

Labor 2

Modellierung/Simulation unter STATEMATE

Vernetzte Innenraum-Applikation von Kraftfahrzeugen

Dipl.-Ing. (FH) Udo Klenk

Inhalt

1	Aufgabenstellung	2
1.1	Beschreibung der Knoten.....	2
1.1.1	Knoten 1: I-Tafel – Instrumententafel.....	2
1.1.2	Knoten 2: Frontmodul	4
1.1.3	Knoten 3: Heckmodul.....	4
1.2	Beschreibung der Funktionalitäten.....	4
1.2.1	Richtungsblinken	4
1.2.2	Warnblinken	5
1.2.3	Standlicht	5
1.2.4	Abblendlicht	5
1.2.5	Fernlicht und Lichthupe.....	5
1.2.6	Nebelscheinwerfer	5
1.2.7	Abbiegelicht	5
1.2.8	Nebelschlußleuchte	5
1.2.9	Scheibenwischer.....	5
1.2.10	Heckscheibenwischer	6
1.2.11	Heizbare Heckscheibe	6
1.2.12	Scheibenreinigungsanlage.....	6
1.2.13	Fensterheber	6
1.2.14	Sitzheizung	6
2	Vorgaben.....	7
2.1	Module-Chart	7
2.2	Kommunikationsmatrix.....	7
2.3	Top-Level-Activity-Charts.....	8
3	Gruppeneinteilung.....	9

1 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung beschäftigt sich mit Applikationen (Mikrocontroller-Systemen im Kraftfahrzeug (Kfz) – sie werden in den folgenden Abschnitten auch (Bus-)Knoten genannt), die über ein Bussystem (z.B. CAN-Bus) verbunden sind. Die Aufgabenstellung beschreibt exemplarisch ein Szenario von 3 Modulen, die

- über Sensoren Informationen aufnehmen
- die Sensorinformationen entsprechend der geforderten Funktionen verarbeiten und
- aufgrund der Verarbeitungsergebnisse entsprechende Aktuatoren steuern.

Die Module kontrollieren und beeinflussen im Wesentlichen das Beleuchtungssystem eines Kfz. Die Arbeitsweise der Steuergeräte ist durch ein Statemate-Modell nachzubilden und durch Simulation – unter Verwendung eines oder mehrerer Panels – zu verifizieren.

Die Laborarbeit wird in Gruppen zu 3 Teams durchgeführt (s. S. 9). Die einzelnen Teams realisieren jeweils eine Teilaufgabe und fügen ihre Lösung zur Gesamtlösung zusammen. Für die Abnahme dieser Übung ist das Funktionieren des Gesamtsystems relevant. Die Aufgabenstellung dieser Laborübung ist einer aktuellen Kursveranstaltung aus der Kfz-Industrie entnommen.

1.1 Beschreibung der Knoten

In den folgenden Abschnitten erfolgt eine kurze Beschreibung der Modul-Funktionen und eine Aufstellung der Sensoren und Aktuatoren, die an das jeweilige Modul angeschlossen sind.

1.1.1 Knoten 1: I-Tafel – Instrumententafel

Dieser Knoten liest die Bedienschalte im Schalterfeld ein und agiert mit topologisch benachbarten Aktuatoren.

Sensorik	
Lenkstockschalte:Blinken	aus, links, rechts
Lenkstockschalte:Lichthupe	aus, an
Lenkstockschalte:Fernlicht	aus, an
Scheibenwischer:	aus, Intervall, Stufe 1, Stufe 2
Scheibenwaschanlage:	aus, an
Lichtdrehchalte:	aus, Standlicht, Abblendlicht, Nebelscheinwerfer, Nebelschlußleuchte
Warnblinkschalte:	aus, an
Fensterheber Fahrer	aus, hoch, tief
Schalte Heckwischer:	aus, an
Taste Sitzheizung:	nicht betätigt, betätigt
Taste heizbare Heckscheibe:	nicht betätigt, betätigt
Aktuatorik	
Waschwasser-Kontrolleuchte:	aus, an
Warnblink-Kontrolleuchte:	aus, an
Wischermotor Wicklung 1:	aus, an
Wischermotor Wicklung 2:	aus, an
Fensterhebermotor	aus, Hochlauf, Tieflauf

Tabelle 1: Ein- und Ausgänge der Instrumententafel

Beim Lichtdreheschalter handelt es sich um einen speziellen Drehschalter, der nicht nur „gedreht“, sondern auch „gezogen“ werden kann. Er hat drei Drehstellungen (Aus, Standlicht, Abblendlicht). In der Stellung Stand- und Abblendlicht kann der Schalter auch herausgezogen werden (einmal ziehen: Nebelscheinwerfer werden eingeschaltet; zweimal ziehen: die Nebelschlußleuchte leuchtet auf). Wird bei gezogenem Schalter (z.B. bei aktiver Nebelschlußleuchte) der Schalter von Standlicht auf Aus gedreht, rasten auch die Nebelleuchten wieder aus.

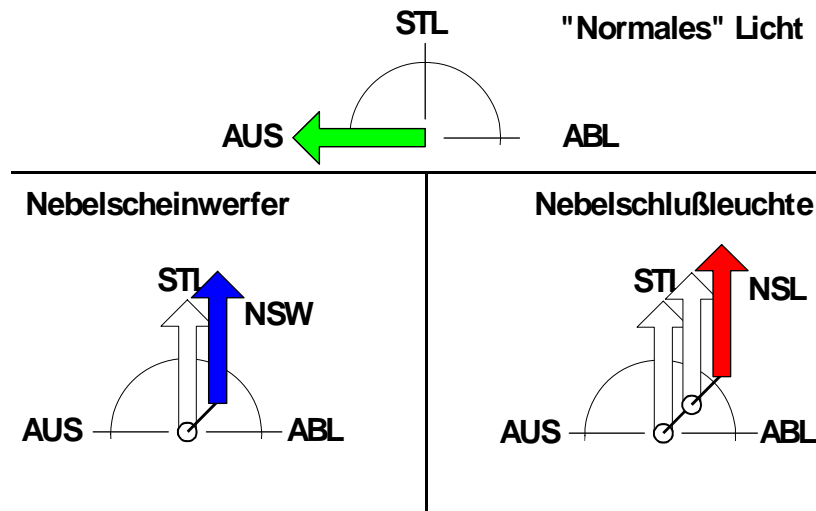


Abbildung 1: Lichtdreheschalter

Beim Blinkerschalter ist zu beachten, daß nicht direkt von „Blinken links“ auf „Blinken rechts“ geschaltet werden kann, sondern zuerst von „Blinken links“ auf „Aus“ und dann erst von „Aus“ auf „Blinken rechts“. Gleiches gilt auch für den Fensterheberschalter, Scheibenwischerschalter und für den Lichtdreheschalter. Dieses Verhalten sollte bei der Gestaltung Ihrer Simulation (Panel + Modell) berücksichtigt werden.

Dieses – oftmals mechanische – Verhalten wird sinnvollerweise mit Hilfe eines separaten Statecharts modelliert, welches bei der Simulation als „Testbench“ eingebunden wird. Hintergrund: Diese Funktionalität ist im Fahrzeug mechanisch „implementiert“ und sollte daher bei automatisch erzeugter Steuergeräte-Software nicht mit generiert werden.

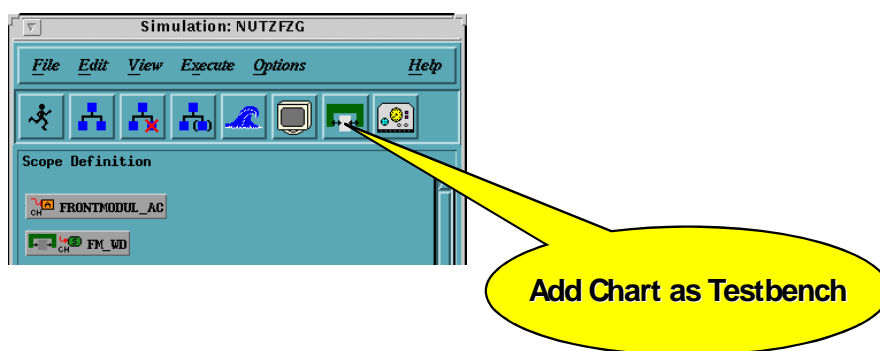


Abbildung 2: Einbinden eines Statecharts als Testbench (Watchdog) in ein Simulation-Profil

Diese Testbenches können nicht nur zur Nachbildung von Sensoren genutzt werden, sondern auch für die Aktoren, um das mechanische Verhalten der Scheibenwischer, Fensterheber und Waschwasserbehälter nachzubilden.

1.1.2 Knoten 2: Frontmodul

Dieses Modul ist für die Aktuatoren im Fahrzeugfrontbereich zuständig.

Sensorik	
Füllstandsschalter:	Wasserstand in Ordnung, zu niedrig
Lenkwinkel:	-100 (=links)...+100 (=rechts)
Aktuatorik	
Standlicht:	links aus, links an, rechts aus, rechts an
Abblendlicht:	links aus, links an, rechts aus, rechts an
Fernlicht:	links aus, links (u.U. gedimmt) an, rechts aus, rechts (u.U. gedimmt) an
Nebelscheinwerfer:	links aus, links an, rechts aus, rechts an
Blinker:	links aus, links an, rechts aus, rechts an
Waschpumpe:	aus, an
Sitzheizung:	aus, an

Tabelle 2: Ein- und Ausgänge des Frontmoduls

1.1.3 Knoten 3: Heckmodul

Dieses Modul ist für die Aktuatoren im Fahrzeugheckbereich zuständig.

Sensorik	
Aktuatorik	
Rücklicht	links aus, links an, rechts aus, rechts an
Kennzeichenleuchte	aus, an
Nebelschlussleuchte	aus, an
Blinker	links aus, links an, rechts aus, rechts an
Wischermotor:	aus, an
Heckscheibenheizung:	aus, an

Tabelle 3: Ein- und Ausgänge des Heckmoduls

1.2 Beschreibung der Funktionalitäten

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Funktionalitäten, in Anlehnung an ein Lastenheft, beschrieben.

1.2.1 Richtungsblinken

Wird der Lenkstockschalter nach oben bewegt, sollen die Lampen *Blinken rechts* in den Knoten 2 und 3 angesteuert werden. Fällt eine der Lampen aus, so übernimmt im Frontmodul die Lampe *Abblendlicht* und im Heckmodul die Lampe *Rücklicht* die Funktionsanzeige. Dabei erhöht sich die Blinkfrequenz von 1Hz auf 2Hz. Für die Wahl der korrekten Zeiten siehe Seite 8.

Wird der Lenkstockschalter nach unten bewegt, werden entsprechend die linken Lampen angesteuert.

1.2.2 Warnblinken

Wird der Warnblinkschalter betätigt, werden die Blinkerlampen (und ggf. die entsprechenden Ersatzlampen) mit denselben Frequenzen wie beim Richtungsblinken angesteuert.

1.2.3 Standlicht

Wird der Lichtschalter in Stellung *Standlicht* gedreht (siehe auch Hinweise in 1.1.1), werden im Frontmodul die Lampen für Standlicht, und im Heckmodul die Lampen für *Rücklicht* und *Kennzeichenbeleuchtung* angesteuert.

1.2.4 Abblendlicht

Wird der Lichtschalter im in Stellung *Abblendlicht* gedreht (siehe auch Hinweise in 1.1.1), werden im Frontmodul die Lampen für das Abblendlicht angesteuert. Beim Ausfall des Abblendlichts übernimmt das entsprechende Fernlicht mit einer Leistung von 70% diese Funktionalität.

1.2.5 Fernlicht und Lichthupe

Wird der Fernlichtschalter in Stellung *Ein* betätigt und ist wenigstens das Standlicht eingeschaltet, werden im Frontmodul die entsprechenden Scheinwerfer angesteuert, bis der Fernlichtschalter wieder in Ruhestellung gebracht wird.

Wird der Fernlichtschalter in Stellung *Lichthupe* bewegt, werden im Frontmodul die Scheinwerfer für die Dauer der Betätigung angesteuert.

1.2.6 Nebelscheinwerfer

Wird der Lichtschalter im in Stellung *Nebelscheinwerfer* betätigt (siehe auch Hinweise in 1.1.1), werden im Heckmodul die Lampen für die Nebelscheinwerfer angesteuert.

1.2.7 Abbiegelicht

Wenn das Abblendlicht eingeschaltet ist und zusätzlich eine Richtung geblinkt wird, wird der in der jeweiligen Fahrtrichtung befindliche Nebelscheinwerfer eingeschaltet. Ist die Einschaltbedingung nicht mehr erfüllt, wird nach 3 Sekunden der Nebelscheinwerfer wieder ausgeschaltet.

1.2.8 Nebelschlußleuchte

Wird der Lichtschalter im Knoten 1 in Stellung *Nebelschlußleuchte* betätigt (siehe auch Hinweise in 1.1.1), wird im Heckmodul die Lampe für die Nebelschlußleuchte angesteuert.

1.2.9 Scheibenwischer

Wird der Schalter für den Scheibenwischer in Stellung *Intervallwischen* gebracht, wird die erste Motorwicklung (Wicklung 1) folgendermaßen angesteuert: es wird sofort ein mal gewischt, dann ruht der Wischerarm für 3 Sekunden in der Ruheposition, bevor erneut ein mal gewischt wird.

Befindet sich der Schalter in der Stellung Stufe 1, wird durch Ansteuerung der ersten Motorwicklung kontinuierlich gewischt.

Befindet sich der Schalter in der Stellung Stufe 2, wird durch Ansteuerung der zweiten Motorwicklung (Wicklung 2) mit doppelter Geschwindigkeit gewischt.

Es ist zu beachten, daß der Wischermotor erst dann abgeschaltet wird, wenn der Wischerarm die Ruheposition erreicht hat.

1.2.10 Heckscheibenwischer

Wird der Schalter für den Heckwischer eingeschaltet, wird der Wischermotor des Heckwischers folgendermaßen angesteuert: es wird sofort ein mal gewischt, dann ruht der Wischerarm für 4 Sekunden in der Ruheposition, bevor erneut ein mal gewischt wird.

Es ist zu beachten, daß der Wischermotor erst dann abgeschaltet wird, wenn der Wischerarm die Ruheposition erreicht hat.

1.2.11 Heizbare Heckscheibe

Wird der Taster für die heizbare Heckscheibe betätigt, wird die Heckscheibenheizung im Heckmodul für 30 Sekunden aktiviert. Wird während dieser 30 Sekunden der Taster erneut betätigt, wird die Heizung abgeschaltet.

1.2.12 Scheibenreinigungsanlage

Wird der *Schalter für die Waschpumpe* betätigt, wird im Frontmodul der *Motor der Waschpumpe* für die Dauer der Schalter-Betätigung angesteuert. Zusätzlich wird der *Wischermotor 1* in der I-Tafel konstant bestromt (siehe 1.2.9).

Sinkt der Füllstand im Wasserbehälter unter einen bestimmten Wert, spricht der *Füllstandsschalter* im Frontmodul an und in der I-Tafel leuchtet die *Waschwasser-Kontrolleuchte* auf.

Dabei sollten Sie auch das „Verhalten“ des Wasserbehälters – ebenfalls in einem Testbench – nachbilden. Das heißt, daß der Wasserstand kontinuierlich abnimmt und bei Erreichen eines bestimmten Pegels, die Signalleuchte automatisch aufleuchtet.

1.2.13 Fensterheber

Wird der Fensterheberschalter in Richtung Tieflauf betätigt, wird der Fensterhebermotor derart angesteuert, daß sich die Glasscheibe nach unten bewegt, bis es tiefstmögliche Position erreicht hat oder der Taster wieder losgelassen wird. Wird der Taster in Richtung Hochlauf betätigt, erfolgt die Ansteuerung des Fensterhebermotors so, daß sich das Fenster aufwärts bewegt, bis es die oberste Position erreicht hat oder der Taster wieder losgelassen wird.

1.2.14 Sitzheizung

Wird der Taster der Sitzheizung erstmalig betätigt, wird die Sitzheizung für 20 Sekunden in Stufe 2 angesteuert. Danach wird die Leistung reduziert und in Stufe 1 weiter geheizt. Wird während der 20 Sekunden in Stufe 2 der Taster nochmals betätigt, wird auf Stufe 1 zurückgeschaltet. Wird in Stufe 1 der Taster betätigt, wird die Sitzheizung komplett abgeschaltet.

2 Vorgaben

Für einen schnelleren Einstieg in die Modellierung mit Statemate werden verschiedene Modellteile vorgegeben.

2.1 Module-Chart

Im Module-Chart *FAHRZEUG_MC* sind die 3 Knoten inklusive der zu- und abfließenden Informations-Flows eingezeichnet. In den Informations-Flows sind ferner alle Botschaften entsprechend der *Kommunikationsmatrix* (siehe Seite 7) eingetragen und als Conditions definiert. Außerdem sind im Data-Dictionary der jeweiligen Steuergeräte-Module unter dem Abschnitt *Described by Activity-Chart* die Namen der Top-Level-Activity-Charts der jeweiligen Steuergeräte eingetragen.

Knoten		Abkürzung im Text	Name Top-Level-Activity-Chart
1	I-Tafel	I_TAFEL	I_TAFEL_AC
2	Frontmodul	FRONT_M	FRONTMODUL_AC
3	Heckmodul	HECK_M	HECKMODUL_AC

Tabelle 4: Benennung der jeweiligen Top-Level-Activity-Charts

Das Module-Chart, welches die Fahrzeug-Topologie beschreibt und auch die Kommunikationsmatrix beinhaltet (s. Abschnitt 2.2), hat folgendes Aussehen:



Abbildung 3: Module-Chart *FAHRZEUG_MC*

2.2 Kommunikationsmatrix

Nachfolgend ist die *Kommunikationsmatrix* abgedruckt. Sie beschreibt, welches Steuergerät welche Botschaft sendet (s) und von welchen Knoten die Botschaft empfangen (e) wird. Diese Botschaften sind bei der Modellierung zu generieren bzw. einzulesen. Damit sollte nach Beendigung der Modellierung ein Zusammenspiel der verschiedenen Modellteile/Steuergeräte ohne weiteres möglich sein.

Signal	Beschreibung	I_TAFEL	FRONT_M	HECK_M
CAN_BLI_LI_EIN_C	Blinker links	s	e	e
CAN_BLI_RE_EIN_C	Blinker rechts	s	e	e
CAN_STL_EIN_C	Standlicht	s	e	e
CAN_ABL_EIN_C	Abblendlicht	s	e	
CAN_NSL_EIN_C	Nebelschlußleuchte	s		e
CAN_NSW_EIN_C	Nebelscheinwerfer	s	e	
CAN_FL_EIN_C	Fernlicht	s	e	

CAN_LH_EIN_C	Lichthupe	s	e	
--------------	-----------	---	---	--

Tabelle 5: Kommunikationsmatrix

Sollte Ihre Modellierung es erfordern, neue Signale einzuführen, die an andere Module zu senden sind, könne Sie dies gerne tun. Dabei sollten Sie sich an den Vorgaben in der Mini-Spec des BUS_INTERFACE orientieren:

Zum **Senden** eines Signals:

```
tr(IHR_SIGNAL)/tr!(CAN_IHR_SIGNAL)
fs(IHR_SIGNAL)/fs!(CAN_IHR_SIGNAL)
```

Zum **Empfangen** eines Signals:

```
tr(CAN_IHR_SIGNAL)/tr!(IHR_SIGNAL)
fs(CAN_IHR_SIGNAL)/fs!(IHR_SIGNAL)
```

2.3 Top-Level-Activity-Charts

Außer der Kommunikationsmatrix wird auch noch das Top-Level-Activity-Chart jedes Knotens vorgegeben. In diesem Activity-Chart sind die System-Ein- und Ausgänge eingetragen. Diese Variablen sind über Bindings im Panel-Editor an die verschiedenen Interaktionselemente zu knüpfen.

Außerdem ist im Top-Level-Activity-Chart die Umsetzung der *globalen Variablen* (Präfix CAN_), die im Module-Chart definiert sind (siehe 2.1), auf *lokale Variablen* vorgegeben. Diese Umsetzung findet innerhalb der Basic-Activity BUS_INTERFACE statt.

Damit eine reibungsfreie Simulation ermöglicht wird, sind sowohl die Namen der Variablen von/zu den externen Aktivitäten, als auch diejenigen Variablen, die in den Basic-Activities BUS_INTERFACE verwendet werden, zu übernehmen. Dabei sind bei der Modellierung der Funktionalitäten ausschließlich diejenigen Variablen zu verwenden, die **nicht** den Präfix CAN_ tragen.

Das Top-Level-Activity-Chart I_TAFEL_AC für den Knoten 1 (Instrumententafel) I_TAFEL sieht z.B. folgendermaßen aus:

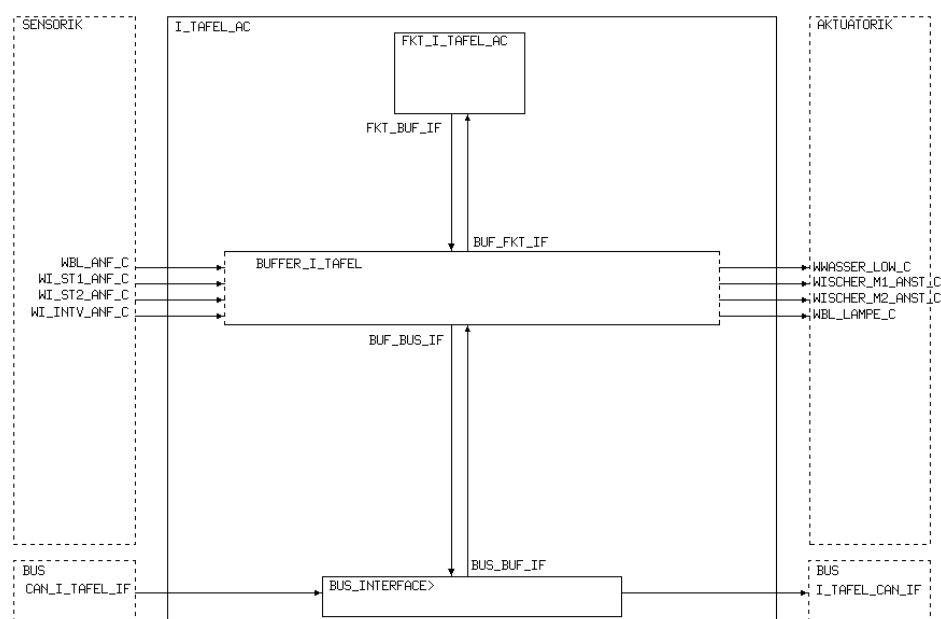


Abbildung 4: Top-Level-Activity-Chart der Instrumententafel *I_TAFEL_AC*

Die Top-Level-Activity-Charts der beiden anderen Knoten sind ebenfalls vorgegeben und müssen ggf. nur noch abgewandelt werden.

3 Gruppeneinteilung

Die Gesamtaufgabe wird in 3 Subaufgaben aufgeteilt. Jede Subaufgabe wird von einem Team, bestehend aus 1 bis 3 Mitgliedern, bearbeitet.

Team 1 **Frontmodul**

Team 2 **Heckmodul**

Team 3 **I-Tafel**