

RFID – Schlüsseltechnologie der modernen Fertigung

WERKZEUGIDENTIFIKATION UND WERKSTÜCKVERFOLGUNG

Nicht erst durch das IIoT hat sich RFID als ein zentraler Baustein der Automation herauskristallisiert. Als Schlüsseltechnologie ist Radio Frequency Identification in der Fertigung längst etabliert. Das induktive Wirkprinzip garantiert Robustheit und Unempfindlichkeit gegenüber der Umgebung. Und macht die Systeme sehr zuverlässig und funktionssicher. Durch unbegrenzte Schreib-/Lesezyklen und die Kommunikation in Echtzeit ist RFID unverzichtbar geworden.

Die Anfänge für die industrielle Anwendung von RFID reichen weit zurück. In der Werkzeugmaschine wurde RFID erstmals Mitte der 1980er-Jahre erfolgreich eingesetzt. Das war der Beginn einer Erfolgsgeschichte, die im modernen Produktionsprozess mit dem IIoT fortgeschrieben wird. Lesen Sie im Beitrag, welche technischen Voraussetzungen vorliegen mussten, dass RFID für die Werkzeugidentifikation und Werkstückverfolgung eine so wichtige Rolle spielen konnte und was RFID für die moderne Fertigung bedeutet.

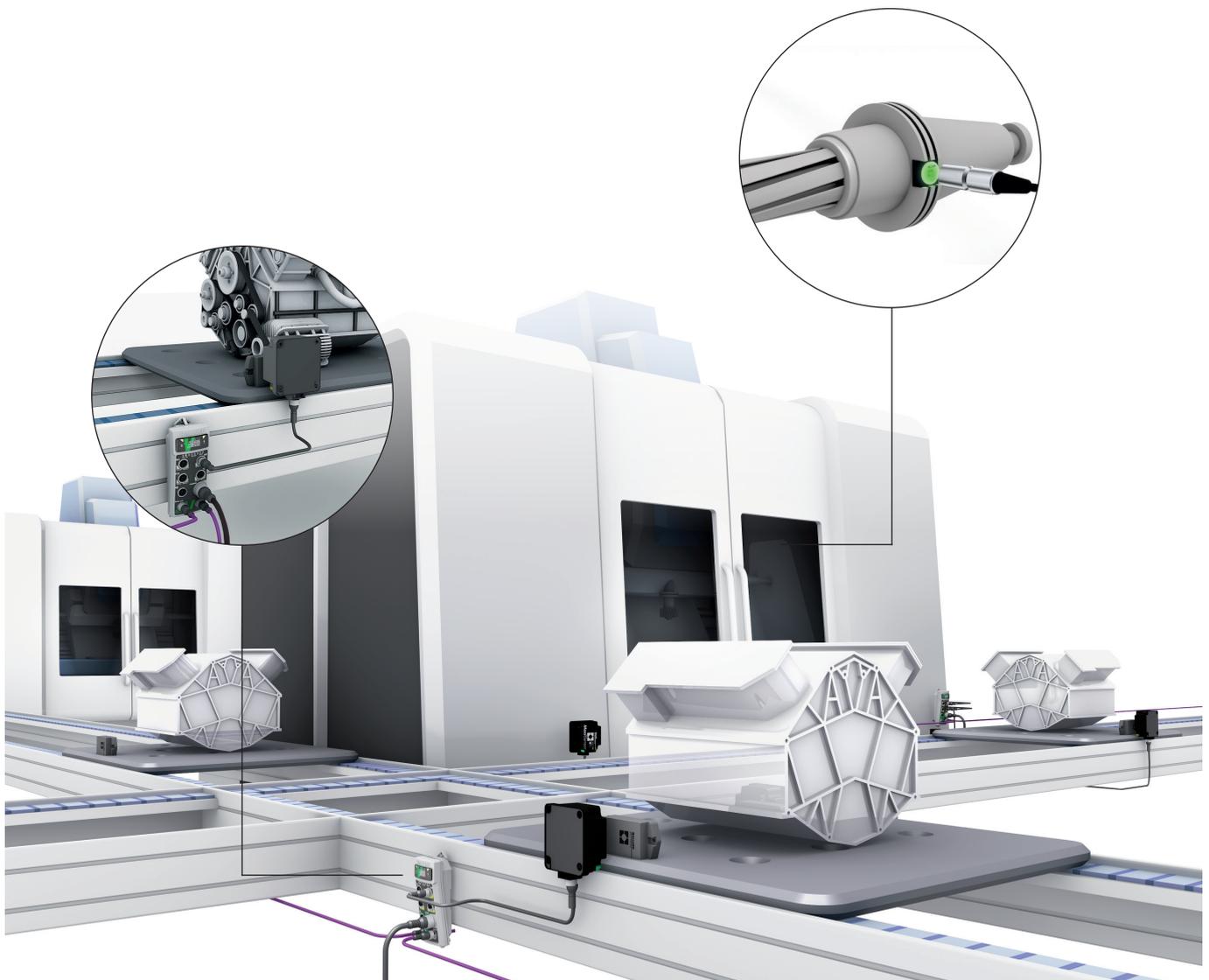


Abb. 1: Bearbeitungszentrum mit RFID-Auswerteeinheit und RFID-Leseköpfen zur Werkzeugidentifikation und zur Werkstückverfolgung

**EIN HOHER AUTOMATISIERUNGSGRAD
SENKT KOSTEN UND STEIGERT DIE QUALITÄT**

Moderne Produktionsprozesse benötigen einen möglichst hohen Automatisierungsgrad. Denn einerseits lassen sich so die Kosten pro produzierte Einheit nach der Investition auf lange Sicht reduzieren. Zusätzlich weisen automatisierte Prozesse weniger Qualitätsabweichungen auf als manuell durchgeführte Prozesse. Andererseits verlangt die industrielle Fertigung einen immer flexibleren Einsatz der Produktionsmittel durch eine kontinuierlich wachsende Variantenvielfalt. Beispielsweise, um für Kunden individuelle, maßgeschneiderte Lösungen realisieren zu können.

Um diese Anforderungen an die Herstellungsprozesse bei der Metallbearbeitung zu erfüllen, müssen mit modernen Werkzeugmaschinen die Materialflüsse automatisiert gesteuert und überwacht werden. Dies gilt sowohl für den Weg der Werkstücke durch die Fabrik (als Komponenten des herzustellenden Produkts) als auch für die Werkzeuge, die für den Bearbeitungsprozess eingesetzt werden. RFID, die schnelle Datenkommunikation in Echtzeit, bewältigt solche Aufgaben. Das autarke System erfasst und dokumentiert Produktions- und Qualitätsdaten kontinuierlich, sodass sie jederzeit abgerufen werden können.

WERKZEUGIDENTIFIKATION

Werkzeuge eindeutig zuordnen

Die Werkzeugidentifikation mit RFID wird seit rund 30 Jahren an Werkzeugmaschinen erfolgreich eingesetzt. Die Mitte der 1980er-Jahre ausgereifte induktive Sensortechnologie ermöglicht es bereits zu diesem Zeitpunkt, über die induktive Schwingung Daten zu übertragen. Dazu wurden auf die Schwingung Signale moduliert. Damit gelingt es erstmals, die werkzeugrelevanten Daten, das heißt die spezifischen Informationen über das jeweilige Werkzeug, berührungslos auf einem Datenträger zu speichern, der mit dem Werkzeughalter fest verbunden wird. Die eindeutige Zuordnung des Werkzeugs ist so gesichert (Abb. 2). Und mithilfe von RFID-Lesegeräten können jetzt je nach Position des Werkzeugs die Werkzeugdaten ausgelesen (z. B. an der Werkzeugmaschine) oder ausgelesen und geschrieben (z. B. am Werkzeugeinstellgerät) werden. Die automatische Verarbeitung der Daten gewährleistet es, dass alle Daten immer korrekt und stets aktuell vorliegen.

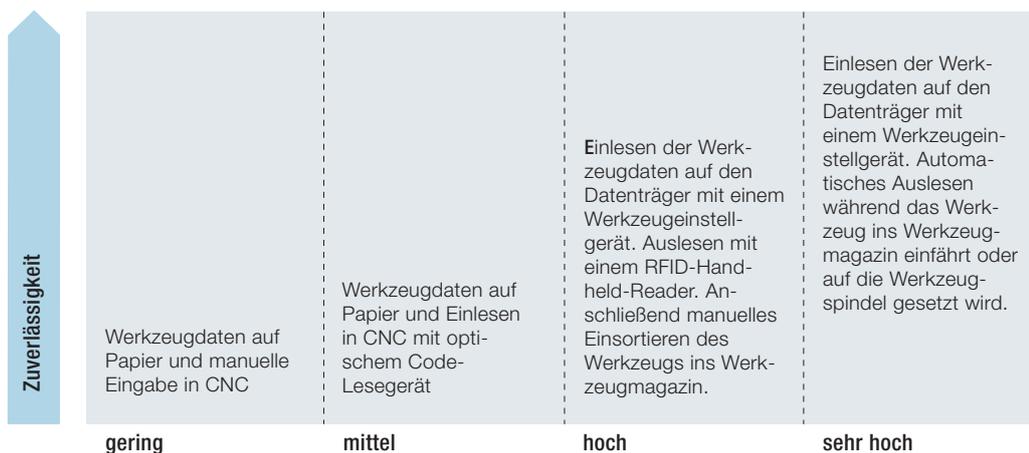


Abb. 2: Mit dem Automatisierungsgrad steigt die Zuverlässigkeit bei der Zuordnung der Werkzeuge.

CNC-Steuerungen als Voraussetzung für die automatische Werkzeugkontrolle

Der automatischen Werkzeugkontrolle geht Mitte der 1980er-Jahre die Entwicklung von CNC-Steuerungen voraus, die bessere Werkstückqualitäten und höhere Ausbringungsraten bei geringeren Kosten realisieren sollten. Die Computer Numeric Control ermöglichte es unter anderem, Bahnkorrekturen abzubilden. Damit ist der entscheidende Schritt für die Werkzeugidentifikation gelungen. Jetzt konnte ermittelt werden, welcher Versatz zu fahren war, um Werkstücke korrekt zu produzieren. Zusätzlich ermöglichte dies die Festlegung von optimalen Standzeiten und Werkzeugwechselintervallen sowie die Nachbearbeitung der Werkzeuge zum idealen Zeitpunkt. Mit der Folge, dass ein bestmöglicher Werkzeugeinsatz und eine höhere Maschinenverfügbarkeit erreicht werden konnten.

Technische Details

Für die Verfahrbefehle der CNC-Steuerungen, den sogenannten G-Codes beziehungsweise DIN-Codes, müssen die Werte für die Werkzeugradiuskompensation R bekannt sein. Diese Daten wurden in den 1980er-Jahren an die CNC-Steuerung übertragen und dann mit dem G41-Code (Werkzeugradiuskorrektur links) und dem G42-Code (Werkzeugradiuskorrektur rechts) kombiniert, um den Werkzeugpfad in der X/Y-Achse (wie an der Fräsmaschine) korrekt festzulegen (Abb. 3). Eine weitere relevante Information, die es zu berücksichtigen gilt, ist die Werkzeuglänge, die von einem definierten Referenzpunkt gemessen wird. Damit ist der richtige Abstand des Werkzeugs zum Werkstück in Richtung der Z-Achse festzulegen. Heute werden diese Aufgaben von CAD-/CAM-Systemen übernommen.

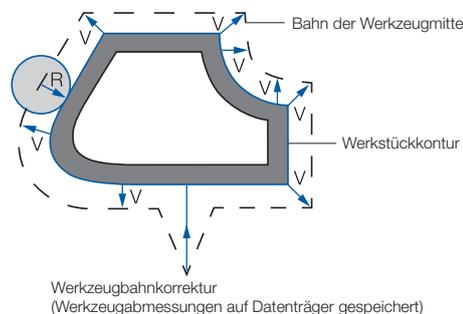


Abb. 3: Bahnkorrektur: Nach jedem bearbeiteten Werkstück wird der Werkzeugradius automatisch erfasst und die Werkzeugbahn aufgrund der Abnutzung geändert.

Standardisierung trägt zum Durchbruch bei

Für die feste Verbindung von Werkzeug und Datenträger bilden sich zwei Befestigungsarten heraus. RFID-Datenträger werden zum einen seitlich an der Werkzeugaufnahme angebracht (Abb. 4). Zum anderen werden die Datenträger im Anzugsbolzen (Abb. 5) befestigt. Diese Variante, die in Asien weitverbreitet ist, unterscheidet sich durch ihre Hohlform, die den Durchfluss von Kühlschmiermitteln erlaubt (Abb. 6).



Abb. 4: Seitliche Befestigung des Datenträgers auf der Werkzeugaufnahme

Für die seitliche Positionierung werden bereits Mitte der 1990er-Jahre unter anderem mit der DIN 69873 und der DIN 69871 die Abmessungen der Datenträger und die Position an den Werkzeugaufnahmen (z. B. Bauform SK und HSK) genormt. Diese Standardisierung zieht ISO-Normen nach sich (z. B. DIN ISO 7388-1), die der Werkzeugidentifikation mit RFID auf internationaler Ebene zum Durchbruch verhelfen. Die Vereinheitlichung ermöglicht preisgünstige Lösungen. Und durch standardisierte Automatisierungskonzepte sind jetzt modulare Baugruppen realisierbar.

Zeitgleich erhält die automatisierte Werkzeugidentifikation mit RFID durch das Computer Integrated Manufacturing einen weiteren Schub. Denn CIM hatte bereits die komplette Automatisierung der Produktion anvisiert, konnte dieses Ziel allerdings nur teilweise erreichen.



Abb. 5: Anzugsbolzen



Abb. 6: Datenträger für die Montage im Anzugsbolzen

Durch Werkzeugidentifikation zur Werkzeugverwaltung

Die automatisierte Verarbeitung der werkzeugspezifischen Daten eröffnet für die Werkzeugverwaltung neue Wege. Statt fehleranfälliger, manuell geführter Werkzeugbücher werden die Daten beim Be- und Entladen des Werkzeugs kontinuierlich aufgezeichnet und der weitere Einsatz des Werkzeugs durch RFID autark geregelt (Abb. 7).

Typischerweise gehören zu einer funktionierenden Werkzeugverwaltung folgende Stationen: die Werkzeugvermessung (mit Einstellgerät), der Werkzeugtransport und das Werkzeuglager, die Werkzeugmaschine und Werkzeugkontrolle sowie gegebenenfalls die Werkzeugnacharbeit. Die dem Werkzeug zugeordneten RFID-Datenträger ermöglichen die Zuordnung der Werkzeuge zur jeweiligen Position im Fertigungsfluss.

RFID sorgt so für eine hohe Bearbeitungsqualität und die optimale Werkzeugauslastung. Unter dem Strich trägt die berührungslose Datenkommunikation dadurch zu einer höheren Wertschöpfung bei.

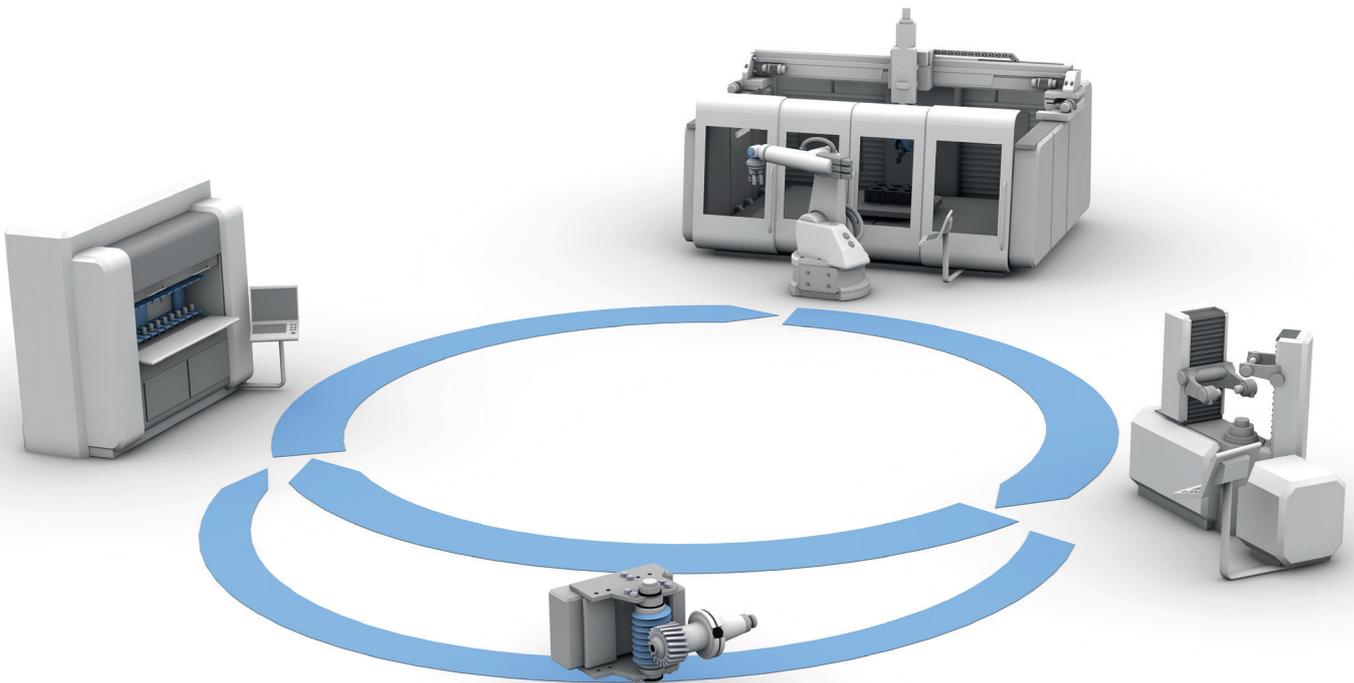


Abb. 7:
Exemplarische Darstellung der Abläufe einer Werkzeugverwaltung

Zentrale und dezentrale Datenhaltung

Alle Daten sind unmittelbar zuordenbar und eindeutig zugewiesen. Dabei werden zwei Arten zur Datenspeicherung unterschieden: die zentrale und die dezentrale Datenhaltung. Bei der zentralen Datenhaltung wird das Werkzeug über eine eindeutige Nummer identifiziert und die Werkzeugdaten in einer zentralen Datenbank gesichert.

Für die dezentrale Datenhaltung werden auf dem RFID-Datenträger neben der eindeutigen Nummer auch Werkzeugparameter wie Werkzeugdurchmesser/-radius, Werkzeuglänge, Bearbeitungszeit seit dem letzten Werkzeugschleifvorgang, geplante Standzeit und weitere Daten gespeichert (Abb. 8). Dies hat den Vorteil, dass alle werkzeugrelevanten Daten immer am Werkzeug verfügbar sind und eine flexible Nutzung der Werkzeuge sogar über Werksgrenzen hinaus ermöglicht wird.

| Format | Beschreibung | Wertebereich | Beispiel | Kommentar |
|--|-------------------------|---|-------------------|--|
| Datenkopf – allgemeine Werkzeuginformationen – Grunddaten | | | | |
| ASCII | Identnummer | Max 32 Stellen alphanumerisch | ID23467TXD... | Werkzeugnummer |
| BCD | Duplonummer | 6 Ziffern auf 3 Byte | 000000–999999 | Erkennung Schwesterwerkzeug bei Mehrfachbelegung gleicher Werkzeuge im Magazin |
| BCD | Werkzeuggröße | 4 Ziffern auf 2 Byte | 0000–9999 | Definition zur Ermittlung des Platzbedarfes im Magazin |
| BCD | Platztyp | 2 Ziffern auf 1 Byte | 00–99 | Typ muss mit dem Platztyp im Magazin übereinstimmen (z. B. fest oder variabel codiert) |
| BIN | Werkzeugstatus | 8 Bit auf 1 Byte | 00000000 | Jedem Bit kann ein Werkzeugstatus oder eine Funktion zugeordnet werden. z.B.: Bit 1: aktives Werkzeug Bit 2: freigegeben Bit 3: gesperrt Bit 4: vermessen Bit 5: Vorwarngrenze erreicht Bit 6: Werkzeug im Wechsel Bit 7: Festplatzkodiert Bit 8: WKZ war im Einsatz |
| BCD | Anzahl der Schneiden | 2 Ziffern auf 1 Byte | 00–99 | Maximale Anzahl abhängig von der Größe der Werkzeugdatensätze und der Datenträgerkapazität - hier max. 03 |
| BCD | Art der WKZ-Überwachung | 2 Ziffern auf 1 Byte | 00–99 | z. B.: 01 = Zeit, 02 = Stück |
| BCD | Art der Werkzeugsuche | 2 Ziffern auf 1 Byte | 00–99 | Definition Suchstrategie Werkzeugsuche und Leerplatzsuche z. B.: 01: nach aktivem Werkzeug gleicher Art 02: nach nächsten Werkzeug gleicher Art 03: ab 1. Platz vorwärts 04: ab aktuellen Platz vorwärts 05: ab letzten Platz rückwärts 06: ab aktuellen Platz rückwärts 07: ab aktuellen Platz symmetrisch ... |
| Werkzeugspezifische Daten – Schneide 1 | | | | |
| BCD | Werkzeugtyp | 4 Ziffern auf 2 Byte | 0000–9999 | 01xx - Fräswerkzeug 02xx - Bohrwerkzeug 04xx - Schleifwerkzeug 05xx - Drehwerkzeug 1xxx - Überlanges WZK Sonderwerkzeug: 0130 - Winkelkopfräser 0131 - Winkelkopfräser / edged |
| BCD | Schneidentlage | 2 Ziffern auf 1 Byte | 00–99 | |
| BCD | Geometrie Länge | 6 Ziffern auf 4 Byte mit Vorzeichen und Kommastelle | ±000.000–±999.999 | Geometriewerte (6 Ziffern) 1. Stelle Vorzeichen: B hex = + D hex = - E hex = Dez. Punkt (fließend) Beispiel: +001.450 = B0 01 E4 50 |
| BCD | Geometrie Radius | 6 Ziffern auf 4 Byte mit Vorzeichen und Kommastelle | ±000.000–±999.999 | Wie Geometrie Länge |
| BCD | Geometrie Winkel | 6 Ziffern auf 4 Byte mit Vorzeichen und Kommastelle | ±000.000–±999.999 | Wie Geometrie Länge |

| Format | Beschreibung | Wertebereich | Beispiel | Kommentar |
|--|---------------------------|--|-------------------|---|
| Werkzeugspezifische Daten – Schneide 1 | | | | |
| BCD | Verschleißlänge | 6 Ziffern auf 4 Byte mit Vorzeichen und Kommastelle | ±000.000–±999.999 | Wie Geometrie Länge |
| BCD | Verschleißradius | 6 Ziffern auf 4 Byte mit Vorzeichen und Kommastelle | ±000.000–±999.999 | Wie Geometrie Länge |
| BCD | Verschleißradius Winkel | 6 Ziffern auf 4 Byte mit Vorzeichen und Kommastelle | ±000.000–±999.999 | Wie Geometrie Länge |
| BCD | Abhängig vom Werkzeug | 6 Ziffern auf 4 Byte mit Vorzeichen und Kommastelle | ±000.000–±999.999 | Wie Geometrie Länge |
| BCD | Max. Drehzahl | 7 Ziffern auf 4 Byte ohne Vorzeichen und Kommastelle | ±000.000–±999.999 | 7 Ziffern ohne Vorzeichen E hex = Dez. Punkt (fließend) Einheit Umdrehung/min Max. mögliche Drehzahl |
| BCD | Überkopfeinsatz | 2 Ziffern auf 1 Byte | 00–99 | Speziell angebrachte Schneide am Werkzeug |
| BCD | Standzeit | 4 Ziffern auf 2 Byte | 0000–9999 | Einheit kunden-/werkzeugspezifisch In Stück oder Minuten Bezogen auf die WKZ-Überwachungsart |
| BCD | Vorwarngrenze Standzeit | 4 Ziffern auf 2 Byte | 0000–9999 | Einheit kunden-/werkzeugspezifisch In Stück oder Minuten Bezogen auf die WKZ-Überwachungsart |
| BCD | Stückzahl | 4 Ziffern auf 2 Byte | 0000–9999 | Kunden-/werkzeugspezifisch |
| BCD | Vorwarngrenze Stückzahl | 4 Ziffern auf 2 Byte | 0000–9999 | Kunden-/werkzeugspezifisch |
| Werkzeugspezifische Daten – folgend Schneide 2 und weitere Schneiden Gleiche Struktur wie Schneide 1 | | | | |
| Maschinenspezifische Daten | | | | |
| BCD | Produktnummer | 6 Ziffern auf 3 Byte | 000000–999999 | Maschinenspezifisch |
| HEX | NC-Kennung | 2 Ziffern auf 1 Byte | 00-FF | Maschinenspezifisch |
| BCD | Maschinennummer | 6 Ziffern auf 3 Byte | 000000–999999 | Maschinenspezifisch |
| BCD | Operationsnummer | 4 Ziffern auf 2 Byte | 0000–9999 | Maschinenspezifisch |
| BCD | Magazinplatz | 4 Ziffern auf 2 Byte | 0000–9999 | Maschinenspezifisch |
| BCD | Gesamtzeit des Werkzeuges | 8 Ziffern auf 4 Byte | 00000000–99999999 | Gesamte Nutzungsdauer |
| BCD | Reinigungsart | 2 Ziffern auf 1 Byte | | Definition der Reinigungsmethode |

Abb. 8: Beispiel für dezentrale Datenhaltung auf einem RFID-Datenträger

TRACK-AND-TRACE – DIE WERKSTÜCKVERFOLGUNG

Auch bei der Werkstückverfolgung hat sich RFID als eine Schlüsseltechnologie etabliert. Denn die moderne Fertigung mit einer großen Bandbreite an Losgrößen und einer immer kürzeren Fertigungsdauer verlangt maximale Transparenz. Nur so sind die hohen Anforderungen an Flexibilität und Qualität zu erfüllen. Und die Kosten möglichst gering zu halten. Nicht nur die eingesetzten Werkzeuge sind optimal zu verwalten, auch die gefertigten Teile und die eingesetzten Materialien müssen eindeutig erkannt und zugeordnet werden können (Abb. 9).

Um Rüstzeiten zu sparen und die Gesamtanlageneffektivität zu steigern, werden Werkstücke daher zunehmend automatisiert den Werkzeugmaschinen zugeführt und wieder entnommen.

RFID bietet die lückenlose Dokumentation und Automation des kompletten Herstellungsprozesses. Jeder Arbeitsschritt wird auf dem Datenträger aufgezeichnet, sodass mögliche Fehler eingegrenzt und analysiert werden können.

Durch Track-and-Trace, die Rückverfolgung der Werkstücke, ist RFID somit zum integralen Bestandteil einer flexiblen Fertigung geworden. Werkstücke können bedarfsorientiert bis zur Losgröße 1 zuverlässig durch die Produktion geschleust werden. Und im Gegensatz zu CIM der 1990er-Jahre kann im Rahmen von Industrie 4.0, der „Kommunikation cyber-physischer Systeme“[1], die Produktionsmaschinen mit Internettechnologien kombinieren, die Priorisierung von Fertigungsaufträgen höchst variabel gestaltet werden. Dies ermöglicht es, den Weg der Werkstücke durch die Produktion kurzfristig festzulegen – beispielsweise, um individuelle Kundenaufträge schnell berücksichtigen zu können.

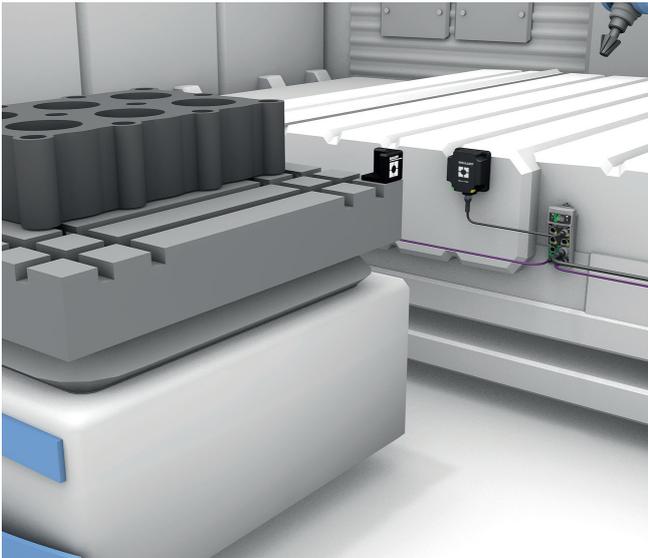


Abb. 9:
Palettensystem mit RFID-Datenträger zur Rückverfolgung der Werkstücke

LF UND HF – BEIDE RFID-WELTEN WACHSEN ZUSAMMEN

Zur Datenübertragung in der Werkzeugverwaltung, sprich für die Werkzeugidentifikation, setzen etablierte Systeme seit den 1980er-Jahren auf LF (Low Frequency), da sich Niederfrequenz in der Metallumgebung als besonders robust und zuverlässig erweist. Daten werden bei LF mit einer Frequenz von 455 kHz gelesen und mit 70 kHz beschrieben.

In der Intralogistik und für die Rückverfolgung von Werkstücken hat sich in den letzten Jahren dagegen HF (High Frequency) durchgesetzt. Denn HF-Systeme mit einer Arbeitsfrequenz von 13,56 MHz punkten bei großen Geschwindigkeiten und einem großen Schreib-/Leseabstand.

Doch immer häufiger werden in modernen Produktions- und Montageanlagen unterschiedliche Frequenzbereiche benötigt. Nicht zuletzt, um die Anforderungen nach wachsender Flexibilität und die immer komplexeren Aufgaben bewerkstelligen zu können. Bislang war jedes System für bestimmte Anwendungen konzipiert. Neue technische Entwicklungen jedoch deuten auf einen grundlegenden Wandel hin.

Neue RFID-Auswerteeinheiten bieten seit kurzer Zeit den frequenzunabhängigen Einsatz. Und damit die Möglichkeit, verschiedene RFID-Datenträger mit unterschiedlichen Frequenzen gleichzeitig zu betreiben. Dadurch genügt eine Variante, um in einem Umfeld unterschiedlichste Einsätze bedienen zu können. Somit ist nicht mehr die Maschine selbst das Maß aller Dinge, sondern kann – wie vom Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW) gefordert – „optimal in die Betriebsabläufe eines Unternehmens eingebettet werden“[2]. In den Worten des VDW gesprochen, wird „das Denken in Vernetzungslösungen“ essenziell.

RFID IST SCHLÜSSELTECHNOLOGIE FÜR DAS IIOT

Was der VDW mit der Devise von der vertikalen zur horizontalen Sichtweise zusammenfasst, meint nichts weniger als den zentralen Baustein, um das IIoT umzusetzen. Welche Expertise wäre für die Verzahnung der „Produktion mit modernster Informations- und Kommunikationstechnik“[3] daher besser geeignet als die, die auf den Erfahrungen der automatisierten Werkzeugidentifikation und Werkstückverfolgung beruht. Denn das intelligente Zusammenspiel aller Fertigungsebenen hat RFID, die berührungslose Datenkommunikation in Echtzeit, bereits langjährig bewiesen und sowohl ein zuverlässiges Monitoring als auch transparente Abläufe sichergestellt. Die Werkzeugidentifikation und Teilerückverfolgung mit RFID sind daher zwei Schlüsselqualifikationen, die Herausforderungen der vierten industriellen Revolution aufnehmen zu können.

 Quellen:

- [1] Industrie 4.0
https://de.wikipedia.org/wiki/Industrie_4.0 [Stand: 09.08.2016]
 [2] Werkzeugmaschinenbauer erfinden sich neu
<http://dw.com/p/1J8Hz> [Stand: 09.08.2016]
<http://www.dw.com/de/werkzeugmaschinenbauer-erfinden-sich-neu/a-19336435> [Stand: 09.08.2016]
 [3] Plattform Industrie 4.0
<http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html> [Stand: 09.08.2016]

Haftungsausschluss

Dieses Dokument wurde sorgfältig erstellt. Dennoch kann keine Haftung für die dargestellte Information übernommen werden.

www.balluff.com

Balluff GmbH · Schurwaldstraße 9 · 73765 Neuhausen a. d. F. · Deutschland · Tel. +49 7158 173-0 · Fax +49 7158 5010 · balluff@balluff.de

Dok.-Nr. 930960 · DE · H19 · Änderungen vorbehalten. Ersetzt H16.