

# On the Modeling and Control of extended Timed Event Graphs in Dioids

Johannes Trunk

## Zusammenfassung

Viele Produktions- und Fertigungsanlagen können mit Hilfe von Synchronisationsgraphen modelliert und analysiert werden. Diese Synchronisationsgraphen sind eine spezielle Klasse der zeitbehafteten Ereignisdiskreten Systemen, deren dynamisches Verhalten nur durch Synchronisations- und Sättigungsphänomene gekennzeichnet ist. Ein Vorteil dieser Synchronisationsgraphen gegenüber vielen anderen Modellen besteht darin, dass ihr schnellstes Verhalten durch lineare Gleichungen in einigen "tropischen" Algebren, den sogenannten Dioiden, beschrieben werden kann. Dies hat zu der Entwicklung einer umfangreichen Theorie für lineare Systeme in Dioiden geführt, wobei viele Konzepte aus der Standard Systemtheorie auf Synchronisationsgraphen übertragen wurden. Zum Beispiel die  $(\max,+)$  Algebra bietet elegante Analyseverfahren und Reglerentwurfsverfahren für Synchronisationsgraphen. Allerdings ist die Systemklasse, die mit Hilfe von Synchronisationsgraphen beschrieben werden kann, eingeschränkt. Zum Beispiel lassen sich Fertigungsanlagen mit Gruppierungs- oder Vereinzelungsschritten nicht mit Synchronisationsgraphen modellieren. Daher wurden einige Erweiterungen für Synchronisationsgraphen eingeführt. Zum einen wurden die Kanten von Synchronisationsgraphen mit ganzzahligen Gewichten erweitert. Diese gewichteten Synchronisationsgraphen weisen im Gegensatz zu gewöhnlichen Synchronisationsgraphen ereignisvariantes Verhalten auf und ermöglichen es nun Gruppierungs- oder Vereinzelungsschritte zu beschreiben. Des Weiteren wurde eine neue Art der Synchronisation namens partieller Synchronisation (PS) eingeführt. Diese PS ist nützlich für die Modellierung von zeitvarianten Systemen, bei denen bestimmte Ereignisse nur in einem bestimmten Zeitfenster auftreten können. Ein solches Verhalten tritt zum Beispiel an einer Kreuzung mit Ampelsteuerung auf, die Grünphase der Ampeln beschreibt das Zeitfenster, in dem ein Fahrzeug die Kreuzung überqueren darf. Aufgrund ihres ereignisvarianten bzw. zeitvarianten Verhalten können gewichteten Synchronisationsgraphen sowie Synchronisationsgraphen unter PS nicht mehr mit linearen Gleichungen in der  $(\max,+)$  Algebra beschrieben werden.

In dieser Arbeit werden gewichteten Synchronisationsgraphen und Synchronisationsgraphen unter PS in Dioiden modelliert. Basierend auf dieser Modellierung wird eine Zerlegung des dynamischen Verhaltens von gewichteten Synchronisationsgraphen in einen ereignisvarianten und einen ereignisinvarianten Teil vorgestellt. Analog wird für Synchronisationsgraphen unter PS gezeigt, dass ihr dynamisches Verhalten in einem zeitvarianten und zeitinvarianten Teil zerlegt werden kann. Unter speziellen Voraussetzungen wird gezeigt, dass dieser ereignisvarianten bzw. zeitvarianten Teile invertierbar ist. Dies ermöglicht die Übertragung von etablierten Analyse- und Regelungsentwurfsverfahren von gewöhnlichen Synchronisationsgraphen auf die allgemeineren Klassen der gewichteten Synchronisationsgraphen und Synchronisationsgraphen unter PS.