

## Vision for Motion

**Wie sich hochdynamische Motion-Anwendungen in der Schlauchbearbeitung durch die Integration von Kamerasystemen optimal automatisieren lassen.**

In einigen Gebieten der Welt ist eine zusätzliche und ressourcensparende Bewässerung der Nutzpflanzen in der Landwirtschaft notwendig. Durch einen in der Erde liegenden Bewässerungsschlauch können Pflanzen direkt an der Wurzel bewässert werden.



**Abb. 1: Bewässerungsschlauch (Foto: Rex Automatisierungstechnik)**

Um eine gleichmäßige Bewässerung über die gesamte Länge des Schlauches zu gewährleisten, werden während der Extrusion sog. Tropfer in die Schlauchwand integriert. Ein Tropfer ist ein ca. 20 mm langes Kunststoffteil mit einer mäanderförmigen Innenstruktur, das für eine dosierte (tropfenweise) Bewässerung sorgt. Je nach Tropfer-Typ und Wasserdruck haben sie einen genau definierten Wasserdurchfluss pro Stunde, bei den sog. „Nano Flat Drippern“ liegt der Nenndurchfluss beispielsweise zwischen 0,64 oder 1,6 l/h.



**Abb. 2: Im Schlauch integrierter Tropfer mit mäanderförmiger Struktur und Bohrloch (Foto: Rex Automatisierungstechnik)**

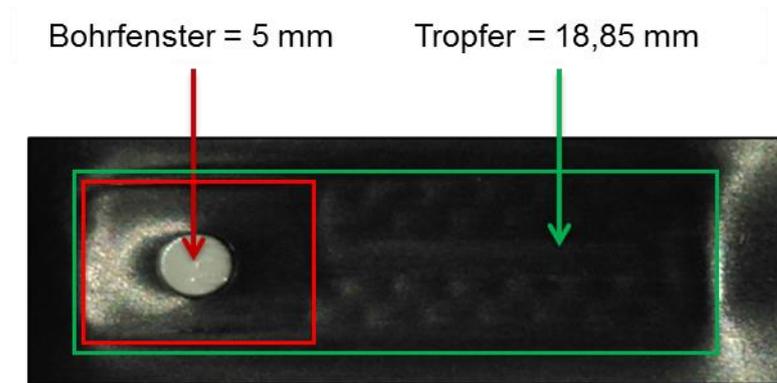
Die Herstellung der Bewässerungsschläuche stellt sehr hohe Anforderungen an die Automatisierung, besonders an die Motionsteuerung, Antriebstechnik und Bildverarbeitung. Denn jeder Tropfer benötigt für den dosierten Wasseraustritt eine Bohrung an einer genau definierten Stelle. Die Bohreinheit muss daher perfekt mit der Bandgeschwindigkeit von bis zu 250 m/min synchronisiert werden, um die Löcher positionsgenau und innerhalb eines bestimmten Zeitfensters zu bohren.

Die Firma Advanced Automation Systems Ltd. auf Zypern ist spezialisiert auf die Entwicklung und Produktion von Tropfern und konstruiert innovative Anlagen zur Schlauchherstellung, die in aller Welt zum Einsatz kommen. Für ihre neueste Produktionslinie (zur Herstellung von Nano Flat Dripper-Bewässerungsschläuchen) hat die Firma Rex Automatisierungstechnik GmbH aus Erfurt eine anspruchsvolle kundenspezifische Automatisierungs- und Bildverarbeitungslösung entwickelt, auf Basis von Systemtechnik der Eckelmann AG. Die mechanische Entwicklung und Umsetzung lieferte die Firma SMR Sondermaschinen GmbH. Diese Lösung wird im Folgenden näher vorgestellt.

### **Bildverarbeitung bei Hochgeschwindigkeit**

Direkt nach dem Bohren erfolgen eine 100 % Qualitätskontrolle der Löcher und eine automatische Feinkorrektur des Bohrprozesses. Dazu wird ein eigenes Kamerasystem mit applikationsspezifischer Bildverarbeitungssoftware eingesetzt. Mit der Anlage von Advanced Automations Systems können bis zu 2.000 Tropfer/min produziert werden - bei einer maximalen Bandgeschwindigkeit von 250 m/min.

Alle 30 ms wird ein Tropfer in den Schlauch eingebracht und ein Loch gebohrt. Innerhalb einer Millisekunde bewegt sich der Schlauch maximal um 4,16 mm. Bei einer Bohrfenstergröße von 5 mm und einer Genauigkeitsanforderung von  $\pm 1$  mm stellt dies eine hohe dynamische Anforderung an das Gesamtsystem dar.



**Abb. 3: Tropfer mit Bohrung (Foto: Rex Automatisierungstechnik)**

Geschwindigkeit und Präzision zahlen sich aus: Die Anlage kann pro Tag 288 Kilometer Bewässerungsschlauch mit ca. 3 Millionen Tropfern produzieren. Möglich wird dies durch das technologische Know-how von Rex Automatisierungstechnik und den Einsatz einer hochdynamischen Motion-Steuerung von Eckelmann mit perfekt integrierter Inline-Vision-Lösung.

Die Ingenieure von Rex Automatisierungstechnik setzten alle konfigurierbaren Maschinenfunktionen um und passten die Bewegungsregelung für die Bohreinheit und Schlauchzuführung dem Prozess an. Als weitere Anforderung war ein einheitliches Bildverarbeitungssystem zu integrieren, das folgende Aufgaben übernimmt:

- Echtzeitanalyse mit Lagekorrektur
- Qualitätskontrolle
- Traceability

Alle Funktionseinheiten sollten möglichst effizient vernetzt werden, von der Sensorik und Aktorik über die Steuerungs- und Antriebstechnik bis hin zur integrierten Bildverarbeitung.

Für die Umsetzung dieser Anforderungen wurde auf optimal aufeinander abgestimmte Hard- und Softwarekomponenten aus der Eckelmann Gruppe zurückgegriffen. Darunter als Herzstück die E°EXC 66 Motion-Steuerung von Eckelmann sowie mehrere kompakte Antriebsregler E°Darc K von Ferrocontrol. Für die E°EXC 66 gibt es eine umfangreiche Motion-Funktionsbibliothek nach PLCopen. Damit lassen sich anspruchsvolle Multiachssysteme mit hohen Anforderungen an Synchronität und Präzision steuern, wie man sie z.B. auch bei Druckmaschinen antrifft. Die Motionsteuerung ist dynamisch konfigurierbar.

Das Kamerasystem liefert Informationen für eine optimale Qualitätskontrolle der Bohrung und Lagekorrektur des Schlauches während des Betriebs.

Alle Subsysteme sind auch auf der Benutzerebene voll integriert. Das applikationsoptimierte HMI bietet dem Anwender vielfältige Möglichkeiten zur Konfiguration, Parametrierung und Prozessüberwachung. Dies gilt auch für die Bildverarbeitung, die einen integrativen Bestandteil der Lösung darstellt.

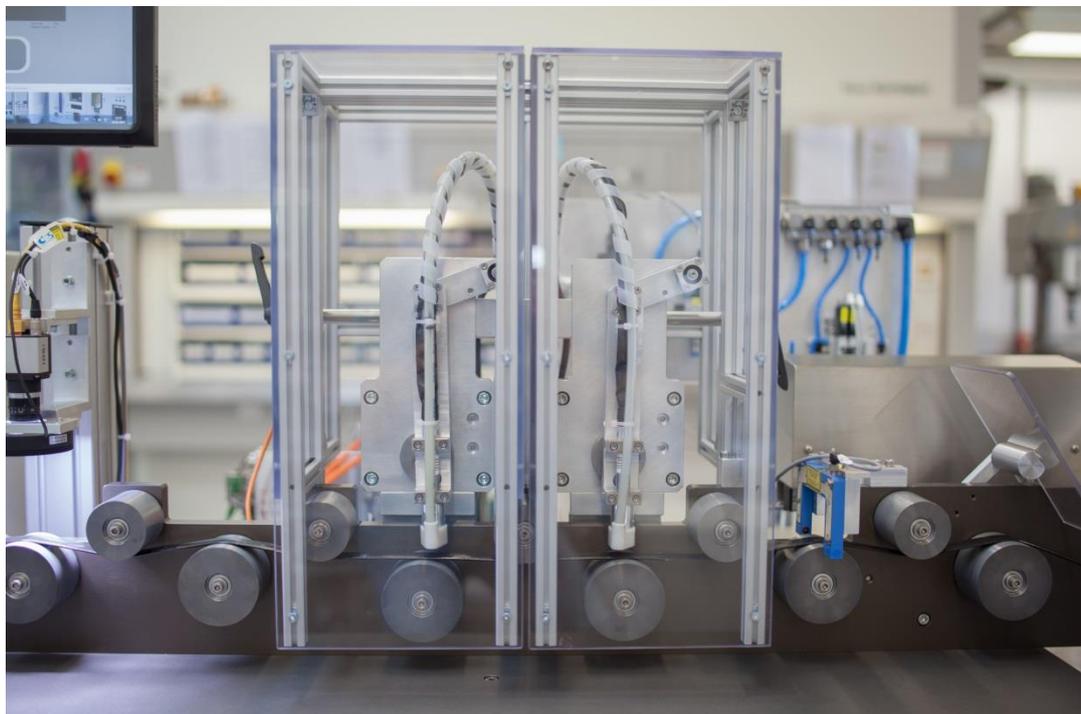
Alle Teilkomponenten, wie SPS-Programm mit Motion, Benutzeroberfläche (HMI) und der Bildverarbeitung sind optimal zu einem abgestimmten Gesamtsystem integriert. Aufgrund der hohen Produktionsgeschwindigkeit wurde ein Konzept mit kürzester Kommunikationszeit aller Teilsysteme

zueinander umgesetzt. Hierbei wurde eine Einheit mit Elementen der Steuerungstechnik und der Echtzeit-Bildverarbeitung geschaffen.

### **Bohren und Kontrollieren**

Nachdem der Schlauch produziert und auf eine bestimmte Verarbeitungstemperatur abgekühlt wurde, wird er über Förderrollen in die Bohrstation geführt und an den Bohrern vorbei transportiert.

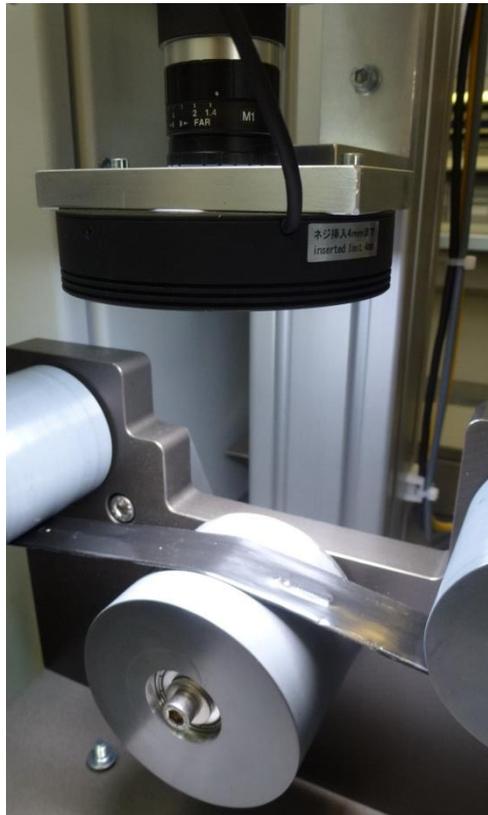
Die Bohrstation besteht aus zwei einzelnen Bohrern, die abwechselnd die Tropfer bearbeiten. Dies ist notwendig, um die gewünschte Performance von bis zu 2.000 Tropfern pro Minute zu erzielen.



**Abb. 4: Bohrstation (Foto: Rex Automatisierungstechnik)**

Für eine kurze Zeit verfahren Bohrer und Schlauch mit dem Tropfer parallel zueinander. In diesem Bereich wird gebohrt. Nach dem Bohrprozess beginnt die Bildaufnahme und –verarbeitung.

## Tropfer im Fadenkreuz der Automatisierung



**Abb. 5: Kamera (Foto: Rex Automatisierungstechnik)**

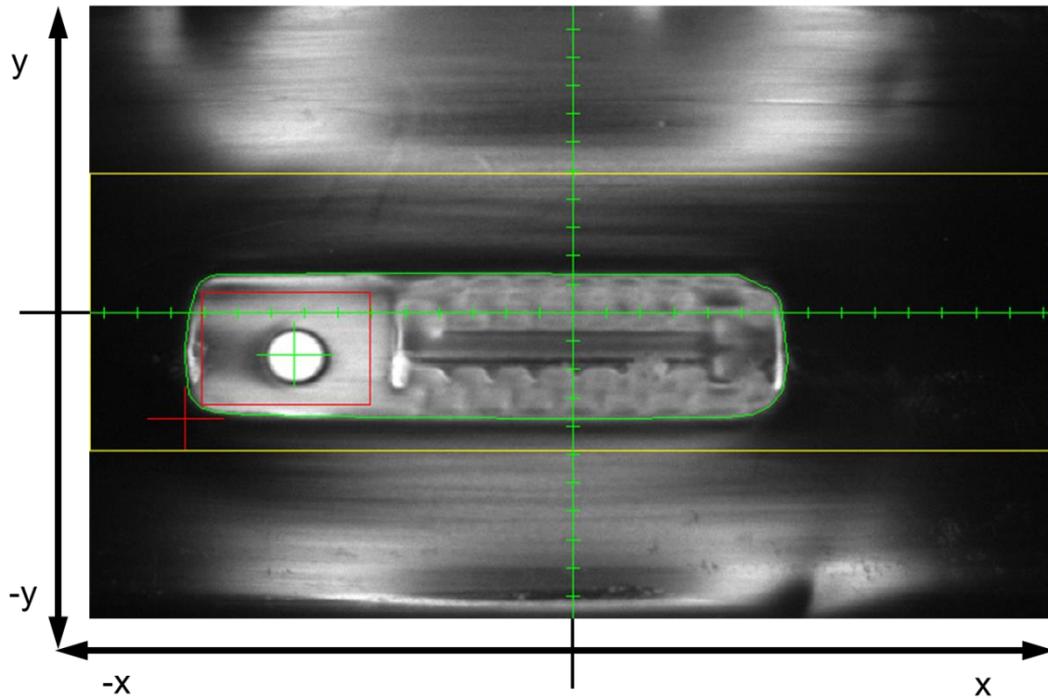
Das Kamerasystem besteht aus einer kompakten, IP54-geschützten Einheit: Integriert sind Kamera, Objektiv, Beleuchtung und eine individuelle Bildverarbeitungslösung. Jeder einzelne Tropfer wird vollständig evaluiert. Dazu wird die Lage des Tropfers und der Bohrung separat erfasst und direkt an die Motionsteuerung übermittelt.



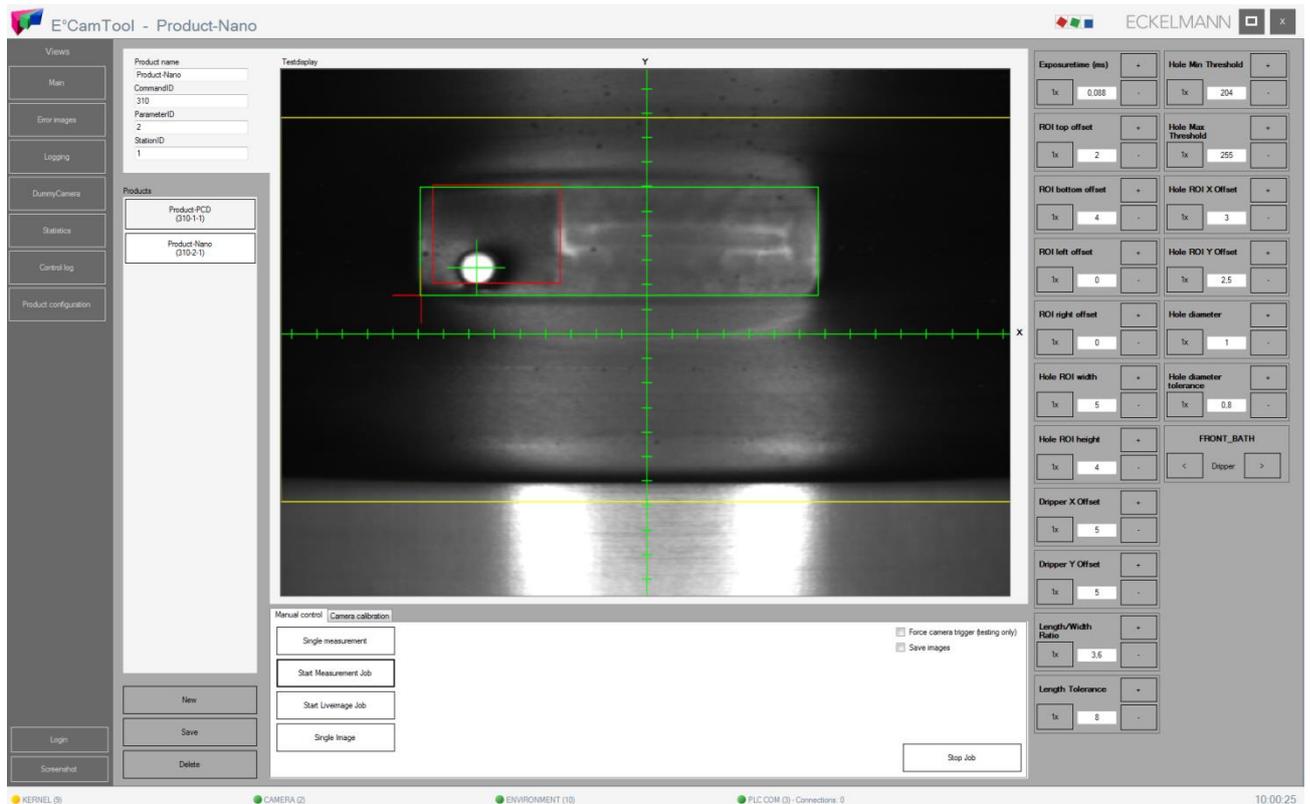
**Abb. 6: Echtzeit Bildverarbeitungsansicht (Foto: Rex Automatisierungstechnik)**

Die Bohrer-, Schlauch- und Kamerajustierung erfolgt über das HMI, das Rex Automatisierungstechnik entwickelt hat.

Ist die Schlauchposition nicht korrekt, befindet sich der Tropfer, der durch das Kamerasystem erfasst wird, nicht mittig unter dem Fadenkreuz. Die Bohrer- und die Schlauchposition werden dann automatisch durch die Motionsteuerung korrigiert.



**Abb. 7: Aufnahme einer korrekten Schlauchposition (Foto: Rex Automatisierungstechnik)**



**Abb. 8: Produktparameter (Foto: Rex Automatisierungstechnik)**

Die Bildverarbeitungssoftware erkennt die Tropfer, kontrolliert sie und übernimmt on-the-fly Messaufgaben, die zur automatischen Feinjustierung der Schlauchbearbeitung in der Bohrstation genutzt werden. Integriert in die Software ist auch ein Funktionsmodul zur Kamerakorrektur und Kalibrierung des Vision-Systems.

## Fazit

Die Anwendung von Advanced Automation Systems zur hochdynamischen Schlauchbearbeitung zeigt wie sich Steuerungstechnik mit maschinennaher Bildverarbeitung zur optimalen Prozesssteuerung ergänzen können. Rex Automatisierungstechnik hat diese innovative Lösung für das hochpräzise Bohren von Tropfern in Bewässerungsschläuchen entwickelt. Hierzu wurde auf Standard-Komponenten von Eckelmann und Ferrocontrol zurückgegriffen und ein eignes anwendungsspezifisches Bildverarbeitungssystem integriert. Der hohe Integrationsgrad zeigt sich nicht nur an der beeindruckenden Performance der Anlage (Genauigkeit von  $\pm 1$  mm bei Bandgeschwindigkeiten von bis zu 250 m/min und Bearbeitungszeiten von 30 ms), sondern auch an der Benutzeroberfläche mit Prozessvisualisierung, über die sich sämtliche Funktionen einschließlich der Bildverarbeitung komfortable parametrieren und konfigurieren lassen. Das System erfasst darüber hinaus Traceability-Daten und wertet den Prozess statistisch aus.