

# Fahrzeuggeschwindigkeit und Position

## 1. Berechnung der Fahrgeschwindigkeit und Drehgeschwindigkeit des Fahrzeugs mit einem Sensor

Auf dem (von oben betrachteten) Fahrzeug wird ein Koordinatensystem um den Ursprung A aufgespannt. A liegt dabei in der Mitte der Radachse, um diesen Punkt kann sich das Fahrzeug drehen, wenn sich beide Räder gleich schnell gegenläufig drehen. In diesem Punkt wird auch der Stift für Zeichnungen befestigt.

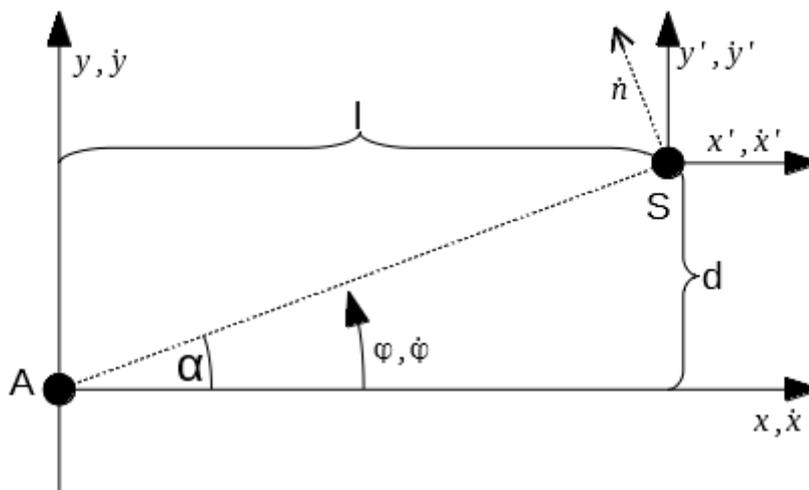


Abbildung 1: Zusammenhang der Koordinatensysteme Fahrzeug und Sensor

Der Sensor befindet sich an der Position S im Abstand  $\overline{AS}$  vom Punkt A entfernt und darf nicht auf der Radachse (Achse y) liegen, sonst kann keine Information zur Drehung des Fahrzeugs erhalten werden. Der Winkel  $\alpha$  liegt dabei zwischen  $\overline{AS}$  und der Fahrzeurichtung:

$$\tan(\alpha) = \frac{d}{l} \quad (1.1)$$

Der Sensor hat sein eigenes Koordinatensystem mit den Achsen  $x'$  und  $y'$ . Um die Drehung des Fahrzeugs  $\dot{\varphi}$  zu bestimmen wird die „Hilfsgeschwindigkeit“  $\dot{n}$  eingeführt, welche die Geschwindigkeit des Sensors bei einer Drehung um A beschreibt:

$$\dot{\varphi} = \frac{\dot{n}}{\overline{AS}} \quad (1.2)$$

Die Drehgeschwindigkeit  $\dot{n}$  kann mit den Koordinaten  $\dot{x}'$  und  $\dot{y}'$  berechnet werden:

$$\dot{n} \cdot \cos(\alpha) = \dot{y}' \quad (1.3)$$

$$\dot{n} \cdot \sin(\alpha) = -\dot{x}' \quad (1.4)$$

Daraus folgt mit (1.2) und (1.3) für die Winkelgeschwindigkeit:

$$\dot{\varphi} = \frac{\dot{y}'}{\cos(\alpha) \cdot \overline{AS}} \quad (1.5)$$

Die Teilgeschwindigkeit  $\dot{x}'$  des Sensors setzt sich zusammen aus der Geschwindigkeit  $\dot{x}$  des Fahrzeugs und der Drehung  $\dot{\varphi}$ :

$$\dot{x}' = \dot{x} - \dot{\varphi} \cdot \sin(\alpha) \cdot \overline{AS} \quad (1.6)$$

Umgestellt nach  $\dot{x}$  gibt sich so die tatsächliche Geschwindigkeit des Fahrzeugs:

$$\dot{x} = \dot{x}' + \dot{\varphi} \cdot \sin(\alpha) \cdot \overline{AS} \quad (1.7)$$

Setzt man (1.5) in (1.7) ein, vereinfacht sich die Berechnung der Geschwindigkeit:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \dot{x}' + \dot{y}' \cdot \frac{\sin(\alpha) \cdot \overline{AS}}{\cos(\alpha) \cdot \overline{AS}} \\ &= \dot{x}' + \dot{y}' \cdot \tan(\alpha) \\ &= \dot{x}' + \dot{y}' \cdot \frac{d}{l} \end{aligned} \quad (1.8)$$

## 2. Berechnung der Strecke und des zurückgelegten Winkels des Fahrzeugs mit einem Sensor

Die Positionsbestimmung des Fahrzeugs erfolgt relativ zu seiner alten Position durch Integration der Fahrgeschwindigkeit:

$$x = \int \dot{x} dt + x_0 \quad (2.1)$$

Um die Integration auf dem ESP32-Controller durchzuführen, werden der Einfachheit halber die gemessenen Geschwindigkeiten aufsummiert (gewichtet mit der vergangenen Zeit  $\Delta t$  seit der letzten Messung):

$$x_{n+1} = x_n + \dot{x} \cdot \Delta t \quad (2.2)$$

Genau gleich wird mit dem gedrehten Winkel verfahren:

$$\varphi = \int \dot{\varphi} dt + \varphi_0 \quad (2.3)$$

Und numerisch:

$$\varphi_{n+1} = \varphi_n + \dot{\varphi} \cdot \Delta t \quad (2.4)$$

•