Agile Manufacturing – Ein (kleiner) Schritt in Richtung Industrie 4.0?

Dr.-Ing. Edgar Dietrich, Stephan Sprink
Q-DAS® GmbH & Co. KG

Eine flexible Fertigung, wie Agile Manufacturing auch bezeichnet wird, ist eine Alternative zu teilespezifischen Transferstraßen für Großserien mit dem Vorteil einer hohen Teileflexibilität, um einfacher auf Veränderungen in den Produktionsprozessen reagieren und mehrere Produktvarianten quasi gleichzeitig herstellen zu können. Zusätzlich erhöhen sich die Anlageverfügbarkeit und die Austauschbarkeit von Maschinen.

Am Beispiel der Motorenfertigung (hier Zylinderkopf) soll aufgezeigt werden, wie bei Agile Manufacturing aufgrund der Flexibilität und der Komponentenvielfalt das Datenaufkommen exponentiell steigt und wie es trotzdem beherrschbar bleibt. Vor allem die unterschiedlichen Sichtweisen auf die Daten geben tiefe Einblicke in das Verhalten der Maschinen und ermöglichen die Beurteilung der Produktqualität.

In der klassischen Motorenfertigung werden die einzelnen Operationen mittels einer getakteten Transferstraße durchgeführt. Veränderungen durch neue Merkmalsspezifikationen sind sehr aufwendig umzusetzen. Weiter können wenige Produktvarianten auf ein und derselben Fertigungslinie hergestellt werden.

Bei Agile Manufacturing werden zwar die gleichen Operationen wie bei der klassischen Fertigung durchgeführt, aber mit einer viel höheren Flexibilität (s. Abb. 1). Für bestimmte Operationen gibt es mehrere baugleiche Maschinen, die u.U. 50 Werkzeuge und mehr beinhalten können. Dadurch werden auf ein und derselben Maschine gleich mehrere Operationen durchgeführt. Welche Operationen an einem Zylinderblock auf welchem Maschinentyp durchgeführt werden, wird bedarfsgerecht über die Verfügbarkeit gesteuert. Damit können mit einem Maschinenpark unterschiedliche Zylindertypen und Varianten eines Typs bearbeitet werden.

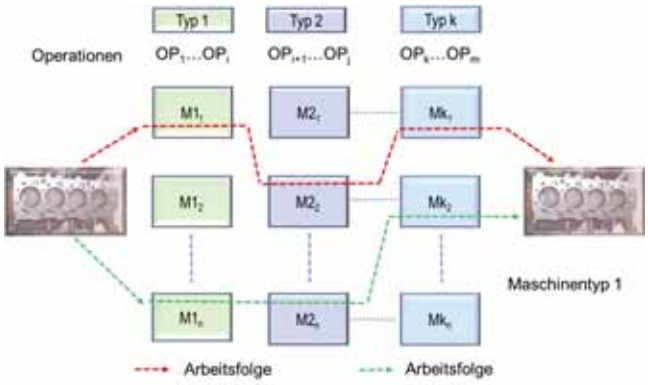

Abb. 1: Agile Manufacturing Zylinderblock (schematisiert)

Bei dieser hochflexiblen Bearbeitung ergeben sich zwei wesentliche Fragestellungen:

1. Allein die Frage, ob eine Maschine oder alle Maschinen des Maschinenparks fähig bzw. geeignet sind, scheint zunächst eine fast unlösbare Aufgabe zu sein. Im Gegensatz zu einer Transferstraße kann man nicht z.B. 50 Teile herstellen, anschließend die Merkmale vermessen und die Eignung bewerten. Bei Agile Manufacturing könnte man zwar auch 50 Teile herstellen, diese würde aber nur einen kleinen Bruchteil der insgesamt zur Verfügung stehenden Operationen erreichen. Andererseits wäre ein gigantischer und damit aus Zeit- und Kostengründen nicht zu vertretender Aufwand zu betreiben, auf jeder Maschine die jeweiligen Operationen 50-mal durchzuführen.
2. Wie kann eine solche Fertigung überwacht werden, um sicher zu sein, dass zu jeder Zeit alle Merkmale korrekt bearbeitet werden?

Diese Fragestellungen können durch die richtige Sichtweise auf die zu fertigenden Produkte und die jeweiligen Bearbeitungsschritte beantwortet werden. Wie aus vielen Projekten bei der Einführung des Q-DAS CAMERA® Concepts hervorgeht, gibt es tendenziell zwei Blickrichtungen auf die Fertigungsprozesse:

- produktbezogene
- prozessbezogene

Sichtweise. Bei der produktbezogenen Sichtweise wird die Qualität des Produktes und bei der prozessbezogenen Sichtweise der Zustand und die Eignung der gesamten Fertigungsanlage und deren Komponenten (Werkzeuge, Spindeln, …) beurteilt.

Produktsicht

Bei der produktbezogenen Sichtweise (s. Abb. 2) wird bewertet, ob die bearbeiteten Merkmale die geforderten Spezifikationen erfüllen. Dabei werden nicht nur die einzelnen Merkmale selbst in Augenschein genommen, sondern diese können zu verschiedenen Ebenen (Merkmale einer Komponente oder Merkmale eines Produkttyps) zusammengefasst und jeweils als eine

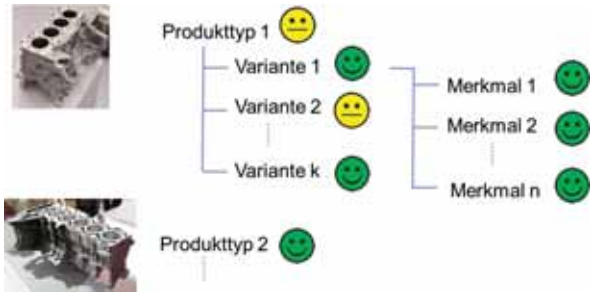

Abb. 2: Hierarchische Produktsicht

eigene Einheit bewertet werden. Dabei wird über die Prüfplanung, die Messprogramme und anhand der Teileidentifikation die Zugehörigkeit eines Merkmals zu der jeweiligen Ebene festgelegt. Wie viele Ebenen betrachtet werden sollen, ist situationsbedingt festzulegen.

Dadurch können nicht nur die Merkmale selbst, sondern auch die darüber liegenden Ebenen als eine eigene Einheit beurteilt werden.

Die Merkmale werden dazu auf Koordinatenmessgeräten oder an SPC-Plätzen vermessen und die Messwerte statistische ausgewertet. Die Art der Auswertungen, auch als Fähigkeitsnachweise bezeichnet, sind in Firmenrichtlinien oder Verfahrensanweisungen spezifiziert. Ob die einzelnen Merkmale, die Komponenten oder die Produkttypen in Ordnung sind oder nicht, kann auf jeder Ebene beispielweise anhand von Smileys (☺, 😐, ☹) übersichtsartig dargestellt werden. Dabei sind die Kriterien, wann welcher Smiley angezeigt wird, individuell festzulegen.

Weiter werden trotz unterschiedlicher Teile bzw. Komponenten bei einer Operation immer wieder gleiche Merkmalsarten (z.B. eine Bohrung mit vorgegebener Spezifikation) bearbeitet. Alle vergleichbaren Merkmale können zu einem virtuellen Merkmal zusammengefasst werden. Dadurch ergibt sich, auf das virtuelle Merkmal bezogen, sehr schnell ein ausreichendes Datenvolumen, das den gewünschten Eignungsnachweis einer Maschine ermöglicht.

Prozesssicht

Bei der prozessbezogenen Sichtweise (s. Abb. 3) interessiert es die Fertigungsverantwortlichen viel mehr, wie sich die Maschinen, deren Spindeln und Werkzeuge verhalten, unabhängig davon, welche Merkmale gerade bearbeitet werden. Um dies beobachten zu können, werden die Merkmale ebenfalls in verschiedene Ebenen zusammengefasst. Die Ebenen hierbei sind beispielsweise:

- Gesamter Maschinenpark
- Alle Maschinen, die die gleichen Operationen durchführen
- Eine Maschine selbst
- Ein Werkzeug / Spindel einer Maschine

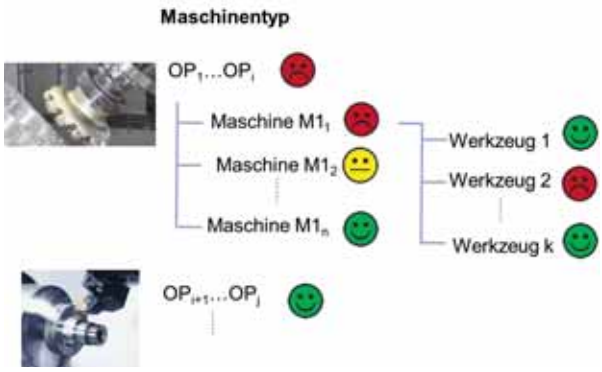

Abb. 3: Hierarchische Prozesssicht

Aufgrund der eindeutigen Identifikation der Bearbeitung eines Merkmals ist bekannt, auf welcher Maschine und mit welchem Werkzeug eine Operation an einem Teil durchgeführt wird. Dies ist die Voraussetzung für die Strukturierung der Daten nach den oben genannten Ebenen. Die Anzahl der Ebenen ist auch bei dieser Sichtweise von den gewünschten Zuordnungen der Merkmale zu Ebenen abhängig.

Auch bei der Prozesssicht werden die Merkmale, wie oben beschrieben, gemessen und die Messergebnisse nach den Ebenen aus der Prozesssicht statistisch ausgewertet. Die Kriterien, wann ein Smiley auf welcher Ebene wie angezeigt wird, sind individuell festgelegt. Damit entsteht eine Statusübersicht, anhand derer jederzeit zu sehen ist, ob alle Arbeitsschritte ordnungsgemäß ablaufen oder Abweichungen vorliegen. Gibt es Probleme in einer Arbeitsfolge, ist schnell zu erkennen, um welche Fertigungsmaschine es sich handelt und welches Werkzeug davon betroffen ist. Über eine Drill-down Funktion kann beispielsweise eine Übersicht der Werkzeuge mit entsprechender Statusanzeige dargestellt werden (s. Abb. 4). Nach welchen Kriterien sich bei den Balken grün, gelb und rot ergeben, sind aufgabenbezogen festzulegen. Für das jeweilige Werkzeug können weitere Details der betroffenen Merkmale wie z.B. Verläufe, Kennzahlen, Berichte usw. angezeigt werden.

Mit der Prozesssicht ist die fortdauernde Beobachtung der Fertigungseinrichtung gegeben. Damit können Abweichungen von Sollzuständen oder Überschreitung von Grenzkriterien schnell erkannt und entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden.

Abb. 4: Sicht auf die Prozesse mit Drill-Down Funktionalität

Zusammenfassung

Sowohl das zu bearbeitende Produkt als auch die Fertigungseinrichtung selbst, können kontinuierlich mit diesen Informationen versorgt werden, um sich selbst zu steuern. Damit folgt ein so ausgestattetes Agile Manufacturing in einem ersten Schritt dem Grundgedanken von Industrie 4.0.