



Prozedursteuerung

Steuerung von Abläufen

VL Prozessleittechnik 1 (SS 2012)
Professur für Prozessleittechnik

Übersicht

- Steuerung von sequenziellen und parallelen Abläufen
- Ablauf von Schrittketten
- Interaktion von Ablauf- und Verknüpfungssteuerungen
- Schutzfunktionen und Betriebsarten in Ablaufsteuerungen
- Entwurf von Ablaufsteuerungen

Verwendung von Ablaufsteuerungen

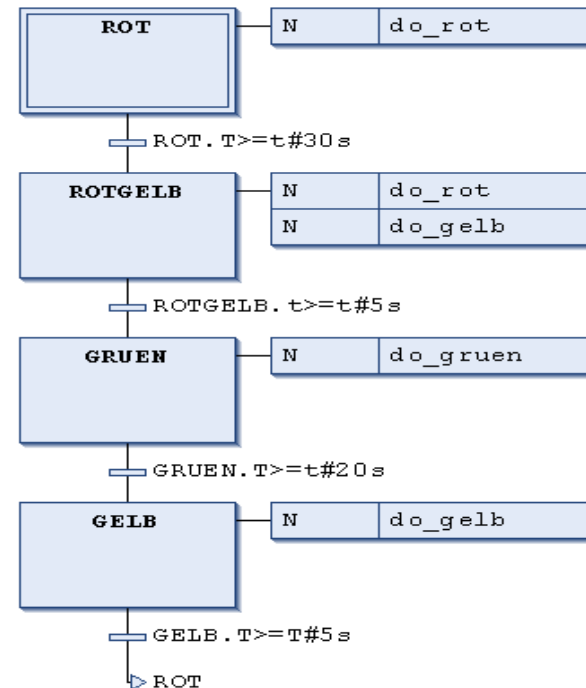
- Verknüpfungssteuerungen
 - Realisieren eine begrenzte, klar definierte Funktion (**gerätespezifisch**)
 - Verarbeiten kontinuierliche Eingangssignale und generieren entsprechende Ausgangssignale
- Ablaufsteuerungen
 - Koordinieren die vorhandenen Funktionen (**prozessspezifisch**)
 - (De-)aktivieren Funktionen zur rechten Zeit mit den richtigen Parametern
 - Ermöglichen die **schrittweise, zeit-** und **ereignisdiskrete** Abarbeitung **sequenzieller** und **paralleler Abläufe**
 - Realisieren damit komplexe Prozessabläufe, z.B. Herstellungsvorschriften für Produkte (**Rezepte**)

Realisierung von Ablaufsteuerungen

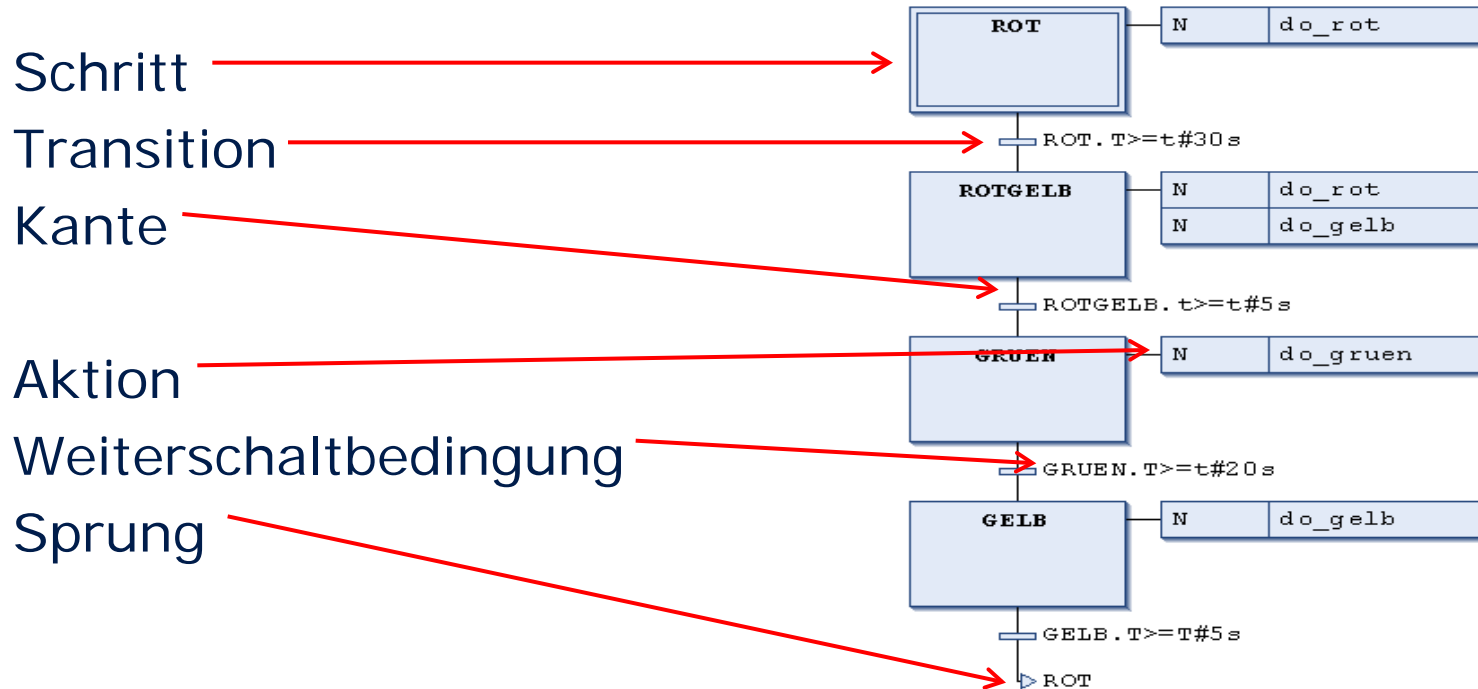
- Formulierung eines Steuerungsproblems als Automat mit
 - **Schritten** (definiert durch Aktionen) und
 - **Transitionen** (definiert durch Bedingungen)
 - Vereinfachtes Petri-Netz
 - Automat mit Nebenläufigkeit (Verzweigungen!)
 - Mehr als ein Zustand kann aktiv sein!
 - Aktionen
 - In jedem Schritt wird eine Menge von Aktionen ausgeführt, bis der Übergang weiter geschaltet hat
- ➔ *Schrittkette, Ablaufkette, sequential function chart (SFC)*

Beispiel: Ampelschaltung

- Ablauf:
 - Beim Einschalten ROT
 - Schritt 1:
30 Sekunden ROT
 - Schritt 2:
5 Sekunden ROTGELB
 - Schritt 3:
20 Sekunden GRÜN
 - Schritt 4:
5 Sekunden GELB
 - Schritt 5:
weiter bei Schritt 1



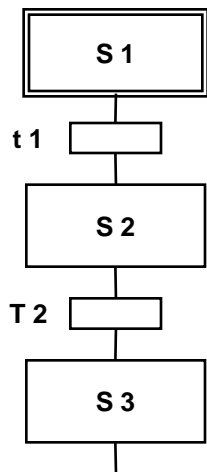
Beispiel: Ampelschaltung



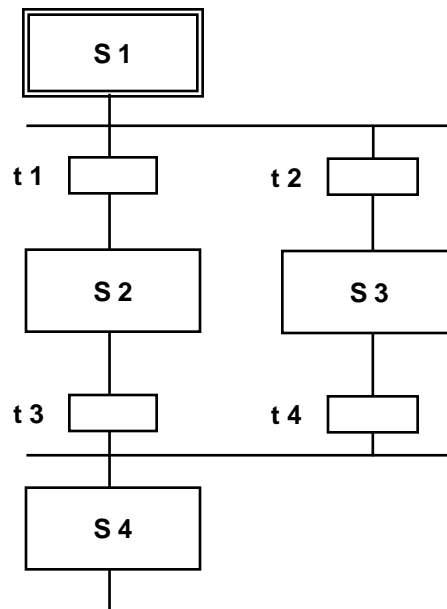
Aufbau von Schrittketten

- Schrittkette = wechselweise Abfolge von Schritten und Transitionen, die über gerichtete Kanten verbunden sind
- Erster Schritt = **Start-Schritt**
 - Einstiegspunkt, initialisiert die Funktionen
- Letzter Schritt = **Ende-Schritt**
 - Einziger Schritt ohne Folgetransition
 - Kann bei zyklischen Prozessen mit Start-Schritt verknüpft sein (**Kettenschleife**), dann mit Folgetransition
- Transitionen schalten, wenn
 - Alle vorgeschalteten Schritte aktiv sind
 - Die Weiterschaltbedingung erfüllt ist

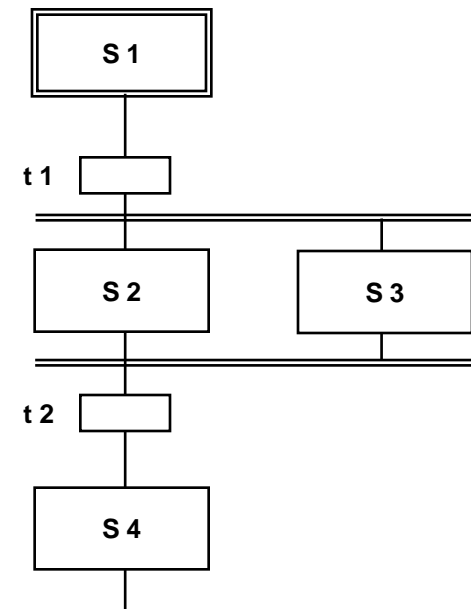
Grundformen von Schrittketten



Einfache Kette



Alternativverzweigung



Parallelverzweigung

Alternativ- & Parallelverzweigung

- Alternativverzweigung
 - Es wird genau ein Ast abgearbeitet
 - Transitionen in die einzelnen Äste nach der Verzweigung
 - üblicherweise komplementär zueinander, Auswertung von links nach rechts
- Parallelverzweigung
 - Es werden alle Äste parallel abgearbeitet
 - Transitionen vor der Verzweigung
 - Bei der Zusammenführung geht es erst weiter, wenn alle Äste abgearbeitet sind

Interaktion von Ablauf- und Verknüpfungssteuerungen

- Schritten werden Aktionen zugeordnet
 - Setzen Steuersignale in der Verknüpfungssteuerungen
 - Parametrieren und (de-)aktivieren Verknüpfungssteuerungen
 - Verschiedene Verarbeitungsarten für die Steuersignale
 - Transitionen verarbeiten Prozesssignale
 - Prüfung der Weiterschaltbedingung durch Auswertung und Kombination von Prozesswerten
- ➔ Prozess- und Steuersignale müssen global deklariert (***Symboltabelle***) oder direkt adressiert werden

Verarbeitungsarten von Aktionen

- N Ausführen/Setzen solange Aktion aktiv (Standard)
- R Rücksetzen (bis nächstes S)
- S Setzen (bis nächstes R)
- L Ausführen/Setzen solange Aktion aktiv, jedoch maximal x Zeiteinheiten
- D Zeitverzögert Ausführen/Setzen
- P Einmalige Ausführung/Impuls bei Betreten des Schritts
- SD verzögert und gespeichert
- DS gespeichert und verzögert
- SL gespeichert und zeitbegrenzt

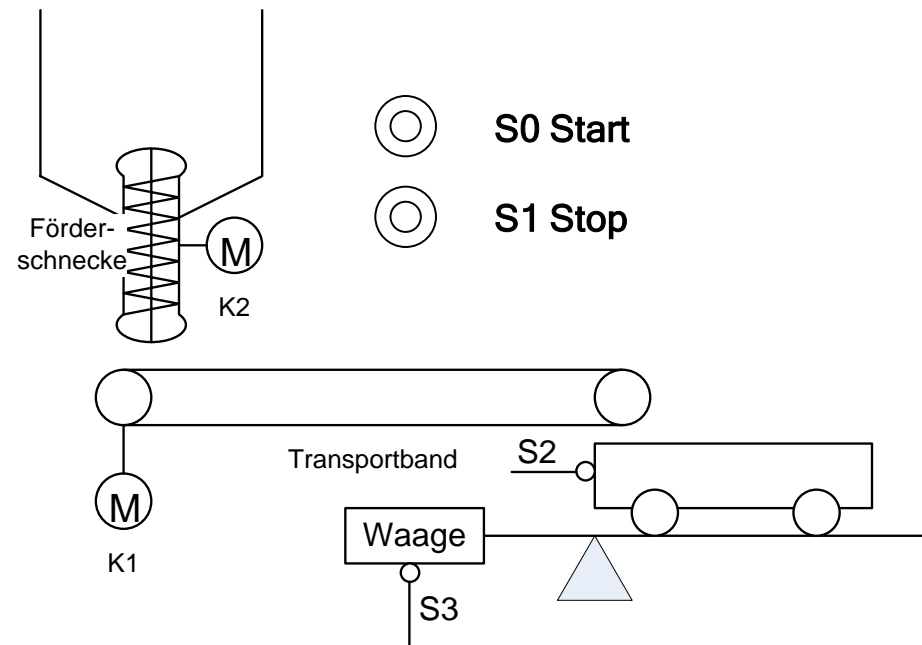
Beispiel: Beschickungsanlage

Wenn Starttaster $S0=1$ und Wagen an Rampe ($S2=1$), dann

1. erst Transportband an ($K1=1$) und
2. nach 3 Sek. Förderschnecke an ($K2=1$)

Wenn Wagen gefüllt ($S3=1$), Stoptaster bedient ($S1=0$), oder Wagen nicht mehr an Rampe ($S2=0$), dann

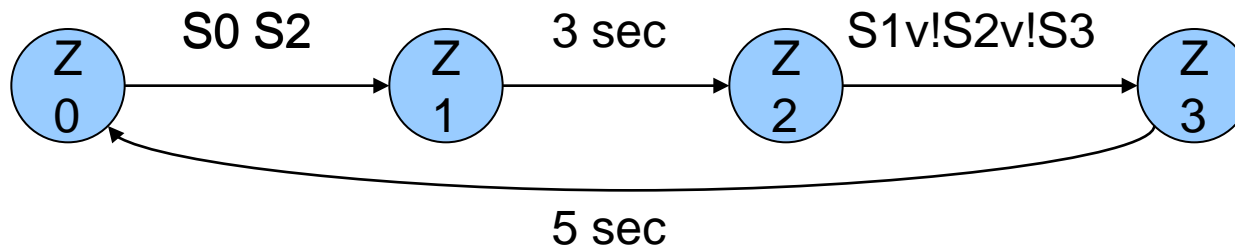
1. Förderschnecke abschalten ($K2=0$)
2. nach 5 Sek. Transportband aus ($K1=0$)



Entwurf Beschickungsanlage

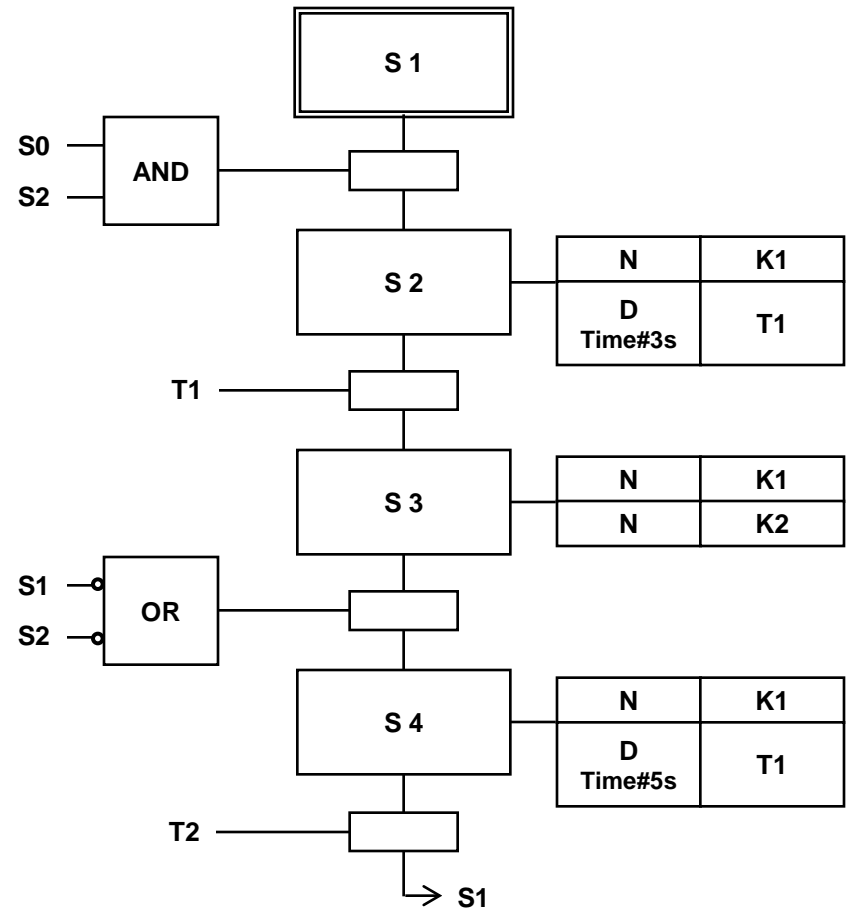
- Vier Zustände

- Z0: (Initialisierung, $K1=0$, $K2=0$)
- Z1: (Befüllen, $K1=1$, $K2=0$)
- Z2: (Befüllen, $K1=1$, $K2=1$)
- Z3: (Anhalten, $K1=1$, $K2=0$)
- (Anhalten, $K1=0$, $K2=0$) = (Initialisieren, $K1=0$, $K2=0$)



Analyse Beispiel

- Schritte
 - S001, S002, S004, S005
- Transitionen
 - Zustandsgesteuert
 - S001 → S002
 - Zeitgesteuert
 - S002 → S004
 - S004 → S005
- Aktionen
 - N: Setze Variable solange in Schritt
 - D: Setze zeitverzögert einen Impuls



Schutzfunktionen in Ablaufsteuerungen

- Prozessspezifische Schutzfunktionen müssen in den Ablaufsteuerungen implementiert werden
 - **Störüberwachung** der angesteuerten Geräte und automatische Anlagensicherung im Störfall
 - **Manuelle Störungsbeseitigung** im Falle anormaler Prozesszustände (Verklemmungen, Gerätestörung)
 - Sicheres und prozesstechnisch zulässiges **Wiederauffahren** nach längerer Unterbrechung
- ➔ Automatisches Anhalten der Schrittkette
- ➔ Ansteuerung der entsprechenden Schutzfunktionen der FB in den Verknüpfungssteuerungen
- ➔ Wechsellmöglichkeit zw. den Betriebsarten

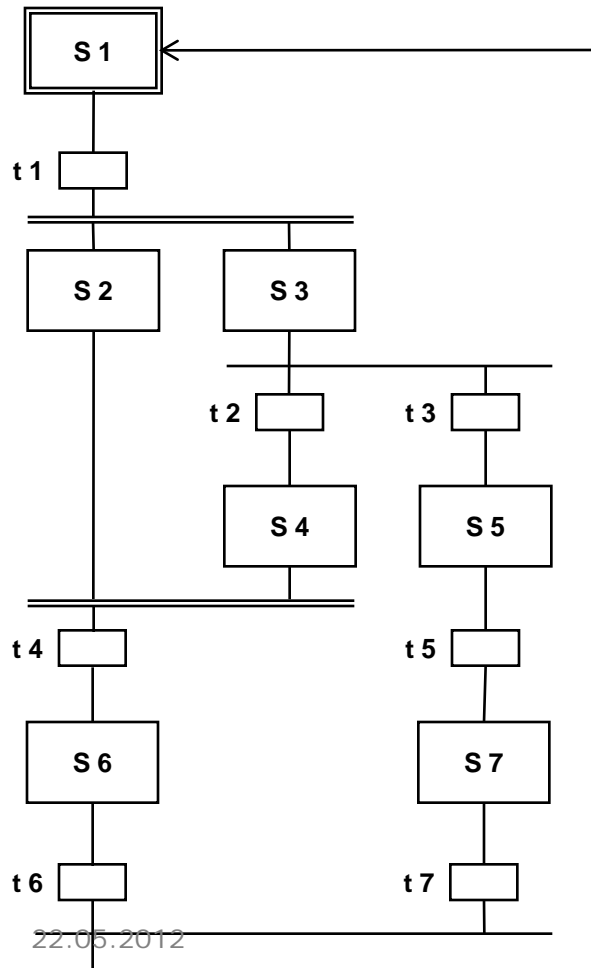
Betriebsarten in Ablaufsteuerungen

- Manuelle Eingriffe sind notwendig
 - Zur **manuellen Störungsbeseitigung**
 - Zum **Test** und zur **Inbetriebnahme** der Anlage
- Betriebsarten:
 - **Automatikbetrieb**: Ausführung entsprechend der Weiterschaltbedingungen
 - **Handbetrieb**: Ausführung entsprechend der Vorgaben des Bedieners
 - **Mischbetrieb**: Ausführung entsprechend der Weiterschaltbedingungen und/oder der Vorgaben des Bedieners
- Verschiedene Schaltmodi im Handbetrieb:
 - Z.B: Starten, Stoppen, Anhalten, Beenden, Abbrechen, Fortsetzen, Neustarten, Rücksetzen, Fehler (Siemens PCS 7)

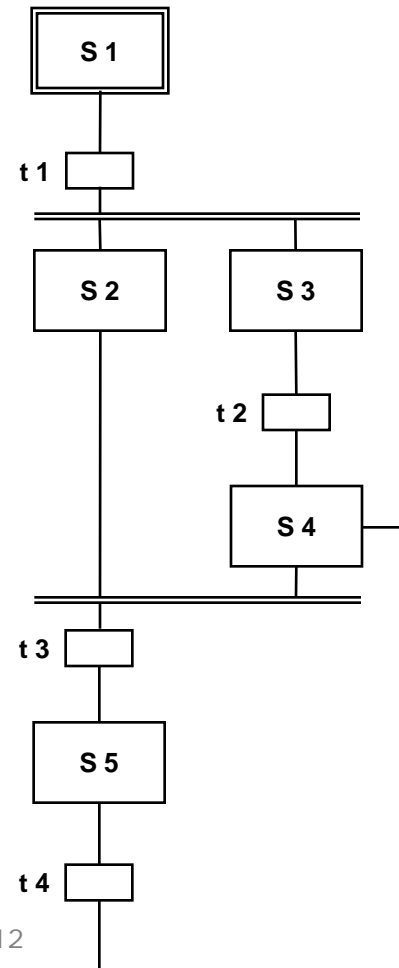
Unsichere Strukturen in Schrittketten

- Fehlerhafte Schrittketten durch Schleifen und Sprünge
 - **Unsichere Kette:** enthält Strukturen, deren Erreichbarkeit durch das definierte Ablaufverhalten nicht sichergestellt ist
 - **Partielle Verklemmung:** Kette enthält eine innere Schleife, die nicht mehr verlassen wird
 - **Totale Verklemmung:** Kette enthält eine Struktur, für die keine zulässige Weichschaltbedingung existiert
- ➔ *Solche Strukturen müssen mit formalen Entwurfsmethoden ausgeschlossen werden*

Unsichere Strukturen in Schrittketten



**Unsichere
Struktur**



**Unerlaubte
Struktur**

Entwurf von Ablaufsteuerungen

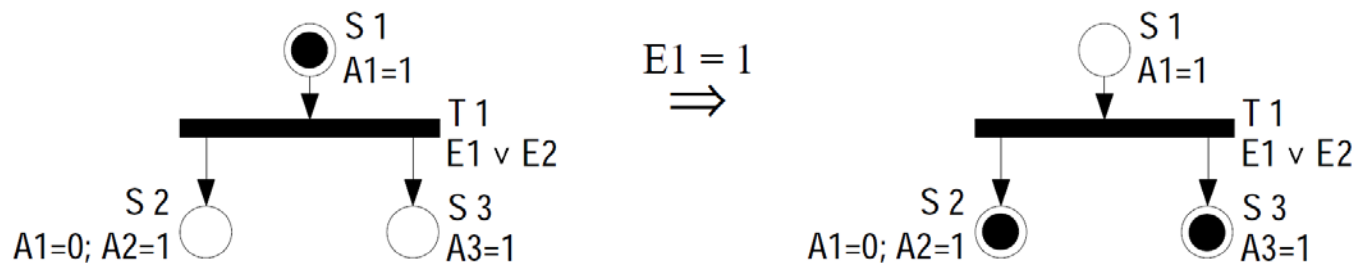
- Vielzahl von formalen Entwurfsmethoden, z.B.
 - **Zustandsgraphen**: Modellierung als zusammenhängender, gerichteter Graph mit Stellen und gerichteten Kanten
 - Genau ein aktiver Zustand im Graphen
 - Zustände sind mit Aktionen verknüpft, Übergänge mit Bedingungen
 - Können hierarchisch gegliedert und miteinander verknüpft werden
 - **Petri-Netze**: Modellierung als zusammenhängender, gerichteter Graph mit Stellen, Transitionen und gerichteten Kanten
 - Stellen und Transitionen wechseln einander ab
 - Alternativ- und Parallelverzweigungen sind möglich
 - Dynamik des Systems wird durch Bewegung von Marken innerhalb des Netzes modelliert (**Nebenläufigkeit**)

Petri-Netze zum Steuerungsentwurf

- Semantik von Petri-Netzen ist grundsätzlich nicht festgelegt
 - Festlegung der Semantik je nach Anwendungsfall

→ *Interpretiertes Petri-Netz (IPN):*

- Petri-Netz mit definierter Semantik
- Festgelegte Informationsein- und –auskopplung
- Stellen: Aktionen => Ausgabesignale
- Transitionen: Bedingungen => Eingangssignale



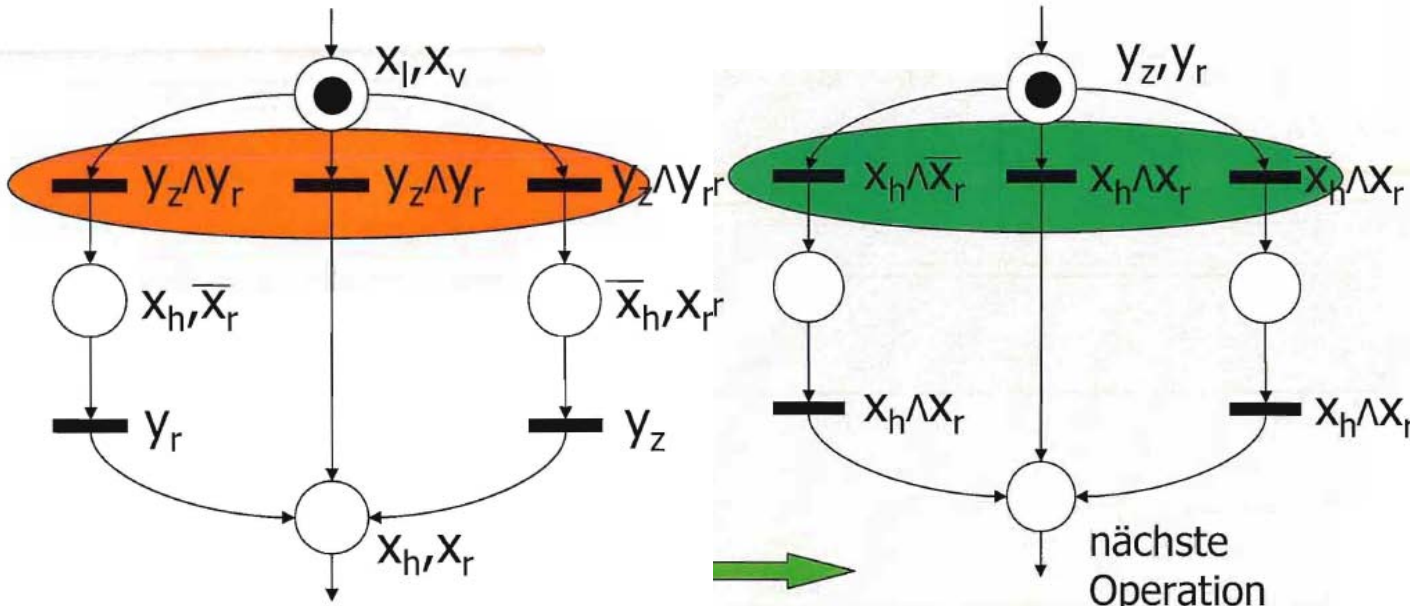
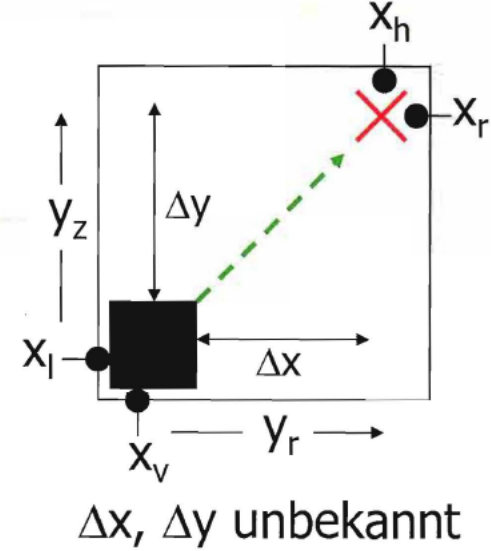
Übliche Interpretierte Petri-Netze

- ***Steuerungstechnisch Interpretiertes Petri-Netz (SIPN)***
 - IPN-Eingangssignale = Sensorsignale
 - IPN-Ausgangssignale = Aktorsignal
 - ➔ Zum Entwurf des Steuerungsalgorithmus
- ***Prozessbezogen Interpretiertes Petri-Netz (PIPn)***
 - Umgekehrte Zuordnung der Signale
 - ➔ Zur Modellierung der nominalen Prozesse der Strecke

Steuerungsentwurf mit Interpretierten Petri-Netzen

1. Modellierung des nominalen zu steuernden Prozesses als PIPN
 - Vorgesehener Prozessablauf einschl. Störungen im Prozess
 - Modellierung in Sensorik und Aktorik
2. Formelle Spezifikation der Aufgabenstellung als SIPN
 - Z.B. Mittels Rückwertsverschiebung (Zander, 2005)
3. Analyse und Simulation des Gesamtsystems
 - Verklemmungsfreiheit
 - Konfliktfreiheit (außer bewusst modellierte)
 - Widerspruchsfreiheit der Ausgangsbelegung
 - Keine instabilen Zwischenmarkierungen
4. Implementierung des SIPN auf das Zielsystem

Beispiel: Kreuztisch

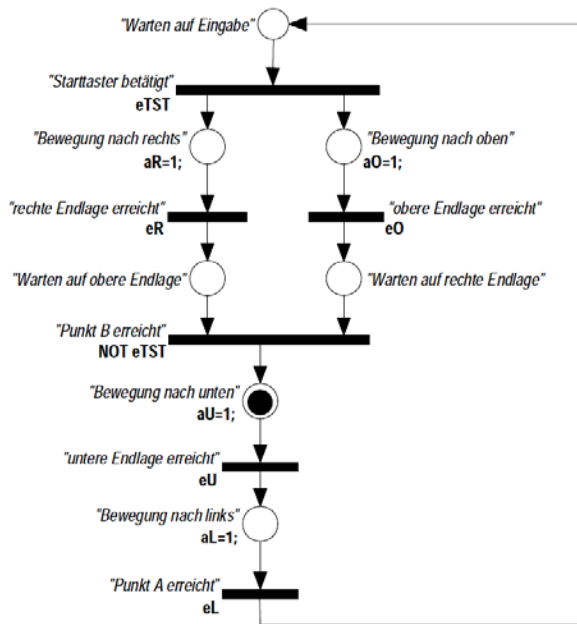


PIPN

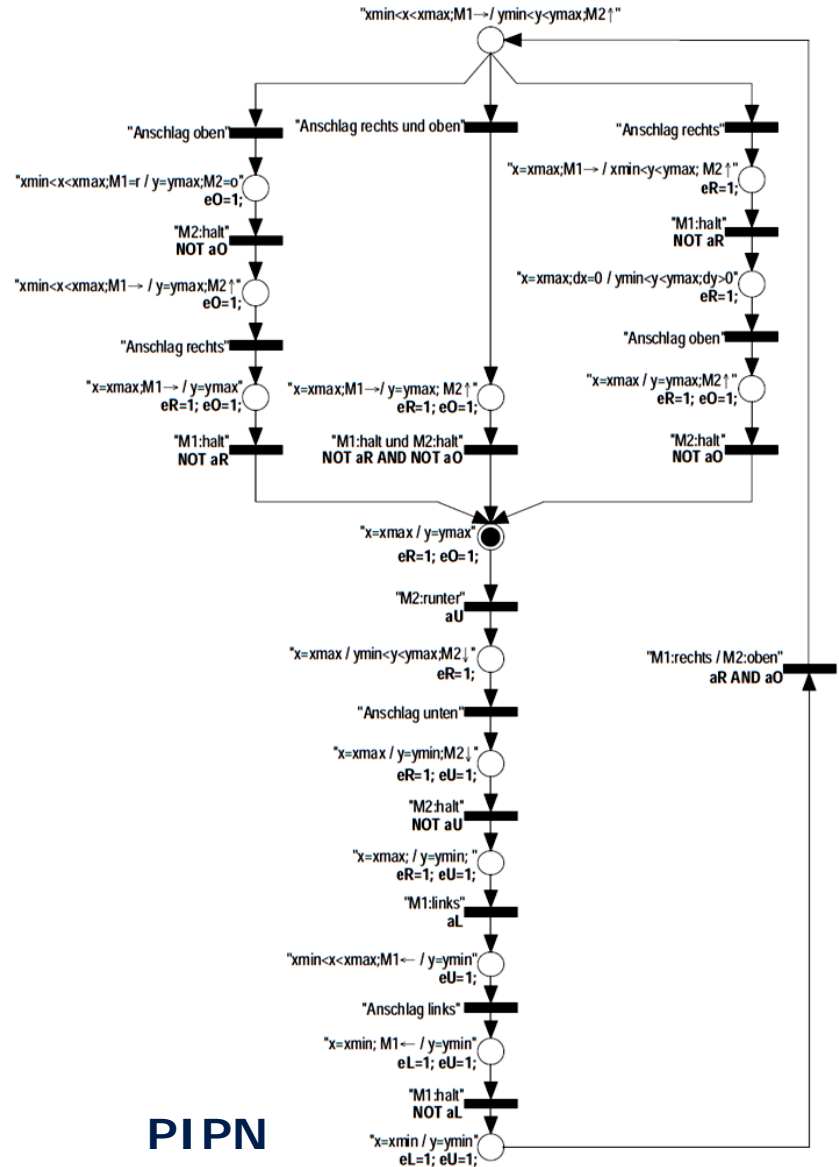
Rückwärts-
verschiebung

SIPN

Beispiel: Kreuztisch



SIPN



PIPN

Bildquelle: Abel, Lemmer (Hrsg.) Theorie ereignisdiskreter Systeme, 1998

Zusammenfassung

- Ablaufsteuerungen realisieren prozessspezifische Funktionen
 - Sequenziell/parallel, zeit-/ereignisgetrieben
 - Verknüpft mit Verbindungssteuerungen über Aktionen und Bedingungen
 - Steuern in versch. Verarbeitungsarten die Funktionen der Basisautomatisierung zur Realisierung von Rezepten
 - Realisieren Schutzfunktionen und versch. Betriebsarten
- Zustandsgraphen und Petri-Netze sind häufige Entwurfs-verfahren für Ablaufsteuerungen
 - Interpretierte Petri-Netze (SIPN und PIPN) ermöglichen systematisches Steuerungsentwurfs- und Verifikationskonzept

Literatur

- [1] Jörns, C.: Ein integriertes Steuerungsentwurfs- und Verifikationskonzept mit Hilfe interpretierter Petri-Netze. Dissertation, Universität Kaiserslautern (1996).
- [2] Litz, L.: Entwurf industrieller Prozesssteuerungen auf der Basis geeigneter Petri-Netz-Interpretationen. In: Schnieder, E. (Hrsg.): Entwurf komplexer Automatisierungssysteme. Braunschweig, 1995.
- [3] Uhlig, R.: SPS – Modellbasierter Steuerungsentwurf für die Praxis. Oldenbourg Verlag, 2005.
- [4] Wellenreuther, G. und Zastrow, G.: Automatisieren mit SPS: Theorie und Praxis. Vieweg und Teubner, 2002.
- [5] Zander, H., (2005). Entwurf von Ablaufsteuerungen für ereignisdiskrete Prozesse auf der Basis geeigneter Steuerstreckenmodelle. at - Automatisierungstechnik: Vol. 53, Issue 3, S. 140-150.