

QUALITÄTSSICHERUNG IM LINGUATRONIC ENTWICKLUNGSPROZESS – MODELLBASIERTES TESTEN AUF BASIS FORMALER BESCHREIBUNG VON SPRACHDIALOGSYSTEMEN

Lars Lütze, Dr. Steffen Werner

Daimler AG

Lars.Luetze@daimler.com

Abstract: Moderne Infotainmentsysteme finden sich nicht mehr nur in Oberklassefahrzeugen, sondern auch in Fahrzeugen der Mittel- und Kompaktklasse. Um Sicherheit und Komfort bei der Bedienung implementierter Funktionen zu erhöhen, sind Sprachdialogsysteme von großem Wert und mittlerweile ein marken- und wertbestimmender Faktor.

Um die Weiterentwicklung von Sprachdialogsystemen im automobilen Umfeld voranzutreiben und die Qualität künftiger Dialogsysteme sicherzustellen, ist der Einsatz von modellbasierten Entwicklungs- & Testprozessen ein wichtiger Schritt. Die Modellierung des Sprachdialogsystems ist hierbei Ausgangspunkt und zentrales Element, wobei aus Gründen der besseren Lesbarkeit die Nutzung von Ablaufdiagrammen oft bevorzugt wird. Es zeigt sich aber, dass durch die gegenwärtigen zentralen Herausforderungen – wie kurze Entwicklungszyklen, eine steigende Funktionsdichte, hohe Variantenvielfalt und globale Märkte – eine Modellierung in Zustandsdiagrammen immer mehr in den Fokus rückt.

Um die Testfallgenerierung im Rahmen des modellbasierten Testprozesses umsetzen zu können, ist es sinnvoll, kommerzielle Tools einzusetzen, welche meist UML-konforme Zustandsdiagramme als Basis voraussetzen. Des Weiteren zeigt sich, dass die zukünftige Entwicklung, hin zu einem natürlichen Sprachdialog mit freien Benutzereingaben, eine Modellierung in Zustandsdiagrammen verlangt. Möchte man die Vorteile des modellbasierten Testprozesses nutzen, kann ein Ablaufdiagramm zwar ausreichend sein, unter Berücksichtigung der aufgeführten Rahmenbedingungen, ist der Einsatz von Zustandsdiagrammen jedoch zu bevorzugen.

1 Einführung

Moderne Telematik-Geräte haben mittlerweile einen wertbestimmenden und markenspezifischen Rang im Automobil erobert. Die Funktionsdichte der Systeme erhöht sich dabei mit jedem Entwicklungszyklus. Das Aufgabenspektrum reicht dabei vom Wiedergeben verschiedenster Inhalte (gespeichert, Broadcast, On-Demand, etc.) über die Bereitstellung von unterschiedlichen Informationen (zum Fahrzeug, zur Position, zum Umfeld, etc.) bis hin zur Kommunikation mit anderen Menschen, Fahrzeugen, und/oder Diensteanbietern. Auch immer mehr Fahrer-Assistenzfunktionen werden mit der Telematik verknüpft, sei es zur Zustandserkennung, über die Fahrerwarnung bis hin zur reinen Informationsbereitstellung. [1]

Durch Vergrößerung von Funktionsumfängen muss der Bedienkomfort, aber auch die Bediensicherheit stetig verbessert werden. Verschiedene Eingabemodalitäten wie Tasten oder Sprachkommandos führen zu optischen – und/oder akustischen Rückmeldungen. Sowohl die Eingaben als auch die Ausgaben sollten den Fahrer dabei nicht zusätzlich vom Verkehrsgeschehen ablenken und ihm die gewünschte Funktion schnell und benutzerfreundlich zur Verfügung stellen.

Sprachdialogsysteme erweitern die Ein- und Ausgabemöglichkeiten und können sowohl den Bedienkomfort als auch die Bediensicherheit erhöhen. Dabei stellen sie sich den gleichen Entwicklungs Herausforderungen wie andere Fahrzeugfunktionen. Zentrale Faktoren sind hier kurze Entwicklungszyklen, steigende Funktionsdichte, hohe Variantenvielfalt und globale Märkte.

Um die Weiterentwicklung von Sprachdialogsystemen in diesem Umfeld voranzutreiben und die Qualität künftiger Dialogsysteme sicherzustellen, ist der Einsatz von neuen Prozessen und Methoden notwendig.

2 Entwicklung des Sprachdialogsystems im Kfz

Das erste Infotainmentsystem (welches den Namen auch verdient hatte) wurde im Jahr 1998 von Daimler in der S-Klasse eingebaut und verkauft. Mit dieser ersten Telematikgeneration konnten vor allem Telefon-, Audio-, Navigation und Systemfunktionen bedient werden. Im Vergleich zu heutigen Systemen war die Funktionalität aber eher übersichtlich, da in der Summe nur gut 100 Funktionen zur Verfügung standen.

Die Möglichkeit der Sprachbedienung war ab dem Jahr 2004, zwei Systemgenerationen später, zu erwerben. In diesem System standen dem Fahrer über 180 Funktionen zur Verfügung. Einige der Funktionen bedienbar mittels 129 möglichen Spracheingaben.

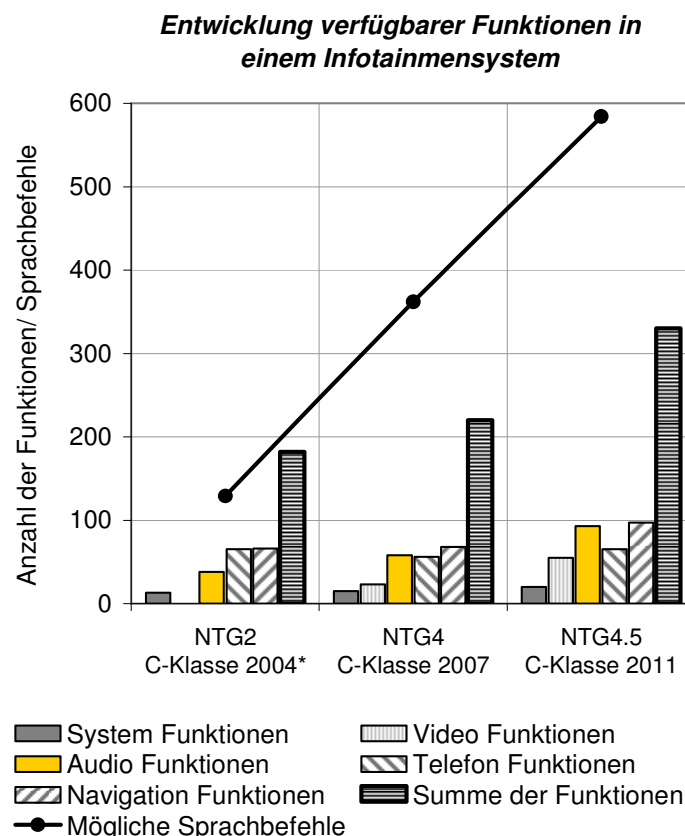


Abbildung 1 - Entwicklung der Funktionalität eines Infotainmentsystems

Wie in *Abbildung 1* deutlich wird, haben sich bis heute die zur Verfügung stehenden Funktionen fast verdoppelt. Insbesondere hat sich die Möglichkeit zur Sprachbedienung weiterentwickelt. Seit 2004 haben sich die möglichen Spracheingaben mehr als vervierfacht. Audio-, Video-, Navigation- und Telefonapplikation lassen sich heute über das Sprachdialogsystem steuern.

Es ist zu erwarten, dass sich dieser Trend fortsetzt und, bei immer größeren

Systemressourcen, auch die Funktionalität und Komplexität des Sprachdialogsystems weiter steigt.

Diese Entwicklung geht einher mit einer zunehmenden Variantenvielfalt, getrieben durch die Notwendigkeit, neue Märkte und Kunden für kommende Produkte zu gewinnen.

Unter Rücksichtnahme der zur Verfügung stehenden Ressourcen wird schnell deutlich, dass sich die Entwicklung im klassischen Spannungsfeld zwischen Qualität, Kosten und Zeit bewegt („Magisches Dreieck“, siehe *Abbildung 2*). Die aufgezeigte Entwicklung verlangt in der Qualitätssicherung der Sprachbedienung immer höhere, zeitintensive Aktivitäten. Diese Aktivitäten führen zwangsläufig auch zu höheren Kosten. Die Entwicklungszeiten in der Automobilindustrie haben sich in den vergangenen Jahrzehnten jedoch eher verkürzt und der Kostendruck hat sich verschärft, wodurch sich das Spannungsfeld zuspitzt.

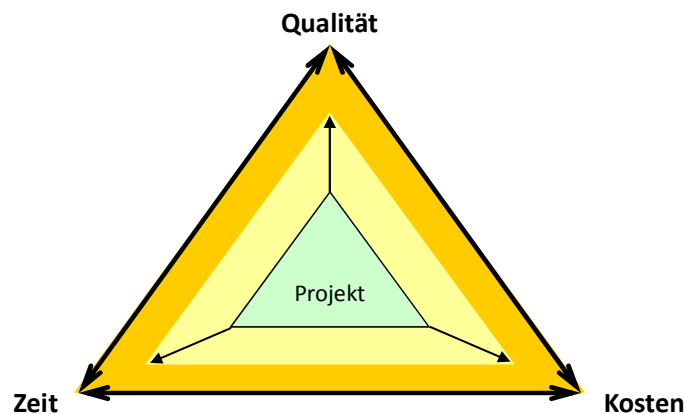


Abbildung 2 – Spannungsfeld „Qualität-Zeit-Kosten“

Aus diesen Gründen ist es notwendig, sich neuen Prozessen und Methoden zuzuwenden, welche die Entwicklung und Qualitätsabsicherung von Sprachdialogsystemen im aktuellen Spannungsfeld und in der Zukunft sicherstellen. Eine aussichtsreiche Möglichkeit ist die Implementierung eines modellbasierten Testprozesses.

3 Sprachdialogsysteme im modellbasierten Testprozess

Im Rahmen des modellbasierten Testprozesses wird aus der Systemspezifikation ein formales Modell des Sprachdialogsystems erstellt. Durch die Modellierung kann eine automatische Testfallgenerierung ermöglicht werden. Dieser Prozessschritt unterscheidet den modellbasierten Test von automatischen und manuellen Testprozessen (siehe *Abbildung 3*).

Der Vorteil liegt unter anderem darin, dass Testfälle gezielt, in kurzer Zeit mit einem definierbaren Abdeckungsgrad generiert werden können. Zwar werden Ressourcen investiert, um das Modell zu erstellen, die ressourcenintensive und fehleranfällige manuelle Testfallerstellung entfällt jedoch.

Nach [2] kann gegebenenfalls auch die Systembeschreibung (Spezifikation) selbst als formales Modell erstellt werden und als „Systemmodell“ Grundlage der Testfallgenerierung sein. Allerdings zeigt die Praxis, dass durch die Erstellung eines separaten Testmodells auch die Spezifikation implizit einer Qualitätsprüfung unterzogen wird und Fehler identifiziert werden, die ohne Modellerstellung nicht entdeckt würden [3].

Zentrales Element des modellbasierten Testprozesses ist die Modellierung des Systems. Um die Vorteile des modellbasierten Testprozesses in der Entwicklung einer Sprachbedienung für Infotainmentanwendungen zu nutzen ist das verwendete Dialogsystem zu modellieren.

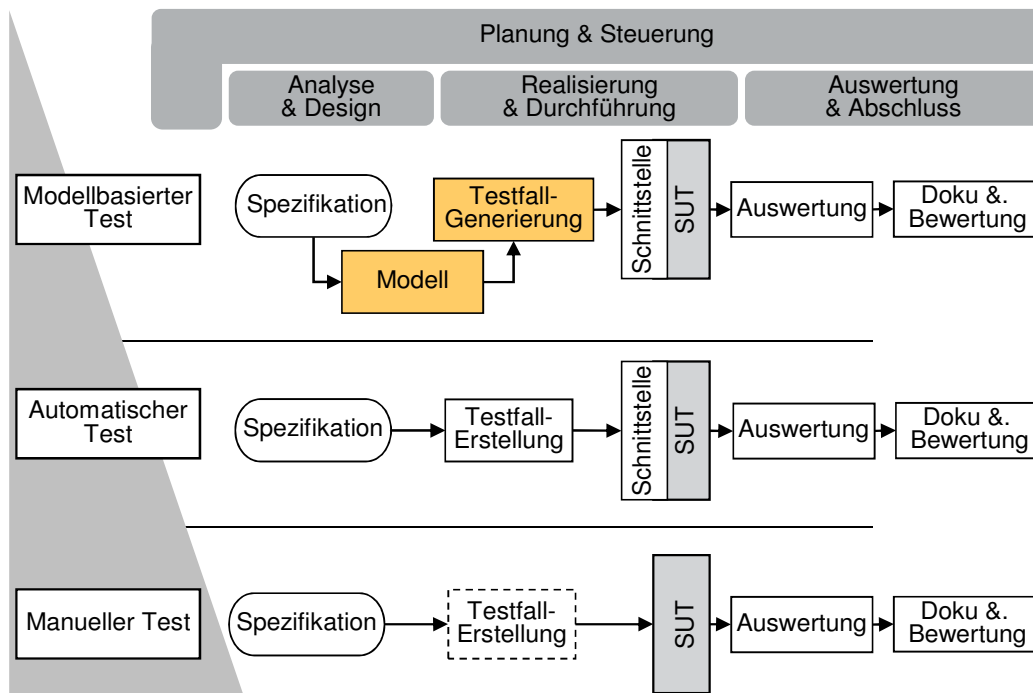


Abbildung 3 - Gegenüberstellung des manuellen, automatisierten & modellbasierten Testprozesses

4 Syntax zur Modellierung eines Sprachdialogsystems

Um ein Sprachdialogsystem formal zu beschreiben ist es notwendig die verschiedenen Aktivitäten des Dialogs durch definierte Elemente zu beschreiben. Sie lassen sich in folgende Kategorien einteilen:

Benutzeraktionen:

- Haptische Aktivierung des Sprachdialogsystems
- Spracheingaben

Systemreaktionen:

- Akustische Rückmeldung durch Sprachausgaben.
- Optische Rückmeldung durch Textausgabe
- Systemaktivität im Hintergrund, ohne optische oder akustische Rückmeldung

Formale Modellelemente zur Beschreibung des Dialogablaufs:

- Startpunkt und Endpunkt
- Variablen mit Zuweisung von Werten
- Dialogverzweigungen mit Abfrage von Zuweisungen oder Systemzuständen.
- Vorbedingungen (Preconditions)

Formale Modellelemente sind notwendig um den Dialogablauf vollständig darstellen zu können. Variablen sind einzuführen, welche bestimmte Werte annehmen können. An Verzweigungen im Dialog können so Bedingungen gesetzt werden, die das Durchlaufen eines bestimmten Dialogpfades, abhängig vom gesetzten Wert, ermöglichen oder blockieren. Ebenfalls zu modellieren sind bestimmte Vorbedingungen, welche ggf. Voraussetzung für das Durchlaufen eines Dialogpfades sind (z. B. muss ein Telefon am System angeschlossen sein, möchte man den Sprachdialog der Telefonapplikation bedienen).

Sowohl Ablaufdiagramme als auch Zustandsdiagramme können zur Modellierung des Dialogablaufs mit den beschriebenen Elementen verwendet werden. **Ablaufdiagramme** beschreiben Systemverhalten als eine Folge von voneinander klar abgegrenzten Aktivitäten. Erst wenn eine Aktivität endet, startet die nächste. Ablaufdiagramme eignen sich gut zur Beschreibung von statischen Systemen, deren Verhalten kaum durch Ereignisse und Bedingungen beeinflusst wird. **Zustandsdiagramme** beschreiben weniger die Reihenfolge von Aktivitäten, sondern das Systemverhalten, welches von verschiedenen auf das System einwirkenden Ereignissen und Bedingungen abhängt. Befindet sich das System in einem Zustand, ist es in diesem stabil und verlässt diesen erst durch externe Stimuli.

Sprachdialogsysteme zur Bedienung von Infotainmentsystemen im Kraftfahrzeug sind bedienfreundlich gestaltet und die Dialogführung einfach, um den Fahrer nicht von der eigentlichen Fahraufgabe abzulenken. Die Dialoge sind sequenziell und bevorzugt von geringer Tiefe. Im Rahmen dieser Voraussetzungen kann ein Ablaufdiagramm den Sprachdialog sehr gut beschreiben. *Abbildung 4* zeigt beispielhaft wie die beschriebenen Elemente Anwendung finden.

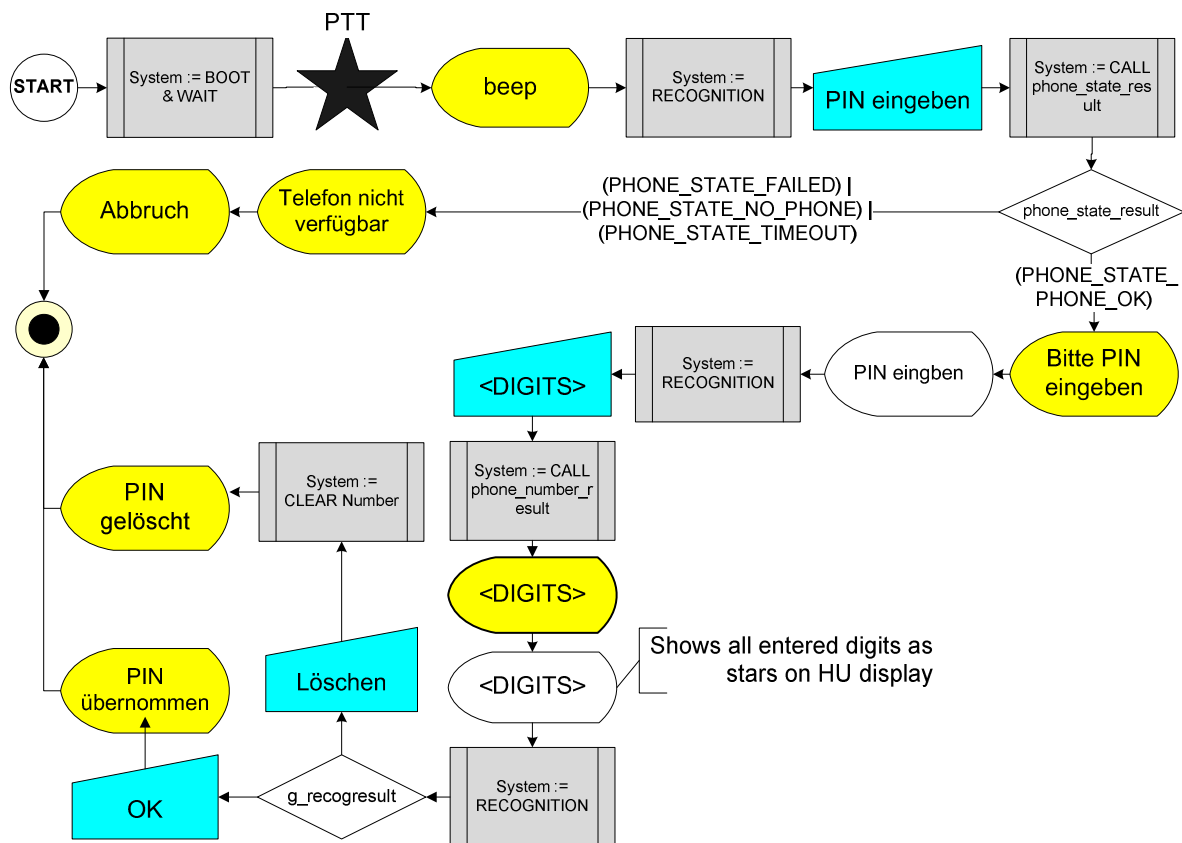


Abbildung 4 - Ablaufdiagramm eines Sprachdialogsystems

Neben dieser Darstellung im Ablaufdiagramm, kann ein Sprachdialogsystem auch als Zustandsdiagramm dargestellt werden, da es auch als reaktives System zu verstehen ist, dessen Verhalten ausschließlich durch externe Stimuli beeinflusst wird. Ohne Nutzeraktion folgt keine Systemreaktion. Um das Sprachdialogsystem eines Infotainmentsystems nach den beschriebenen Anforderungen zu modellieren ist es zunächst notwendig, Zustände und Ereignisse im Sprachdialog zu identifizieren. Eine Analyse zeigt, dass Sprachausgaben des Dialogsystems und der Wartezustand des Systems (warten auf eine Äußerung des Benutzers) als Zustände modellierbar sind. Die notwendigen Stimuli, um einen Systemzustand zu verlassen, sind die Sprachkommandos des Benutzers und dessen sensomotorische Aktionen (drücken des Buttons zur Sprachbedienung).

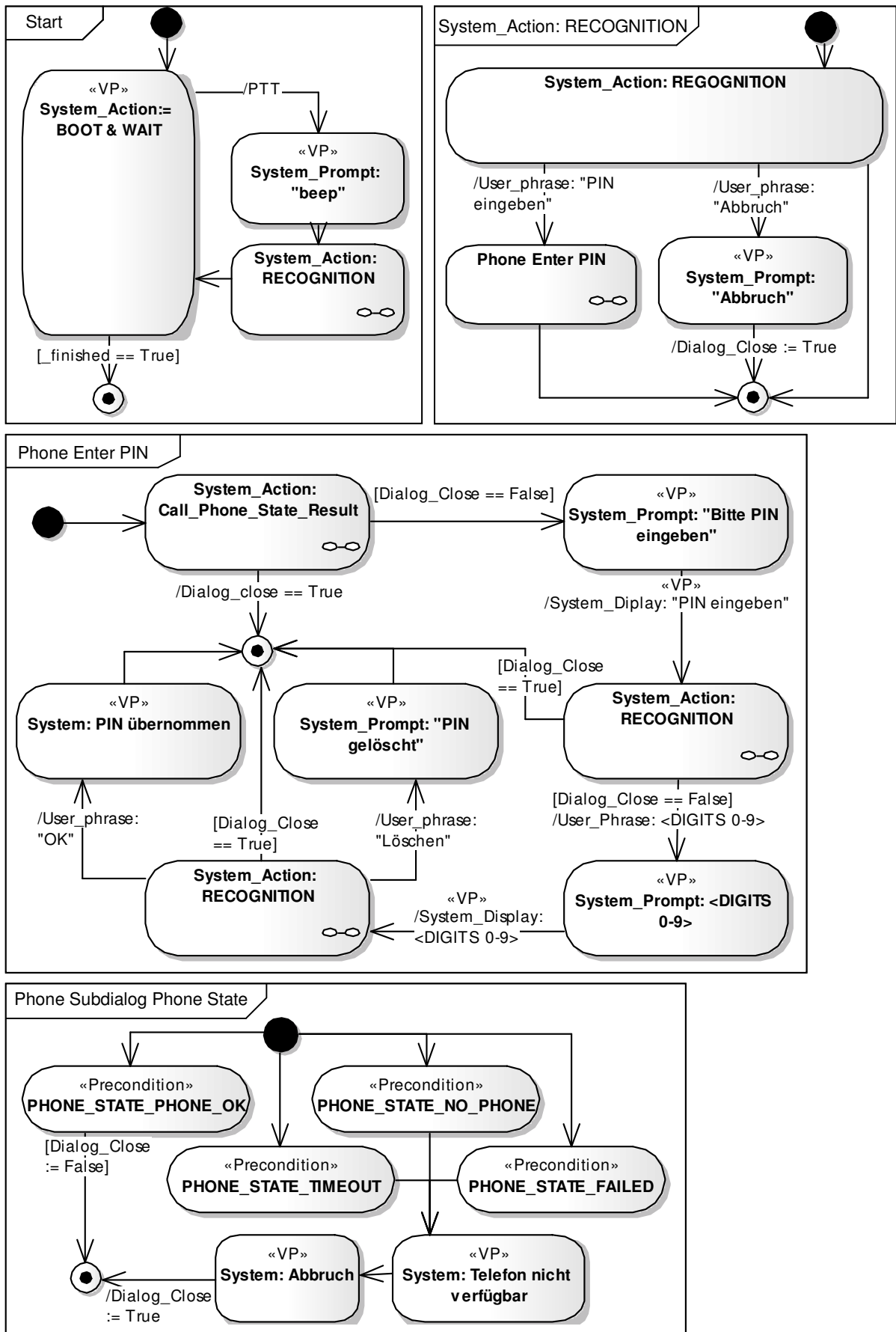


Abbildung 5 - Zustandsdiagramm eines Sprachdialogsystems

Abbildung 5 zeigt beispielhaft den Dialog aus *Abbildung 4* als Zustandsdiagramm. Sowohl Ablauf- als auch Zustandsdiagramm haben Vor- und Nachteile in der Beschreibung von Sprachdialogen. Der sequenzielle Aufbau des Sprachdialogs, indem auf eine Nutzeraktion immer eine Systemreaktion folgt bevor die nächste Nutzeraktion möglich ist legt die Nutzung von Ablaufdiagrammen nahe. Die Verzweigungen im Dialog sind überschaubar und die Lesbarkeit der Diagramme höher als die in Zustandsdiagrammen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass in der Vergangenheit oft Ablaufdiagramme zur Beschreibung der Sprachdialoge eingesetzt wurden. Es ist jedoch fraglich, ob diese Darstellungsweise auch in der fortschreitenden und zukünftigen Entwicklung von Dialogsystemen den teilweise neuen Anforderungen gerecht werden kann.

In Zustandsdiagrammen ist es einfacher möglich, eine modularisierte Darstellung umzusetzen. Wiederkehrende Dialogabläufe werden einmalig modelliert und können wiederverwendet werden (z.B. „Ja/Nein“ abfragen). Dies kann den Modellierungsaufwand erheblich reduzieren.

Dabei ist es möglich, eine UML konforme Darstellung zu verwenden. Diese Form der Darstellung ist von großem Vorteil, möchte man dem modellbasierten Testprozess umsetzen. Die Mehrheit der kommerziellen Testfallgeneratoren nutzt UML konforme Zustandsdiagramme als Basis für die Testfallgenerierung, einige wenige können auch Ablaufdiagramme nutzen. Die Anwendung eines Testfallgenerators ist notwendig um die Vorteile des modernisierten Testprozesses nutzen zu können. Die Entwicklung eigener Algorithmen zur Testfallgenerierung aus erstellten Modellen ist meist wenig effizient. Es ist zu empfehlen vorhandene Tools zu verwenden und das Modell an die Anforderungen des Testfallgenerators, oder den Testfallgenerator an die Syntax der Modellierung anzupassen.

Des Weiteren ist zu erwarten, dass sich Dialogkonzepte mittel- und langfristig dahingehend entwickeln, dass dem Benutzer freie Eingaben erlaubt sind. Hierdurch würde die Natürlichkeit der Sprachkommunikation erhöht werden. Die Möglichkeit, dass zu jedem Zeitpunkt im Dialog nahezu jedes Sprachkommando möglich ist, Eingabefolgen (wie zum Beispiel bei der Zieleingabe) in beliebiger Reihenfolge stattfinden würden und der Benutzer bereits während einer Systemreaktion die nächste Systemeingabe tätigt, hat deutliche Auswirkung auf die notwendige Modellierung. Die Dialoge sind sehr viel stärker verzweigt und weniger sequenziell, sondern teilweise parallel. Diese Randbedingungen machen eine Modellierung innerhalb eines Ablaufdiagramms nahezu unmöglich. Dies zeigt sich bereits beispielhaft in *Abbildung 3 & 4*. Während im Zustandsdiagramm die Möglichkeit zum Abbruch des Dialogs in jedem Dialogschritt modelliert ist, war dies im Ablaufdiagramm aufgrund der aufwändigeren Erweiterungen und zur Erhaltung der Lesbarkeit nicht möglich.

5 Fazit und Ausblick

Es zeigt sich, dass grundsätzlich Ablaufdiagramme als auch Zustandsdiagramme für die formale Modellierung des Sprachdialogsystems eines Kfz in Frage kommen. Es wird jedoch auch deutlich, dass Zustandsdiagramme einige Vorteile gegenüber der Darstellung im Ablaufdiagramm aufweisen. Möchte man die Herausforderungen der Gegenwart, welche insbesondere durch eine hohe Variantenvielfalt, Funktionsdichte und kurze Entwicklungszyklen geprägt sind bewältigen, ist die Umsetzung des modellbasierten Testprozesses sinnvoll. Das Nutzen kommerzieller Testfallgeneratoren macht eine UML konforme Modellierung des Sprachdialogsystems notwendig. Die Nutzung von Zustandsdiagrammen ist zu empfehlen. Zwar gibt es die Möglichkeit, Testfallgeneratoren zu nutzen, die auch aus Ablaufdiagrammen Testfälle generieren können, die meisten Tools unterstützen jedoch ausschließlich die Generierung aus Zustandsdiagrammen. Im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung von Sprachdialogsystemen, hin zu freien Nutzereingaben, wird

die Modellierung und Darstellung von Sprachdialogsystemen in Zustandsdiagrammen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Notwendigkeit. Es kann gezeigt werden, dass die Modellierung des Dialogsystems im Kraftfahrzeug als Zustandsdiagramm möglich ist, und somit auch die Umsetzung des modellbasierten Testprozesses realisiert werden kann. Die Herausforderungen der Gegenwart und Zukunft in der Entwicklung von Sprachdialogsystemen können auf diese Weise entschärft und bewältigt werden.

Literatur

- [1] Ansgar Meroth, Boris Tolg: "Infotainmentsysteme im Kraftfahrzeug" Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008. ISBN 978-3-8348-0285-9
- [2] Mark Utting, Alexander Pretschner, Bruno Legeard: "A Taxonomy of Model-Based Testing" – Working Paper 04/2006 in Working Paper Series ISSN 1170-487X
- [3] Thomas Roßner, Christian Brandes, Helmut Götz, Mario Winter: „Basiswissen Modellbasierter Test“ dpunkt.verlag 2010, ISBN 978-3-89864-589-8