

Studiengang „Didaktischer Ausweis in Informatik“

## Leitprogramm

# Ampelsteuerung für drei Siedlungen



Fach:	Informatik
Stufe:	Oberstufe
Voraussetzung:	Die Schüler haben bereits mit Automaten gearbeitet und kennen die logischen Verknüpfungsoperatoren.
Autoren:	Cech Susanne Kasper Susanne Keller Barbara Steffen Björn
Abgabe:	7. Juni 2006

## Inhalt

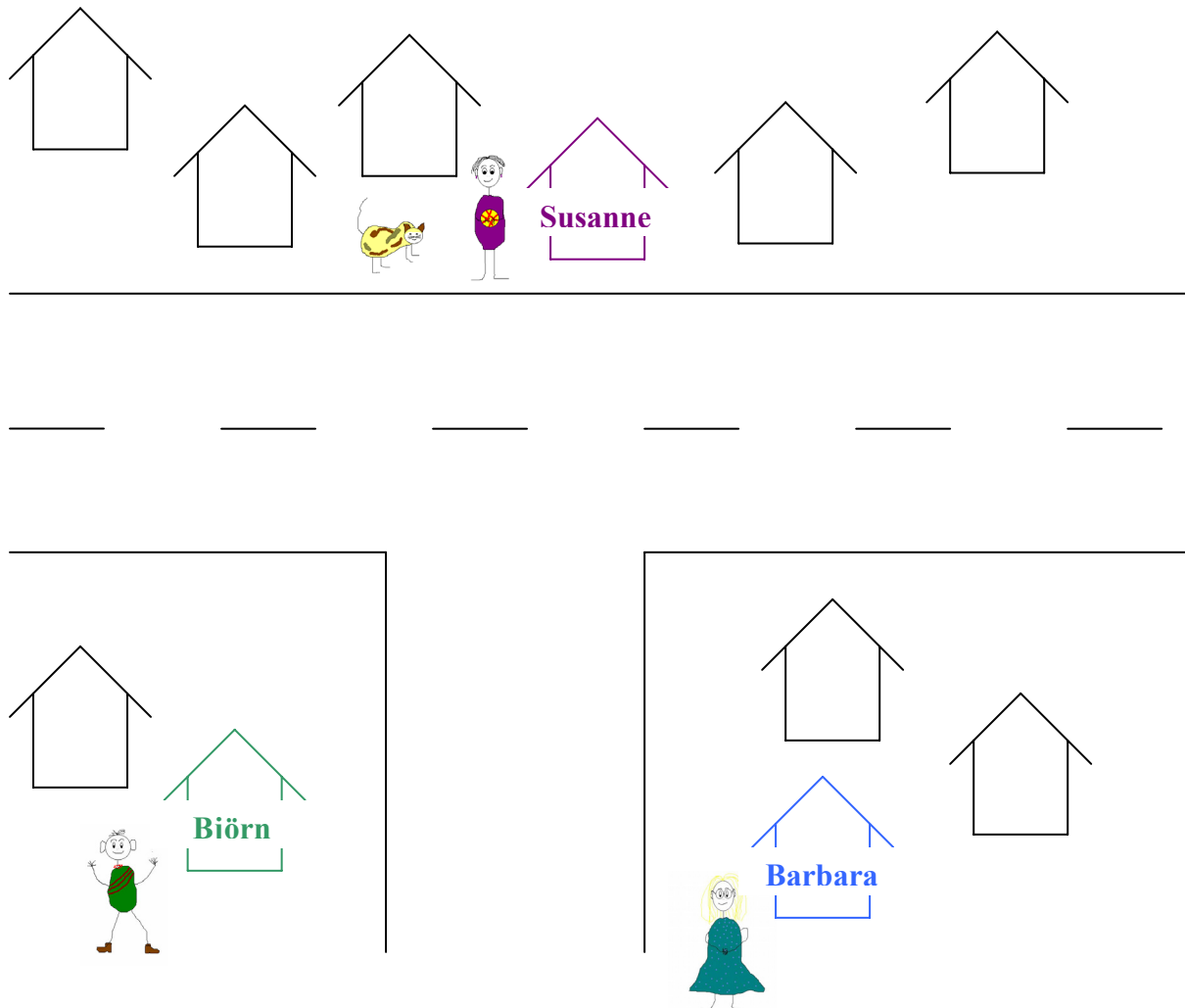
Einleitung und Lernziel .....	2
Drei Siedlungen mit Automaten.....	3
Situation .....	3
Positionen der Fussgängerstreifen.....	4
Unterteilung der Nebenstrasse .....	5
Lichtsignale .....	6
Sensoren für die Ampelsteuerung .....	7
Die drei Zustände .....	9
Die Ampelsteuerung.....	10
Zustandsübergänge von A.....	10
Zustandsübergänge von B und C .....	12
Stoppuhren für die Ampelsteuerung .....	13
Zusammenfassung.....	15

## **Einleitung und Lernziel**

In diesem Leitprogramm wird ein Automat Schritt für Schritt erstellt. Die Problemstellung wird besprochen und analysiert. Die Gedankengänge von einem Schritt zum Nächsten sind nachvollziehbar erklärt.

Nach der Durcharbeitung dieses Leitprogramms soll der Leser ein ähnliches Problem analysieren und mit ähnlichen Lösungsansätzen einen entsprechenden Automaten entwerfen können.

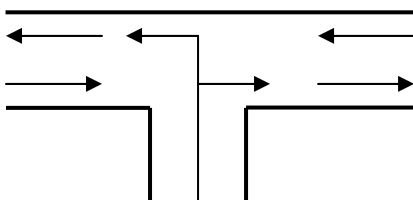
## Drei Siedlungen mit Automaten



Barbara, Susanne und Björn sind Freunde, wohnen jedoch in drei verschiedenen Siedlungen. Zwischen diesen Siedlungen befinden sich gefährliche Strassen. Damit sich die drei Freunde treffen können, bauen wir für diese Kreuzung Fussgängerstreifen und eine automatische Lichtsignalanlage. Diese regelt den Verkehr und ermöglicht eine gefahrlose Überquerung der Strassen.

### Situation

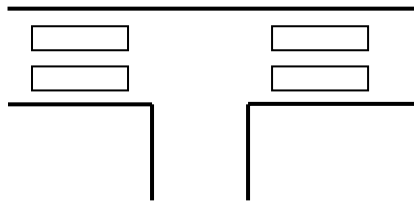
Die Strasse zwischen Susanne und den zwei Anderen ist eine Hauptstrasse und wird in beide Richtungen befahren. Die Strasse zwischen Barbara und Björn ist eine Einbahnstrasse und wird nur von unten nach oben befahren. Von der Nebenstrasse kann man nach rechts oder links in die Hauptstrasse abbiegen.



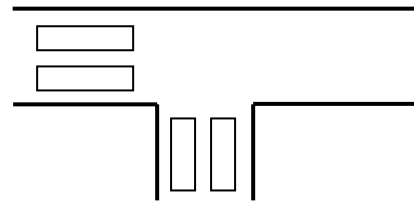
## Positionen der Fussgängerstreifen

Als erstes müssen wir überlegen, wie die Fussgängerstreifen positioniert werden. Wenn die Fussgängerstreifen feststehen, können daraus die Positionen für die Lichtsignale bestimmt werden.

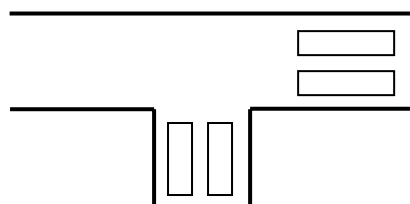
Damit jeder der 3 Freunde zu jedem kommt, sind mindestens 2 Fussgängerstreifen notwendig. Betrachten wir die verschiedenen Positionen der Fussgängerstreifen:



Position 1



Position 2



Position 3

Bei allen drei Positionen können keine Autos fahren, wenn beide Fussgängerstreifen auf grün geschaltet sind. Auch für die Fussgänger ist eine Gleichschaltung der Fussgängerstreifen nicht vorteilhaft, da sie dann über beide Streifen hetzen müssen. Eventuell kommen sie nicht in einem Mal hinüber und müssen dann lange warten. Eine Nacheinanderschaltung der Fussgängerstreifen ist daher sinnvoll.

### Position 1:

In dieser Situation wird immer die viel öfter befahrene Hauptstrasse unterbrochen.

- Wenn die Übergänge nacheinander auf grün geschaltet werden, dann wird die Hauptstrasse unterbrochen und aus der Nebenstrasse kann man in eine Richtung abbiegen.
- Die Fussgänger müssen immer die gefährliche Hauptstrasse überqueren. Wenn Barbara Björn besuchen möchte, muss sie sogar zweimal über die Hauptstrasse gehen.

Sinnvoller ist es, die weniger befahrene Nebenstrasse mit einem Fussgängerstreifen zu versehen.

### Position 2:

Die weniger befahrene Nebenstrasse wird unterbrochen, das hat Vorteile.

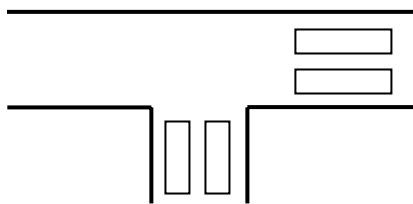
- Eine Nacheinanderschaltung der Fussgängerstreifen ermöglicht es den Autofahrern, aus der Nebenstrasse nach rechts abzubiegen, wenn der Streifen auf der Hauptstrasse auf grün steht. Für das Linksabbiegen müssen dann beide Fahrtrichtungen der Hauptstrasse auf rot geschaltet werden.
- Die Fussgänger sind nicht nur auf die gefährliche Überquerung der Hauptstrasse angewiesen, sondern können die kleine Nebenstrasse benutzen.

### Position 3:

Auch hier wird die weniger befahrene Nebenstrasse unterbrochen.

- Eine Nacheinanderschaltung der Fussgängerstreifen ist auch hier sinnvoll. Es ermöglicht den Autofahrern, aus der Nebenstrasse nach links abzubiegen, wenn der Streifen auf der Hauptstrasse auf grün steht. Für das Rechtsabbiegen muss dann nur noch die Spur von links nach rechts auf rot geschaltet werden. Das hat zur Folge, dass die Autos in der Hauptstrasse öfters fahren können und genau das wollen wir ja, um einen möglichst flüssigen Verkehr zu garantieren.

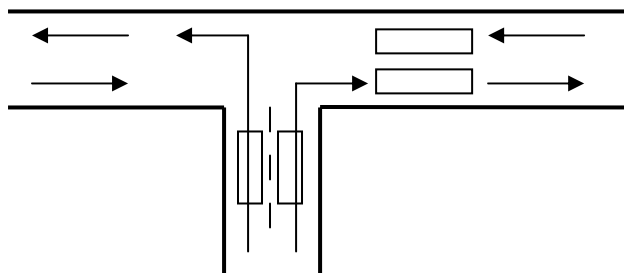
Wir kommen zum Schluss, dass die Position 3 die Positionierung für die Fussgängerstreifen ist, die den besten Verkehrsfluss garantiert und die höchste Sicherheit für die Fussgänger bietet. Deshalb wird diese Position für den Rest des Leitprogramms verwendet.



Position 3

### Unterteilung der Nebenstrasse

Vorhin haben wir von Linksabbiegen und Rechtsabbiegen gesprochen. Um auch den Verkehr der Nebenstrasse möglichst flüssig zu halten, sollten wir deshalb die Nebenstrasse aufteilen, damit man getrennt abbiegen kann. Die Kreuzung sieht nun so aus:



## Lichtsignale

Sowohl für Autofahrer als auch für die Fussgänger muss ersichtlich sein, wann die Strasse befahren bzw. überquert werden darf. Wir versehen also die Kreuzung mit Lichtsignalen (Ampeln) für die Autofahrer und die Fussgänger.

Bei Rotlicht müssen Autofahrer erkennen können, wo sie stehen bleiben müssen. Einerseits wird damit die Sicherheit für die Fussgänger erhöht, weil wir die Autofahrer zwingen, vor den Fussgängerstreifen zu halten. Andererseits bleibt genug Platz für die Linksabbieger von der Neben- in die Hauptstrasse. Deshalb fügen wir noch Haltelinien ein.

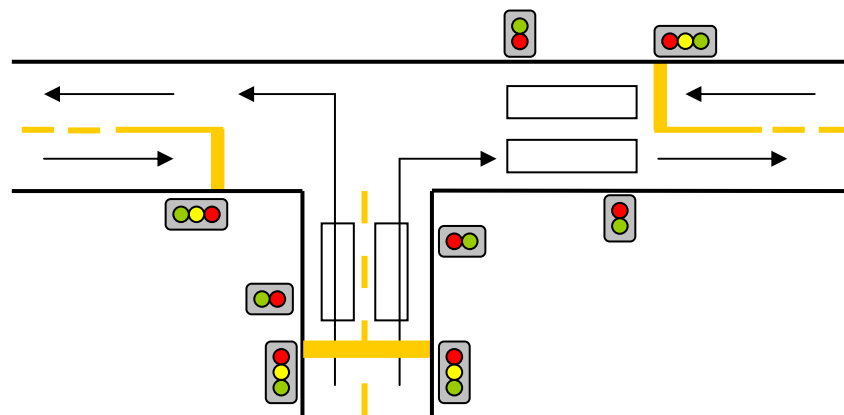
Diese Symbole verwenden wir für die Lichtsignale. Der Einfachheit halber unterscheiden wir im Weiteren nur zwischen den Ampelzuständen rot und grün und vernachlässigen orange.



Ampel für Autofahrer

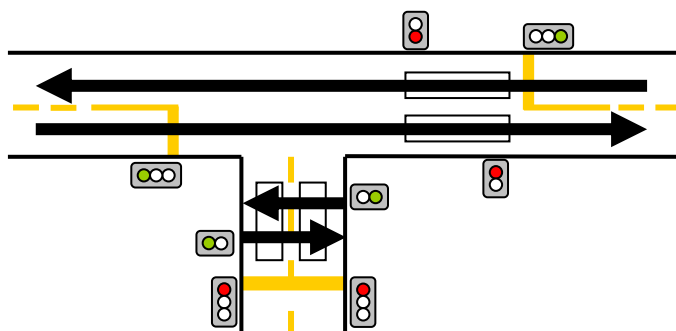
Ampel für Fussgänger

So sieht die Kreuzung mit den Lichtsignalen und Haltelinien aus:



Betrachten wir nun, wie die Lichtsignale geschaltet sein müssen, so dass Autofahrer und Fussgänger nacheinander sicher über die Kreuzung kommen. Es gibt drei mögliche Zustände:

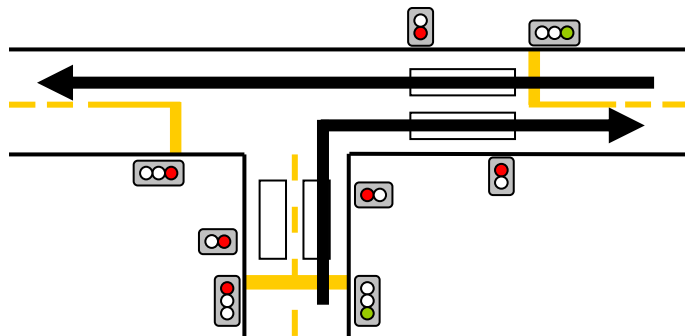
Im **Zustand A** fahren die Autos auf der Hauptstrasse und haben in beiden Richtungen das Lichtsignal grün. Die Autos dürfen die Kreuzung nur gerade überqueren. Deshalb können die Fussgänger die Nebenstrasse überqueren. Diese Fussgängerampeln sind auch auf grün geschaltet. Alle anderen Lichtsignale sind rot.



### Zustand A:

- Autos benutzen die Hauptstrasse.
- Fussgänger überqueren die Nebenstrasse.

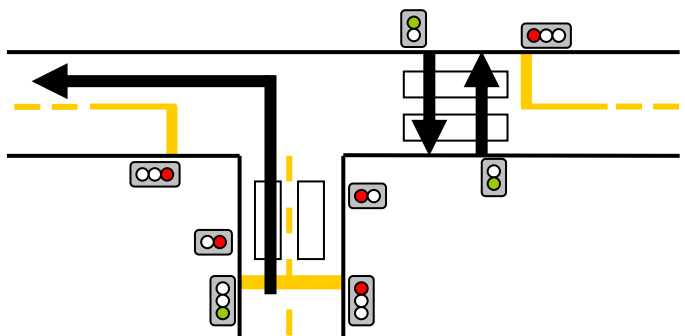
Im **Zustand B** biegen die Autos aus der Nebenstrasse in die Hauptstrasse nach rechts ab. Das entsprechende Lichtsignal ist auf grün eingestellt. Da die Autos beide Fussgängerstreifen befahren, müssen alle Lichtsignale für Fussgänger auf rot stehen.



**Zustand B:**

- Autos biegen nach rechts ab.
- Fussgänger können keine Strasse überqueren.

Im **Zustand C** biegen die Autos von der Nebenstrasse nach links in die Hauptstrasse ein. Der Fussgängerstreifen über die Hauptstrasse ist frei. Daher sind die Lichtsignale für Linksabbieger und die Fussgängerstreifen über die Hauptstrasse auf grün gesetzt.



**Zustand C:**

- Autos biegen nach links ab.
- Fussgänger überqueren die Hauptstrasse.

**Sensoren für die Ampelsteuerung**

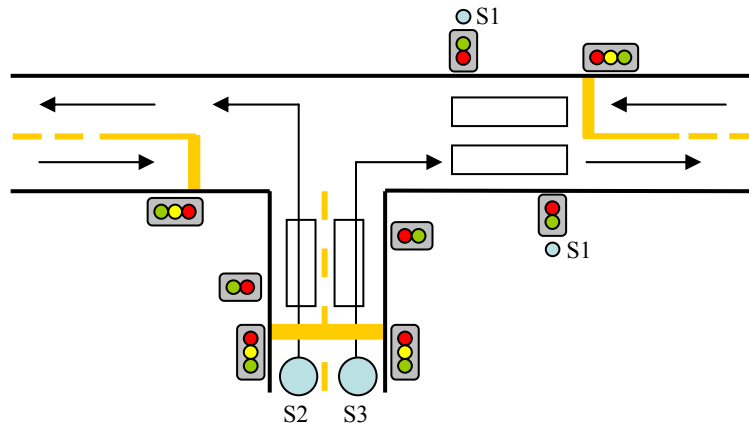
Viele Kreuzungen werden mit einer Zeitmessung gesteuert. Z.B. darf eine Richtung drei Minuten befahren werden, dann die andere Richtung auch drei Minuten usw. Bei unserer Kreuzung geht das nicht, denn die Hauptstrasse hat Vorrang und soll bevorzugt werden. Wir möchten erreichen, dass die Hauptstrasse grundsätzlich grün hat und dass die Grünphase nur unterbrochen wird, wenn ein Fussgänger die Hauptstrasse überqueren möchte oder ein Auto von der Nebenstrasse in die Hauptstrasse biegen möchte.

Wie können wir das an die Ampelsteuerung melden?



Für die Fussgängerampel ist es einfach. Wir bauen einen Druckknopf, d.h. einen Sensor, bei der Ampel ein. Du kennst diesen Mechanismus: Wird der Knopf gedrückt, gibt es ein Signal an die Ampelsteuerung: die Ampeln auf der Hauptstrasse werden rot, die Fussgängerampeln grün und die Fussgänger können sicher die Hauptstrasse überqueren. Wir fügen in der Abbildung den Sensor **S1** ein.

Für die Autofahrer in der Nebenstrasse lassen wir einen Gewichtssensor in die Strasse einbauen. Wenn ein Auto auf einen dieser Gewichtssensoren fährt, wird ein Signal an die Ampelsteuerung gesendet. Wir brauchen zwei Gewichtssensoren; einen für die Linksabbieger (**S2**) und einen für die Rechtsabbieger (**S3**).



Wird ein Sensor aktiviert, wird ein Signal an die Ampelsteuerung gesendet. In der Zeichnung stellen wir einen aktivierten Sensor mit rosa Farbe und einen inaktiven Sensor mit blauer Farbe dar.

- S3 Aktivierter Sensor
- S3 Inaktiver Sensor

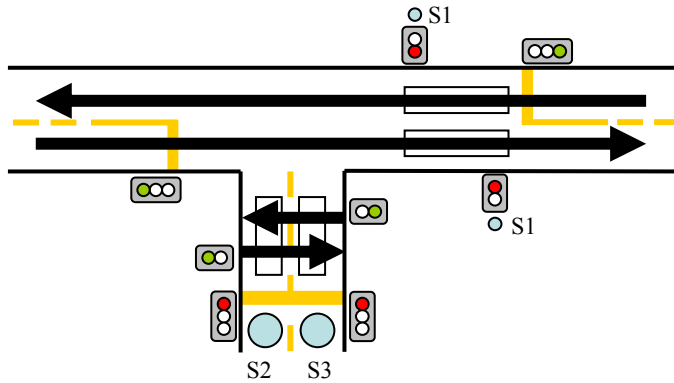
Diese Übersicht zeigt die verwendeten Sensoren und wie sie aktiviert werden.

Name	Art des Sensors	Sensor wird aktiviert, wenn...
S1	Druckknopf für Fussgänger	... ein Fussgänger den Knopf drückt.
S2	Gewichtssensor	... ein Auto über den Sensor fährt.
S3	Gewichtssensor	... ein Auto über den Sensor fährt.

Achtung: Der Fussgängerstreifen über die Nebenstrasse braucht keinen Druckknopf. Diese Fussgängerampel wird mit der Hauptstrasse gesteuert. Der Hauptstrasse wird Vorrang gegeben. Dadurch ist garantiert, dass die Fussgänger die Nebenstrasse überqueren können.

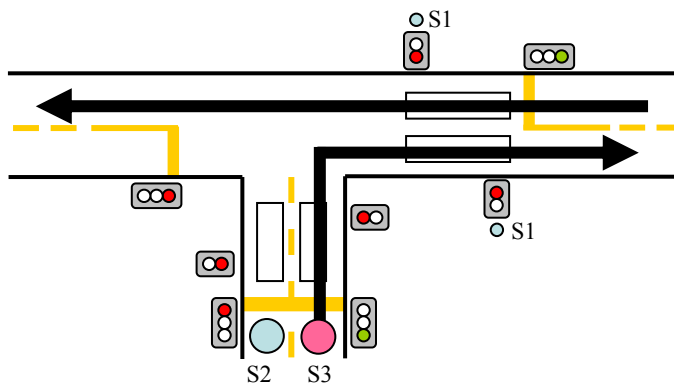
## Die drei Zustände

Die folgenden Zustände sind die Zustände, die wir für den folgenden Automaten benötigen. Wenn du bei der Beschreibung des Automaten nicht mehr weisst, welcher Zustand welchen Buchstaben trägt, dann schau einfach hier nach.



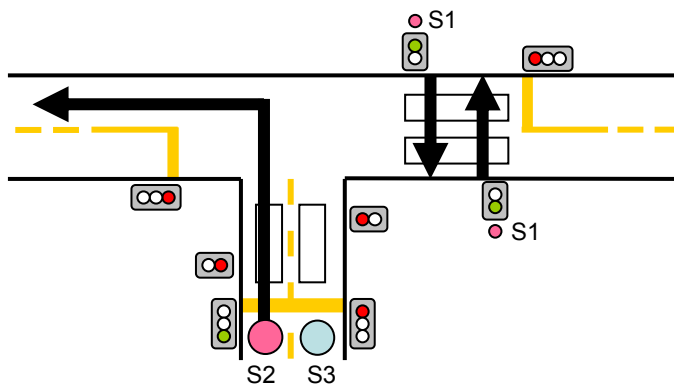
### Zustand A:

- Kein Sensor wurde aktiviert.
- Autos benutzen die Hauptstrasse.
- Fussgänger überqueren die Nebenstrasse.



### Zustand B:

- Sensor S3 wurde aktiviert.
- Autos biegen nach rechts ab.
- Fussgänger können keine Strasse überqueren.

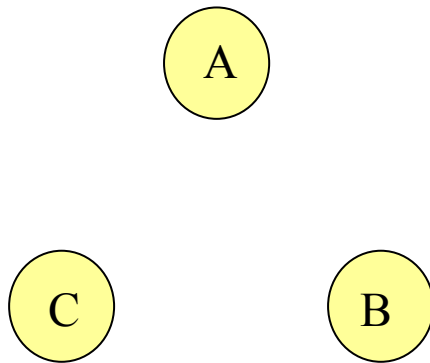


### Zustand C:

- Signal S1 oder S2 wurde aktiviert.
- Autos biegen nach links ab.
- Fussgänger überqueren die Hauptstrasse.

## Die Ampelsteuerung

Jetzt geht es darum, wie diese Ampeln gesteuert werden können. Wir verwenden dazu einen endlichen Automaten. Als Erstes stellen wir fest, dass wir sicher die drei Grundzustände A, B und C benötigen.



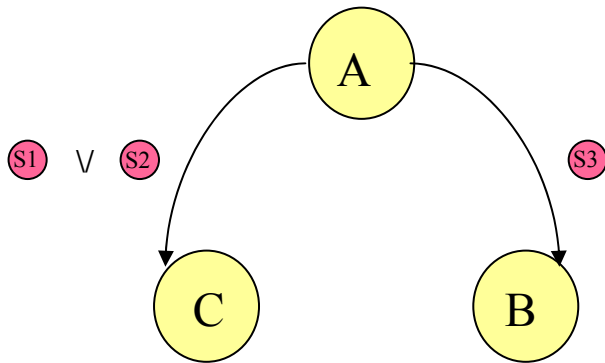
### Zustandsübergänge von A

Solange keine Autos und auch keine Fussgänger anwesend sind, befindet sich der Automat im Zustand A. Da die Hauptstrasse von den Autos in beiden Richtungen befahren werden kann und die Fussgänger ohne weiteres die Nebenstrasse queren können, gibt es im Wesentlichen drei Ereignisse, die zu einem Zustandsübergang führen können:

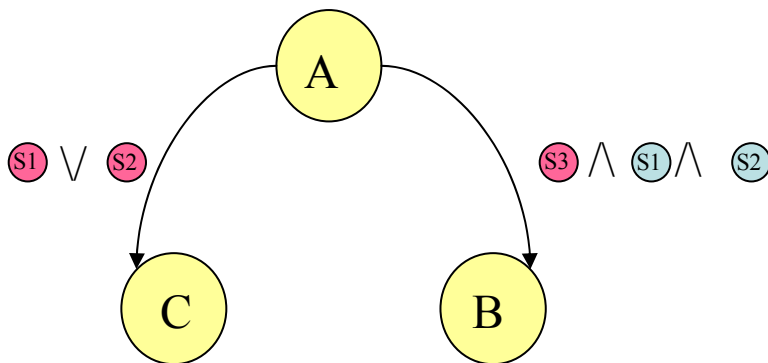
- 1) Ein Fussgänger kommt und möchte die Hauptstrasse überqueren. Dazu drückt er den Knopf bei der Fussgängerampel, er aktiviert also unseren Sensor S1.
- 2) Ein Auto möchte von der Nebenstrasse links in die Hauptstrasse fahren, somit aktiviert es unseren Bodensensor S2.
- 3) Ein Auto möchte von der Nebenstrasse rechts in die Hauptstrasse abbiegen, aktiviert also den Sensor S3.

Wenn Ereignis 1 eintritt, so muss der Automat von Zustand A in den Zustand C wechseln. Also zeichnen wir einen Zustandsübergang von A nach C ein. Dieser wird benutzt, wenn S1 aktiviert wurde. Im Zustand C können sowohl die Fussgänger die Hauptstrasse überqueren, als auch die Autos der Nebenstrasse links in die Hauptstrasse abbiegen. Daher wird derselbe Zustandsübergang benötigt, wie wenn der Sensor S2 aktiviert wird. Der Zustandsübergang fasst also das Ereignis 1 und das Ereignis 2 zusammen. Wird der Sensor S3 aktiviert, dann tritt das Ereignis 3 ein und der Automat wechselt in den Zustand B.

Der Automat sieht nun folgendermassen aus:

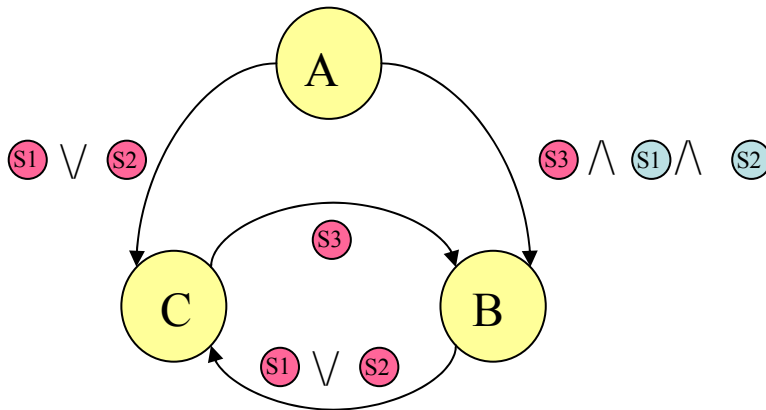


Was passiert, wenn wir im Zustand A sind und gleichzeitig ein Fussgänger die Hauptstrasse überqueren will und ein Auto rechts in die Hauptstrasse abbiegen will? So wie unser Automat bis jetzt aussieht, würde er sowohl in den Zustand C als auch in den Zustand B wechseln. Das darf natürlich nicht sein. Deshalb müssen wir uns entscheiden, ob wir in diesem Fall dem Fussgänger oder dem rechtsabbiegenden Auto den Vortritt lassen wollen. Wenn wir den Zustand C bevorzugen, begünstigen wir sowohl die Fussgänger, die die Hauptstrasse überqueren wollen, als auch die Autos, die links abbiegen wollen. Darum ist es sinnvoll, dass wenn der Sensor S3 gleichzeitig mit dem Sensor S1 oder S2 aktiviert wird, wir trotzdem dem Zustand C den Vortritt lassen. Um vom Zustand A in den Zustand B zu wechseln, muss neu nicht nur der Sensor S3 aktiviert sein, sondern die Sensoren S1 und S2 dürfen nicht aktiviert sein. Wir ändern also den Automaten so ab, dass es auch in diesem Fall nur eine Möglichkeit für einen Zustandsübergang gibt.



## Zustandsübergänge von B und C

Betrachten wir die Situation vom Zustand B aus: Wenn wir im Zustand B sind und der Sensor S1 oder S2 aktiviert wird, wechseln wir in den Zustand C. Wenn wir im Zustand C sind und der Sensor S3 aktiviert wird, so wechseln wir in den Zustand B. Also sieht unser Automat neu folgendermassen aus.



Soweit so gut, aber wir merken nun, dass dieser Automat noch nicht das macht, was wir eigentlich wollen. So wie er jetzt da steht, kommen wir gar nie mehr in den Zustand A zurück, obwohl das eigentlich unser Hauptzustand ist. Wir haben noch andere Probleme, es könnte nämlich folgendes passieren: Wir sind im Zustand A und ein Auto von der Nebenstrasse möchte nach rechts in die Hauptstrasse abbiegen. Wenn das Auto eingespurt hat, löst es den Bodensensor S3 aus. Da S1 und S2 nicht aktiviert sind, wechseln wir in den Zustand B. Löst nun aber in diesem Moment ein Fussgänger den Sensor S1 aus, so wechselt unsere Ampelsteuerung sofort in den Zustand C. Dies kann sogar so schnell passieren, dass nicht einmal das Auto, welches S3 ausgelöst hat, abbiegen kann.



Es wäre also sinnvoller, wenn wir nach einem Zustandswechsel eine gewisse Zeit in diesem Zustand verbleiben, bevor wir wieder wechseln. Das können wir erreichen, indem wir Stoppuhren verwenden. Du kennst dieses Prinzip von den Küchenweckern. Wenn Du ein Drei-Minuten-Ei kochen willst, nimmst du ihn und stellst ihn auf drei Minuten. Nach drei Minuten meldet der Küchenwecker, dass die Zeit abgelaufen ist. Dasselbe können wir für unsere Ampelsteuerung auch verwenden.

## Stoppuhren für die Ampelsteuerung

Wir führen in unseren Automat also zusätzlich Stoppuhren ein. Wir müssen einerseits dafür sorgen, dass nach einer bestimmten Zeit wieder in den Zustand A gewechselt wird. Andererseits sollte jeder Zustand mindestens für eine feste Zeit beibehalten werden, so dass die Autos bzw. die Fussgänger genug Zeit haben, um die Kreuzung zu überqueren.

Jeder Zustand kriegt seine eigene Stoppuhr. Diese Stoppuhr wird eingestellt, sobald man in diesen Zustand gewechselt hat. Solange die Stoppuhr des jeweiligen Zustandes läuft, verbleiben wir in diesem Zustand. Erst wenn die Stoppuhr abgelaufen ist, können wir auch den Zustand wieder wechseln.

Wir stellen eine abgelaufene Stoppuhr mit blauer Farbe und eine laufende mit rosa Farbe dar.

-  Abgelaufene Stoppuhr
-  Laufende Stoppuhr

Diese Übersicht zeigt die verwendeten Stoppuhren und wofür diese verwendet werden.

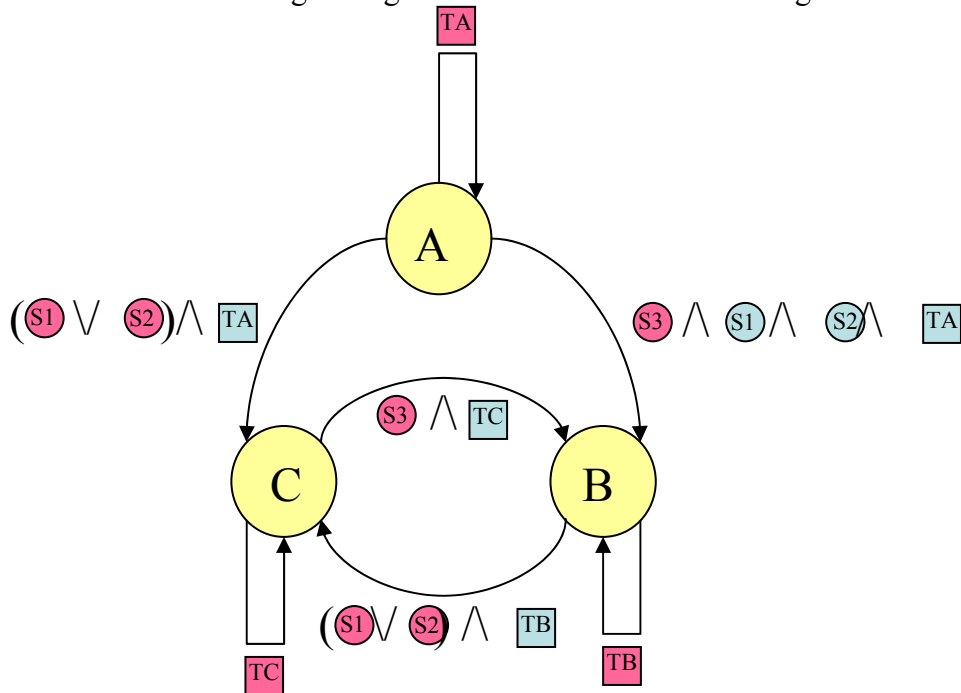
Name	Stoppuhr sorgt dafür, dass ...
TA	...wir mindestens eine bestimmte Zeit im Zustand A verweilen.
TB	...wir mindestens eine bestimmte Zeit im Zustand B verweilen.
TC	...wir mindestens eine bestimmte Zeit im Zustand C verweilen.
TBC	...wir nach einer gewissen Zeit sicher wieder zu Zustand A zurück kehren.

Wie lange in einem Zustand verweilt wird, können wir nun für jeden Zustand separat bestimmen. Somit ist es auch einfach zu gestalten, dass der Automat länger im bevorzugten Zustand A bleibt. Die Stoppuhren TB und TC könnten zum Beispiel auf eine Minute gestellt werden und TA auf 2 Minuten.

Nun erweitern wir den Automaten für die Ampelsteuerung mit diesen Stoppuhren. Ein Zustand darf erst verlassen werden, wenn die zum Zustand gehörende Stoppuhr abgelaufen ist.

- 1) Die Übergänge vom Zustand A nach C bzw. B erhalten ein blaues **TA**. Der Übergang erfolgt also erst, wenn diese Uhr abgelaufen ist. Ansonsten verweilen wir im Zustand A.
- 2) Die Übergänge, die aus dem Zustand B wegführen, erhalten analog ein blaues **TB**. Und ein rosa **TB** zu sich selbst.
- 3) Zuletzt das gleiche für die Übergänge die weg vom Zustand C führen.

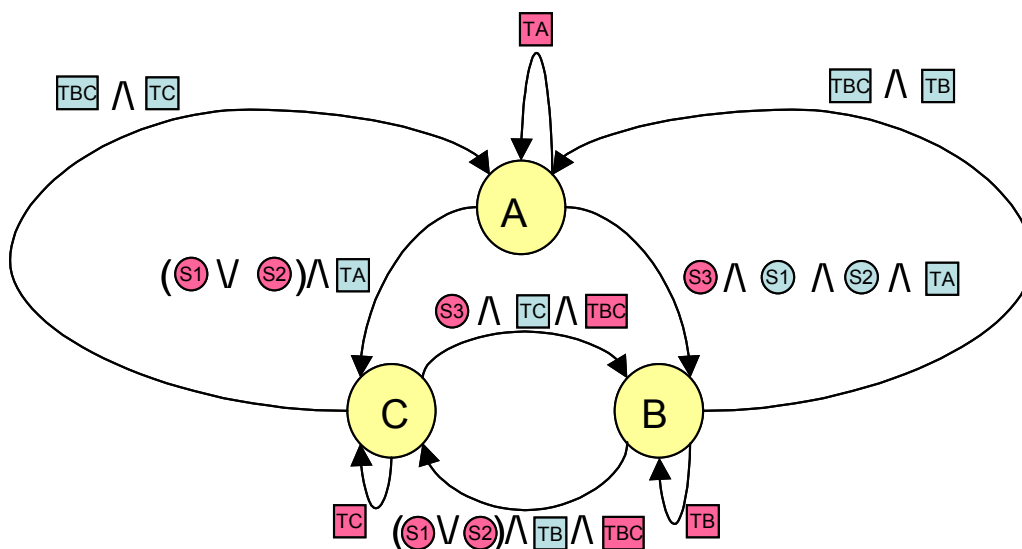
Mit den erwähnten Ergänzungen sieht unser Automat nun folgendermassen aus:



Nun haben wir dafür gesorgt, dass der Automat für eine bestimmte Zeit in den jeweiligen Zuständen verweilt. Als nächstes müssen wir noch dafür sorgen, dass in den Zustand A zurück gekehrt wird, wenn die Stoppuhr **TBC** abgelaufen ist.

Das heisst für unseren Automaten, dass ein Übergang zwischen den Zuständen B und C nur stattfinden darf, wenn die Uhr **TBC** noch nicht abgelaufen ist. Deshalb machen wir folgende Ergänzungen an unserem Automaten:

- 1) Die Übergänge zwischen den Zuständen B und C erhalten ein rosa **TBC**. Das heisst, diese Übergänge erfolgen nur, wenn die Uhr noch läuft.
- 2) Wir fügen einen Übergang vom Zustand B nach A hinzu, der erfolgt, wenn die Stoppuhr **TBC** abgelaufen ist. Damit wir aber nicht zu früh den Zustand B verlassen, muss auch die Stoppuhr **TB** abgelaufen sein.
- 3) Als letztes kommt ein Übergang von Zustand C nach Zustand A hinzu. Dieser erfolgt ebenfalls, wenn **TBC** abgelaufen ist. Auch hier gilt, dass wir jedoch den Zustand C erst verlassen dürfen, wenn auch die Uhr **TC** abgelaufen ist.



## Zusammenfassung

In diesem Lehrtext hast Du eine detaillierte Vorgehensweise kennen gelernt, wie Automaten für komplexere Probleme entwickelt werden können.

- 1) Wir haben zuerst die verschiedenen Möglichkeiten für die Platzierung der Fussgängerstreifen betrachtet und uns für eine bestimmte Situation entschieden. Anhand von dieser Entscheidung haben wir die benötigten Zustände des Automaten bestimmt.
- 2) Damit unser Automat auf seine Umgebung reagieren kann, haben wir Sensoren, also zusätzliche Signale, eingeführt.
- 3) Mit Hilfe von Stoppuhren haben wir erstens dafür gesorgt, dass die Autos auf der Hauptstrasse nicht durch die Autos auf der Nebenstrasse blockiert werden. Zweitens haben wir dafür gesorgt, dass die Hauptstrasse länger befahren werden kann als die Nebenstrasse.

Du solltest jetzt in der Lage sein, andere Automaten für Steuerungen selber entwerfen zu können. Dabei wirst Du

- 1) zuerst die benötigten Zustände definieren und
- 2) danach die erforderlichen Signale modellieren.
- 3) Schlussendlich wirst Du auch die erforderlichen Stoppuhren einbauen, um zeitliche Bedingungen einzuhalten.

Froh über die neue Ampelsteuerung sind unsere drei Freunde Barbara, Susanne und Björn. Für ihre Besuche können sie nun die Strassen gefahrlos überqueren.

