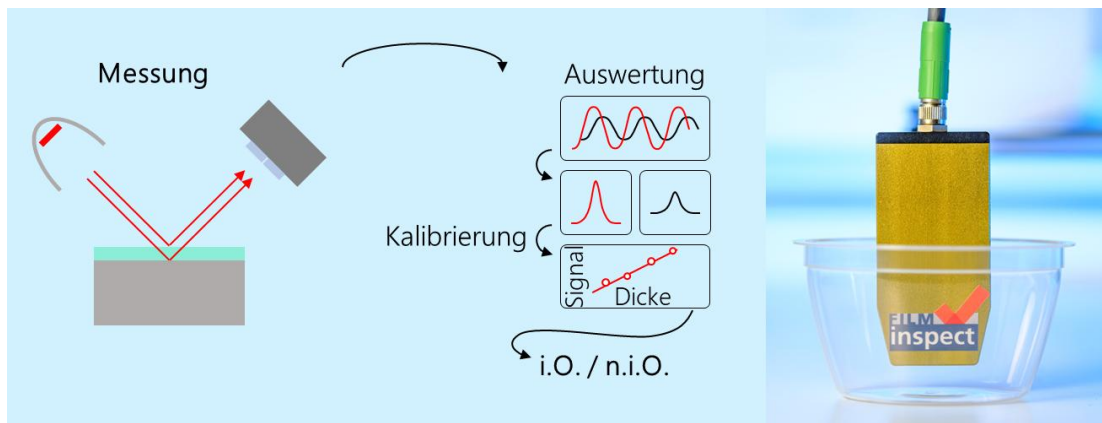


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Funktionsweise der Sensoren, von der Infrarot-Detektion bis zur Datenverarbeitung und Rückkopplung.

- **Technologiereifegrad:**

Im Rahmen des Projektes wurde die Technologie in die Deomstratoranlage integriert und erfolgreich validiert. Der zukünftige Einsatz in kommerziellen Beschichtungsanlagen ist möglich.

5. Mögliche Anwendungsfelder / Nutzen für die Wirtschaft

Lebensmittelverpackungen:

Die Technologie ermöglicht ressourcenschonende Verpackungen aus Monomaterialien oder Recyclingkunststoffen mit hoher Barrierewirkung gegen Sauerstoff und Feuchtigkeit. Dies reduziert den Verbrauch nicht-recyclebarer Verbundmaterialien und verbessert die Recyclingquote.

Weitere Anwendungen:

- Produktion von Hochbarriereschichten für flexible Folien.
- Optimierungen in Bereichen wie Maschinenbau, Medizintechnik (z. B. in-vitro-Diagnostik) und Oberflächenmodifikationen (z. B. Verbesserung der Gleiteigenschaften).

Wirtschaftlicher Nutzen:

- Verbesserte Produktions- und Materialeffizienz in der Lebensmittelindustrie.

- Stärkung von PLASMA ELECTRONIC durch neue Märkte im Bereich Hochdurchsatz-Beschichtungen.
- Fraunhofer IPM kann die Sensorik-Technologie auf weitere Industriebereiche ausweiten und wirtschaftliche Synergien schaffen.

Durch das Projekt „DeWaste“ wird eine nachhaltige und energieeffiziente Verpackungstechnologie ermöglicht, die sowohl Herstellern als auch Verbrauchern zugutekommt und die ökologischen Belastungen der Verpackungsindustrie erheblich reduziert.