



Der Einsatz hybrider Petri-Netze beim Entwurf eingebetteter Systeme für mechatronische Anwendungen

Wolfgang Fengler

Thorsten Hummel

Vesselka Duridanova

Technische Universität Ilmenau

Institut für Theoretische und Technische Informatik

Fachgebiet Rechnerarchitekturen

e-mail: wfengler,theoinf,vesselka@theoinf.tu-ilmenau.de





Gliederung

1. Motivation
2. Hybride Petri-Netze
3. Anwendungsbeispiel
4. Zusammenfassung / Ausblick

Motivation

- Eingebettete Systeme
 - Komplexe Hard- und Softwaresysteme
 - Enthalten häufig Elemente, die unterschiedlichen Zeit- und Signalvorstellungen entsprechen
 - Heterogene oder hybride Systeme
 - Beschreibung durch unterschiedliche Formalismen
 - ✦ analog: kontinuierliches Zeitmodell
 - ✦ digital: diskrete Ablaufschritte

- Einheitliches Beschreibungsmittel für unterschiedliche Zeit- und Signalvorstellungen
 - Hybride Petri-Netze

Hybride Petri-Netze

- Basierend auf den durch David und Alla eingeführten kontinuierlichen Petri-Netzen
 - Marken werden nicht ganzzahlig interpretiert, sondern in eine theoretisch unendliche Menge von Markenbruchstücken zerlegt
 - Den kontinuierlichen Transitionen wird anstelle der Schaltzeit eine Feuergeschwindigkeit zugeordnet
- Kombination klassischer diskreter S/T-Netze mit kontinuierlichen Petri-Netzen
- Spezielle Hybride Petri-Netz-Klasse (Drath, TU Ilmenau)

Hybride Dynamische Netze (HDN)

HDN = (P, T, F, P_T, T_T, F_T, E) → Hybrides Dynamisches Netz

(1) P, T, F → endliche Mengen mit

$$P \cap T = \emptyset, P \cup T \neq \emptyset$$

(2) P_T P_D → diskrete Plätze

P_K → kontinuierliche Plätze

$$P_D \cap P_K = \emptyset$$

(3) T_T T_D → diskrete Transitionen

T_K → kontinuierliche Transitionen

$$T_D \cap T_K = \emptyset$$

(2) F_T: F = K_{SEK} ∪ K_{SAK} ∪ K_{TEK} ∪ K_{IEK}

$$\text{mit } K_{SEK} \cap K_{SAK} \cap K_{TEK} \cap K_{IEK} = \emptyset$$

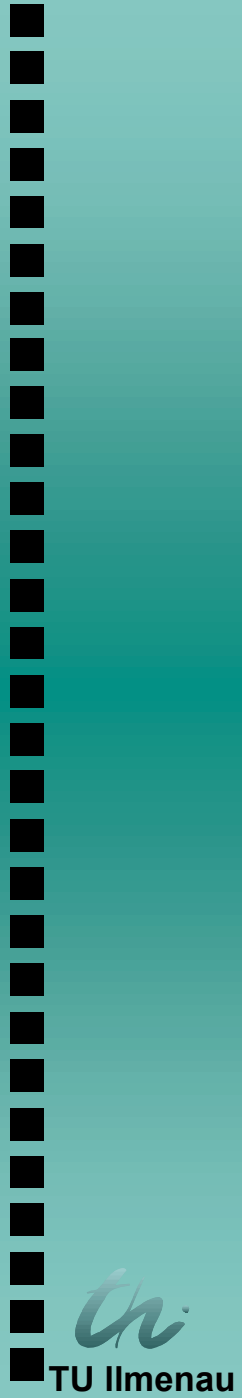
Hybride Dynamische Netze (HDN)

$E = (C, RE, PR, z, M, M_0, G, T_M, V, NA) \rightarrow$ Netzerweiterungen

- (1) C : Kapazität der diskreten Plätze P_D
- (2) PR : Priorität einer diskreten Transition T_D
- (3) z : Zeit als globale Variable des Gesamtsystems
- (4) M : Markierung zum Zeitpunkt z
- (5) M_0 : Anfangsmarkierung
 $P_D \rightarrow N^+$
 $P_K \rightarrow R$ (negative Markierung möglich)
- (6) G : Funktion einer gewichteten Kante
- (7) T_M : einer diskreten Transition zugeordnete Zeit relativ zur globalen Zeit z
- (8) V : einer kontinuierlichen Transition zugeordnete Geschwindigkeitsfunktion $f(z, M)$

Hybride Dynamische Netze (HDN)

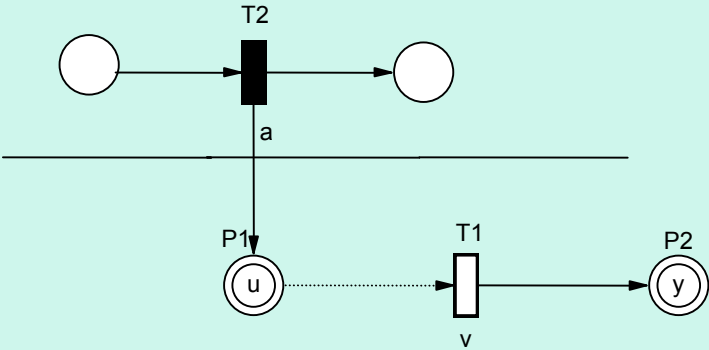
Eingangskanten							
	klassisches ST-Netz mit unbeschränkter Kapazität der Plätze Transition schaltet, wenn gilt: $m \geq a$		nicht erlaubt		Sprung einer kontinuierlichen Zustandsgröße Transition schaltet, wenn gilt: $m \geq a$		kontinuierlicher Fluß Kantengewicht nicht sinnvoll Transition ist stets aktiv Markentransport gemäß $v(t)$
	Steuerung eines ereignisdiskreten Prozesses Transition schaltet, wenn gilt: $m \geq a$ (kein Markentransport)		Steuerung eines kontinuierlichen Prozesses Transition ist aktiv, wenn gilt: $m \geq a$ (kein Markentransport)		Erzeugung von Ereignissen Transition schaltet, wenn gilt: $m \geq a$ (kein Markentransport)		Modellierung von eingepprägten Größen Kantengewicht nicht sinnvoll Transition ist stets aktiv (kein Markentransport)
	Steuerung eines ereignisdiskreten Prozesses Transition schaltet, wenn gilt: $m < a$ (kein Markentransport)		Steuerung eines kontinuierlichen Prozesses Transition ist aktiv, wenn gilt: $m < a$ (kein Markentransport)		Erzeugung von Ereignissen Transition schaltet, wenn gilt: $m < a$ (kein Markentransport)		nicht erlaubt
Ausgangskanten							
	klassisches ST-Netz mit unbeschränkter Kapazität der Plätze Markentransport gemäß a		nicht erlaubt		Sprung einer kontinuierlichen Zustandsgröße Markentransport gemäß a		kontinuierlicher Fluß Kantengewicht nicht sinnvoll Markentransport gemäß $v(t)$
							nicht erlaubt



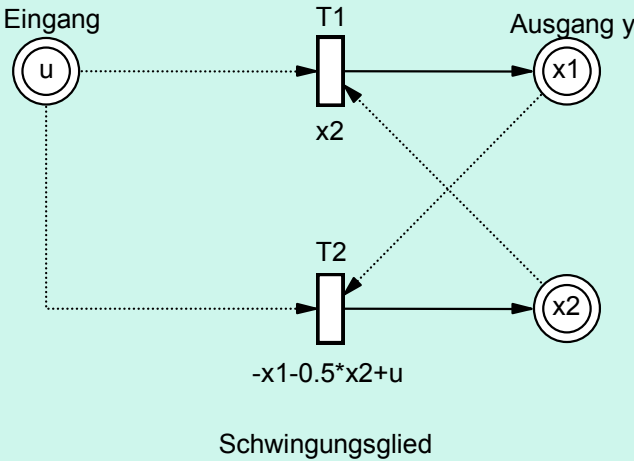
Modellierungstool - Visual Object Net ++

- Objektorientiertes Werkzeug zur Modellierung, Visualisierung und Simulation von HDN
- Modellierung hybrider Systeme unter objektorientierten Gesichtspunkten
 - Modellierung von Teilsystemen und Abstraktion in Klassen
 - Hierarchische Beschreibung
 - Modellierung mit Hilfe von in einer Klassenbibliothek abgelegten Objekten

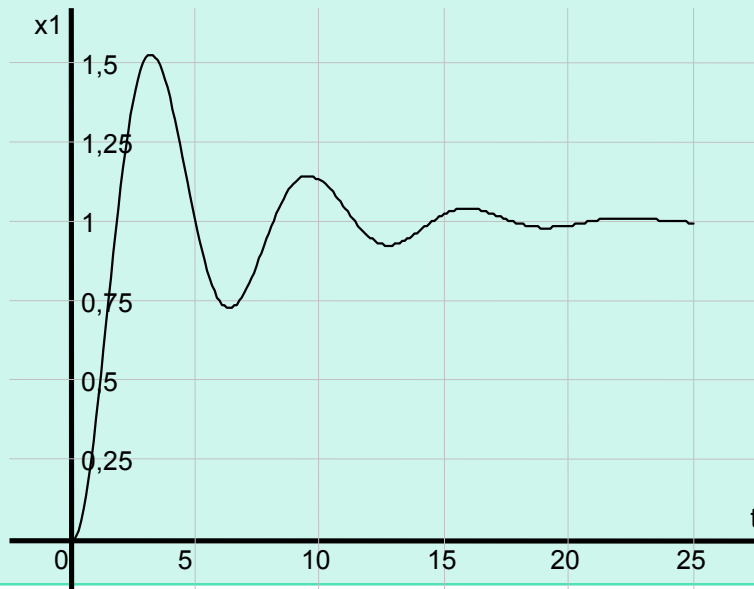
Modellierungstool - Visual Object Net ++



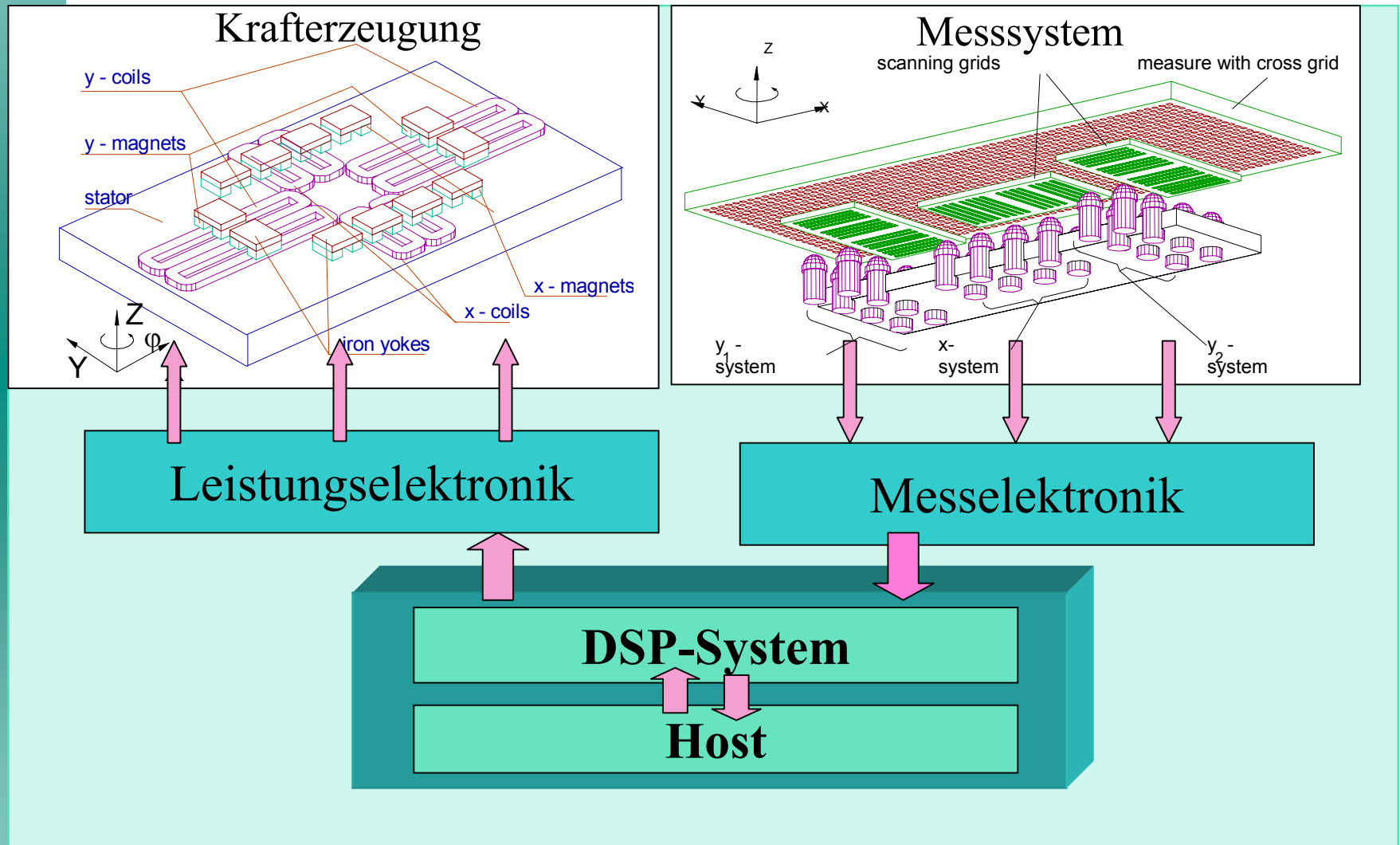
Ereignisdiskrete Generierung von Sprüngen einer kontinuierlichen Prozessgröße



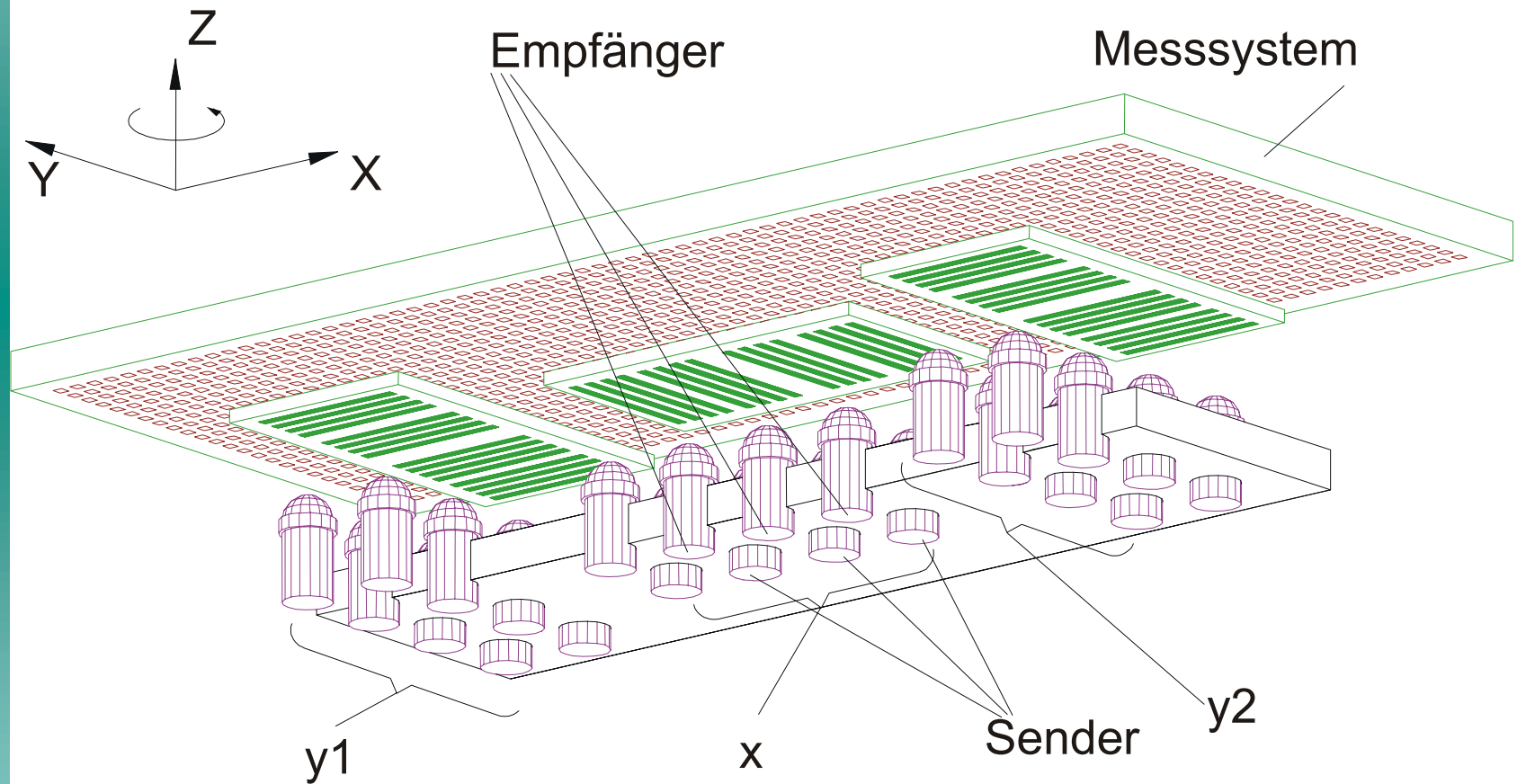
Schwingungsglied



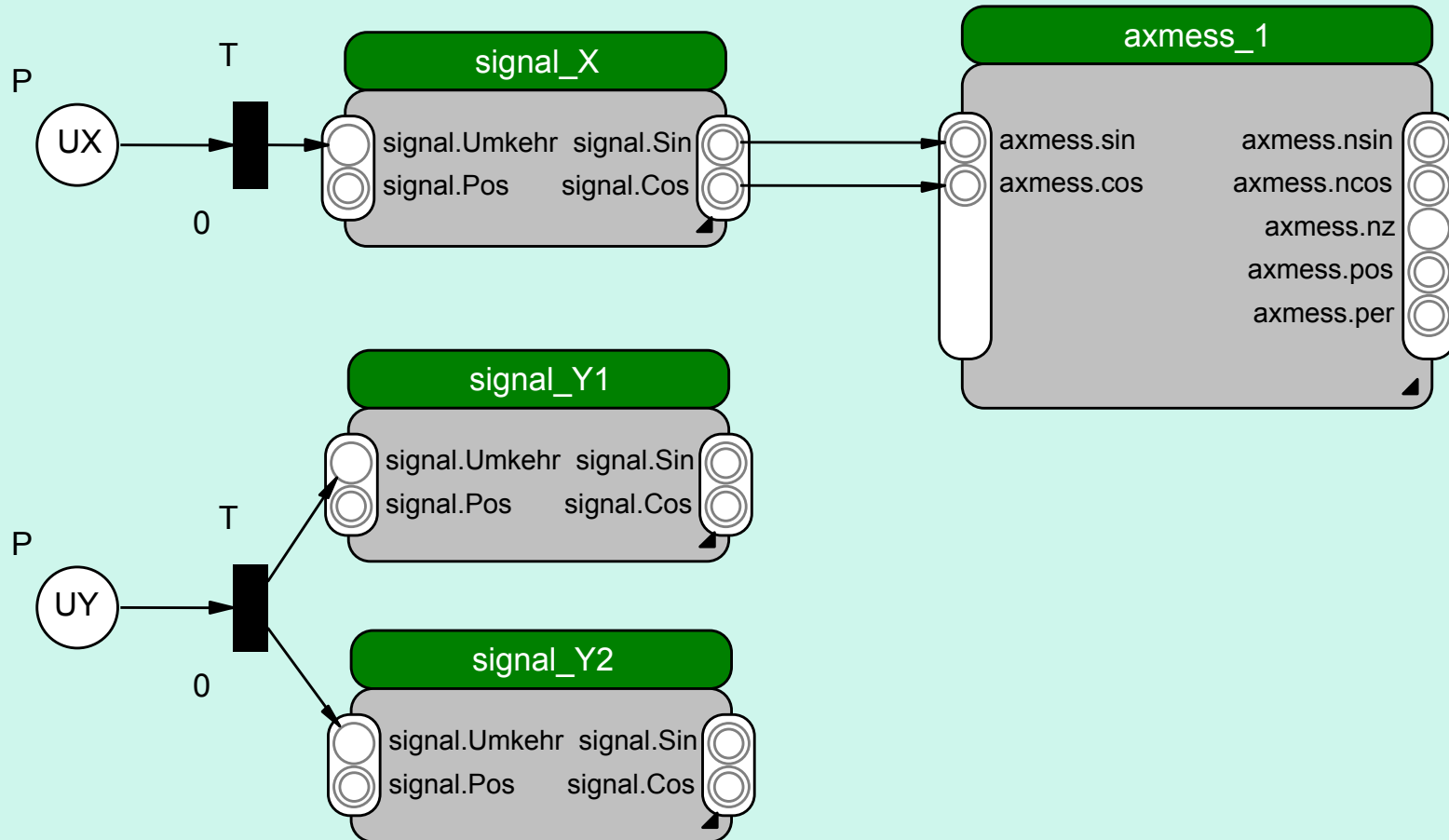
Anwendungsfeld → Mehrkoordinatenantriebe



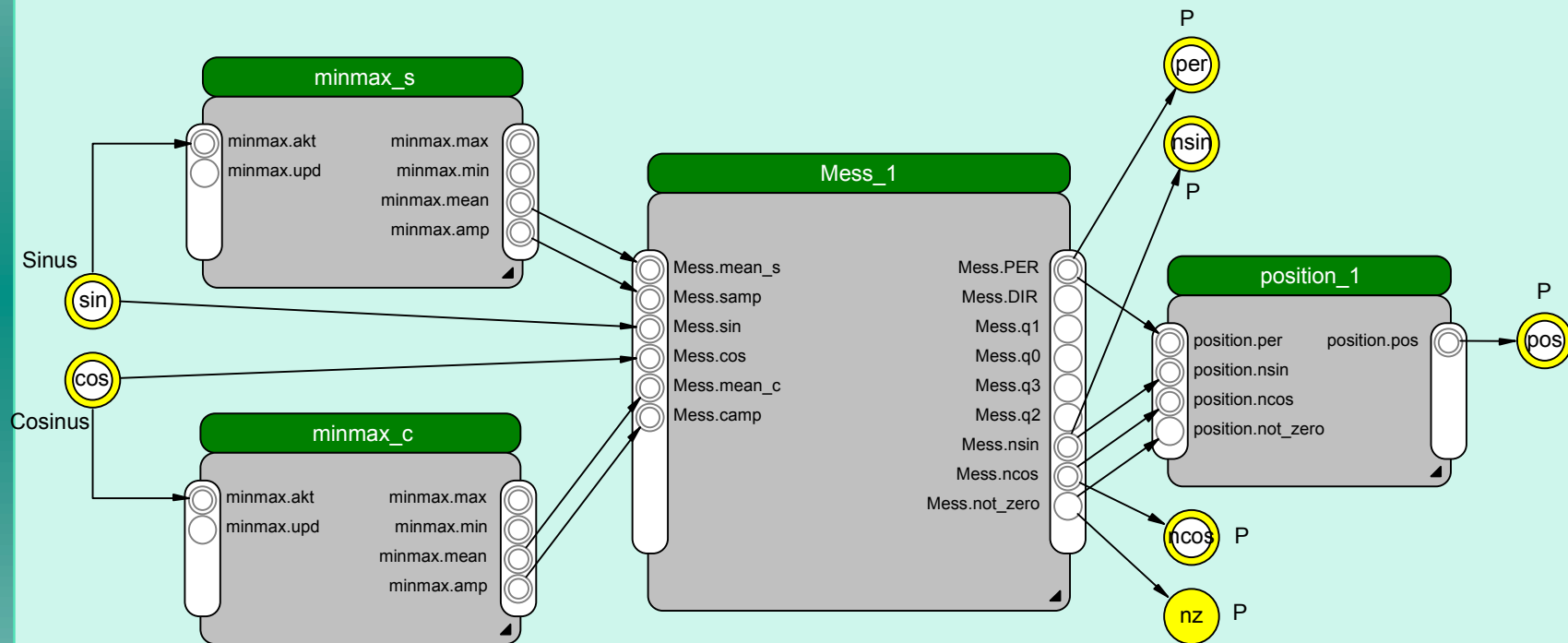
Mehrkoordinatenmesssystem



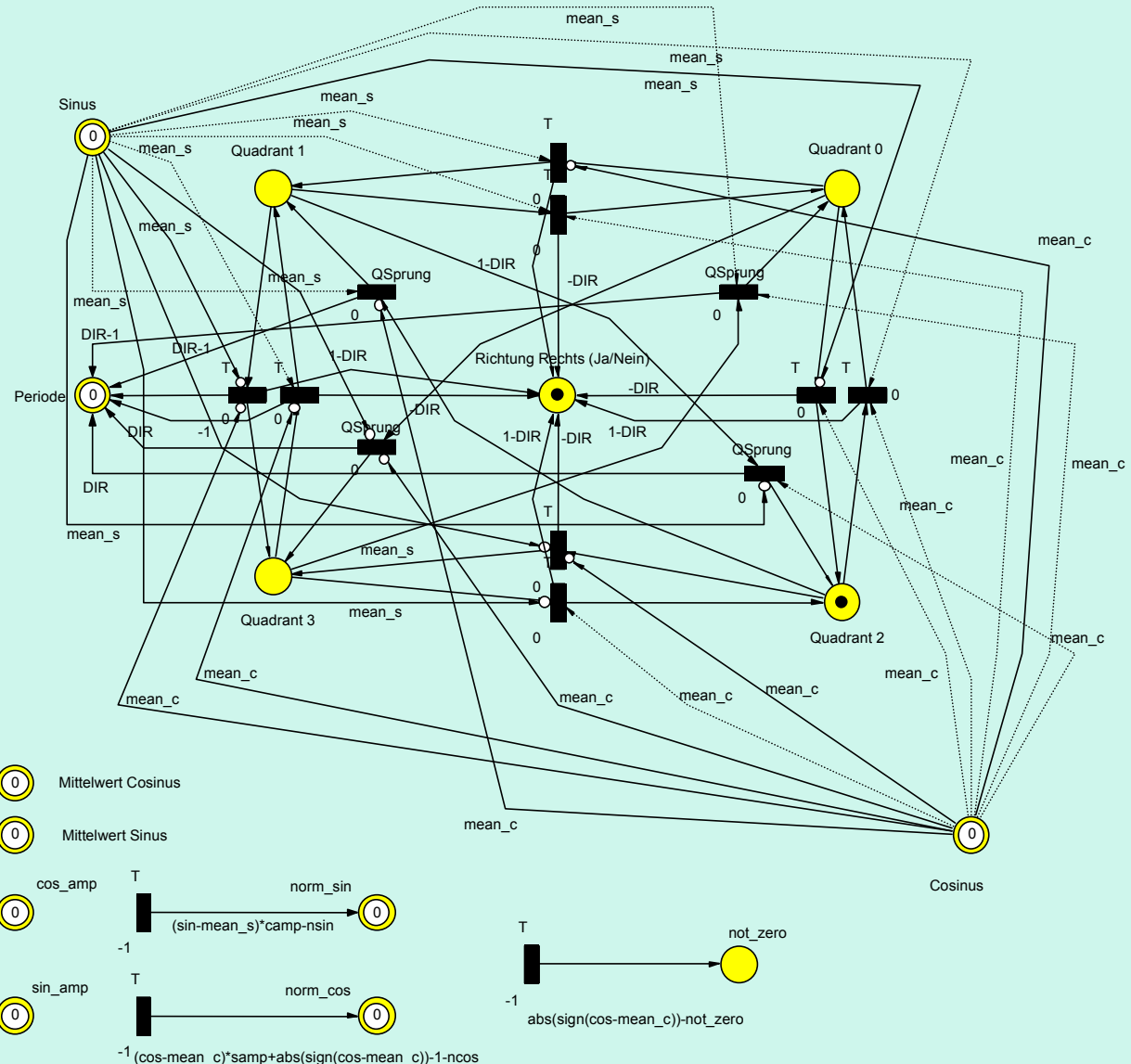
Mehrkoordinatenmesssystem - Ausschnitt



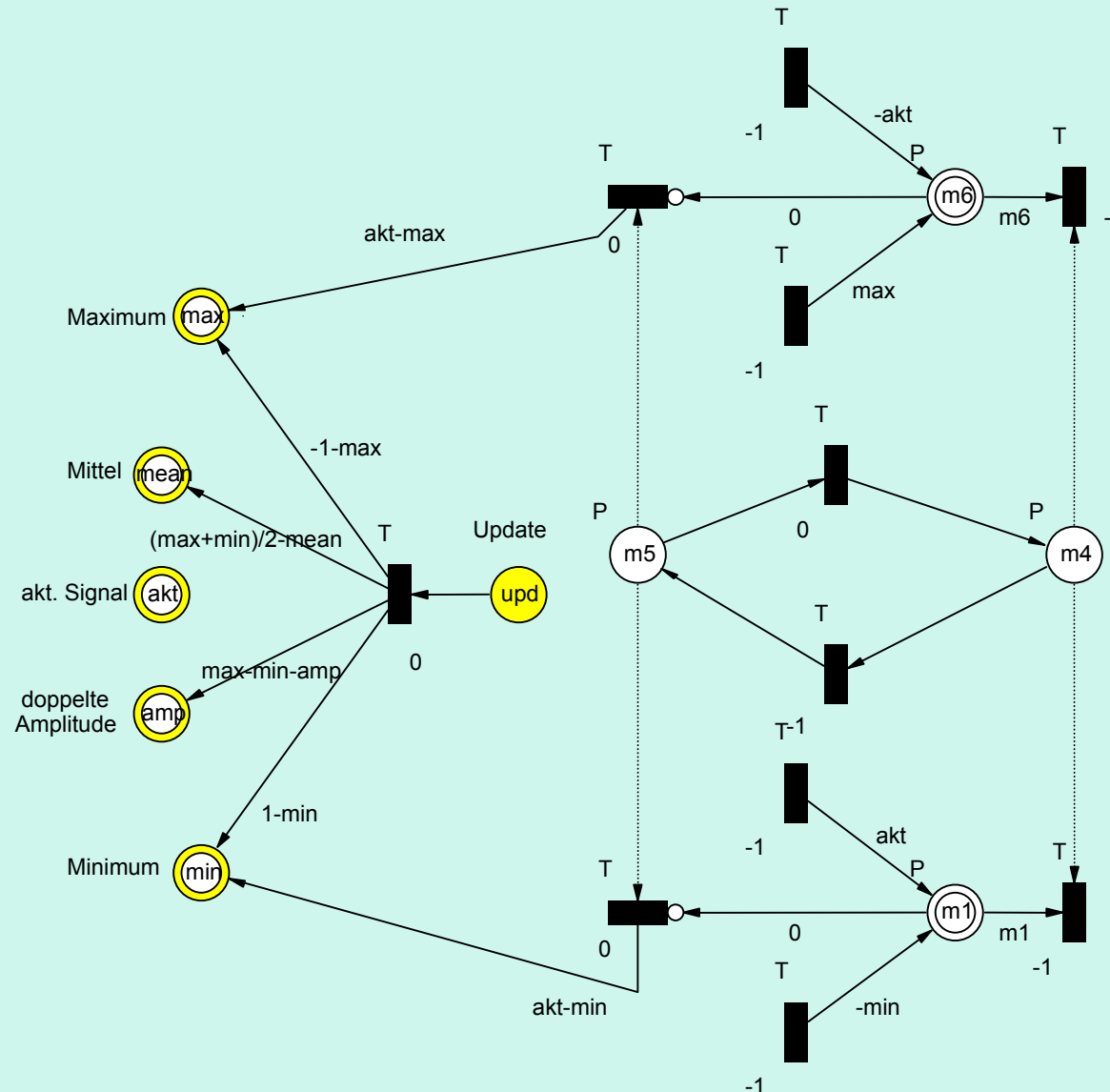
Mehrkoordinatenmesssystem - Ausschnitt



Komponente - Messung



Komponente - Minmax



Zusammenfassung - Ausblick

- Hybride Petri-Netze ermöglichen eine einheitliche Modellierung von heterogenen Systemen
- Der objektorientierte Ansatz der verwendeten Netzklasse erlaubt die übersichtliche Modellierung auch größerer hybrider Systeme
- zukünftige Aufgaben:
 - Erweiterung und Vervollständigung des Modells
 - Einbindung in den gesamten Entwurfsprozess