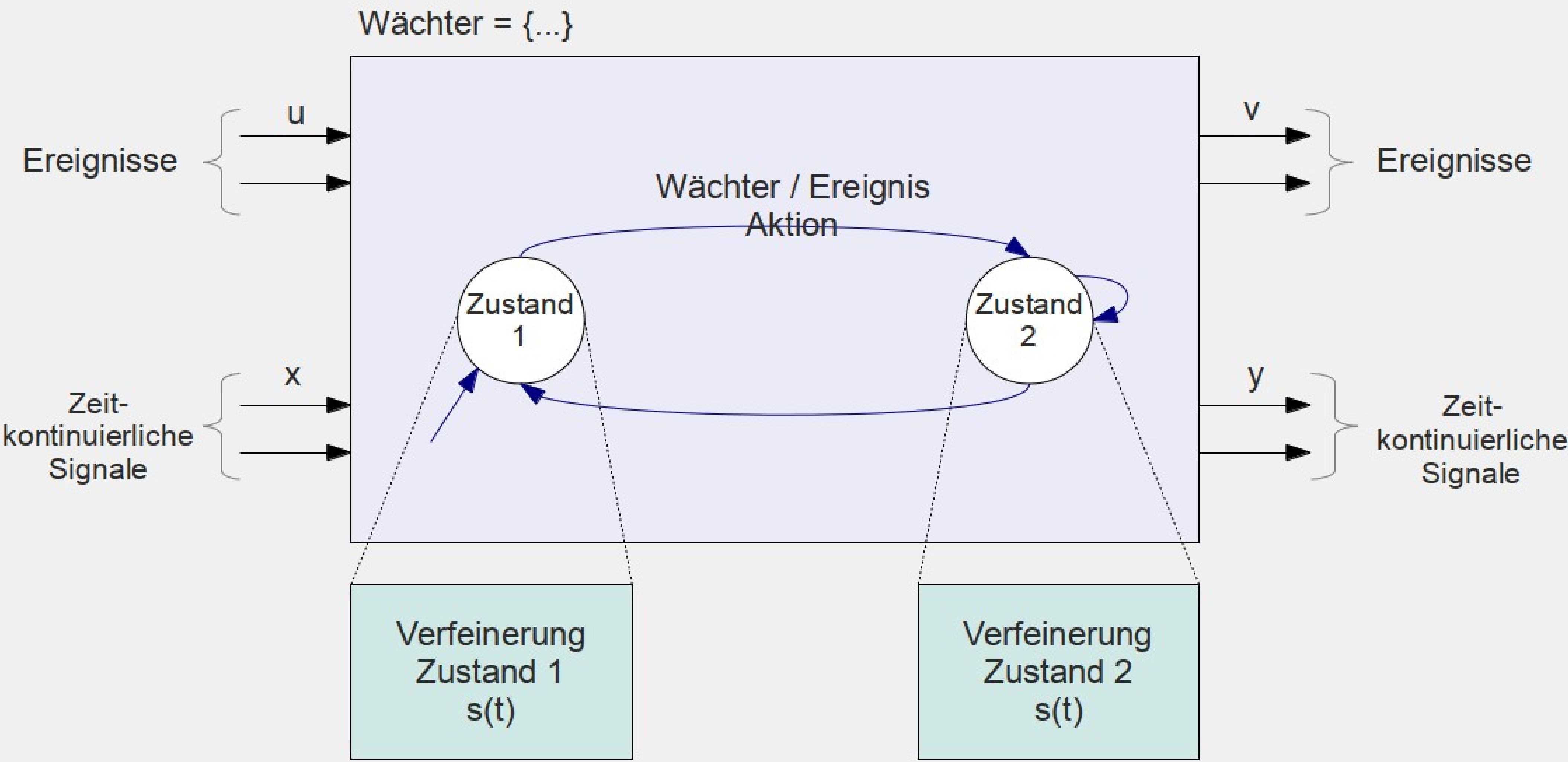
Hybride Systeme

Wofür Hybride Systeme?

Verbindung von *zeitkontinuierlichen* und *ereignisdiskreten* Systemen

Inhalt

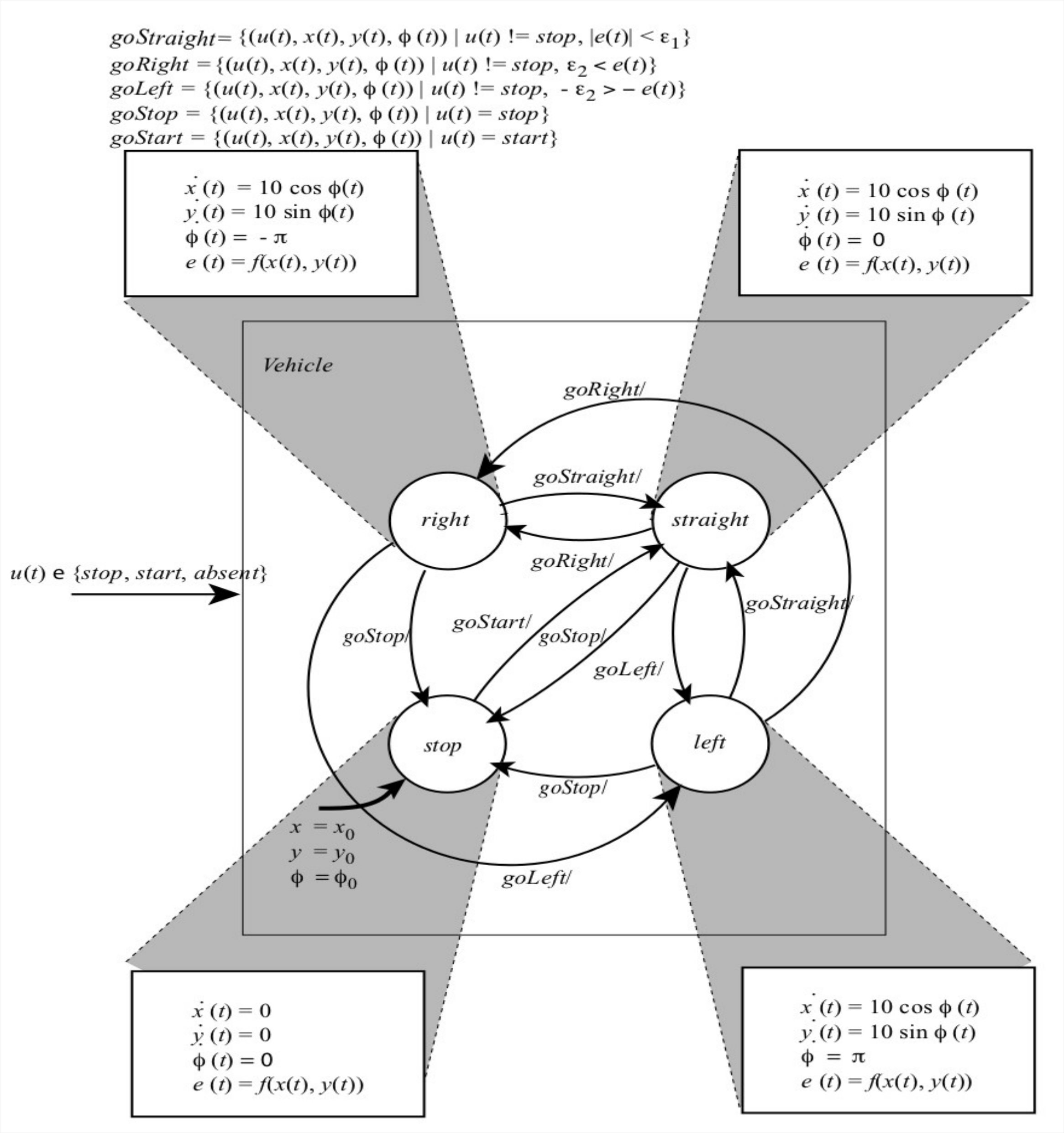
1. Schema


Wächter = {...}
u
Ereignisse
v
Ereignisse
Wächter / Ereignis
Aktion
Zustand
1
Zustand
2
x
Zeit-
kontinuierliche
Signale
y
Zeit-
kontinuierliche
Signale
Verfeinerung
Zustand 1
s(t)
Verfeinerung
Zustand 2
s(t)

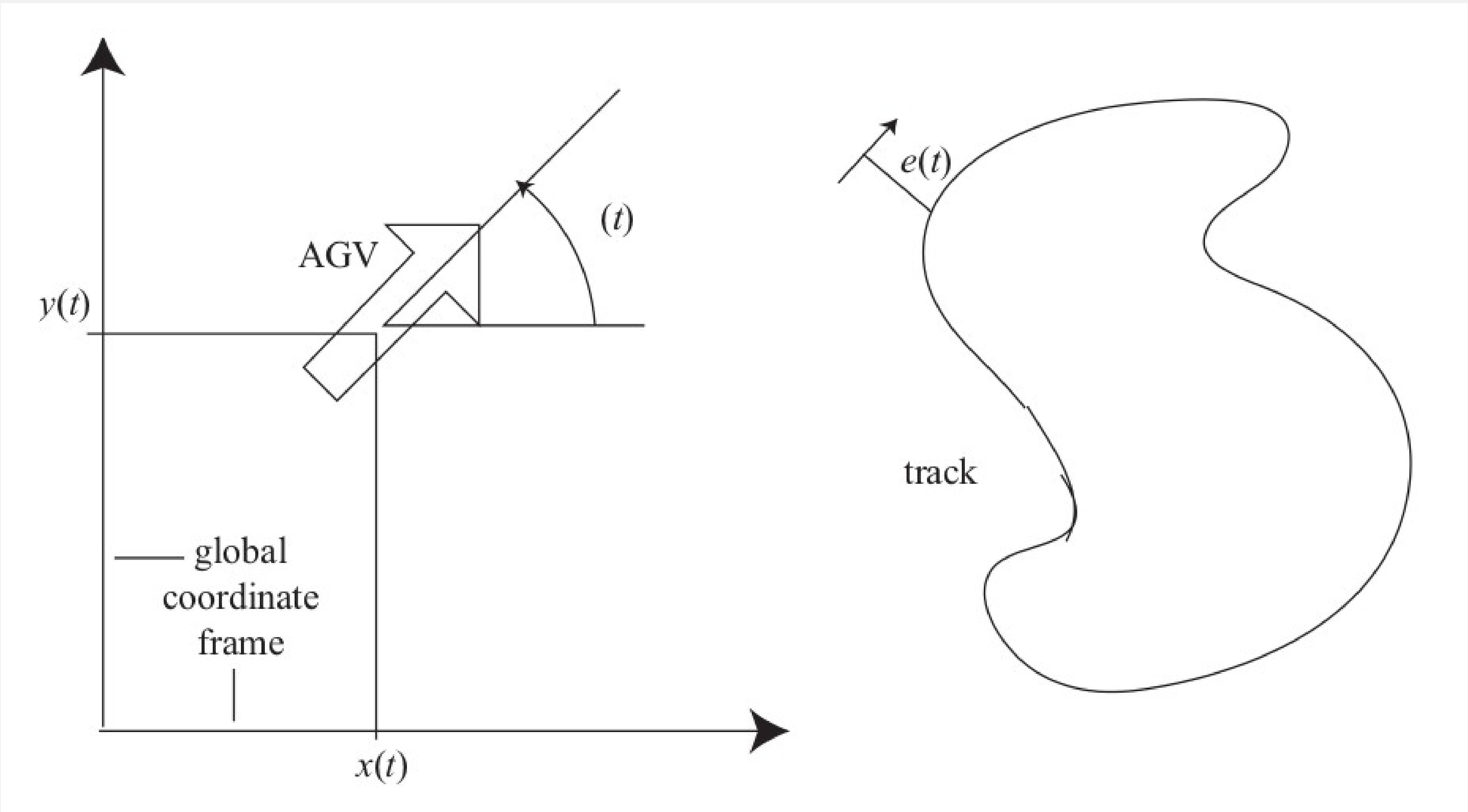
1. Schema

- ereignisdiskrete Ein-/Ausgänge
- zeitbasierte Ein-/Ausgänge
- Zustände mit Verfeinerung (definiert Modi)
- Wächter
  - Zustandswechsel
  - Ausgangsereignisse
  - Aktionen

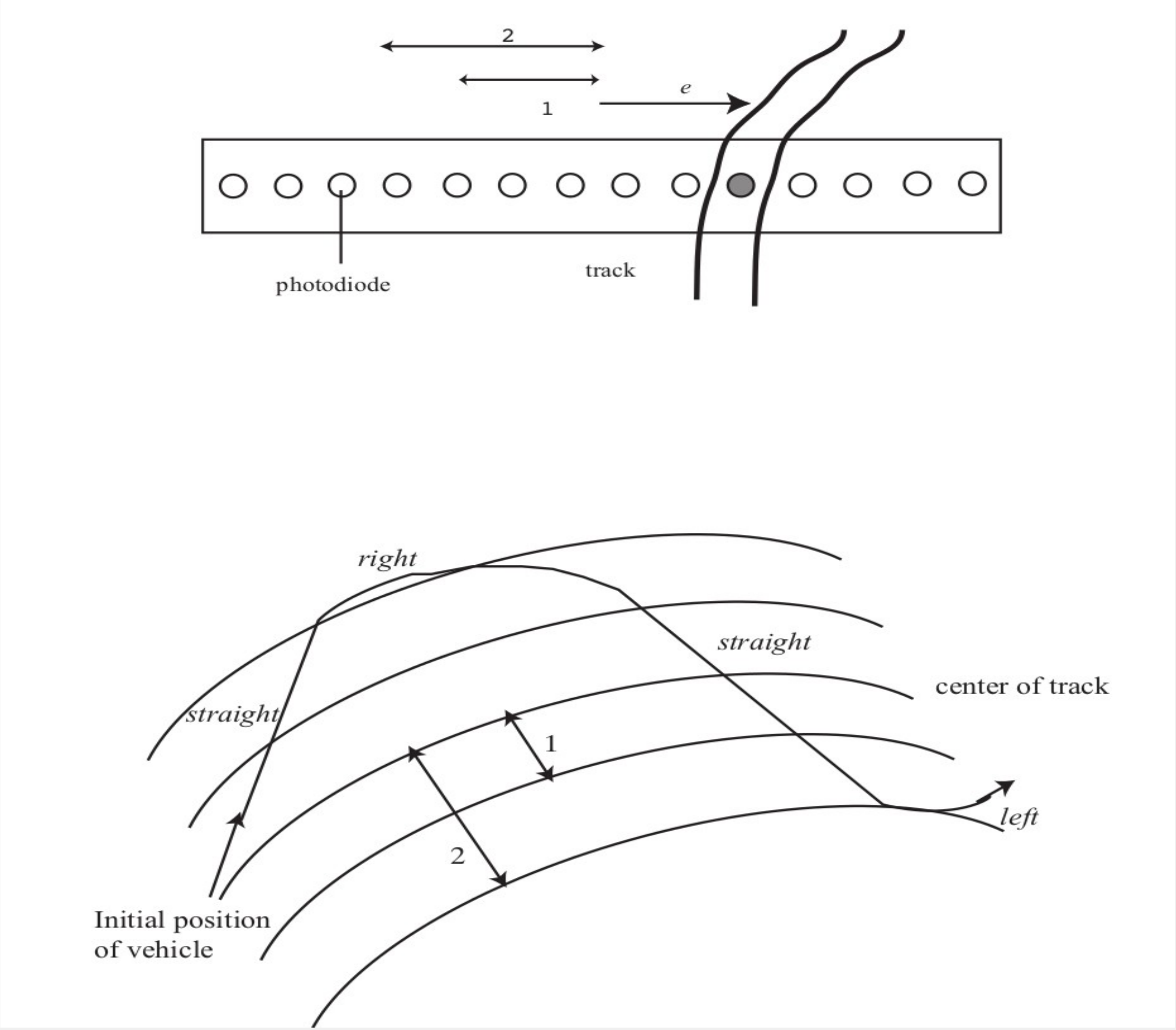
2. Beispiel Roboter



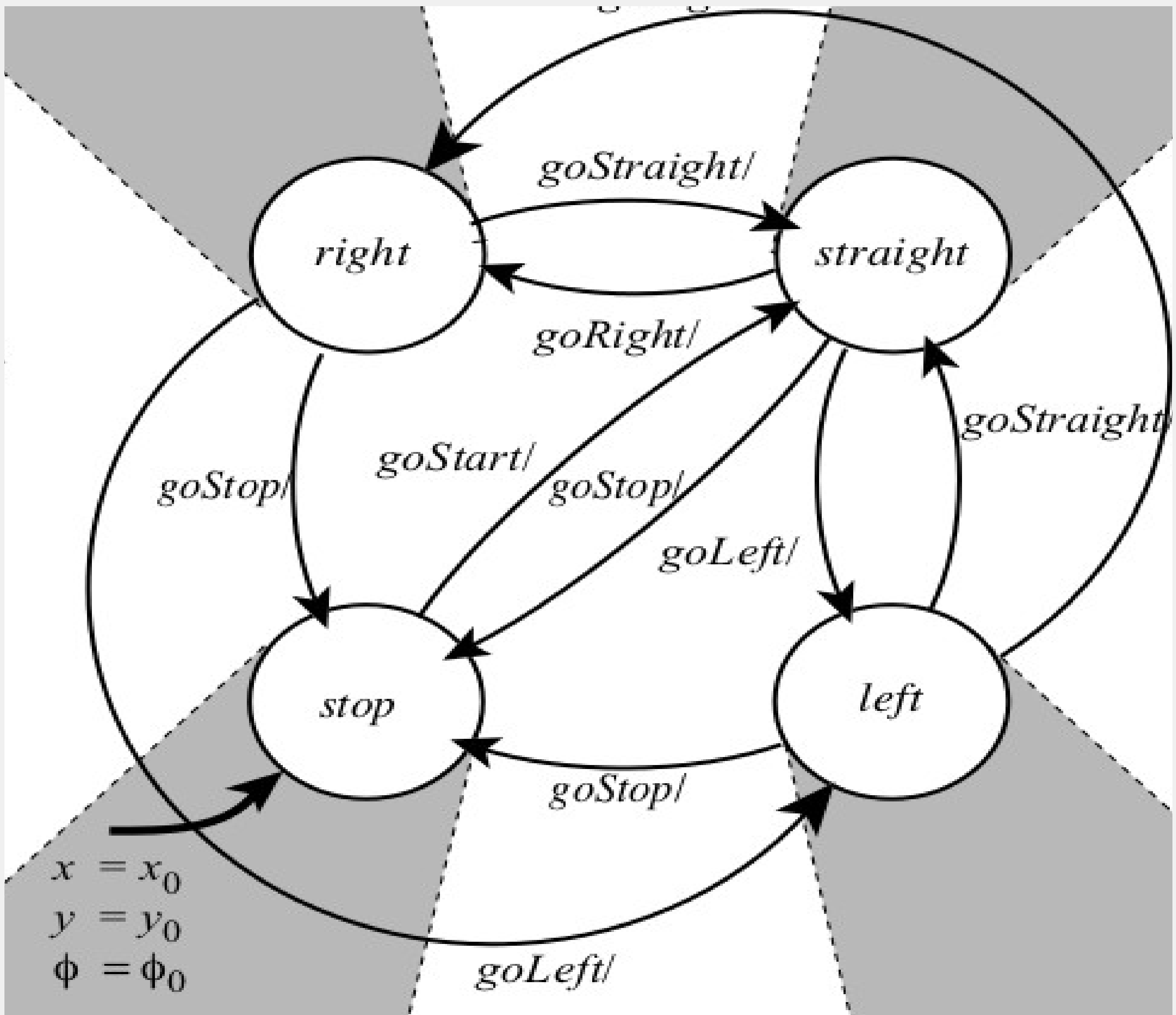
2.1. Funktionsweise



2.1. Funktionsweise



2.2. Zustände



goStraight/
right
straight
goRight/
goStraight/
goStart/
goStop/
goStop/
goLeft/
stop
left
goStop/
$x = x_0$
$y = y_0$
$\phi = \phi_0$
goLeft/

2.3. Verfeinerungen

$$\dot{x}(t) = 10 \cos \phi(t)$$
$$\dot{y}(t) = 10 \sin \phi(t)$$
$$\dot{\phi}(t) = -\pi$$
$$e(t) = f(x(t), y(t))$$

right

$$\dot{x}(t) = 10 \cos \phi(t)$$
$$\dot{y}(t) = 10 \sin \phi(t)$$
$$\dot{\phi}(t) = 0$$
$$e(t) = f(x(t), y(t))$$

straight

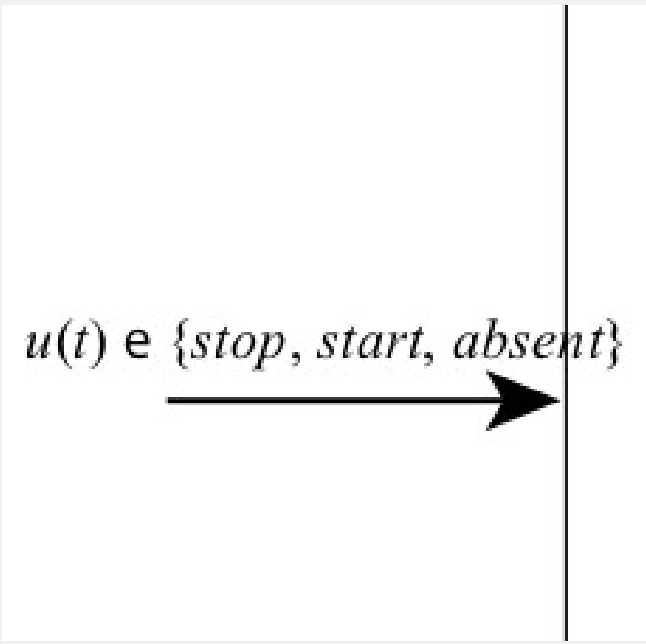
stop

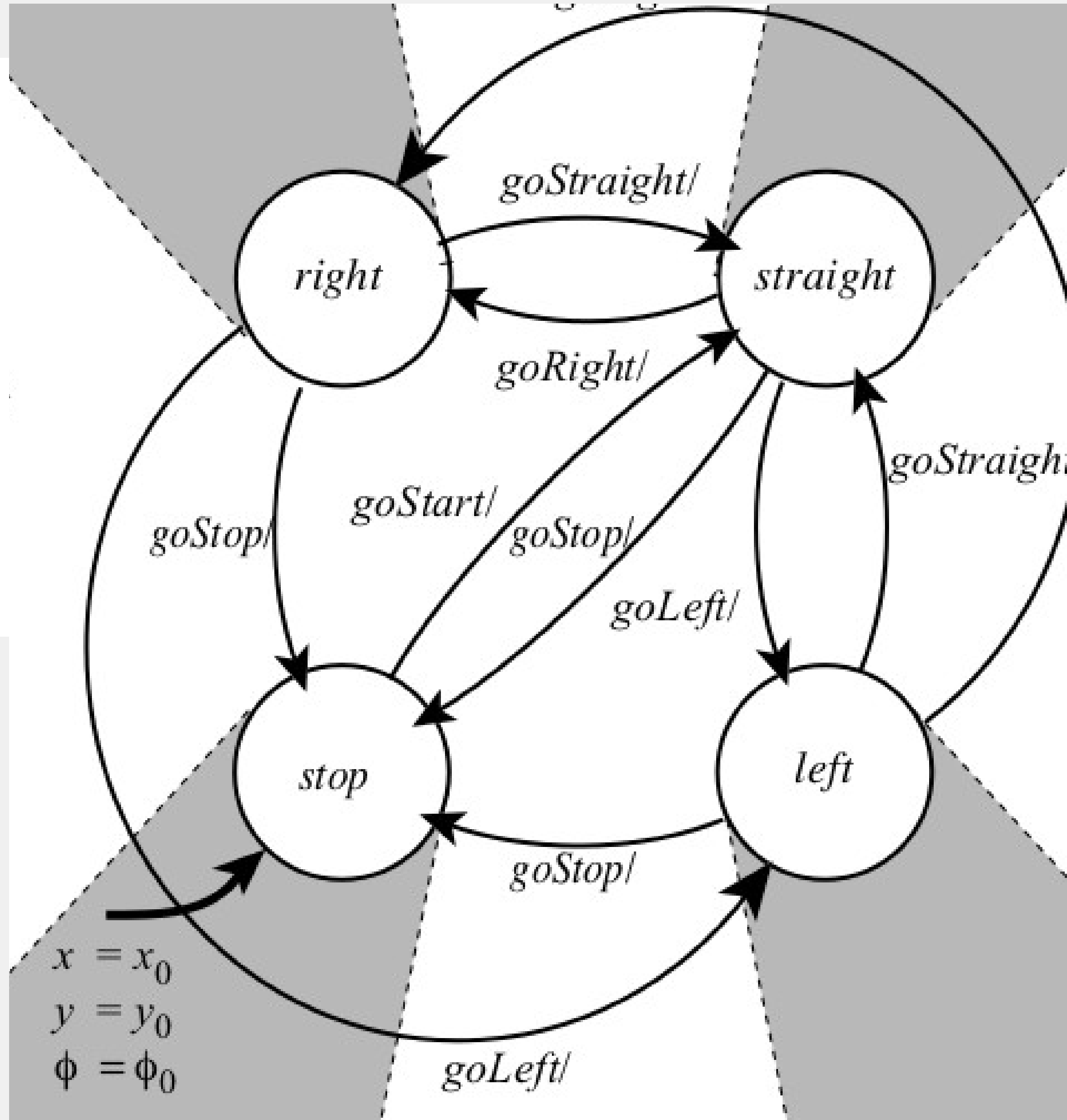
$$\dot{x}(t) = 0$$
$$\dot{y}(t) = 0$$
$$\dot{\phi}(t) = 0$$
$$e(t) = f(x(t), y(t))$$

left

$$\dot{x}(t) = 10 \cos \phi(t)$$
$$\dot{y}(t) = 10 \sin \phi(t)$$
$$\dot{\phi} = \pi$$
$$e(t) = f(x(t), y(t))$$

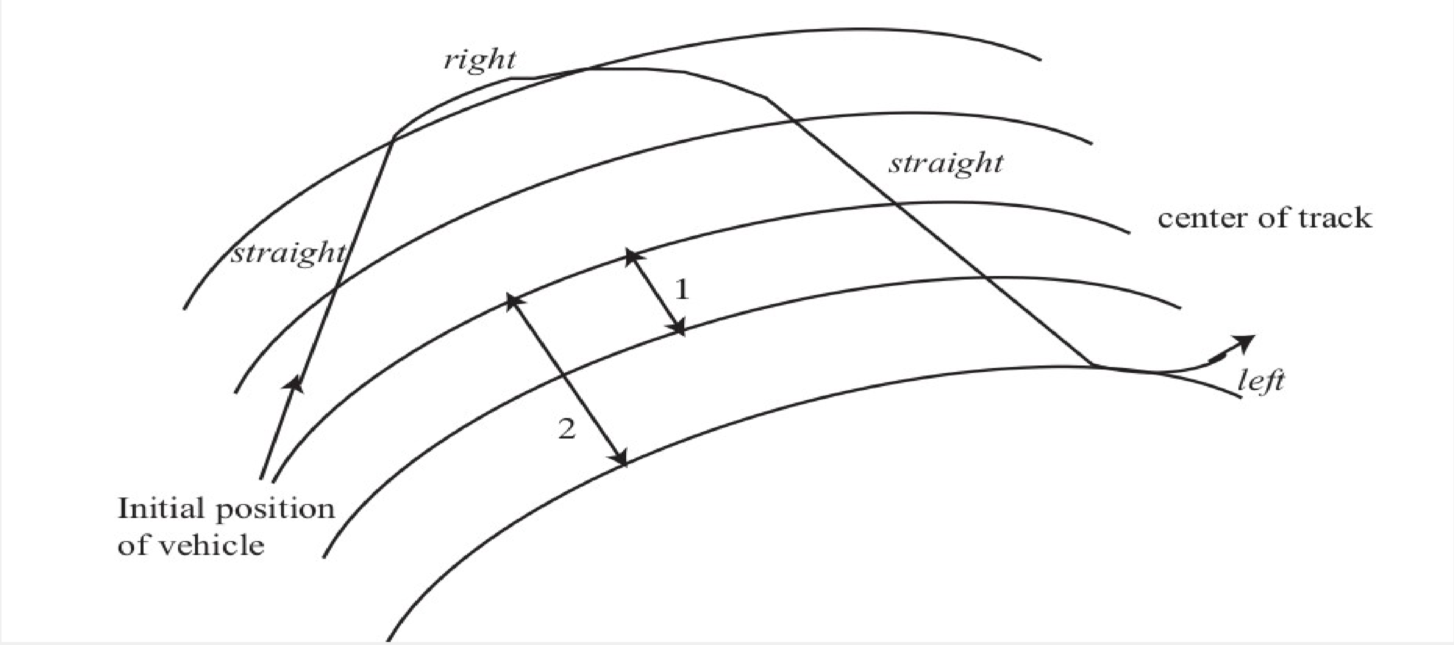
2.4. Wächter


$u(t)$ e $\{stop, start, absent\}$


right
straight
stop
left
goStraight/
goRight/
goStop/
goStart/
goStop/
goLeft/
goStraight/
goStop/
goLeft/
$x = x_0$
$y = y_0$
$\phi = \phi_0$

2.4. Wächter

$$goStraight = \{(u(t), x(t), y(t), \phi\,(t)) \mid u(t) \mathrel{!=} stop,\ |e(t)| < \varepsilon_1\}$$
$$goRight = \{(u(t), x(t), y(t), \phi\,(t)) \mid u(t) \mathrel{!=} stop,\ \varepsilon_2 < e(t)\}$$
$$goLeft = \{(u(t), x(t), y(t), \phi\,(t)) \mid u(t) \mathrel{!=} stop,\ -\varepsilon_2 > -e(t)\}$$
$$goStop = \{(u(t), x(t), y(t), \phi\,(t)) \mid u(t) = stop\}$$
$$goStart = \{(u(t), x(t), y(t), \phi\,(t)) \mid u(t) = start\}$$



3. Formelle Beschreibung

Hybrides System =

(Zustände, Eingänge, Ausgänge, Übergangsstruktur, Anfangszustand)

Zustände, Eingänge, Ausgänge $\rightarrow$ Mengen

Anfangszustand $\in$ Zustände

3. Formelle Beschreibung

Zustände = Modi x Verfeinerungen

aktuelle Zustand = (m(t), s(t))

3. Formelle Beschreibung

Eingänge = Eingangs-Ereignisse

x

zeitbasierte Eingänge

Eingang: (u,x)

$$u : \mathbb{R}^{+} \rightarrow Eingangs - Ereignisse$$
$$x : \mathbb{R}^{+} \rightarrow zeitbasierte\ Eingänge$$

3. Formelle Beschreibung

Ausgänge = Ausgangs-Ereignisse

x

zeitbasierte Ausgänge

Ausgang: (v,y)

$$v : \mathbb{R}^+ \rightarrow Ausgangs-Ereignisse$$
$$y : \mathbb{R}^+ \rightarrow zeitbasierte\ Ausgänge$$

3. Formelle Beschreibung

Übergangsstruktur definiert durch Wächter

$$G_{m,d} = U_{m,d} \times X_{m,d} \times S_{m,d}$$

$$G_{m,d} \subset AusgangsEreignisse \times zeitbasierte\ Eingänge \times VerfeinerungsZustände$$

$$v_{m,d} \rightarrow Ausgangs\ Ereignis$$

$$A_{m,d} : VerfeinerungsZustand \rightarrow VerfeinerungsZustand$$

3. Formelle Beschreibung

$$\mathit{Wenn\ kein\ Wächter\ eingreift:}$$
$$x(t) \rightarrow s(t),\ y(t)$$

$$\forall\, t \in T_m :$$
$$\dot{s}(t) = f_m(s(t), x(t))$$
$$y(t) = g_m(s(t), x(t))$$

4. Verhalten

- Startet bei (m(0),s(0))
- Bewegt sich durch $(0,t_1]$, $(t_1,t_2]$, ...
- Bei t1, t2, …
  - ➔ Sprünge zwischen Modi
  - ➔ Ausgangs-Ereignisse
- $G_{m(0),m(t_1)}$ wird wirksam bei t_1
  - ➔ $s(t_1+) = A_{m(0),m(1)}(s(t_1))$