

Beschreibung Abzweigungen

Einleitung

Bei den in der Anlage verbauten Abzweigungen handelt es sich aus dem Bereich „Stadtstraßen“ um

- Abzweigung
- Abknickende Vorfahrtstraße links
- Abknickende Vorfahrtstraße rechts
- Abzweigung (45° links)
- Abzweigung (45° rechts)
- Kreuzung

Während für alle Abzweigungen eine gemeinsame EV existiert, waren für die Kreuzung zum Teil eigene Ereignisse notwendig.

Wie der Thread „Problematische Abzweigung“ (von Andy erstellt am 22.10.2021) zeigt, ist zwar jedem klar, wie die Vorfahrtsregeln an Abzweigungen definiert sind. Die Umsetzung in MBS hat jedoch Fallen und Tücken zu Tage gebracht.

Zugrunde liegende Ideen

Verschiedene Ansätze aus dem o.a. Thread haben sich als problematisch oder nicht sinnvoll herausgestellt. Deshalb wird hier auf bisher schon fast erfolgreiche Lösungen zurückgegriffen.

Fahrzeuge, die sich einer Abzweigung nähern, erhalten ein Ziel zur Ausfahrt aus der Abzweigung (Abzweigung: max. 2 mögliche Ziele, Kreuzung: 3 mögliche Ziele). Dies geschieht derzeit nach einem gewichteten Zufallsprinzip. Bei der globaleren Nutzung von Zielen müsste dies angepasst werden (z.B. Sichern des Ziels, setzen des Kurzziels innerhalb der Abzweigung und Zurücksichern des Ziels bei Verlassen der Abzweigung). Sofern die Spur des Fahrzeugs andere Spuren sperrt, werden in den Abzweigungen in einer Liste mit Tabellen für jede dieser Spuren die ein- und ausfahrenden Fahrzeuge in zwei Einträgen gezählt: IN = einfahrende Fahrzeuge, OUT = ausfahrende Fahrzeuge. Sind beide Werte für einen Listeneintrag gleich, so ist die Spur frei.

Da Fahrzeuge auf den Vorfahrtspuren rechtzeitig „ihre“ Spur reservieren, wird auf eine Notfallregelung (Fahrzeug quert noch diese Spur) verzichtet. Deshalb benötigen die Spuren der Seitenstraße keine Zähler.

Status der Demoanlage

Die Anlage hat mehrere Testphasen über mehr als 30 Minuten im Schnelllaufmodus (4-fache Geschwindigkeit) durchgestanden, ohne dass Fehler aufgetreten sind.

Folgende Punkte sind noch nicht berücksichtigt:

- reine Rechts- vor Links-Regel (Varianten der Modelle)
- unterschiedliche Geschwindigkeiten Haupt- und Nebenstraßen
- Abbremsen vor dem Abbiegen
- Linksabbiegen von der Vorfahrtspur ohne Halt, falls möglich

Spurenbezeichnungen

Um bei der Steuerung die Spuren gut auseinander zu halten, werden hier die Spuren folgendermaßen bezeichnet:

- VS1 = Vorfahrtspur 1 (bei Abzweigungen gegenüber dem Abzweig, bei Kreuzungen gegenüber Abzweig 1)
- VS2 = Vorfahrtspur 2 (bei Abzweigungen auf Seite des Abzweigs, bei Kreuzungen gegenüber Abzweig 2)
- AS (bzw. AS1, AS2) = Seitenstraßenspur

Verwendung der „Gleis“-Kontakte

Zielwahlkontakt (Abzweigung)

Notation: <Abzweigung>_ZW_<Spur>

Aufgabe: Das Ziel für die Abzweigung wird anhand einer Zufallszahl zwischen 1 und 100 ermittelt. Für die möglichen Richtungen können Grenzwerte innerhalb dieses Bereichs festgelegt werden. Für unmögliche Richtungen (bei 45°-Abzweigung) wird der Bereich außerhalb des Bereichs festgelegt (hier: 150). Für die ermittelte Richtung kann ein Blinker gesetzt werden. Das ermittelte Ziel wird als Ziel, Variable und als Index beim Fahrzeug eingetragen. Sofern die Fahrstrecke Zielwahlkontakt – Ziel andere Richtungen sperrt, wird bei der Abzweigung der IN-Zähler für diese Richtung erhöht (Ausnahme bei Kreuzungen: Zähler der Abzweige werden erst beim Bremskontakt erhöht).

Parameter:

Name	Typ	Inhalt	Verwendung
Zielwahlkontakt	Schlagwort	-	Ordnet die Ereignisse der EV zu
Abzweigung	Objekt	Referenz Abzweigung	Zugriff auf Variablen der Abzweigung
Ziel1	Objekt	Referenz Zielkontakt	Wird als Ziel dem Fahrzeug zugewiesen und als Parameter dort eingetragen
Ziel2	Objekt	Referenz Zielkontakt	Wird als Ziel dem Fahrzeug zugewiesen und als Parameter dort eingetragen
Liste1	Zahl	Index für Sperrliste bei Wahl Ziel1	Bei Wert > 0 wird der IN- und OUT-Wert des entsprechenden Listeneintrags erhöht
Liste2	Zahl	Index für Sperrliste bei Wahl Ziel2	Bei Wert > 0 wird der IN- und OUT-Wert des entsprechenden Listeneintrags erhöht
Limit1	Zahl	Grenzwert für Ziel1	Bei einer Zufallszahl bis zu diesem Wert wird Ziel1 ausgewählt, sonst Ziel2
Blinker Ziel1/2	Text (optional)	„Blinker links“ oder „Blinker rechts“	Zu aktivierende Blinkerfunktion bei Ziel1 bzw. 2 (fehlt der Wert, muss nicht geblinkt werden). Fahrzeuge mit Animation für Blinker sollten eine Variable „Blinker links“ und „Blinker rechts“ haben, in welcher der Animationsname der Funktion eingetragen ist.

Zielwahlkontakt (Kreuzung)

Notation: <Abzweigung>_ZW_<Spur>

Aufgabe: Wie bei der Abzweigung werden auch hier die Geradeausfahrer und Rechtsabbieger der Vorfahrtspuren gleich reserviert und freigegeben. Da hier aus jeder Richtung drei Fahrmöglichkeiten bestehen und sich auch die beiden Seitenstraßen nicht behindern dürfen, ist die Zielwahl und spätere Fahrfreigabe deutlich aufwändiger als bei der Abzweigung.

Auch hier wird das Ziel anhand einer Zufallszahl zwischen 1 und 100 ermittelt. Für die möglichen Richtungen können Grenzwerte innerhalb dieses Bereichs festgelegt werden. Für die ermittelte Richtung kann ein Blinker gesetzt werden. Das ermittelte Ziel wird als Ziel, Variable und als Index beim Fahrzeug eingetragen. Sofern die Fahrstrecke Zielwahlkontakt – Ziel andere Richtungen sperrt, wird bei der Abzweigung der IN-Zähler für diese Richtung erhöht. Zähler der Seitenstraße werden erst beim Bremskontakt erhöht.

Parameter:

Name	Typ	Inhalt	Verwendung
Zielwahlkontakt KReuzung	Schlagwort	-	Ordnet die Ereignisse der EV zu
Abzweigung	Objekt	Referenz Abzweigung	Zugriff auf Variablen der Abzweigung
Zielliste	Liste	Liste der möglichen Richtungen	s.u.

Inhalt der Zielliste:

Je mögliche Richtung gibt es in der Zielliste eine Tabelle mit folgenden Werten:

Name	Typ	Inhalt	Verwendung
Bis Randomwert	Zahl	Wert zwischen 1 und 100	Die Einträge sollten nach aufsteigendem Wert erfolgen. Liegt der ermittelte Randomwert bis zu dieser Zahl, so wird dieser Eintrag für das Ziel verwendet.
Blinker	Text (optional)	„Blinker links“ oder „Blinker rechts“	Falls für diese Richtung ein Blinker gesetzt werden soll, ist der entsprechende Text einzutragen. Ansonsten fehlt diese Variable.
Liste	Zahl	Index für die Kontrollliste der Kreuzung	Wird als Index für die Einfahrt- und Ausfahrtkontrolle verwendet.
Ziel	Objekt	Zielkontakt für diese Richtung	Wird als Ziel für das Fahrzeug gesetzt.

Vorstopper Linksabbieger

Notation: <Abzweigung>_SK_LA (bzw. SK_VS1_LA und SK_VS2_LA)

Aufgabe: Da der Bremskontakt für Linksabbieger einer Vorfahrtspur nicht mehr auf der Geradeauspur liegt, muss der nachfolgende Verkehr über diesen Kontakt gestoppt werden, da er ansonsten durch den wartenden Linksabbieger fährt. Der Vorstopper wird bei der Abzweigung (45° links) nicht benötigt, bei allen anderen Abzweigungen einmal und bei Kreuzungen zweimal.

Parameter:

Name	Typ	Inhalt	Verwendung
Vorstopper Linksabbieger	Schlagwort	-	Ordnet die Ereignisse der EV zu
Linksabbiegers	Zahl	Index der Abbiegespur	Fahrzeuge mit diesem Listeneintrag aktivieren das Anhalten der Fahrzeuge

Bremskontakt Linksabbieger

Notation: <Abzweigung>_BK_LA (bzw. BK_VS1_LA und BK_VS2_LA)

Aufgabe: Dieser Bremskontakt stellt sicher, dass von einer Vorfahrtspur linksabbiegende Fahrzeuge nicht in den Gegenverkehr geraten. Der Kontakt liegt auf der Linksabbiegerspur (Achtung bei abknickenden Vorfahrten!) nahe der Mittellinie. Der Bremskontakt wird bei der Abzweigung (45° links) nicht benötigt, bei allen anderen Abzweigungen einmal und bei Kreuzungen zweimal.

Parameter:

Name	Typ	Inhalt	Verwendung
Bremskontakt Linksabbieger HS	Schlagwort	-	Ordnet die Ereignisse der EV zu
Abzweigung	Objekt	Referenz der Abzweigung	Zugang zu Variablen der Abzweigung
Fahrzeug	Objekt	Referenz des wartenden Fahrzeugs	Wird zur einfacheren Adressierung des Fahrzeugs verwendet.
Vorstopper	Objekt	Referenz des Vorstopper-Gleiskontakts	Verkehr wieder freigeben, wenn dieser Kontakt verlassen wird.

Bremskontakt Seitenstrasse

Notation: <Abzweigung>_BK_AS

Aufgabe: Fahrzeuge an der Vorfahrt-Achten-Spur werden zunächst angehalten. Dann wird geprüft, ob diese weiterfahren dürfen.

Parameter:

Name	Typ	Inhalt	Verwendung
Bremskontakt Seitenstrasse	Schlagwort	-	Ordnet die Ereignisse der EV zu
Abzweigung	Objekt	Referenz Abzweigung	Zugriff auf Variablen der Abzweigung
Fahrzeug	Objekt	Referenz Fahrzeug auf dem Kontakt	Dient zur einfacheren Adressierung des Fahrzeugs

Zielkontakt

Notation: <Abzweigung>_ZK_<Spur>

Aufgabe: Fahrzeuge verlassen die Abzweigung und werden in der Liste der Abzweigung als „OUT“ gezählt. Das Ziel des Fahrzeug wird wieder gelöscht.

Parameter:

Name	Typ	Inhalt	Verwendung
Zielkontakt	Schlagwort	-	Ordnet die Ereignisse der EV zu
Abzweigung	Objekt	Referenz Abzweigung	Zugriff auf Variablen der Abzweigung

Mindestabstände der Kontakte

Zielwahlkontakt – Abzweigung: Auf Vorfahrtspuren abhängig von der Geschwindigkeit

Vorstopper – Bremskontakt Linksabbieger: Mehr als längster Fahrzeugverbund

alle Bremskontakte – Zielkontakt: Mehr als längster Fahrzeugverbund

Zielkontakt – Zielwahlkontakt nächste Abzweigung: Mehr als längster Fahrzeugverbund

Variablen Abzweigungen

Jede Abzweigung hat folgende Variablen:

Name	Typ	Inhalt	Verwendung
Abzweigung	Schlagwort	-	Ordnet die Ereignisse der EV zu
BK_AS	Objekt	Referenz Bremskontakt Seitenstraße	Prüfung, ob dort ein Fahrzeug wartet
BK_LA	Objekt	Referenz Bremskontakt Linksabbieger	Prüfung, ob dort ein Fahrzeug wartet
Liste	Liste mit 4 Tabellen, die jeweils die Zahlen IN und OUT beinhalten	Zähler für die Richtungen der Vorfahrtspuren	1: VS2 Geradeauspur 2: VS2 Rechtsabbiegespur 3: VS1 Geradeauspur 4: VS1 Linksabbiegespur
ZK_AS	Objekt	Referenz Zielkontakt Seitenstraße	Prüfung der Fahrtrichtung
ZK_VS1	Objekt	Referenz Zielkontakt Vorfahrtspur 1	Prüfung der Fahrtrichtung
ZK_VS2	Objekt	Referenz Zielkontakt Vorfahrtspur 2	Prüfung der Fahrtrichtung

Während Fahrzeug auf einer Geradeaus- oder Rechtsabbiegerspur immer fahren dürfen, gilt für alle anderen folgende Regel (in der Spalte darf keine rote Markierung vorhanden sein):

	VS2 Linksabbieger darf fahren	AS Rechtsabbieger darf fahren	AS Linksabbieger darf fahren
1 VS2 Geradeauspur reserviert			
2 VS2 Rechtsabbiegespur reserviert			
3 VS1 Geradeauspur reserviert			
4 VS1 Linksabbiegespur reserviert			

Variablen Kreuzungen

Jede Kreuzung hat folgende Variablen:

Name	Typ	Inhalt	Verwendung
Kreuzung	Schlagwort	-	Ordnet die Ereignisse der EV zu
BK_AS[1 2]	Objekt	Referenz Bremskontakt Seitenstraße 1 bzw. 2	Prüfung, ob dort ein Fahrzeug wartet
BK_VS[1 2]_LA	Objekt	Referenz Bremskontakt Linksabbieger VS1 bzw. VS2	Prüfung, ob dort ein Fahrzeug wartet
Liste	Liste mit 12 Tabellen, die jeweils die Zahlen IN und OUT beinhalten	Zähler für die Richtungen der Vorfahrtspuren	s.u
ZK_AS[1 2]	Objekt	Referenz Zielkontakt Seitenstraße 1 bzw. 2	Prüfung der Fahrtrichtung
ZK_VS[1 2]	Objekt	Referenz Zielkontakt Vorfahrtspur 1 bzw. 2	Prüfung der Fahrtrichtung
aktiv	Boolean	True/false	Abbiegevorgang aktiv

Matrix Kreuzungen: Lesart: Fahrzeug auf Spaltenüberschrift darf fahren, wenn keine der rot markierten Felder der Spalte zutrifft. Besonderheit: Steht auf den beiden Linksabbieger-Kontakte der Vorfahrtspuren ein Fahrzeug, so dürfen beide fahren, auch wenn (durch nachfolgende Fahrzeuge) sperrende Reservierungen existieren.

	VS2 geradeaus	VS2 Rechtsabbieger	VS2 Linksabbieger	VS1 Geradeauspur	VS1 Rechtsabbieger	VS1 Linksabbieger	AS1 Geradeauspur	AS1 Rechtsabbiegespur	AS1 Linksabbiegespur	AS2 Geradeauspur	AS2 Rechtsabbiegespur	AS2 Linksabbiegespur
VS2 Geradeaus reserviert	■					■	■	■	■	■		■
VS2 Rechtsabbiegen reserviert		■				■				■		
VS2 Linksabbiegen reserviert			■				■		■	■		■
VS1 Geradeaus reserviert			■	■			■		■	■	■	■
VS1 Rechtsabbiegen reserviert			■		■		■					
VS1 Linksabbiegen reserviert						■	■		■	■		■
AS1 Geradeaus							■					■
AS1 Rechtsabbiegen								■				■
AS1 Linksabbiegen									■			
AS2 Geradeaus									■	■		
AS2 Rechtsabbiegen									■		■	
AS2 Linksabbiegen												■

Eingebaute Kontrollmechanismen

Bei der Zielwahl wird bei jedem Fahrzeug die Abzweigung eingetragen. Erreicht ein Fahrzeug eine Abzweigung/Kreuzung mit einem anderen Wert als Parameter, so wird künstlich ein Fehler erzeugt, so dass das Programm stoppt, sofern das Protokoll eingeschaltet ist. Ebenso wird ein Fehler erzeugt, wenn auf einem Zielkontakt der OUT-Zähler erhöht und einen höheren Wert als der IN-Zähler erreicht.

Beide Mechanismen waren beim Testen sehr hilfreich. Meist war ein ungenau platzierter Gleiskontakt die Ursache (z.B. Kontakt deckt nicht alle Spuren der Abzweigung an dieser Stelle ab).