

# Vorgehensweise zum Retrofitting einer Stanzmaschine zur Visualisierung von Prozessdaten

Max Birtel<sup>1</sup>, Jens Popper<sup>1</sup>

Technologie-Initiative SmartFactory KL e.V., Kaiserslautern<sup>1</sup>

birtel@smartfactory.de, popper@smartfactory.de

## Zusammenfassung

In einem Industrieprojekt mit der Mölle GmbH aus Kastellaun war zu Beginn ein heterogener Maschinenpark vorzufinden. Die Maschinen waren teilweise selbst entwickelt, teilweise fremdbezogen und bis zu 30 Jahre alt. Eine einheitliche Vernetzung mit dem ERP-System (Enterprise Resource Planning) stellte eine Herausforderung dar, insbesondere da nicht auf jede speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) der Maschinen zugegriffen werden konnte. Ziel des Projektes war es, mithilfe von Digitalisierung Bestandsanlagen zu vernetzen um somit Prozessabläufe zu optimieren, indem nicht wertschöpfende Prozessschritte umgangen werden. Als solcher Prozessschritt wurde das Wiegen der Restrolle identifiziert, die auf den bestehenden Stanzanlagen verarbeitet wird. Um dies zu optimieren, wurden Sensoren zur Erfassung des hydraulischen Drucks an der Rollenaufhängung angebracht, durch den sich das Rollengewicht in Abhängigkeit vom Winkel bestimmen lässt. Durch ein Edge Device wurden die Sensordaten aggregiert, interpretiert, für den Mitarbeiter an der Maschine visualisiert und ins ERP übermittelt. Die Restrolle muss nach der Auftragsbearbeitung nicht mehr im Lager gewogen werden, was den Lagermitarbeiter entlastet und ein Prozessschritt eingespart werden konnte. Das Nachrüsten (Retrofitting) ermöglicht eine kontinuierliche Zustandsüberwachung der Maschine durch den Maschinenbediener, der besser mit Informationen versorgt wird.

## 1 Ausgangssituation

Die Mölle GmbH aus Kastellaun ist Hersteller von konstruktiven Innenverpackungen (z.B. Gitterstege, Packfächer oder Rahmengefache aus Pappe oder Kunststoff). Geplant ist den heterogenen Maschinenpark sukzessive zu vernetzen (Kagermann et al., 2013) und die Maschinen in

das ERP-System einzubinden. Der Maschinenpark reicht dabei von recht neuen bis zu Bestandsmaschinen, die bereits mehr als 30 Jahre im Einsatz sind. Hierdurch ergibt sich insbesondere bei den verbauten Steuerungen ein breites Spektrum. Um eine möglichst breite Anwendbarkeit zu erreichen war eine Bedingung der Mölle GmbH, nicht auf die individuellen Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) der einzelnen Maschinen zuzugreifen. In diesem Pilot-Projekt soll eine bestehende Stanzanlage in das Firmen-IT-Netzwerk eingebunden werden (Abbildung 1):

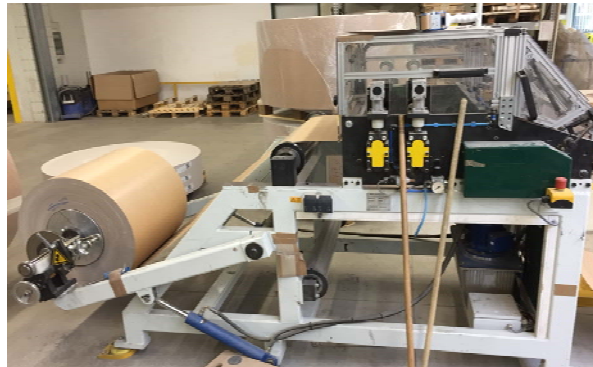


Abbildung 1: Ausgewählte Bestandsanlage für das realisierte Retrofitting-Projekt

Die Grundidee war es die bestehenden Maschinen nachzurüsten und nicht extra komplett neue Maschinen anzuschaffen. Man hat sich für den Retrofitting-Ansatz entschieden, wodurch mit einer geringeren Investition eine bestehende Stanzmaschine vernetzt werden kann und eine Wirtschaftlichkeit der Lösung als realistischer eingeschätzt wurde. Allgemein kann Retrofitting als Ansatz verstanden werden, bei dem ein bestehendes System um neue Funktionalitäten erweitert wird, beispielsweise durch zusätzliche Software- oder Hardwarekomponenten (Ehrlich et al., 2015). Da nicht auf die SPS der Maschine zugegriffen wird, wird darüber hinaus die Maschine im Betrieb nicht beeinflusst und kann weiterhin produktiv arbeiten, was insbesondere aufgrund der sehr guten Auftragslage und vielen Aufträge als wichtiges Kriterium galt. Dieses Projekt wurde im Rahmen des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Kaiserslautern durchgeführt, welches zu Mittelstand-Digital gehört. Mit Mittelstand-Digital fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) Digitalisierungsvorhaben in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und dem Handwerk. Erste Ansätze zur Umsetzung eines Retrofitting-Ansatz können zum Beispiel in (Moctezuma et al., 2012) gefunden werden, wobei die dortige Ausgangssituation und Zielsetzung der Testumgebung stark von denen der Mölle GmbH abweichen und somit nur bedingt übertragen werden konnten.

## 2 Lösungsansatz

Zur Vernetzung wurden somit neue Sensoren in die Maschine integriert und ein sogenanntes Edge Device (Gezer et al., 2017) angebracht. Ein Edge Device ist in diesem Fall ein Mini-PC

mit einem Linux Betriebssystem, welcher die erhobenen analogen Maschinendaten digitalisiert, für den Mitarbeiter visualisiert und an das ERP-System per WLAN überträgt. Zwei hydraulische Drucksensoren wurden an der Maschine angebracht, aus deren Druckverlauf sich das Rollengewicht bestimmen lässt. Durch den Druck auf der Papierrollenaufhängung (siehe blauen Hydraulikzylinder am unteren Bildrand in Abbildung 1) kann das Gewicht durchgehend überprüft werden. Je schwerer die verwendete Rolle, desto höher ist der Druck, der auf der Papierrollenaufhängung lastet. Mit Hilfe von Testwerten und verschiedenen schweren Rollen kann anhand der ermittelten Gewicht-Druck-Wertepaare eine Kurve für den Gewichtsverlauf ermittelt werden. Hierdurch kann sowohl rechtzeitig im Lager erkannt werden, wann eine neue Rolle benötigt wird als auch ein zusätzlicher Wiegeprozess im Lager eingespart werden, weil das Restgewicht bereits beim Tausch der Rolle an der Maschine vorliegt.

Durch die Voraussetzung eine möglichst kostengünstige Hardware einzusetzen, hat man sich auf zwei Sensoren und das Edge Device als Minimallösung verständigt. Die sich daraus ergebende, grobe Systemarchitektur ist in Abbildung 2 dargestellt:

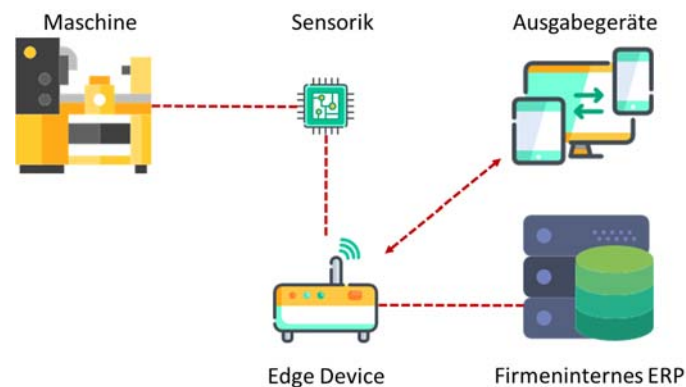


Abbildung 2: Grobe Systemarchitektur der realisierten Umsetzung in Anlehnung an (Schlechtendahl et al., 2015)

### 3 Vorgehensweise

Die Zusammenarbeit erfolgte in einem breit aufgestellten Team mit einem Hintergrund in IT, Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik. Die Projektlaufzeit betrug sechs Monate, woran der Projektplan und die Projektziele ausgerichtet wurden. Die Meilensteine beinhalteten die folgenden Punkte:

- 1) Projektziele und Projektplan verabschiedet
- 2) Anforderungsanalyse für die Sensorik abgeschlossen
- 3) Sensorik ausgewählt und bestellt
- 4) Sensorik an der Stanzmaschine installiert
- 5) Datenerfassung, Kalibrierung und ERP-Anbindung durchgeführt
- 6) Systemtest und Inbetriebnahme abgeschlossen

Nach Verabschiedung der Projektziele und des Projektplans wurde mit den Projektverantwortlichen der Mölle GmbH eine Anforderungsanalyse hinsichtlich der zu beschaffenden Sensorik durchgeführt. Mit Hilfe der Brainwriting-Methode (VanGundy, 1984) identifizierten die Mitarbeiter der Mölle GmbH Anforderungen an die Sensorik, welche im Anschluss priorisiert wurden. Bei der Brainwriting-Methode erhalten die Teilnehmer jeweils Karteikärtchen und einen Stift. In diesem Fall wurden 3 Runden mit jeweils 3 Minuten als Zeitslots gewählt. In den drei Minuten schreibt jeder Teilnehmer für sich Anforderungen nieder, die nach den 3 Minuten dann für alle vorgestellt und gesammelt werden. Gleiches erfolgte in den beiden darauffolgenden Runden. Für den Termin waren die Abteilungsleiter aus IT, Produktion, Technik und Lager eingeladen, die jedoch teilweise den Termin nicht wahrnehmen konnten. Idealerweise hat alle involvierten Personen des Projektes zur Ermittlung der Anforderungen dabei. Geschäftsleitung, Betriebsrat und ein Produktionsmitarbeiter wären zusätzlich sinnvoll gewesen, konnten für diesen Termin jedoch nicht gewonnen werden.

## 4 Lösung

Mit Hilfe der Anforderungsliste wurden von den Mitarbeitern des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Kaiserslautern Möglichkeiten identifiziert, wie diese Anforderungen erfüllt werden können. Es wurden verschiedene Sensortypen (Gewichts-, Druck-, Geschwindigkeitssensoren) hinsichtlich ihrer Eignung für den definierten Anwendungsfall bewertet. Ursprünglich hatte man sich zur Prozessoptimierung auf die Ermittlung der Laufmeter, Rollenbreite und –dicke festgelegt, bis durch den Produktionsleiter der Mölle GmbH das Rollengewicht als bessere Option ins Spiel gebracht wurde. Durch die zusätzliche Möglichkeit nicht nur die Arbeit an der Stanzmaschine, sondern auch im Lager zu optimieren, konnten Technik und IT unmittelbar von dieser Idee überzeugt werden. Die weitere Planung wurde folglich auf die Ermittlung des Rollengewichts fokussiert.

Aufgrund des direkten Zusammenhangs zwischen der, durch den auf der Hydraulik lastenden Druck und dem Gewicht der verbleibenden Rolle wurden gemeinsam mit den Maschinenexperten bei der Mölle GmbH hydraulische Drucksensoren an der Restrollenaufhängung als beste Lösung identifiziert. Aus wirtschaftlichen Gründen und zwecks vorliegendem Erfahrungswissen bei den Experten der Mölle GmbH hat man sich für einen analogen hydraulischen Drucksensor entschieden, welcher einen analogen Wert zwischen 0 und 5V ausgibt. Das Edge Device dient dabei als Knotenpunkt, um die gemessenen analogen Daten des Drucksensors in digitaler Form an die Visualisierungsoberfläche des Mitarbeiters und in die Datenbank des ERP Systems zu schicken. Für diesen Einsatzzweck wurde ein Revolution Pi von Kunbus<sup>1</sup> in Verbindung mit einem analogen Input/Output (AIO) Modul gewählt. Die durch das Modul gesammelten Daten wurden daraufhin über WLAN per MQTT<sup>2</sup> versendet. MQTT ist ein

---

<sup>1</sup> <https://revolution.kunbus.de/>

<sup>2</sup> <http://mqtt.org/>

leichtgewichtiges Messaging-Protokoll, welches einen publish/subscribe Mechanismus anbietet. Dabei dient das Edge Device als Client, welches die gesammelten Sensordaten auswertet und an einen Broker, einer Art Sammelstelle, verschickt. Von dort können andere Clients die Daten jederzeit abrufen. Die Visualisierung für den Produktionsmitarbeiter wurde mit Hilfe von Node Red<sup>3</sup> realisiert, ein Programmierwerkzeug zur Verknüpfung von Hardware, Software und Graphic User Interfaces (GUI).

Wie in Abbildung 3 zu sehen, können mit dieser Lösung dem Produktionsmitarbeiter die Sensorwerte direkt an der Maschine angezeigt werden. Zusätzlich wurden die erhobenen Sensorwerte in einer .csv-Datei gespeichert, auf welche das ERP zur Datenaktualisierung zugreifen kann. Dies geschah auf Wunsch der Mölle GmbH, da dieser Dokumententyp Standard im Unternehmen ist und am effektivsten in die ERP-Lösung eingebunden werden kann.



Abbildung 3: Edge Device inkl. GUI an der Stanzmaschine

Im Laufe des Projektes wurde immer wieder deutlich, wie wichtig es ist, auch Mitarbeiter auf Shop-Floor Ebene frühzeitig einzubeziehen. So wurden viele Vorschläge zur Verbesserung der Prozesse von den Mitarbeitern erst eingebracht, sobald diese davon Überzeugt werden konnten, dass die Überwachung des Restgewichtes nicht zur Kontrolle der Arbeiter dient, sondern für sie eine Arbeitserleichterung darstellen sollen. Insbesondere aufgrund vorgegangener, nicht erfolgreicher Projekte wurde das Projekt zunächst mit Skepsis betrachtet. Diese konnte nur durch eine jederzeit offene Kommunikation und das Einbinden verschiedener Mitarbeiter ausgeräumt werden.

## 5 Ergebnisse und Lessons Learned

Gerade zu Beginn des Projektes war es ein essentieller Schritt die zu vernetzende Maschine, ihr Funktionsprinzip und auch die verfügbare Infrastruktur (Netzwerk- und Stromanschluss)

---

<sup>3</sup> <https://nodered.org/>

zu betrachten. Ein gutes Verständnis über die Gegebenheiten in der Produktion entscheiden später maßgeblich über die vorhandenen Möglichkeiten bezüglich der ausgewählten Sensorik und des Edge Devices. Durch das durchgeführte Pilotprojekt wurde das Bewusstsein für die Digitalisierung in der Produktion bei den Mitarbeitern geschaffen und hat geholfen den Widerstand in der Belegschaft gegenüber Digitalisierung abzubauen. Nach der erfolgreichen Umsetzung dieses Projektes kamen bereits zahlreiche weitere Ideen zur Digitalisierung von den Mitarbeitern auf dem Shopfloor.

Auch das Einbeziehen von Mitarbeitern aus verschiedenen Abteilungen (IT, Produktionsplanung, Instandhaltung, Technik) ergab einen wertvollen Austausch und führte zu einer schnelleren und effektiveren Zusammenarbeit im Projekt. Projekte im Bereich der Digitalisierung profitieren durch die Zusammenarbeit verschiedener Fachabteilungen mit verschiedenen (technischen) Hintergründen und somit auch Blickwinkeln. Die Visualisierung der Sensordaten auf einem Monitor ist derzeit stationär an der Stanzmaschine einsehbar und für jeden Mitarbeiter offen einsehbar. In einem nächsten Schritt wird die Mölle GmbH die realisierte Lösung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Effizienzsteigerung validieren. Weiterhin kann die realisierte Lösung für weitere Stanzmaschinen im Unternehmen eingesetzt werden, welche ein gleiches Funktionsprinzip aufweisen. Zusätzlich wurde bereits überlegt im Zuge von zusätzlicher Prozessoptimierungen weitere Sensoren an die vernetzten Maschinen anzubringen, um so weitere Potentiale ausnutzen zu können. In diesem Projekt wurden die Grundlagen und Architektur für eine sukzessive Vernetzung bestehender Stanzmaschinen erfolgreich geschaffen.

## 6 Referenzen

Ehrlich, M., Wisniewski, L., & Jasperneite, J. Usage of Retrofitting for Migration of Industrial Production Lines to Industry 4.0, November 2015.

Gezer, V., Um, J., & Ruskowski, M. (2017). An Extensible Edge Computing Architecture: Definition, Requirements and Enablers. UBIKOMM 2017, The Eleventh International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies.

Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion.

Moctezuma, L. E. G., Jokinen, J., Postelnicu, C., & Lastra, J. L. M. (2012, July). Retrofitting a factory automation system to address market needs and societal changes. In *Industrial Informatics (INDIN), 2012 10th IEEE International Conference on* (pp. 413-418). IEEE.

Schlechtendahl, J., Keinert, M., Kretschmer, F., Lechler, A., & Verl, A. (2015). Making existing production systems Industry 4.0-ready. *Production Engineering*, 9(1), 143-148.

VanGundy, A. B. (1984). Brain writing for new product ideas: an alternative to brainstorming. *Journal of Consumer Marketing*, 1(2), 67-74.

Icons von flaticon.com.