

Spezifikation multimodaler Interaktionsanwendungen mit UML

Marcel Dausend¹, Mark Poguntke²

¹Universität Ulm, Institut für Programmiermethodik und Compilerbau

²Daimler AG, Infotainment, Telematik und Innenraum-E/E, Forschungszentrum Ulm

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird eine Spezifikationsmethode für multimodale Interaktionsanwendungen auf Basis von UML vorgestellt. UML-Zustandsdiagramme werden dabei um Stereotypen erweitert, die bestimmte modalitätsbezogene Aspekte abbilden. Die einzelnen Interaktionen in verschiedenen Modalitäten werden separat modelliert und über ein gemeinsames Systemmodell synchronisiert. Die Tauglichkeit und Benutzerfreundlichkeit des Ansatzes wurde in einer Expertenbefragung evaluiert und bestätigt. Dabei wurden Potenziale und Probleme analysiert, um den Ansatz gezielt weiterzuentwickeln und zu verbessern.

1 Einleitung

Multimodalität kann in interaktiven Systemen genutzt werden, um Anwendungen einfacher bedienbar zu machen. Insbesondere für automobiler Infotainmentanwendungen wird häufig neben der grafisch-haptischen Bedienung eine Sprachbedienung angeboten, um die Ablenkung von der Primäraufgabe, dem Fahren des Fahrzeugs, zu reduzieren.

Die Einführung weiterer Modalitäten und deren Verknüpfung zu neuen Bedienkonzepten führen zu größerem Entwicklungsaufwand. Um den Entwicklungsprozess effektiver zu gestalten, wird eine Spezifikationsmethode benötigt, die mehrere Modalitäten und deren Kombination ermöglicht. In dieser Arbeit geben wir eine Antwort auf folgende Forschungsfrage:

„Wie kann eine benutzerfreundliche Methode für die Spezifikation multimodaler Interaktion erreicht werden?“

Wir stellen dafür eine Spezifikationsmethode vor, die durch eine Evaluierung mit Experten abgesichert wird. Anhand der Ergebnisse kann die Methode gezielt weiterentwickelt und verbessert werden.

2 Modellierung von Interaktionsanwendungen

2.1 Hintergrund

Es existieren etliche grafische Modellierungssprachen und Werkzeuge zur Beschreibung von Benutzerschnittstellen. Beachtete Ansätze sind Concur Task Trees (CTT) (Paternò et al. 1997) und die User Interface eXtensible Markup Language (UsiXML) (Vanderdonckt et al. 2004). Die Stärke von CTT liegt in der Modellierung der Aufgabendomäne. UsiXML beschreibt einen umfassenden Modellierungsansatz, der ausgehend von einem abstrakten Modell durch die Definition von Kontexten und Transformationen sowie deren Anwendung zu einem konkreten Modell führt. Die Domäne der Softwaretechnik stellt für den Entwurf von Softwaresystemen die Unified Modeling Language (UML) bereit (O.M.G. 2007). Eine detaillierte Analyse und Bewertung hinsichtlich ihrer Eignung zur Modellierung von Benutzerschnittstellen liefert de Melo (2010). Er vergleicht UML mit anderen Ansätzen wie CTT und UsiXML hinsichtlich der Eigenschaften Erweiterbarkeit um Modalitäten, Angemessenheit, Verständlichkeit, Ausdruckstärke, Universalität, Werkzeugunterstützung und Verbreitung. UML bietet dabei insgesamt die meisten Vorzüge. Es existieren bereits einige Ansätze, die UML zur Benutzerschnittstellenmodellierung nutzen (Nobrega et al. 2006, Paternò et al. 2001, Nunes & Falcão 2000), allerdings wird Multimodalität dabei nicht umfangreich berücksichtigt.

UML ist seit 2001 standardisiert und hat sich in der Praxis der Softwaretechnik bewährt. Darüber hinaus bietet UML Profile und Stereotypen als Erweiterungsmöglichkeit und unterstützt die Modellierung der Dialoge durch Verfeinerung, um diese modalitätsspezifisch optimal anpassen zu können. Im Gegensatz zu bisherigen Ansätzen beschreiben wir einen konkreten Ansatz zur Modellierung multimodaler interaktiver Systeme mit UML.

2.2 Multimodalität mit UML

Zur Spezifikation interaktiver multimodaler Systeme können UML-Konzepte, -Profile und -Stereotypen verwendet werden, um beispielsweise UML-Zustandsdiagramme zu erweitern. Dazu wurde von Dausend (2009) ein Profil definiert, welches die drei Stereotypen «GUI», «Prompt» und «Grammar» beinhaltet, die in Abbildung 1 dargestellt sind.

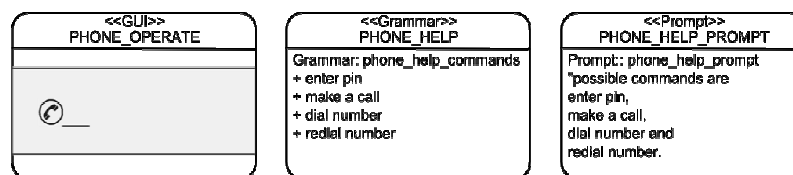


Abbildung 1: Stereotypen (von links) zur Integration grafischer Elemente («GUI»), von Sprachvokabular («Grammar») in UML-Zustände und von Systemäußerungen («Prompt»).

Ein Zustand kann durch einen oder mehrere dieser Stereotypen erweitert werden. Um jegliche Unklarheit bezüglich der Verwendung der Stereotypen zu vermeiden, wurde basierend auf der formalen Semantik für Zustandsautomaten von Kohlmeyer (2009) eine Semantik des Verhaltens der Stereotypen definiert.

Zur Modellierung von Multimodalität auf Basis von UML wurden in einer internen Studie zwei grundsätzliche Ansätze untersucht: Zum einen die abstrakte Modellierung der Dialoge mit integrierter Verwendung der sprachlichen und grafisch-haptischen Modalitäten. Zum anderen die getrennte Modellierung der Modalitäten unter Verwendung eines zusätzlichen Systemmodells zur Synchronisation. Letztere Methode wird favorisiert: Die Modellierung folgt dem Achitekturmuster Model-View-Controller, so dass das Systemmodell (*Model*), die einzelnen Modalitäten (*Controller*) und deren Systemrepräsentation (*View*) voneinander entkoppelt sind. Diese Modellierungsmethode führt teilweise zu Redundanz zwischen den Dialogen der Modalitäten, solange diese demselben abstrakten Dialog folgen. Sie ermöglicht jedoch eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Erweiterbarkeit sowohl von Funktionen als auch Modalitäten. In Abbildung 2 wird die Struktur der Modellierungsmethode visualisiert.

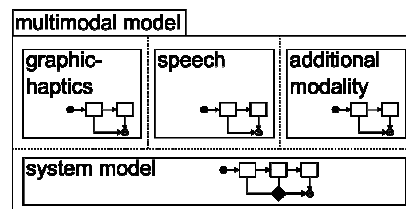


Abbildung 2: Die Struktur des multimodalen UML-Modells. Die einzelnen Modalitäten werden unabhängig voneinander in eigenen Modellen spezifiziert und über das Systemmodell synchronisiert.

2.3 Beispiel: Multimodale PIN-Eingabe im Fahrzeug

Im Folgenden wird die Freischaltung eines Mobiltelefons per PIN-Eingabe über die Benutzerschnittstelle des Fahrzeugs modelliert. Aus Systemsicht kann dieses Beispiel folgendermaßen zusammengefasst werden: 1. Ein Telefon wird eingesteckt, 2. Das System erwartet die Eingabe der PIN, 3. Die eingegebene PIN wird geprüft, 4. Das Telefon ist aktiv. Aus Sicht des Anwenders soll die PIN sowohl mit dem Nummernblock im Fahrzeug als auch per Sprache eingegeben werden können. So ist es denkbar, dass zunächst zwei Ziffern über den Nummernblock eingegeben werden und die fehlenden zwei Ziffern per Sprache, weil sich die Fahrsituation geändert hat und der Fahrer beide Hände am Lenkrad behalten möchte.

Das multimodale Modell wird, wie in Abbildung 2, in parallele Regionen für die Modalitäten und das Systemmodell gegliedert. Das Systemmodell in Abbildung 3 enthält alle Systemzustände, Übergänge und Ereignisse, die für die Benutzerschnittstelle im Falle der PIN-Eingabe relevant sind. Der Zustandsübergang in den Zustand `PHONE_CHECK_PIN` reagiert auf das Ereignis `SYNC_PHONE_CHECK_PIN`. Ist die PIN korrekt, kann das Diagramm verlassen werden und der Systemzustand `PHONE_ACTIVE` betreten werden.

In Abbildung 4 sind die Bildschirmabfolge zur multimodalen PIN-Eingabe sowie die Modelle für die grafisch-haptische Bedienung und die Sprachbedienung dargestellt. Die grafisch-haptische Modalität beinhaltet die Zustände ENTER_PIN und CHECKING_PIN, die durch den Stereotyp «GUI» erweitert sind. Die mit den Zuständen verknüpften Bildschirminhalte werden beim Betreten der Zustände dargestellt.

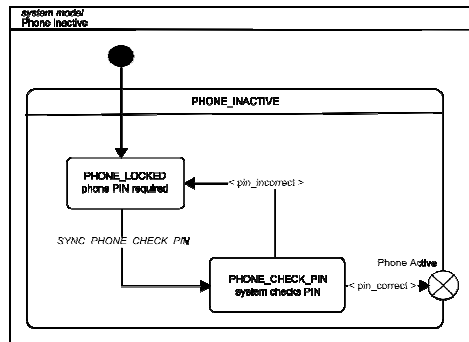


Abbildung 3: Ausschnitt des relevanten Teils des Systemmodells, der zur PIN-Eingabe benötigt wird

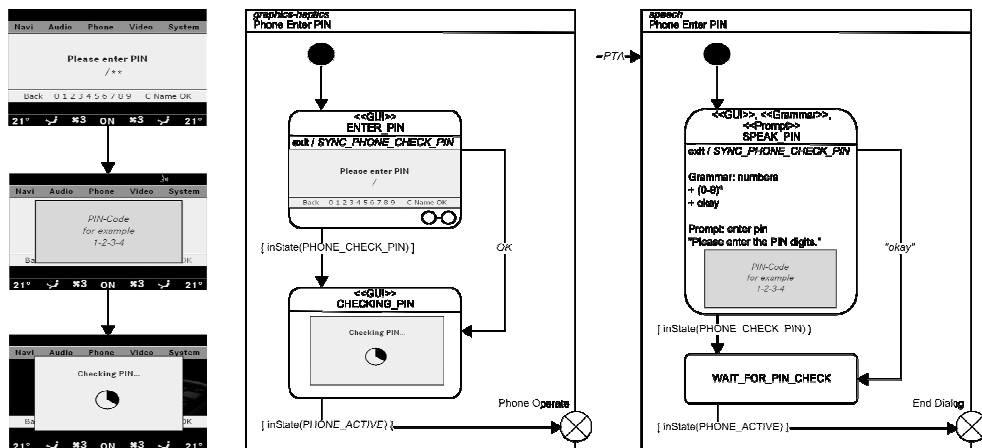


Abbildung 4: Links: Bildschirmabfolge der beispielhaften Interaktionssequenz; Mitte: Modell der grafisch-haptisch bedienten PIN-Eingabe; rechts: Modell der sprachbedienten PIN-Eingabe

Der Unterzustand von ENTER_PIN beschreibt die Zifferneingabe über den Nummernblock im Fahrzeug. Während der Eingabe von Ziffern kann der Sprachdialog über die Lenkradtaste Push-to-Activate (PTA) aktiviert werden. Dies führt im parallelen Automaten „speech Phone Enter PIN“ zum Betreten des Zustands SPEAK_PIN, so dass zusätzlich der Teleprompter wie in Abbildung 4 (links) angezeigt wird. Zudem wird die Grammatik „numbers“ geladen und anschließend der Prompt „enter pin“ wiedergegeben. Nachdem weitere Ziffern per Sprache eingegeben wurden und die Eingabe mit dem Kommando „okay“ abgeschlossen wurde,

wird der Zustand `SPEAK_PIN` verlassen. Zur Synchronisation mit dem grafisch-haptischen Modell wird das Ereignis `SYNC_PHONE_CHECK_PIN` gefeuert. Dieses wird im Systemmodell verarbeitet indem dort der Übergang in den Zustand `PHONE_CHECK_PIN` erfolgt. Die grafisch-haptische Modalität wird synchronisiert, da die Bedingung zum Übergang in den Zustand `CHECKING_PIN` erfüllt ist. Durch die Bedingung `[ inState(PHONE_CHECK_PIN) ]` wird sichergestellt, dass sich das Systemmodell im Zustand `PHONE_CHECK_PIN` befindet. Diese Art der Abfrage wird in der Object Constraint Language (O.M.G. 2007) definiert.

2.4 Ableitung untergeordneter Forschungsfragen

Mit dem in Abschnitt 2.3 vorgestellten Ansatz stellen wir die These auf, dass auf diese Weise eine adäquate multimodale Spezifikation mit UML erstellt werden kann. Um den Ansatz zu evaluieren, werden folgende untergeordnete Forschungsfragen abgeleitet.

Tauglichkeit des Ansatzes:

- Sind um Stereotypen erweiterte UML-Zustandsdiagramme geeignet, eine Interaktionsanwendung zu spezifizieren?
- Ist die Methode der Synchronisation über ein gemeinsames Systemmodell geeignet, Multimodalität zu spezifizieren?

Benutzerfreundlichkeit:

- Ist der vorgestellte Ansatz effektiv, effizient, erlernbar und wenig fehleranfällig?
- Sind die aus dem Ansatz resultierenden Modelle leicht lesbar?

3 Methodik

3.1 Evaluierung durch Experteninterviews

Die abgeleiteten Forschungsfragen wurden im Rahmen einer Expertenbefragung beantwortet. Experten sind Beteiligte am Entwicklungsprozess von Interaktionsanwendungen. Fokus dieser Untersuchung sind Fragen zur grundsätzlichen Tauglichkeit des Konzepts mit UML, den vorgestellten Erweiterungen mit Stereotypen sowie der Synchronisation von Modalitäten über ein Systemmodell. Um außerdem Erkenntnisse zu den ergonomischen Faktoren Effektivität, Effizienz, Erlernbarkeit und Fehleranfälligkeit der Modellierung zu erhalten, sollten die Experten sowohl über UML-Wissen als auch Wissen zur Mensch-Maschine Interaktion (MMI) verfügen. Um dies sicherzustellen, wurden Mitarbeiter des Instituts für Programmiermethodik und Compilerbau und des Instituts für Medieninformatik an der Universität Ulm sowie Mitarbeiter der Daimler AG aus den Fachrichtungen Softwaretechnik und Mensch-Maschine Interaktion befragt.

Da für eine Bewertung des Konzepts in diesem Stadium Kommentare, Anregungen und persönliche Einstellungen der Befragten im Detail erhoben werden sollten, wurde eine mündliche Befragung ohne fest vorgegebene Antwortmöglichkeiten gewählt. Im resultierenden nichtnumerischen Material, den Interviewprotokollen, sind mehr Details enthalten als in einem quantitativen Messwert und in der Analyse kann der inhaltliche Reichtum der individuellen Antworten berücksichtigt werden (Bortz und Döring, 2006). Um sicherzustellen, dass alle Befragten zu den relevanten Themen Stellung nehmen, wurden die Fragen in einem semi-strukturierten Interviewleitfaden vorbereitet.

3.2 Materialien und Durchführung

Zu Beginn der Befragung wurden Alter, Geschlecht, Beruf sowie die Einschätzung des eigenen Vorwissens zu UML und MMI der Teilnehmer aufgenommen. Während der gesamten Befragung wurden geäußerte Gedanken, Fragen und Anmerkungen protokolliert. Das Schlussinterview wurde ebenfalls mitgeschrieben.

Eine kurze Einführung diente dazu die Teilnehmer mit den Interaktionsmöglichkeiten im Fahrzeug vertraut zu machen. Ausgehend vom in Abschnitt 2.3 beschriebenen Anwendungsfall der multimodalen PIN-Eingabe zur Entsperrung des Mobiltelefons wurde danach das Modellierungskonzept in einer etwa zehnminütigen Präsentation vorgestellt. Dabei wurden die Szenarien am Bildschirm präsentiert und die Modellierung anhand ausgedruckter Modelle erklärt. Im Anschluss bekamen die Teilnehmer 10 Minuten Zeit, selbst eine Erweiterung des Anwendungsfalls mit dem neu erlernten Konzept auf Papier zu modellieren. Sie wurden gebeten, dabei ihre Gedanken laut zu äußern. Es sollte ein eingehender Anruf, der Abruf von Anruferinformationen sowie die Annahme des Gesprächs ergänzt werden. Dazu wurde den Befragten eine Präsentation des erweiterten Anwendungsfalls, das zugehörige Systemmodell, feststehende Teile der beiden Modelle für Sprachbedienung und grafisch-haptische Bedienung, sowie die benötigten Stereotypen vorgegeben. Abschließend wurde das 10 bis 15 Minuten dauernde Interview durchgeführt.

4 Ergebnisse

Insgesamt haben 11 Personen im Alter von 23 bis 33 Jahren an der Untersuchung teilgenommen, davon waren 8 männlich und 3 weiblich. 4 Teilnehmer waren Diplom-Informatiker, 5 Diplom-Ingenieure und 2 fortgeschrittene Studierende der Informatik. Ihre Erfahrung im Umgang mit UML und MMI schätzten alle bis auf zwei Teilnehmer (für MMI) mindestens als *solide* ein, wobei die meisten *überdurchschnittliche* Erfahrung angaben.

Für die Extraktion von Ergebnissen aus den Protokollen wurde die qualitative Inhaltsanalyse gewählt, da sie sich besonders für die Auswertung von Experteninterviews eignet (Gläser und Laudel, 2009). In diesem systematischen Verfahren wird der mitgeschriebene Rohtext mit einem Analyseraster auf relevante Informationen hin durchsucht, die dann weitestgehend unabhängig vom Text weiterverarbeitet werden, um die Forschungsfrage zu beantworten. Das Analyseraster in der vorliegenden Untersuchung umfasst die in Abschnitt 2.4 vorgestellte

ten Themen und Teilaspekte. Weiterhin wurden die Aussagen auf allgemeine Vorschläge für Verbesserungen des Ansatzes analysiert. Die Ergebnisse der Inhaltsanalyse werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

4.1 UML und Multimodalität

Die Verwendung von UML-Zustandsdiagrammen zur Modellierung von Interaktionsanwendungen wurde von allen Teilnehmern bedenkenlos angenommen. Der Einsatz eines modalitätsunabhängigen Systemmodells wurde von 6 Teilnehmern als geeignet bewertet. 2 davon hoben es als anschaulich und verständlich hervor, die 4 weiteren äußerten sich positiv, hatten aber kleinere Bedenken. So sei beispielsweise der Einstieg in das Modell schwierig und ein etwas aufwändigeres Modell könnte schwer zu modellieren sein. Als Beispiel wurde von Teilnehmer H die Zieleingabe bei Navigation genannt. Ein Problem könnte sich außerdem ergeben, wenn Systemzustände benötigt würden, die nur für bestimmte Modalitäten verwendet werden. Eine Mehrheit von 9 Teilnehmern war der Meinung, dass das Systemmodell vor den Modellen der Modalitäten erstellt werden sollte. Eine parallele Erstellung sei für Fachleute möglich. Alternativ könnte zunächst eine Modalität spezifiziert werden und daraus das Systemmodell in Teilen abgeleitet werden. Teilnehmer E kam das Systemmodell umständlich vor. Und Teilnehmer F bemerkte, dass er das Systemmodell zunächst nicht vollständig verstanden hatte.

Die Stereotypen empfanden 6 Teilnehmer einfach und leicht verständlich. Sie veranschaulichten Dialoge und schafften ein Baukastenprinzip mit klarer Verwendung seiner Bausteine. Probleme mit dem Grammatik-Stereotypen tauchten bei 4 Teilnehmern auf. Die Verwendung der Grammatik erfordere ein besonderes Verständnis. Teilnehmer F dachte beispielsweise, die Grammatik muss an die Stelle, die Ziel eines Zustandsübergangs per Sprache sein soll. 3 weitere Teilnehmer haben die Bedeutung der Stereotypen nicht genauer beachtet bzw. war ihnen die Semantik der Stereotypen insgesamt unklar.

Insgesamt äußerten 7 Teilnehmer, dass das Konzept gut für weitere Modalitäten erweiterbar sei. Teilnehmer B äußerte, dass er keine Idee habe, wie Multimodalität einfacher umgesetzt werden könnte. Teilnehmer H sah keine Möglichkeit, kombinierte Multimodalität, beispielsweise „Fahre dort hin“ mit gleichzeitiger Zeigegeste, umzusetzen. Teilnehmer G sah ein Problem, wenn modalitätsbezogene Abläufe unterschiedlich viele Schritte benötigen.

4.2 Allgemeine Benutzerfreundlichkeit

Die Aussagen zur allgemeinen Benutzerfreundlichkeit wurden in die Kategorien Effektivität, Effizienz, Erlernbarkeit und Fehleranfälligkeit eingeordnet. 6 Teilnehmer bestätigten, dass mit dem untersuchten Modellierungsansatz effektiv Multimodalität spezifiziert werden kann. Teilnehmer K räumte ein, dass dies möglich sei, wenn man sich vorher mit UML und der erweiterten Syntax beschäftigt hat. Teilnehmer A bewertete den Ansatz hinsichtlich Effizienz als geeignet und darüber hinaus intuitiv. Teilnehmer D bemängelte dagegen die teilweise Redundanz zwischen Modalitäten, und Teilnehmer C äußerte schwere Vorstellbarkeit während der gleichzeitigen Spezifikation beider Modalitäten.

7 der 11 Teilnehmer sahen prinzipiell keine Bedenken in der Erlernbarkeit des Konzeptes, auch für Nicht-UML-Experten – dann sei die Barriere allerdings höher. Teilnehmer H war der Meinung, dass das Konzept innerhalb von zwei Wochen erlernbar sei. Teilnehmer I äußerte, dass das Verstehen auch ohne UML kein Problem sei, die eigene Erstellung von Diagrammen allerdings Vorkenntnisse erfordere. Teilnehmer A war der Meinung, dass ein „Softwerker“-Hintergrund vorhanden sein sollte. Teilnehmer E äußerte, dass das Vokabular schwer zu erlernen sei und zwei Teilnehmer fanden die Verwendung des Konstrukts InState sowie die SYNC-Ereignisse „gewöhnungsbedürftig“.

Mögliche Fehlerquellen bei der Anwendung des Konzeptes sahen die Teilnehmer hauptsächlich in der Synchronisation über das Systemmodell. 4 Teilnehmer äußerten, dass hier eine Fehleranfälligkeit bestehe. Demnach sei es schwierig, die Konsistenz der Diagramme sicherzustellen; insbesondere könnten Synchronisationsereignisse leicht vergessen werden. Weitere Fehler könnten unterlaufen, wenn Informationen „globaler Zustände“ übersehen werden, wie Teilnehmer J äußerte.

Ein wichtiger Aspekt für die Modellierung von Benutzerschnittstellen ist die Lesbarkeit der Interaktion. 4 Teilnehmer bestätigten die Lesbarkeit aus Sicht eines Benutzerschnittstellenentwicklers. Die Bilddarstellung in den Zuständen sei auch für Nicht-Experten nachvollziehbar, Dialoge ließen sich gut verfolgen und die verwendeten Farben der Stereotypenbausteine seien hilfreich beim Verstehen. Teilnehmer J dagegen sah Verbesserungspotenzial in der Farbgestaltung, um komplexere Diagramme besser verstehen zu können. So könne ein Prompt-State und ein Teleprompt-GUI-State leicht verwechselt werden, da sich die verwendeten Farben dafür zu sehr ähnelten. Teilnehmer K äußerte, dass die getrennte Modellierung der Modalitäten zur Übersichtlichkeit beitrüge. Zwei weitere Teilnehmer fänden dagegen eine vereinte Darstellung der Modalitäten übersichtlicher. Sie räumten allerdings ein, dass dies hauptsächlich für das Gesamtverständnis multimodaler Interaktion wichtig sei, welches auch bei getrennter Modellierung über eine Simulation in einem Software-Werkzeug unterstützt werden könnte. Teilnehmer A bestätigte gute Lesbarkeit der Dialoge sofern wenigstens fünf oder sechs UML-Elemente bekannt seien. Teilnehmer D äußerte Schwierigkeiten bei der Lesbarkeit, wenn Grammatiken in der Hierarchie vereinigt bzw. ausgeschlossen werden.

4.3 Verbesserungsvorschläge

Insgesamt 7 Teilnehmer wünschten sich die Unterstützung über eine Software, die etwa zur Sicherstellung der Konsistenz zwischen dem Systemmodell und den Modalitäten dienen kann sowie Automatisierung bietet, z. B. in Form von Autovervollständigung. 3 Teilnehmer schlugen eine Unterstützung durch Simulation der Modelle und der Benutzerschnittstelle vor, um Multimodalität simulieren zu können, Hilfe bei der Ermittlung der aktiven Grammatiken zu erhalten und das Modell effektiv mit Anforderungen vergleichen zu können. 2 Teilnehmer äußerten, dass die Teile, die in das Systemmodell verweisen, in den modalitätsbezogenen Diagrammen außerdem hervorgehoben werden sollten, etwa in einer anderen Farbe, um dadurch die Lesbarkeit zu erhöhen.

5 Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchung bestätigen, dass der vorgestellte Ansatz geeignet ist, mit UML und den vorgestellten Erweiterungen multimodale Interaktionsanwendungen zu spezifizieren. Die Anwendung der Stereotypen für verschiedene Modalitäten wurde als leicht und verständlich beschrieben. Einigen Teilnehmern war allerdings die Semantik der Stereotypen nicht sofort klar. Dies unterstützt unseren Anspruch eine formale Semantik für das Verhalten der Stereotypen zu definieren. Die Verknüpfung einzelner Interaktionen verschiedener Modalitäten zu einer gemeinsamen Interaktion wäre möglicherweise bei einer integrierten Spezifikation aller Modalitäten in einem Modell einfacher. Allerdings sehen wir eine Stärke in unserem Ansatz, Modalitäten entkoppelt voneinander spezifizieren zu können, da bei stark modalitätsspezifischen Dialogen, z.B. mit unterschiedlich vielen Schritten, eine integrierte Spezifikation schnell unübersichtlich würde.

Die separate Modellierung der Modalitäten und deren Synchronisation über das Systemmodell wurden von den Teilnehmern als geeignet eingeschätzt. Die wenigen Probleme damit ließen sich alle durch die Einführung eines Software-Werkzeugs, wie von den meisten Teilnehmern vorgeschlagen, reduzieren. Dabei könnte die Simulation auf Basis der formalen Semantik besonders hilfreich sein. Die wenigen Probleme und Verbesserungsvorschläge zur Benutzerfreundlichkeit könnten ebenfalls durch die geeignete Umsetzung eines Software-Werkzeugs beseitigt werden. Alle Teilnehmer bescheinigten eine Erlernbarkeit des Modellierungskonzeptes auch für Nicht-UML-Experten. Dass mit UML-Vorkenntnissen die Kernideen der Modellierung zur Synchronisation der Modalitäten innerhalb von etwa 30 Minuten verstanden werden können, wird außerdem dadurch bestätigt, dass alle Teilnehmer am Ende der Untersuchung das Konzept verstanden hatten.

Insgesamt kann die Forschungsfrage wie folgt beantwortet werden: Die Verwendung von UML-Zustandsdiagrammen mit dem Einsatz von Stereotypen für verschiedene Modalitäten sowie der Synchronisation über ein gemeinsames Systemmodell ist gut geeignet, eine multimodale Spezifikation einer Interaktionsanwendung zu erreichen. Die Methode ermöglicht außerdem, Multimodalität effektiv zu spezifizieren und resultiert in für Benutzerschnittstellenentwickler lesbaren Interaktionsabläufen. Sie ist außerdem leicht erlernbar und bietet das Potenzial, einen effizienten Prozess mit geringer Fehleranfälligkeit zu erreichen. Die Rückmeldungen aus dieser Untersuchung helfen dabei, die Methode diesbezüglich weiterzuentwickeln und zu verbessern.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde herausgestellt, dass UML für die Modellierung von Interaktionsanwendungen gut geeignet ist. Die Erweiterungen um Stereotypen und die Synchronisation mehrerer Modalitäten über ein gemeinsames Systemmodell wurden vorgestellt, um Multimodalität zu spezifizieren. In einer Expertenevaluierung wurde der Ansatz darauf hin untersucht. Die Ergebnisse

bestätigen die Tauglichkeit und Benutzerfreundlichkeit des Ansatzes und bieten hilfreiche Anhaltspunkte für Verbesserungen.

Zukünftige Arbeiten können den Ansatz anhand der Ergebnisse weiterentwickeln und insbesondere die Benutzerfreundlichkeit durch geeignete Werkzeuge sicherstellen. Für die Entwicklung unterstützender Software-Werkzeuge ist ein allgemeines Konzept zur formalen Beschreibung der Semantik von UML-Erweiterungen durch Profile erforderlich, das bislang noch nicht existiert. Des Weiteren sollte die Einordnung der Modellierungsmethode in einen geeigneten Gesamtprozess zur Entwicklung von Benutzerschnittstellen vorgenommen werden sowie die Bewertung für die Spezifikation weiterer Bedienkonzepte, die über die aktuellen Bedienmöglichkeiten im Fahrzeug hinausgehen, erfolgen.

Kontaktinformationen

Marcel.Dausend@uni-ulm.de, Mark.Poguntke@daimler.com

Literatur

- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer.
- Dausend, M., Berton, A., & Zilles, J. (2009). UML for automotive multi-modal HCI. In *Adjunct Proc. Conf. on Automotive User Interfaces*
- Gläser, J., & Laudel, G. (2009). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse: Als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. VS Verlag.
- Kohlmeyer, J. (2009). *Eine formale Semantik für die Verknüpfung von Verhaltensbeschreibungen in der UML 2*.
- Vanderdonckt, J., Limbourg, Q., Michotte, B., Bouillon, L., Trevisan, D. and Florins, M. (2004). UsiXML: A User Interface Description Language for multimodal User Interfaces. In *Proceedings Workshop on Multimodal Interaction WMI'2004*, S. 1-7.
- Melo, G. d., Honold, F., Weber, M., Poguntke, M., & Berton, A. (2009). Towards a flexible UI model for automotive human-machine interaction. In *Proc. Conf. on Automotive User Interfaces*
- Melo, G. d. (2009). *Modellbasierte Entwicklung von Interaktionsanwendungen*.
- Nobrega, L., Nunes, N. J., & Coelho, H. (2006). Mapping ConcurTaskTrees into UML 2.0. *LNCS 3941*, Springer, S. 237.
- Nunes, N. J., Cunha, E., & J.f. (2000). Towards a UML profile for interaction design: the Wisdom approach. *LNCS 1939*, Springer, S. 101-116.
- O.M.G. (2007). Superstructure Specification UML (Version 2.1.2). Object Management Group. <http://www.omg.org/spec/UML/2.1.2/Superstructure/> (Aufruf: 05.05.2010).
- O.M.G. (2010). Object Constraint Language. <http://www.omg.org/spec/OCL/2.2/> (Aufruf: 05.05.2010).
- Paternò, F. (2001). Towards a UML for interactive systems. *LNCS 2254*, Springer, S. 7-18.
- Paternò, F., Mancini, C., & Meniconi, S. (1997). ConcurTaskTrees: A Diagrammatic Notation for Specifying Task Models. In *Proceedings of the IFIP TC13 International Conference on HCI*