

# RFID und BLE Tracking im Industriellen Umfeld

*Thomas Krause, Martin Richter, Prof. Dr.-Ing. Peggy Näser*  
 BTU Cottbus-Senftenberg, Cottbus, Germany  
 thomas.krause@4.0-automation.de, naeser@b-tu.de

**Abstract:** Die transparente Verfolgung von Materialien und Fertigungsobjekten ist eine zentrale Voraussetzung für effiziente und digitalisierte Produktionsprozesse. Da Tracking- und Tracing-Technologien wie Radio Frequency Identification (kurz: RFID), Bluetooth Low Energy (Kurz: BLE) oder Barcodes jeweils unterschiedliche Stärken und Einschränkungen besitzen, fällt es insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) schwer, eine geeignete Lösung für die Verfolgung von Objekten (z.B. Material, Transportbehälter, Transportmittel, Werkzeuge, Fertigungsaufträge und Ausrüstung) auszuwählen. Um eine praxisnahe Entscheidungsgrundlage zu schaffen, wurde im Projekt ProDat ein modularer, mobiler Track & Trace-Teststand (kurz: TT-Teststand) entwickelt. Dieser ermöglicht es, verschiedene Technologien direkt im realen Fertigungsumfeld zu erproben und deren technische sowie prozessuale Auswirkungen zu bewerten. Kern des Systems ist ein leichtgewichtiges minimalistisches Manufacturing Execution System (kurz: miniMES), welches Prozessdaten erfasst, visualisiert und Auswertungen ermöglicht. Erste Anwendungen in Unternehmen zeigen, dass der Teststand eine risikoarme, flexible und verständliche Möglichkeit bietet, Trackingtechnologien zu vergleichen und in bestehende Abläufe zu integrieren. Dadurch unterstützt er KMU wirksam bei der Auswahl geeigneter Digitalisierungslösungen.

**Keywords:** RFID, BLE, Bluetooth, Track and Trace, Barcode, Terminal, Prozesse, Praxis, Shopfloor

## Einleitung

Die Grundlage fundierter Entscheidungen und einer funktionierenden Planung sind aktuelle Informationen über den Stand der Fertigung, des Materials und der Fertigungsaufträge. Diese zur Verfügung stehenden aktuellen Informationen wird in der Fachsprache oft als Transparenz bezeichnet. Diese Transparenz in der Fertigung erfordert eine durchgängige Verfolgung relevanter Objekte wie Materialien, Betriebsmittel, ortsungebundene Anlagen, Transportmittel und Fertigungsaufträge. Die zeitnahe und zuverlässige Erfassung dieser Informationen bildet eine wesentliche Grundlage für effiziente Produktionsplanung, Prozesssteuerung und Qualitätssicherung. Da manuelle Datenerfassungen fehleranfällig sind und den Anforderungen moderner Produktionssysteme oftmals nicht genügen, gewinnen automatisierte Tracking- & Tracing-Systeme zunehmend an Bedeutung.

Für die Realisierung solcher Systeme stehen unterschiedliche Technologien zur Verfügung, darunter RFID, Barcodes, BLE, Ultra Wide Band (kurz: UWB) und kamerabasierte Verfahren. Jede dieser Technologien besitzt spezifische Vor- und Nachteile hinsichtlich Genauigkeit, Kostenstruktur, Integrationsaufwand oder Robustheit. Eine allgemeingültige, optimale Lösung existiert daher nicht; vielmehr hängt die Eignung einer Technologie stets vom jeweiligen Anwendungskontext ab. Für Unternehmen – insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) – ist es daher oftmals schwierig, ohne praktische Erfahrungen und die finanziellen Voraussetzungen eine fundierte Technologieentscheidung zu

treffen.

Vor diesem Hintergrund wurde der "Mobile Track & Trace-Teststand (kurz: TT-Teststand)" entwickelt. Er ermöglicht Unternehmen, verschiedene Identifikations- und Ortungstechnologien schnell, flexibel und unter realen Einsatzbedingungen zu erproben. Neben der Bewertung technologischer Leistungsmerkmale kann dabei auch die Integration in bestehende Arbeitsabläufe sowie die Auswirkungen auf die operativen Prozesse untersucht werden. Denn bei dem Einsatz solcher Technologien geht es nicht nur darum, ob sie technisch im geplanten Umfeld funktionieren. Ein weiterer, sehr wichtiger Faktor ist die Integrationsfähigkeit in bestehende Arbeitsprozesse. Zum Beispiel ist ein mobiler Scanner wenig hilfreich, wenn der Werker, der ihn nutzen soll, seine Hände nicht frei hat. Der Teststand bietet damit eine risikoarme und praxisnahe Möglichkeit, fundierte Entscheidungen über den Einsatz moderner Tracking- & Tracing-Lösungen zu treffen.

## Stand der Technik

Track-&Trace-Technologien gelten als zentrale Bausteine von Industrie 4.0, da sie Transparenz im Materialfluss schaffen und datenbasierte Optimierungen ermöglichen. Die Literatur zeigt, dass verschiedene Identifikations- und Ortungstechnologien wie RFID, BLE, UWB oder kamerabasierte Systeme jeweils spezifische Stärken und Schwächen besitzen. Eine universell optimale Lösung existiert nicht; vielmehr hängt die technologische Eignung stark vom jeweiligen Prozess und der Umgebung ab [1]. RFID- und IoT-basierte Identifikationssysteme

werden in der Forschung als zuverlässige Grundlage für automatisierte und skalierbare Produktionsprozesse beschrieben. Dabei spielen Aspekte wie Datenqualität, Integration in IT-Systeme und Robustheit eine entscheidende Rolle [2]. Echtzeit-Lokalisierungssysteme (RTLS) ermöglichen die kontinuierliche Verfolgung von Werkstücken, Behältern und Betriebsmitteln. Studien zeigen messbare Verbesserungen bei Suchzeiten, Transparenz und Produktionssteuerung, weisen jedoch auch auf technische und organisatorische Integrationshürden hin [3]. RFID wird außerdem in zahlreichen Studien als Schlüsseltechnologie für durchgängige Rückverfolgbarkeit in Supply Chains und Produktionssystemen identifiziert [4]. Erfolgreiche Implementierungen erfordern jedoch angepasste Prozesse, geeignete Infrastrukturen und klare wirtschaftliche Ziele [5]. Zukünftige Entwicklungen verbinden Trackingdaten zunehmend mit digitalen Zwillingen, um Simulationen und prädiktive Analysen in Echtzeit zu ermöglichen [5]. Parallel dazu zeigt ein aktueller Überblick über geolokationsbasierte Trackingtechnologien, dass multimodale bzw. kombinierte Systeme in der Praxis häufig die größte Flexibilität bieten [6]. Insgesamt verdeutlicht der Stand der Technik, dass leistungsfähige Tracking- und Identifikationslösungen verfügbar sind, ihre Praxistauglichkeit jedoch stark kontextabhängig ist. Besonders für KMU fehlt häufig eine risikoarme Möglichkeit, verschiedene Technologien unter realen Produktionsbedingungen zu testen. Genau hier setzt ein "Mobiler Track & Trace-Teststand (kurz: TT-Teststand)" an, indem er unterschiedliche Technologien flexibel kombinierbar und praxisnah erfahrbar macht.

### Systemübersicht

Im Rahmen des Projekts "ProDat" wurde gemeinsam mit Projektpartnern der Bedarf nach höherer Transparenz in Produktionsprozessen ermittelt. Dabei stellte sich heraus, dass die Digitalisierung der Prozesse nur ein Teil der Lösung für mehr Transparenz und Verringerung des Dokumentationsaufwandes darstellt. Ein Kernpunkt war die Identifizierung geeigneter Tracking- & Tracingtechnologien zu identifizieren. Daher wurde anstelle eines rein konzeptionellen Ansatzes das Projektziel dahingehend weiterentwickelt, einen Teststand zu entwickeln, der direkt im realen Einsatzumfeld der Unternehmen betrieben werden kann. Das System umfasst folgende Kernkomponenten:

- **miniMES** – zentrale Datenverarbeitung und Prozessabbildung
- **Eingabemasken** - Über Eingabemasken können Informationen manuell erfasst werden
- **BLE-Tracking** – Verfolgung von Objekten mittels Bluetooth-Tags
- **RFID-Tracking** – Verfolgung von Objekten mittels RFID-Labeln und -Tags



Fig. 1: Komponenten des Teststandes in der Produktionsumgebung

- **Barcode und Terminals** – manuelle bzw. optische Erfassung zur Objektverfolgung
- **E-Label** - elektronische Label zur dynamischen Kennzeichnung ohne Batterie

Diese modulare Struktur ermöglicht es, verschiedene Technologien einzeln oder kombiniert zu erproben und so systematisch zu bewerten.

### miniMES

Das miniMES ist ein leichtgewichtiges, quelloffenes Manufacturing-Execution-System, das auf einem kompakten Rechner gemeinsam mit einer Datenbank und Visualisierungskomponenten betrieben wird. Es bildet den zentralen Server des Teststandes und dient dazu, Fertigungs- und Arbeitsprozesse der Unternehmen flexibel nachzubilden. Dadurch kann nicht nur die technische Funktionalität der verfolgten Technologien getestet werden, sondern auch deren Integration in bestehende Prozessabläufe. Dabei ist keine Anbindung an die IT-Systeme der Kunden erforderlich. Mitarbeitende können unmittelbar erleben, wie sich Abläufe und Tätigkeiten unter Einsatz moderner Trackingtechnologien verändern würden.

Das miniMES kann vollständig autark betrieben werden und erfordert keine Anbindung an IT-Systeme des Kunden. Optional ist jedoch eine Integration möglich. Arbeitsumgebungen werden im Vorfeld anhand von Stammdaten und Fertigungsaufträgen konfiguriert. Beispiele hierfür sind:

- Artikel, Artikelgruppen und Stücklisten
- Arbeitsplätze und Arbeitsplatzgruppen
- Arbeitspläne und Fertigungsaufträge

So wird vor dem Einsatz beim Kunden eine Auswahl von Stammdaten in das System eingetragen, die für den geplanten Einsatz relevant sind. Dadurch können die Mitarbeiter vor Ort am System mit ihnen vertrauten Daten arbeiten

und einen Bezug zur laufenden Produktion herstellen. Auch können so, gerade laufende also aktuelle Fertigungsaufträge erfasst und verarbeitet werden.

Durch den Einsatz von Low-Code Umgebungen in Kombination mit Visualisierungsbibliotheken können einfache Programmlogiken für den Kundeninsatz angepasst werden und auch individuelle Eingabemasken und Übersichten erstellt und angepasst werden.

Ein weiterer Baustein des eingesetzten miniMES sind Werkzeuge zum Einrichten der eingesetzten Technologien, so dass die Bediener des Teststandes nicht die individuellen Oberflächen der Lösungen erlernen müssen. Das System ist außerdem so aufgebaut, dass weitere Technologien einfach angebunden werden können.

### manuelle Eingabemaske

Trotz aller Bemühungen die Informationen und Aktionen während des Fertigungsprozesses automatisch zu ermitteln und zu dokumentieren, werden immer auch Aktionen über Eingabemasken erforderlich. Unabhängig vom einzusetzenden System sind immer Verknüpfungen von Hardware (Barcodes, BLE-Tags, RFID Tags) mit logischen Objekten wie Fertigungsaufträgen, Transportkisten oder Transportaufträgen erforderlich. Dafür werden an einigen Stellen Eingabemasken benötigt. Je nachdem,

- welche Information eingegeben werden muss,
- wie diese Information eingegeben werden soll (z.B. Tastatur, Auswahlmenü, Scanner) oder
- wie die Arbeitsbedingungen am Eingabepplatz sind (müssen Handschuhe getragen werden, hat der Werker die Hände frei usw.)

müssen diese Masken sehr unterschiedlich aufgebaut werden. Daher sind sie in diesem miniMES einfach individuell zu erstellen und anpassbar.

### BLE Tracking

Bluetooth-Tags ermöglichen die drahtlose Verfolgung von Objekten in der Fertigung. Industrietaugliche Tags sind in verschiedenen Bauformen erhältlich und können auch in staubigen oder feuchten Umgebungen sowie im Außenbereich eingesetzt werden. Die Tags senden regelmäßig Signale aus, die von stationären Antennen empfangen werden. Durch Auswertung der Signalstärke kann das System die Position des Objekts bestimmen. Ähnlich wie bei RFID-Systemen positioniert man dazu die Antennen an relevanten Positionen im Fertigungsprozess. Das können Arbeitsplätze, Durchfahrten, Lagerplätze oder Positionen am Transportsystem sein.

Zu Beginn eines Prozesses wird ein Tag einem Objekt zugeordnet und dies im miniMES hinterlegt. Nach Abschluss des Prozesses wird der Tag vom Objekt entfernt. Gleichzeitig wird



Fig. 2: Ein BLE-Tag an einer Materialkiste befestigt

die Verknüpfung des Tags zum Objekt im miniMES gelöst. Im Falle von wiederverwendeten Transportsystemen, wie Kisten, Boxen, Paletten und weitere, verbleibt das Tag meist am Objekt. Dann wird im miniMES nur die Verknüpfung zum Objekt (Fertigungsauftrag, Materialcharche etc.) aufgehoben.

Zwischen diesen beiden Schritten erfolgt die Positionsbestimmung automatisch. Je nach Konfiguration können daraus Arbeitsgangbuchungen, Lagerbewegungen oder weitere Prozessschritte abgeleitet werden.

### RFID Tracking

RFID-Label sind in der Regel passive Transponder, die von aktiven Antennen ausgelesen werden. Sie sind in vielen Varianten verfügbar, darunter

- Etiketten mit bedruckbarer Oberfläche
- kleine dünne Folien, die auf oder unter dünne Oberflächen befestigt werden können.
- hitzebeständige und/oder chemikalienresistente Label
- Label, die für die Montage auf Metalloberflächen geeignet sind.

An den relevanten Orten werden Reader mit Antennen installiert, die die RFID-Label automatisch auslesen und einer Position im Fertigungsprozess zuordnen. Aufgrund ihrer geringen Kosten eignen sich viele RFID-Labels auch für den Einmalgebrauch. Bei wiederverwendbaren Labels wird analog zu BLE-Tags ein Zuordnungs- und ein optionaler Trennprozess benötigt.

### Barcode und Terminals

Barcodes und QR-Codes stellen eine weit verbreitete und kostengünstige Methode zur Objektverfolgung dar. An den relevanten Orten werden Scanner installiert oder mobile Endgeräte verwendet. Die Kennzeichnung erfolgt über Etiketten, die direkt im Teststand gedruckt werden



Fig. 3: Ofeneinsatz mit innen befestigtem BLE-Tag

können. Jede Erfassung wird mit Ortsangabe an das miniMES übermittelt. Der technologische Aufwand ist gering, jedoch entsteht ein höherer manueller Anteil im Prozess. Zudem sind optische Systeme anfälliger gegenüber Verschmutzung und Umwelteinflüssen.

### Erfahrungen

Der Teststand wurde bereits erfolgreich in mehreren Unternehmen eingesetzt. Bei der Ortrander Eisenhütte GmbH konnte beispielsweise eine geeignete Lösung zur automatischen Verfolgung von Ofeneinsätzen entwickelt werden—trotz der Herausforderung, dass Tags ausschließlich im Inneren der Ofeneinsätze platziert werden konnten, da Außenflächen während der Lackierung frei bleiben müssen.

Besonders hilfreich erwiesen sich die Visualisierungen im miniMES, da sie die erfassten Positionen und Prozesszustände transparent darstellten. Mitarbeitende konnten so unmittelbar nachvollziehen, wie Trackingtechnologien funktionieren und welchen Einfluss sie auf bestehende Arbeitsabläufe haben.

Der vorgestellte Track-&-Trace-Teststand zeigt, dass verschiedene Trackingtechnologien unter realen Produktionsbedingungen erprobt werden können, ohne den laufenden Betrieb wesentlich zu beeinträchtigen. Durch seinen autarken Aufbau ist keine Einbindung in die IT-Infrastruktur der Unternehmen erforderlich. Die Testumgebung ermöglicht es, technologischen Nutzen, Prozessveränderungen und organisatorische Auswirkungen praxisnah zu bewerten.

Somit dient der Teststand als anbieterneutrales und technologieoffenes Werkzeug, um Unternehmen bei der Auswahl und Einführung geeigneter Trackinglösungen zu unterstützen und gleichzeitig Prozesse direkt vor Ort weiterzuentwickeln.

### Danksagung

Dieses Projekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung unter Förderkennzeichen 03WIR0110A gefördert.

### References

- [1] F. Ahmed, M. Phillips, S. Phillips, and K.-Y. Kim, "Comparative study of seamless asset location and tracking technologies," vol. 51, pp. 1138–1145.
- [2] A. Frankó, G. Vida, and P. Varga, "Reliable identification schemes for asset and production tracking in industry 4.0," vol. 20, no. 13, p. 3709.
- [3] A. Rácz-Szabó, T. Ruppert, L. Bántay, A. Löcklin, L. Jakab, and J. Abonyi, "Real-time locating system in production management," vol. 20, no. 23, p. 6766.
- [4] B. Unhelkar, S. Joshi, M. Sharma, S. Prakash, A. K. Mani, and M. Prasad, "Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0—a systematic literature review," vol. 2, no. 2, p. 100084.
- [5] A. Ullah, M. Younas, and M. S. Saharudin, "Digital twin framework using real-time asset tracking for smart flexible manufacturing system," vol. 13, no. 1, p. 37.
- [6] R. Pares, I. Corthier, and A. L. Her, "State of the art in geolocation-based asset tracking technologies for logistics and production containers in industrial environments," Publisher: Unpublished.