



## White Paper

# Closed-Loop-Pipettenmanagement

Vernetzte Datenerfassung reduziert Prozessrisiken in der SMT-Fertigung

Eric Kirschner, Senior Product Manager Placement Solutions, ASMP T SMT Solutions

**In der SMT-Fertigung haben Bestückpipetten (Nozzles) einen direkten Einfluss auf Prozessstabilität und Baugruppenqualität. Schon geringfügige Abweichungen oder Verunreinigungen können zu Fehlbestückung, Ausschuss und steigenden Produktionskosten führen. Selbst in kleinen Fertigungen bestücken Tausende von Pipetten täglich Millionen von Bauelementen, und ihre Sauberkeit und Unversehrtheit bestimmen die Qualität jedes einzelnen Bestückvorgangs.**

Herkömmliche Wartungs- und Reinigungsstrategien stoßen hier an ihre Grenzen. Intervallbasierte Wartung und Stichproben bieten keinen zuverlässigen Überblick über den Zustand der Pipetten, und Daten aus Maschine, Reinigung und Wartung werden oft isoliert erfasst. Infolgedessen können beschädigte oder verunreinigte Pipetten wieder in den Prozess gelangen – entweder auf derselben oder einer anderen Maschine oder gar in anderen Linien.

Das Closed-Loop-Pipettenmanagement bietet eine Lösung: Pipetten werden, während ihres gesamten Lebenszyklus, eindeutig identifiziert, datengestützt überwacht und systemweit kontrolliert. Prozesse werden transparenter, die Prozessstabilität steigt, Fehlerquoten werden reduziert und ungeplante Stillstände minimiert. Die Wartung erfolgt bedarfsgerecht – basierend auf der tatsächlichen Nutzung und den erfassten Parametern.



*Als einzige direkte physische Schnittstelle zum Bauelement bestimmt die Pipette maßgeblich die Qualität von Aufnahme- und Bestückvorgang.*

## Ein unterschätzter Faktor in der SMT-Fertigung

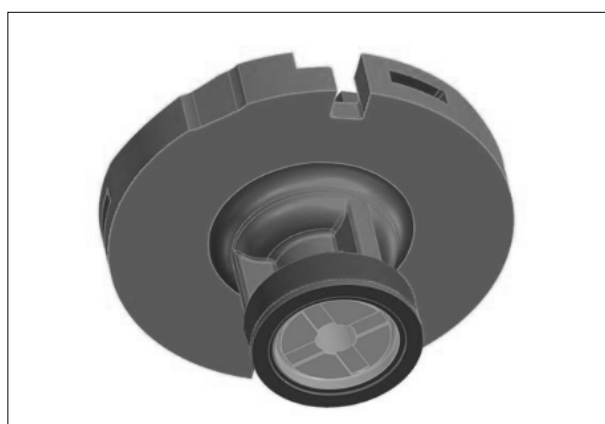
In der SMT-Fertigung entscheiden oft die kleinsten Bauelemente über die Gesamtqualität und die Prozessstabilität. Ein entscheidender Faktor wird dabei häufig unterschätzt: Die Pipette ist das einzige Element im gesamten Prozess, das in direkten physischen Kontakt mit dem Bauelement kommt. Während Kameras, Bestückköpfe, Förderer und Steuerungssysteme den Prozess steuern und überwachen, bestimmt die Pipette – als direkte Schnittstelle zwischen Maschine und Bauelement – die Qualität der Bauelementaufnahme und -bestückung.

Selbst geringfügige Abweichungen oder Verunreinigungen können zu Fehlern führen. Pipetten werden täglich tausendfach eingesetzt, um Bauelemente präzise aufzunehmen und auf Leiterplatten zu bestücken. Unzureichend überwachte Pipetten beeinträchtigen die Linienleistung und treiben die Produktionskosten in die Höhe.

Als einziges Element mit direktem Kontakt zum Bauelement sind sie ein zentrales Prozesselement, in dem mechanische, physikalische und prozessbezogene Einflüsse zusammenwirken. Sie sind damit keine passiven Werkzeuge, sondern aktive Prozessressourcen, deren Zustand sich unmittelbar auf Gesamtanlageneffektivität (OEE), Ertrag und Durchsatz auswirkt.

## Anspruchsvolle Bauelemente machen Pipetten zu einem entscheidenden Prozessfaktor

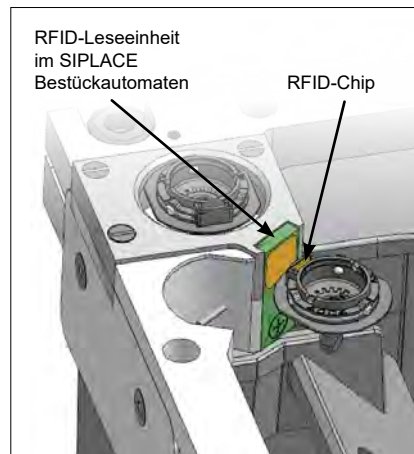
Die fortschreitende Miniaturisierung elektronischer Bauelemente erhöht die Prozessanfälligkeit gegenüber Handhabungsrisiken durch Bestückpipetten. Kleine und kleinste Komponenten wie 016008M-Chipbauelemente erfordern hochpräzise Pipetten, bei denen bereits geringste Verunreinigungen oder Verschleiß das Risiko von Bestückfehlern deutlich erhöhen können. Gleichzeitig werden Hochleistungs- und KI-Bauelemente wie Ball Grid Arrays (BGAs) größer und schwerer und stellen höhere Anforderungen an Stabilität und Prozesssicherheit. Sie erfordern entsprechend robuste Pipetten, die zuverlässig arbeiten müssen.



*Pipetten müssen sowohl höchste Präzision bei minimalen Bauelementen als auch stabile Prozesse bei großen und schweren Komponenten sicherstellen.*

Damit wächst die Bandbreite der Anforderungen: Pipetten müssen sowohl höchste Präzision bei kleinsten Bauelementen als auch stabile Prozesse bei großen und schweren Komponenten sicherstellen. Dies erhöht das Risiko von Produktionsunterbrechungen und Qualitätsabweichungen und verstärkt die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Überwachung und Datenanalyse über den gesamten Lebenszyklus der Pipetten hinweg.

Produktionsleiter benötigen daher ein System, das Pipetten in Echtzeit überwacht, um Risiken frühzeitig zu erkennen. Eine sporadische Überprüfung reicht nicht aus. Verschmutzte oder beschädigte Pipetten stellen ein erhebliches Prozessrisiko dar. Selbst geringe Fehlerquoten beim Aufnehmen können sich bei hohen Stückzahlen zu spürbaren Qualitätsabweichungen summieren. Jede einzelne Pipette beeinflusst eine Vielzahl von Bestückvorgängen und skaliert damit ihre Auswirkungen entsprechend. Bestückfehler durch beeinträchtigte Pipetten können in nachfolgenden Prozessschritten in der Regel nicht mehr vollständig kompensiert werden.



Die eindeutige Pipettenidentifikation erfolgt mithilfe von RFID-Chips in den Pipetten und RFID-Leseinheiten in den SIPLACE Bestückautomaten.

Ein vorausschauendes Management des Pipettenlebenszyklus wird daher zu einer strategischen Notwendigkeit für eine stabile und effiziente SMT-Fertigung. Nur durch eindeutige Pipettenidentifikation, kontinuierliche Zustandsüberwachung und zentrale Analyse lässt sich sicherstellen, dass jede Pipette für den Produktionseinsatz qualifiziert ist.

## Closed-Loop-Pipettenmanagement – Ein neuer Ansatz

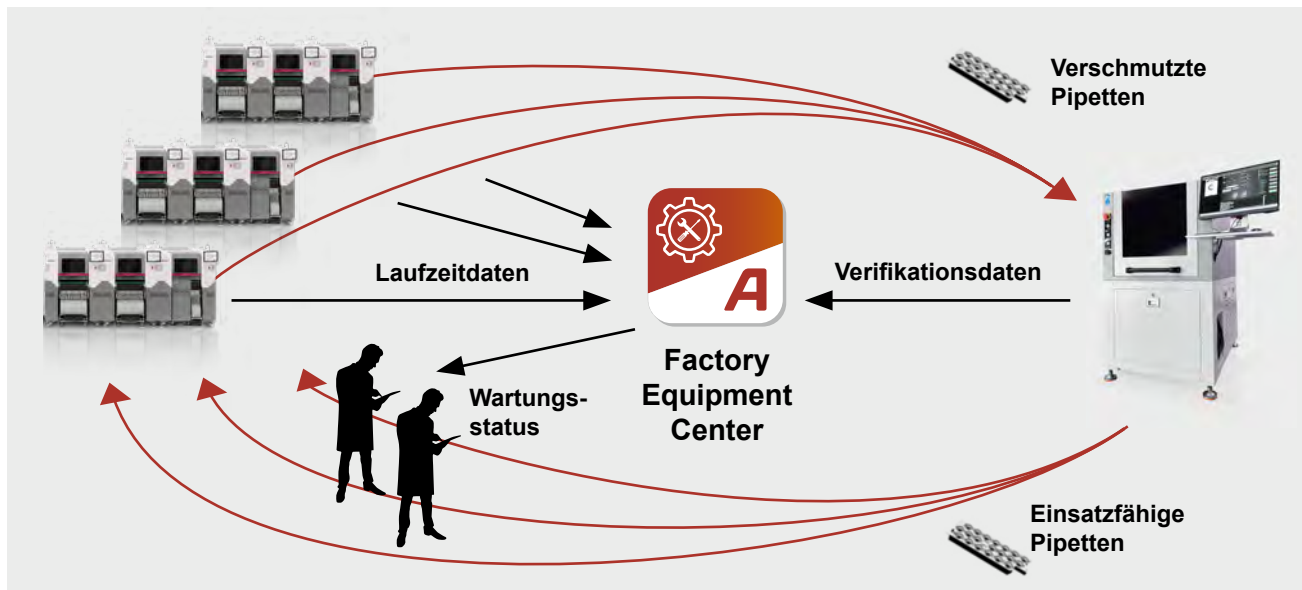
Ein geschlossener Regelkreis reduziert Prozessrisiken, erhöht die Produktionssicherheit und ermöglicht datengestützte Wartungsentscheidungen. Das Management im geschlossenen Regelkreis integriert alle relevanten Informationen über den gesamten Lebenszyklus der Pipette: Einsatz in der Maschine, Datenerfassung, Reinigung, Zustandsprüfungen sowie systemweite Freigabe oder Sperrung.

Der datengestützte Ansatz erhöht die Prozessstabilität, senkt Fehlerquoten und reduziert ungeplante Stillstände nachhaltig. Jede Pipette ist eindeutig identifiziert, und ihre Nutzung sowie ihre Leistung werden kontinuierlich überwacht. Anomalien werden automatisch erkannt, und die Pipette kann für den weiteren Betrieb freigegeben oder gesperrt werden.

Dieser Ansatz verlagert die Wartung von reaktiv zu zustandsbasiert. Die Wartung wird nur bei Bedarf durchgeführt – basierend auf der tatsächlichen Nutzung und auf gezeichneten Parametern wie Vakuumleistung, Fehlerquoten oder Reinigungszyklen.



Die automatisierte Smart Nozzle Station zur Reinigung und Inspektion ist ein integraler Bestandteil des durchgängigen Closed-Loop-Pipettenmanagements.



Alle Betriebsdaten werden an das Factory Equipment Center übertragen, wo sie zentral analysiert werden.

## Die fünf Elemente des Closed-Loop-Pipettenmanagements

Ein erfolgreiches Closed-Loop-Pipettenmanagement basiert auf fünf Kernelementen, die Risiken systematisch minimieren:

1. **Eindeutige Pipettenidentifikation** – Transparente Zuordnung jeder Pipette zu einer bestimmten Maschine und einem bestimmten Prozess. Jede Smart Nozzle erhält eine eindeutige ID, über die ihr Lebenszyklus vom Einsatz über die Reinigung bis zur Freigabe nachverfolgt wird.
2. **Datenerfassung während des gesamten Bestückprozesses** – Echtzeitüberwachung reduziert das Risiko von Ausfällen und Qualitätsabweichungen. Jeder Abholfehler, jeder Vakuumwert und sowie relevante Prozess- und Qualitätsparameter jedes Bestückvorgangs werden vom Bestückautomaten protokolliert.
3. **Zentrales Wartungsmanagement** – Die Wartung erfolgt datengesteuert und proaktiv. Historische Daten, Trendanalysen und Statusinformationen werden dazu in einem zentralen System zusammengeführt.
4. **Integrierte Reinigung und Zustandsprüfung** – Höhere Prozesssicherheit durch geprüfte Pipetten. Die Pipetten werden außerhalb der Maschine gereinigt, auf Beschädigungen geprüft und die Ergebnisse direkt an das zentrale System übermittelt.

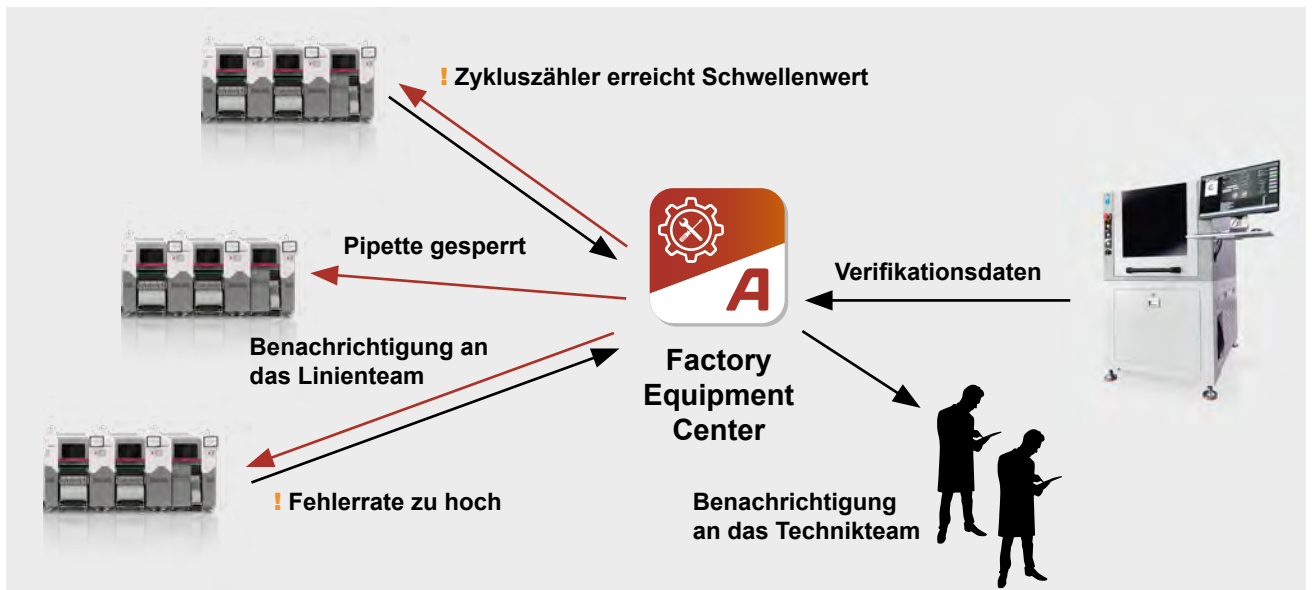
5. **Systemweite Freigabe- und Sperrlogik** – Defekte Pipetten werden konsequent gesperrt, um Risiken zu minimieren. Das System bestimmt, welche Pipetten in den Produktionsprozess zurückkehren dürfen und welche gesperrt bleiben.

## Vorteile der datengestützten Pipettenüberwachung

Ein datengestützter Regelkreisansatz reduziert Prozessrisiken, verbessert die Produktqualität und erhöht die Systemverfügbarkeit. Durch kontinuierliche Zustandsüberwachung und zentralisierte Analyse werden nur Pipetten eingesetzt, die den Qualitäts- und Leistungsstandards entsprechen. Pipetten, die Anomalien aufweisen, werden automatisch gesperrt oder zur Wartung markiert.

Wartungs- und Reinigungsprozesse werden gezielt gesteuert, Stillstände reduziert und Betriebskosten nachhaltig gesenkt. Anstelle fester Wartungsintervalle erfolgt die Wartung zustandsbasiert. Daten zu Abholzyklen, Vakuumwerten und Reinigungszyklen ermöglichen gezielte Eingriffe.

Das Management erhält Echtzeit-Transparenz über die Prozess- und Anlagenleistung. Das zentrale Wartungssystem aggregiert alle relevanten Pipettendaten, liefert Statistiken zu Nutzung, Fehlerraten und Reinigungshistorie und ermöglicht fundierte Entscheidungen.



Pipetten, die Anomalien aufweisen, werden automatisch gesperrt oder zur Wartung markiert.

## Smart Nozzles & Factory Equipment Center

ASMPT bietet eine vollständige Umsetzung des Closed-Loop-Prinzips – transparent, systematisch und datengestützt. Jeder Smart Nozzle wird eine eindeutige Pipetten-ID zugewiesen und in SIPLACE-Bestückautomaten kontinuierlich überwacht. Alle Betriebsdaten werden an das Factory Equipment Center übertragen, wo sie zentral analysiert werden.

Dadurch wird sichergestellt, dass in der Produktion nur qualifizierte Pipetten zum Einsatz kommen, Prozessrisiken minimiert werden und eine stabile Fertigung gewährleistet ist. Die Smart Nozzle Station ermöglicht die Reini-



Bediener sehen jederzeit, wo sich die einzelnen Pipetten befinden, wie viele Bestückzyklen sie bereits absolviert haben, welchen Wartungsstatus sie aufweisen, welche Fehler und Fehlerraten erfasst wurden, wann die letzte Überprüfung durchgeführt wurde und ob ein Sperrtats vorliegt.

gung und Prüfung außerhalb der Maschine. Die Ergebnisse werden in das zentrale System eingespeist, Pipetten werden automatisch freigegeben oder gesperrt, und ihre Betriebsbereitschaft wird kontinuierlich überwacht.

Unternehmen profitieren von einem nahtlosen, datengesteuerten Regelkreis – durch weniger Ausfallzeiten, höhere Qualität und transparente Prozesse. Die Kombination aus Smart Nozzles, SIPLACE Bestückautomaten, Smart Nozzle Station und Factory Equipment Center bildet einen echten geschlossenen Lebenszyklus für jede Pipette, einschließlich der Nachverfolgung von Nutzung, Reinigung, Fehlerhäufigkeit und Wartungsanforderungen.

## Fazit

Die systematische Integration von Maschine, Reinigungs- und Wartungssystem schafft erstmals ein vollständig datengesteuertes Regelkreis-System, das die Risiken von Pipettenfehlern in der SMT-Fertigung deutlich reduziert. ASMPT stellt die technische Umsetzung hierfür bereit – Smart Nozzles, zentralisierte Datenerfassung und automatisierte Freigabeprozesse – und macht das Regelkreis-System für jede Produktion verfügbar.

## Nutzen Sie das umfangreiche Know-how von ASMPT

Sprechen Sie uns an und vereinbaren Sie einen Termin in einem unserer SMT Center of Competence (CoC) – erarbeiten Sie mit unseren SMT-Spezialisten Ihre individuelle Lösung.

ASMPT stellt seinen Kunden und Partnern das in Jahrzehnten aufgebaute SMT-Wissen in weltweit sechs SMT CoC – eines davon in München – zur Verfügung. Hier stehen Ihnen praxiserfahrene Ingenieure

mit ihrem Fachwissen und Zugriff auf voll ausgestattete SMT-Linien zur Seite. Besonders im Hinblick auf die Druckprozesssimulation lassen sich so Anforderungen schnell und zuverlässig erfüllen sowie Prozesse und Abläufe bei der Produktneueinführung, Produktion und Inspektion optimieren.

Zusammen mit den ASMPT Spezialisten können Kunden direkt vor Ort in realen Umgebungen evaluieren, testen oder entwickeln. Das [ASMPT SMT Center of Competence](#) bietet darüber hinaus auch individuelle Demos an.



ASMPT GmbH & Co. KG

Rupert-Mayer-Straße 48 | 81379 München | Deutschland | Telefon: +49 89 20800-22000 | Email: [smt-solutions.de@asmpt.com](mailto:smt-solutions.de@asmpt.com)

[asmpt.com](http://asmpt.com) | [smt.asmpt.com](http://smt.asmpt.com)

Ausgabe 1/05-2026 | Änderungen vorbehalten | Bestell-Nr.: A22-ASMPT-A381 | Gedruckt in Deutschland | © ASMPT GmbH & Co. KG

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind Eigentum von ASMPT und urheberrechtlich geschützt. Ausdrücklich dürfen Auszüge aus diesem Dokument nur unternehmensintern und nur dann komplett oder in Auszügen genutzt werden, wenn dieser Copyright-Vermerk in allen Kopien komplett sichtbar bleibt. Mit der Entgegennahme dieses Dokuments erklärt der Empfänger, dass er jeden angemessenen Aufwand betreiben wird, um eine unbefugte und/oder widerrechtliche Nutzung durch Dritte zu unterbinden.

Alle Informationen und Abbildungen in diesem White Paper werden „wie besehen“ und ohne ausdrückliche oder stillschweigende Gewährleistung jeglicher Art zur Verfügung gestellt, einschließlich, aber nicht beschränkt auf stillschweigende Garantien von zufriedenstellender Qualität, Eignung für einen bestimmten Zweck und/oder Richtigkeit.

Die Inhalte dieses White Papers dienen nur der allgemeinen Information, stellen keine Beratung dar und können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. ASMPT gibt daher keine Garantien oder Zusicherungen in Bezug auf die Verwendung der in diesem White Paper enthaltenen Inhalte, Details, Spezifikationen oder Informationen hinsichtlich deren Richtigkeit, Genauigkeit, Angemessenheit, Nützlichkeit, Aktualität, Verlässlichkeit oder Sonstiges; dies in jedem Fall im größtmöglichen Umfang, der rechtlich zulässig ist. Bitte wenden Sie sich an ASMPT, um die aktuellsten Informationen zu erhalten. Besondere Leistungsmerkmale und/oder Fähigkeiten sind nur dann bindend, wenn sie vertraglich vereinbart wurden.

Alle Produktnamen sind Marken oder Warenzeichen von ASMPT oder anderen Anbietern. Die unbefugte Verwendung durch Dritte kann die Rechte ihrer Eigentümer verletzen.