
Betriebskennlinien-Management als Performancemessungs- und -planungskonzept bei komplexen Produktionsprozessen

Dirk Eichhorn¹ and Alexander Schömig²

¹ Qimonda AG, München, Germany

Dirk.Eichhorn@qimonda.com

² Infineon Technologies AG, München, Germany

Alexander.Schoemig@infineon.com

1 Einleitung

Schwerpunkt des traditionellen Produktions-Controlling ist der Bereich der Kosten. In Abhängigkeit davon, welche Rolle Lieferfähigkeit und Liefertreue in der Branche spielen, werden output-bezogene Performance-Indikatoren eingeführt. Während damit im Allgemeinen nur Symptome diagnostiziert werden können, stellt sich die Frage nach den Gründen von Planabweichungen und Möglichkeiten zur Verbesserung der Lieferperformance. Um Produkte gemäß Kundenwunsch auszuliefern sind mit Sicherheit die Durchlaufzeit und deren Varianz von Interesse. Eine ex-post Messung dieser Größen ist hilfreich; wichtiger ist jedoch eine Verringerung der Werte. Daher ist es zweckdienlich, die logistische Leistung bereits innerhalb des Fertigungsablaufs zu messen, statt an dessen Ende. Somit sollte es leichter fallen, Abweichungen früher zu erkennen und rechtzeitig Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Mit Hilfe geeigneter Daten ist möglich, nicht nur die Durchlaufzeit zu verstehen, sondern auch Durchsatz- und Kostenthemen zu erklären und diese für planerische Zwecke zu verwenden.

Das vorzuschlagende Konzept basiert auf der Warteschlangentheorie: Es wird ein Zusammenhang zwischen der Auslastung des Fertigungssystems und dem sogenannten "Flussfaktor", dem Quotienten aus Durchlaufzeit und theoretischer Minimaldurchlaufzeit aufgestellt. Als wichtiger Einflussfaktor wird die Variabilität "Alpha" des Systems eingeführt. (Die Grundlagen finden sich bei Hopp/Spearman [5] und den Literaturstellen darin, sowie bei Engelhardt [4].) Ausgehend von einem Single- oder Multi-Server-Ansatz ist die Aggregation zur Gesamtlinie mittels weniger Datensätze möglich. Der funktionale Zusammenhang zwischen Durchsatz und Durchlaufzeit einer Fabrik kann zur Visualisierung der Performanceentwicklung über der Zeit verwendet werden. Darüber hinaus kann das System mit Investitions- und Kostenplanungsmodellen verknüpft werden. Auf einer detaillierteren Workcenter-Ebene kann die Wirkung von Maßnahmen auf die Gesamtdurchlaufzeit und die Kostenperformance abgeschätzt werden.

Das beschriebene Konzept wird bei der Infineon AG und Qimonda AG seit längerer Zeit erfolgreich eingesetzt. In dieser Arbeit wird eine Verfeinerung des Systems

beschrieben, die zu einer realistischeren Abbildung des Fertigungssystems basierend auf einzelnen Toolgruppen–Betriebskennlinien beruht.

2 Konzeptentwurf

2.1 Benötigte Daten

Fertigungsprozesse in der Halbleiterindustrie sind von einer hohen Komplexität gekennzeichnet. Daraus resultiert eine lange Durchlaufzeit. Das Prinzip der Werkstattfertigung mit seinen Beständen vor den Workcentern erlaubt ein Weiterlaufen der Fertigung an Maschinen, die sich im Prozessablauf nach einer Anlage, die von Problemen betroffen ist, befinden. Die Messung der Produktionsleistung anhand des Outputs würde daher zu einer sehr späten Reaktion auf Performanceschwankungen in der Linie führen. Aus diesem Grund werden alle durchgeführten Prozessschritte erfasst. Vereinfachend ist es ausreichend, immer wiederkehrende Schritte innerhalb eines Produktdurchlaufes zu zählen und von diesen auf die gesamten Prozessschritte zu schlussfolgern. In der Halbleiterindustrie repräsentiert die Lithographie einen Prozessschritt, der hinreichend häufig und regelmäßig im Arbeitsplan eines Produktes auftritt. Anhand der Gesamtzahl geleisteter Litho–Schritte geteilt durch die gemäß Arbeitsplan zu erwartende Zahl wird eine so genannte Daily Going Rate (*DGR*) berechnet. Es handelt sich dabei um ein Maß für den Durchsatz, konkret eine theoretisch gefertigte Anzahl an Produkten, unabhängig davon, ob diese aus dem Fertigungssystem ausgeschleust wurden.

Neben dieser Durchsatzgröße ist es nahe liegend, den Bestand (*WIP*) im System zu erfassen. Durch die Verknüpfung beider Werte mittels Little’s Law kann die dynamische Durchlaufzeit (*dynCT*) bestimmt werden. Im Gegensatz zur output–bezogenen Durchlaufzeit reagiert diese Größe beispielsweise sofort auf erhöhte Einschleusungen in das System und zeigt daher Abweichungen vom Sollzustand früher an.

Um eine von der Fertigungstechnologie unabhängige Beurteilung der Durchlaufzeit zu ermöglichen, empfiehlt sich eine Normierung. Der Bezug auf die Raw Process Time (der theoretischen Mindestprozesszeit je Fertigungsschritt) ergibt den Flussfaktor (*FF*), im angelsächsischen Raum vorzugsweise *X–Factor* genannt. Aus diesem Grund müssen die Raw Process Times der Produkte vorliegen.

$$FF = \frac{dynCT}{RPT} \quad (1)$$

2.2 Warteschlangentheorie

In einer Werkstattfertigung lassen sich die einzelnen Anlagen als Server und die zu verarbeitenden Teile bzw. Lose als Forderungen in einem Bediensystem bzw. Bediensetz interpretieren. In [2] und [3] wird die Ableitung der Betriebskennlinie aus den grundlegenden Formeln der Warteschlangentheorie dargelegt. Dabei wird gezeigt, dass das sehr einfache Ergebnis des Single–Server–Falles $G/G/1$ zur Approximation des Multi–Server–Falles $G/G/s$ verwendet werden kann. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die entsprechenden Abweichungen. In einem weiteren Abstraktionsschritt wird angenommen, dass die Single–Server–Formel