

Mobilität im Ballungsraum Stuttgart

Schlussbericht

Beitrag des
Zuwendungsempfängers:

*Instituts für Fördertechnik und Logistik
Abteilung Lagertechnik und Logistik
Holzgartenstr. 15A
D-70174 Stuttgart*

Laufzeit:

01.07.1998 - 30.06.2002

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 19Bjnn....

gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

gefördert vom

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Verkehrsreduktion durch Clusterbildung.....	1
1.2 Entwicklung neuer automatischer Verkehrssysteme	5
1.3 Ausgangssituation.....	6
1.4 Aufgabenstellung	6
1.5 Vorgehensweise.....	7
1.6 Zusammenfassender Überblick über den vorliegenden Bericht.....	8
Teil I Dienstleistungspaket DynMaz Dynamische Mitfahrzentrale Dynamische Fahrgemeinschaftenbildung im Berufsverkehr	10
2 Fahrgemeinschaftenbildung	11
2.1 Modell der gemeinschaftlichen Nutzung von Transportmitteln	12
2.1.1 Gemeinsame Nutzung von Verkehrsmitteln im Netzmodell	12
2.1.2 Anwendungsbeispiele in der Logistik.....	17
2.1.3 Anwendungsbeispiele im Personenverkehr.....	17
2.2 Nutzen- und Risikopotentiale der Fahrgemeinschaftenbildung im Berufsverkehr.....	18
2.2.1 Fahrgemeinschaften aus der Sicht der Teilnehmer.....	18
2.2.2 Fahrgemeinschaften aus der Sicht des Dienstleistungsanbieters	19
2.2.3 Fahrgemeinschaften aus der Sicht der Arbeitgeber	20
2.2.4 Fahrgemeinschaften aus der Sicht der Gemeinden	21
2.2.5 Fahrgemeinschaften aus der Sicht der Gesellschaft	22
2.3 Parameter der Gruppenbildung bei der Fahrgemeinschaftenbildung.....	22
2.3.1 Gestaltungsparameter für Mitfahrgemeinschaften.....	23
2.3.2 Parameter der Gruppenbildung für Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr.....	28
3 Umsetzung des Modells der dynamischen Fahrgemeinschaftenbildung	31
3.1 Dynamische Fahrgemeinschaftenvermittlung im Berufsverkehr	32

3.2 Buchungs- und Vermittlungssystem	34
3.3 Navigations- und Kommunikationssystem	37
3.4 Sprachgestütztes Dialogsystem.....	38
Teil II Entwicklung des sprachgestützten Dialogsystems "DynMaz"	40
4 Multimodale Mensch-Maschine Interaktion	41
4.1 Modell der Mensch-Maschine Interaktion	42
4.2 Gestaltungskriterien für einen sprachgestützten Mensch-Maschine Interaktionskanal.....	43
5 Sprachgestützte Interaktion mit Informationssystemen.....	46
5.1 Spracherkennung.....	47
5.1.1 Systematik der Spracherkennungssysteme.....	47
5.1.2 Sprechweise.....	49
5.1.3 Sprecherunabhängigkeit	51
5.2 Spracherkennung und Linguistik.....	51
5.2.1 Besondere Fragestellungen bei der Erkennung im deutschen Sprachraum	52
5.2.2 Steigende Informationsflut	53
5.3 Spracherkennungsprozess	54
5.3.1 Klassifikationsverfahren	54
5.4 Sprachverstehen.....	60
5.5 Sprachsynthese	61
5.5.1 Verfahren zur Sprachsynthese	62
6 Aufbau und Funktionsweise des sprachgestützten Dialogsystems DynMaz	65
6.1 Interaktionsprozess mit dem sprachgestützten Dialogsystem.....	65
6.2 Entwicklung des Datenerfassungsdialogs	66
6.2.1 Theoretische Grundlage der Dialogentwicklung	66
6.2.2 Anforderungen an den Funktionsumfang des Dialogs.....	67
6.2.3 Entwicklung des Abfragedialogs zur Erfassung der Buchungsdaten	67
6.2.4 Sprachgestützter Interaktionskanal von DynMaz	72

7 Evaluation des sprachgestützten Dialogsystems	74
7.1 Entwicklungsbegleitende Funktionaltests	74
7.2 Funktionaltests DynMaz.....	75
7.2.1 Testsystem am IFT-LL	75
7.2.2 Testphasen	76
7.3 Ergebnis der Funktionaltests	81
7.4 Demonstrator DynMaz	82
8 Zusammenfassung und Ausblick.....	83
8.1 Bildung von Fahrgemeinschaften	83
8.2 Spracherkennung, -verstehen und -ausgabe in Verkehr und Logistik.....	85
Teil III Institutsübergreifende Begleitforschung	88
9 Institutsübergreifende <i>mobilst</i>-Begleitforschung	89
9.1 Ziele, Aufgaben und Vorgehensweise der <i>mobilst</i> -Begleitforschung	90
9.1.1 Produktbezogene Akzeptanzanalyse von DynMaz	95
9.1.2 Indikatorgestützte Bewertung von <i>mobilst</i> -Produkten.....	97
Literaturverzeichnis	106
Anhang	110

1 Einleitung

Im Mittelpunkt dieses Berichts stehen die Entwicklung des sprachgesteuerten Kommunikations- und Informationsmoduls der dynamischen Mitfahrzentrale (DynMaz) sowie die Aktivitäten des Instituts für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und Logistik, im Rahmen des Projekts mobilist. Die dynamische Bildung von Fahrgemeinschaften (im Berufsverkehr) ist nur eine von mehreren Dienstleistungen zur Verbesserung der Lebensqualität in dichtbesiedelten Ballungsräumen, die am IFT-LL entwickelt worden sind.

1.1 Verkehrsreduktion durch Clusterbildung

Grundlage zur Entwicklung von verkehrsreduzierenden Mobilitätsdiensten für Ballungsräume sind die in der Transport- und Produktionslogistik weit verbreiteten Bündelungsstrategien. Ziel der Clusterbildung in Logistik und Verkehr ist es, durch die Verbesserung des Auslastungsgrads von Transportmitteln die Anzahl der benötigten Fahrzeuge zu verringern. Durch eine Senkung der Verkehrsbelastung ist vor allem auf den Hauptrelationen des Verkehrsinfrastrukturnetzes mit einer Steigerung der Lebensqualität zu rechnen.

Bei der Anwendung der Clusterbildung auf Verkehr und Logistik werden Fahrzeuge als Netzgüter aufgefasst, die sich zielgerichtet auf den Verkehrsnetzen bewegen. Jedes Fahrzeug besitzt eine bestimmte Transportkapazität (Anzahl Mitfahrer, Nutzvolumen bzw. Nutzlast). Ähnlich der Tourenplanung im Güterverkehr soll durch ein entsprechendes Angebot im motorisierten Individualverkehr die Auslastung der Fahrzeuge (durchschnittlich 1,2 Personen pro Fahrzeug[10]) deutlich verbessert werden. Bei geringer jährlicher Laufleistung kann die Nutzung eines Car-Pool eine echte Alternative zur Nutzung bzw. zum Kauf eines eigenen PKW sein.

Die Tabelle 1.1-1 gibt einen Überblick über die verschiedenen auf der Clusterbildung im motorisierten Individualverkehr basierende Mobilitätsdienstleistungsangebote. Diese werden anhand ihrer charakteristischen Eigenschaften differenziert nach

- Anzahl der Mitfahrer pro Fahrzeug,
- Größe des Nutzerkreises für das Dienstleistungsangebot sowie

- Eigentum des Transportmittels.

Mobilitätsdienst	Mitfahrer Fahrzeug	pro Größe Nutzerkreises	des Eigentümer Fahrzeug
Taxi	3 – 4 Mitfahrer	alle Personen	Dienstleistungsanbieter (gewerblich)
Fahrgemeinschaften	3 – 4 Mitfahrer	registrierte Nutzer	Fahrer (Privat-Pkw)
Car-Pool Car-Sharing	Fahrer und 3 – 4 Mitfahrer	registrierte Nutzer	Dienstleistungsanbieter
Autovermietung	Fahrer und 3 – 4 Mitfahrer	alle Führerscheininhaber	Dienstleistungsanbieter

Tab. 1.1-1: Charakteristische Eigenschaften von Mobilitätsangeboten im motorisierten Individualverkehr auf Basis der Clusterbildung

Am Institut für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und Logistik, sind auf Basis der Clusterbildung im motorisierten Individualverkehr folgende Mobilitätsdienstleistungen entwickelt worden [19][20][21][22][23][24][24]:

- Dynamischer Mitfahrerservice FahrPLUS
- Dynamischer Fahrdienst Tele-Shuttle
- DirektBus
- DirektZug
- Car-Pool

Zur Steigerung der Effizienz und Effektivität der einzelnen Dienste sowie zum Aufbau eines gegenseitigen Sicherungssystems sind die Dienste in einer Mobilitätszentrale, der dynamischen Mitfahrzentrale (DynMaz), zusammengefasst worden. Die Abbildung 1.1-1 stellt die einzelnen Komponenten des EVZ-Mobilitätszentrums dar [19].

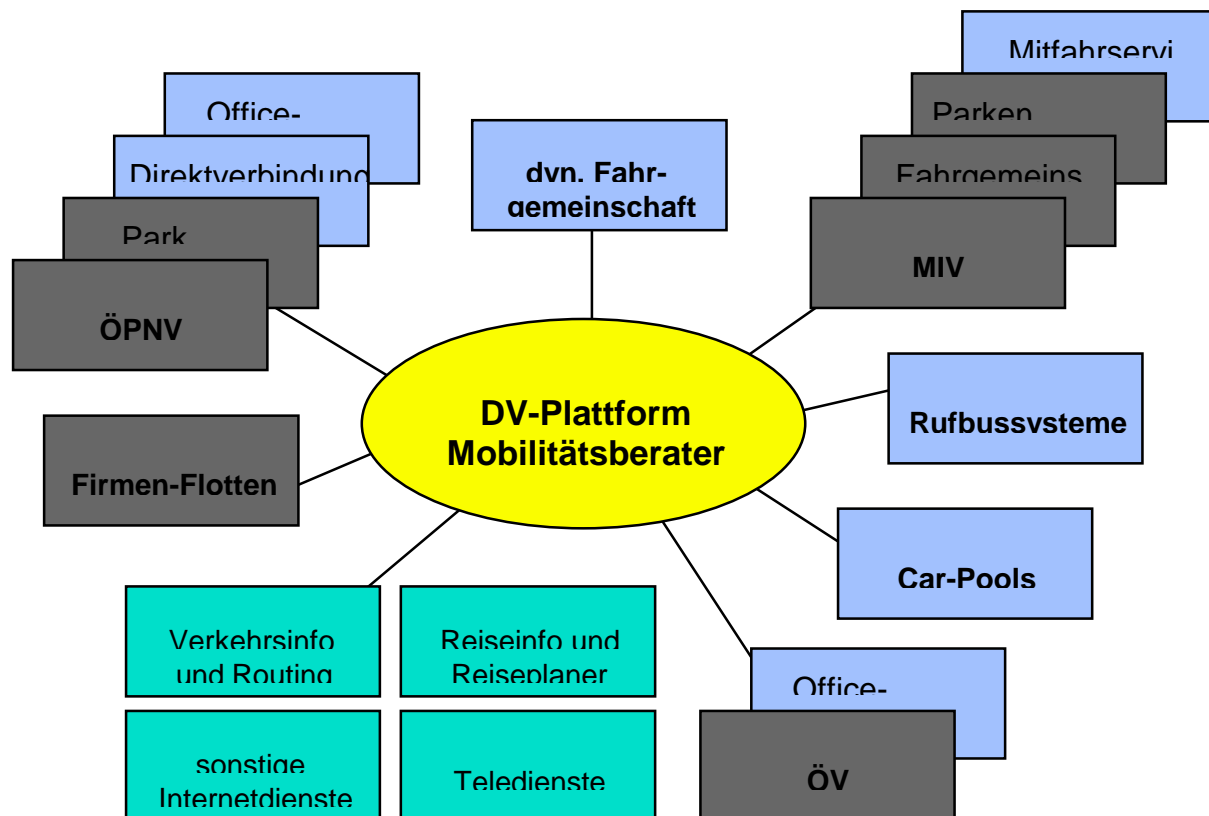


Abb. 1.1-1: Komponenten der dynamischen Mitfahrzentrale des Entwicklungs- und Versuchszentrums der Daimler Benz AG

Der dynamische Mitfahrerservice FahrPLUS und der dynamische Fahrdienst Tele-Shuttle bilden die Basisdienste der dynamischen Mitfahrzentrale (DynMaz). Beim Dienstleistungsangebot FahrPLUS vermittelt ein Buchungs- und Vermittlungssystem zu festen Zeitpunkten Fahrgemeinschaften aus einem Fahrer- und Beifahrer-Pool. Bei diesem Dienst werden gemeinsame Fahrten zwischen festen Zustiegspunkten (Park- und Mitfahrpunkten) mit Standard-Pkw durchgeführt. Im Gegensatz dazu sind die Fahrzeuge, die am Dienst Tele-Shuttle teilnehmen, mit einem Navigations- und Kommunikationssystem ausgestattet. Diese Zusatz-ausstattung ermöglicht einerseits die Navigation und Führung des Fahrers in

unbekanntem Terrain auf Basis von Daten des GPS-Satellitensystems und andererseits die Einbuchung von Mitfahrern auch nach Beginn der Fahrt. Die Clusterung der Fahrgemeinschaften kann für dieses Angebot nach Weg-Zeit Kriterien erfolgen, während die normale Fahrgemeinschaftenbildung auf der festen Zuordnung von Fahrern und Beifahrern zu einem P+M Platz sowie der Fahrzeit zum Ziel beruht.

Aufgrund der verkehrsgünstigen Lage der Park- und Mitfahrplätze im Verkehrsnetz können diese auch als Knotenpunkte für andere Logistik- und Verkehrsdienste verwendet werden, um auf diese Weise einen Zusatznutzen für Kunden und Betreiber der Mobilitätszentrale zu generieren.

Grundlage für die Zusatzdienstleistungen ist das Informations- und Kommunikationssystem der P+M Plätze. Dieses bildet einerseits die Plattform zur Abwicklung der Fahrgemeinschaften und andererseits stellt es die Infrastruktur für Zusatzdienste zur Verfügung. Die Infrastruktur der P+M Plätze kann beispielsweise zum Betrieb eines Car-Pool oder eines Car-Sharing Angebots mitgenutzt werden. Zum erfolgreichen Betrieb dieser Angebote sind die Erreichbarkeit der Plätze mit dem ÖV bzw. das ausreichende Angebot sicher verschließbarer Fahrradgaragen maßgebend.

Die verkehrsgünstige Lage der P+M Plätze ermöglicht die Integration von automatisierten Paketauf- und -abgabepunkten. Diese bilden die Grundlage für eine E-Commerce Plattform sowohl für die Nutzer der Mobilitätsdienste als auch für andere Personen. Generell müssen der Parkraum und die Zugänglichkeit für die Dienstleistungskunden gesichert werden. Bei hoch frequentierten P+M Plätzen ist die Einrichtung von Kiosken oder Post-Agenturen zu empfehlen.

Ist der Bedarf an Mitfahrplätzen auf bestimmten Relationen sehr groß, kann eine Verbindung mit einem Direkt-Bus eingerichtet werden, der die Mitfahrer von einem P+M Platz in ein bestimmtes Zielgebiet direkt transportiert. Mit dem Angebot von Direkt-Bussen zwischen bestimmten Start- und Zielgebieten entsteht ein temporäres Liniennetz ähnlich dem der Nachtbus-Linien an Wochenenden. Sind zwei Zielgebiete einer Region auch über eine Schienenverbindung miteinander koppelbar, können spezielle Direktzugverbindungen aufgebaut werden. Die Ausstattung dieser Züge mit Informations- und Kommunikationssystemen erlaubt die Abwicklung von Bürotätigkeiten, z.B. das Schreiben und Lesen von E-Mails, während der Fahrt. Im interregionalen Verkehr zwischen Ballungsräumen existieren bereits entsprechende Angebote, beispielsweise der Metroliner zwischen Köln und Hamburg oder der OfficeTrain zwischen Göteborg und Stockholm, die als Alternative zum Flugzeug zu verstehen sind.

1.2 Entwicklung neuer automatischer Verkehrssysteme

Die Verbesserung der Mobilität in Ballungsräumen geht über die Entwicklung von Logistik- und Verkehrsdienstleistungen auf Basis bestehender Verkehrssysteme hinaus. Zur Verbesserung des Angebots und der Attraktivität des öffentlichen Personennahverkehrs können hochverfügbare, fahrerlose, automatische Verkehrsmittel beitragen. Diese fernüberwachten Systeme bieten die Möglichkeit, die Fahrzeugfolge entsprechend der tatsächlichen Nachfrage von einem Rufbetrieb in Randzeiten bis hin zu einem engen Taktbetrieb zu variieren [7][8]. Gegenüber der Taktverdichtung bei Strassen-, Stadt- und Untergrundbahnen fallen bei automatisierten Systemen geringere Personalkosten an.

Insbesondere in Stadtrandlagen kann durch den Aufbau zusätzlicher Verbindungen die Attraktivität des ÖV verbessert werden. Als Beispielsystem für ein automatisches Verknüpfungsverkehrsmittel kann der PeopleMover der Siemens AG gelten. Diese flurfreie Großkabinenbahn verbindet das Abfertigungsterminal des Flughafens Düsseldorf mit dem Fernbahnhof an der Bahnstrecke Düsseldorf-Duisburg oder schließt eine Lücke im Verkehrsnetz der Stadt Dortmund im Bereich der Universität. Die Abbildung 1.2-1 zeigt den Bahnhof Campus Süd der H-Bahn Dortmund [Quelle: H-Bahn Gesellschaft].



Abb. 1.2-1: Bahnhof Campus Süd der H-Bahn Dortmund [18]

Ähnliche schienengebundene automatische Verkehrssysteme verbinden beispielsweise das neue Londoner East-End Hafenviertel mit dem U-Bahn Netz der Stadt oder den Flughafen Frankfurt mit dem Fernbahnhof.

Ziel der Entwicklung neuer Mobilitätsdienstleistungen für Ballungsräume sollte sein, durch Vermeidung, Verlagerung und Bündelung von Verkehr die Lebensqualität in Ballungsräumen zu steigern und gleichzeitig einen Nutzen für Ökologie (CO₂, etc.) und Ökonomie zu generieren.

1.3 Ausgangssituation

Im Leitprojekt *mobilst* werden auf Basis vorhandener Technologien spezifische verkehrsbezogene Produkte, Verfahren und Dienstleistungen entwickelt und optimiert sowie ihre Anwendungsreife demonstriert. In Verbindung mit den Demonstratoren wird die Akzeptanz der Produkte bei (potentiellen) Nutzern und Anbietern von Mobilitätsdienstleistungen sowie bei anderen institutionellen Akteuren im Verkehrswesen analysiert. Die Akzeptanzanalyse trägt zur kundenorientierten, ökonomischen und ökologischen Gestaltung von Mobilitätsdiensten bei. Auf Basis der Demonstratoren soll eine Überprüfung der Wirkungskonformität der *mobilst*-Produkte stattfinden. Akzeptanzanalyse und Wirkungsermittlung bilden die Grundlage für die Definition von Randbedingungen für eine privatwirtschaftliche Umsetzung von *mobilst*-Innovationen.

1.4 Aufgabenstellung

Aus der gegebenen Ausgangssituation hat sich für das Institut für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und Logistik, folgende Aufgabenstellung ergeben:

"Wissenschaftliche Unterstützung der Entwicklung eines Dialogsystems zur automatischen sprachgestützten Erfassung von Daten für die Bildung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr."

Im Rahmen der *mobilst*-Begleitforschung stand neben dem Produktdesign des sprachgestützten Dialogsystems vor allem die Unterstützung der Akzeptanz- und Wirkungsermittlung im Mittelpunkt der Aktivitäten des IFT-LL.

1.5 Vorgehensweise

Die Bildung von Fahrgemeinschaften stellt analog zur Bildung von Touren im Güterverkehr eine gemeinsame Nutzung von Verkehrsmitteln durch Logistikobjekte dar [2][3]. Ausgangspunkt für die Entwicklung einer Spracheingabeschnittstelle für die dynamische Fahrgemeinschaftenbildung "FahrPLUS" ist eine Analyse der Bildung von Fahrgemeinschaften im Netzmodell der Logistik. Aus der Analogie zwischen Transportproblemen im Güter- und Personenverkehr werden die harten und weichen Parameter der Clusterbildung abgeleitet. Die harten Parameter bestimmen die Art und Weise, wie das Buchungs- und Vermittlungssystem die Mitglieder einer Fahrgemeinschaft aus dem Fahrer- und Beifahrer-Pool auswählt, und sind somit die durch das Dialogsystem zu erfragenden Größen. Die weichen Parameter bestimmen die Gestalt der Dienstleistung "dynamische Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr". Zu den weichen Parametern des Dienstleistungspakets "DynMaz" gehören Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, soziologische Aspekte und Bedienungskomfort des Dienstes, die u.a. durch verschiedene jederzeit verfügbare Zugangskanäle zum Dienstleistungsanbieter gesichert werden. Das Dienstleistungsangebot „DynMaz“ wurde in vier Modulen konfiguriert:

- Das Dienstleistungsangebot „dynamische Fahrgemeinschaftenvermittlung im Berufsverkehr“
- Das Buchungs- und Vermittlungssystem
- Das fahrzeuggestützte Navigations- und Kommunikationssystem
- Das sprachgestützte Dialogsystem

Das Dienstleistungsangebot, das Buchungs- und Vermittlungssystem sowie das Navigations- und Kommunikationssystem sind im Rahmen eines anderen Projekts umgesetzt worden. Das sprachgestützte Dialogsystem ist als *mobilst*-Produkt „DynMaz“ realisiert und in Zusammenarbeit mit diesem Projekt erprobt worden.

Das sprachgestützte Dialogsystem "DynMaz" erfasst in einem "natürlichen" Sprachdialog die harten Buchungsparameter für die Vermittlung eines Kunden in einer dynamischen Fahrgemeinschaft über das Telefon- bzw. Mobilfunknetz. Das Dialogsystem ist gekennzeichnet durch die Prozesse, Spracherkennung, Dialogsteuerung, Datenverwaltung und Sprachausgabe. Der aktive Wortschatz der verwendeten Spracherkennung ist auf circa 500 Wörter begrenzt. Am IFT-LL erfolgte die Entwicklung des Datenerfassungsdialogs und die entwicklungsbegleitende Erprobung (Testphase) des Systems.

1.6 Zusammenfassender Überblick über den vorliegenden Bericht

Dieser Projektbericht wurde aus prinzipiellen Gründen in drei Teile gegliedert. Der erste Teil (Kapitel 2-3) beschreibt die modellbasierte Entwicklung des Dienstleistungspakets "DynMaz – Dynamische Mitfahrzentrale". Der zweite Teil (Kapitel 4-8) befasst sich mit der Entwicklung des sprachgestützten Dialogsystems "DynMaz". Im dritten Teil (Kapitel 9) werden die Aktivitäten des IFT-LL im Rahmen der institutsübergreifenden Begleitforschung von *mobilit* zusammengefasst.

Schwerpunkt des Kapitels 2 ist die dynamische Fahrgemeinschaftenbildung. Ein Modell der gemeinsamen Nutzung von Transportmitteln im Berufsverkehr wird vorgestellt. Es werden Nutzen- und Risikopotentiale der Fahrgemeinschaftenbildung im Berufsverkehr beschrieben. Es wird die Ableitung von harten und weichen Parametern zur Gestaltung des Dienstleistungspakets "DynMaz" aus dem zuvor entwickelten Modell sowie der Nutzen- und Risikoanalyse präsentiert.

Kapitel 3 befasst sich mit der Umsetzung des Modells der dynamischen Fahrgemeinschaftenbildung im Berufsverkehr. Es werden das Dienstleistungskonzept sowie alle Teilmodule der Dynamischen Mitfahrzentrale beschrieben.

Kapitel 4 stellt die Grundlagen der Interaktion zwischen Mensch und Maschine vor. Es werden Modelle zur Mensch-Maschine Interaktion dargestellt und Gestaltungskriterien für einen sprachgestützten Mensch-Maschine Interaktionskanal entwickelt.

Die Grundlagen sprachgestützter Interaktionen mit Informationssystemen werden im Kapitel 5 aufgezeigt. Die Methode der Spracherkennung, bestehend aus dem Erkennungsprozess, dem Sprachverstehen sowie der Sprachsynthese werden näher erläutert.

Kapitel 6 beschreibt den Aufbau und die Funktionsweise des sprachgestützten Dialogsystems "DynMaz". Es wird detailliert auf die Entwicklung des Dialogs zur Erfassung der harten Parameter einer Gruppenbildung und die Erprobung des Gesamtsystems "DynMaz" mit dem Fokus Spracherkennungssystem eingegangen.

Die Evaluation des sprachgestützten Dialogsystems sowie die schrittweise Weiterentwicklung des Spracherkennungsmoduls einerseits und der Dialogführung zur Erfassung der Parameter der Gruppenbildung andererseits stehen im Fokus des Kapitels 7.

Im Kapitel 8 werden die Ergebnisse des Teilprojekts "sprachgestütztes Dialogsystem - DynMaz" und des Gesamtsystems "Dynamische Mitfahrzentrale" validiert. Es wird ein Ausblick auf

Entwicklungsmöglichkeiten für die dynamische Fahrgemeinschaftenbildung sowie die Anwendung sprachgestützter Interaktionskanäle gegeben.

Abschließend werden im Kapitel 9 die institutsübergreifenden Aktivitäten unserer Gruppe an dem Institut für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und Logistik, im Rahmen der *mobilität*-Begleitforschung zusammengefasst.

Teil I

Dienstleistungspaket DynMaz

Dynamische Mitfahrzentrale

Dynamische Fahrgemeinschaftenbildung im Berufsverkehr

2 Fahrgemeinschaftenbildung

Ausgangspunkt ist das Modell der gemeinsamen Nutzung eines Transportmittels durch mehrere zu transportierende Objekte, mit dem sowohl Logistikdienstleistungen im Güterverkehr als auch im Personenverkehr abgebildet werden können. Das Modell bildet die Basis zur analogen Anwendung der Clusteranalyse in beiden Verkehrsarten.

In der Transportlogistik findet eine zweistufige Bündelung (Clusterung) statt. In der ersten Clusterstufe werden alle zu einem Auftrag und einem Transportziel gehörenden Artikel zu Ladeeinheiten zusammengefasst. In der zweiten Clusterstufe werden Aufträge mit ähnlichen Zeit-Ort-Parametern unter Beachtung zulässiger Flussgrößen in den betroffenen Netzabschnitten zu Touren gebündelt. Diese zweistufige Gruppenbildung zielt darauf ab, die Tragfähigkeit und/oder das Fassungsvermögen von Ladeeinheiten bzw. von Transportmitteln wie auch die Kapazitäten der verfügbaren Infrastrukturnetze optimal zu nutzen [1][2][20].

Die Abbildung 2-1 stellt die zweistufige Clusterbildung als Dienstleistung eines Mobilitätsberaters dar [Quelle: IFT-LL].

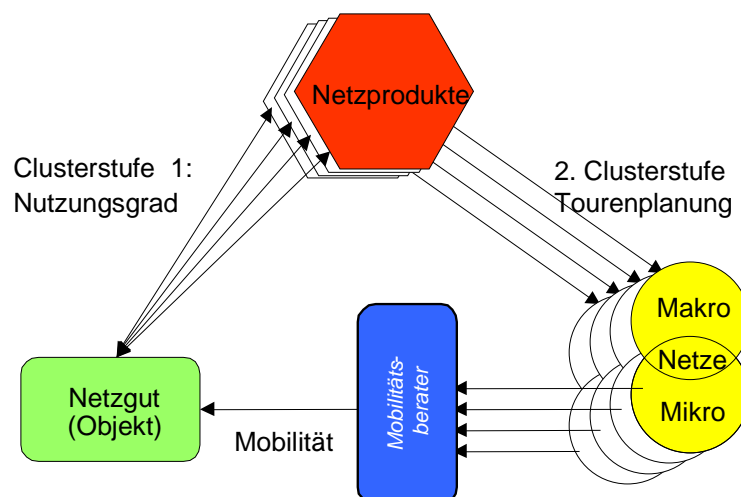


Abb. 2-1: Zweistufige Clusterbildung als Dienstleistungsangebot eines Mobilitätsberaters

Im individuellen Personenverkehr werden in einem Gruppenbildungsprozess Mitfahrer den Fahrern bzw. Fahrzeugen zugeordnet und zu Fahrgemeinschaften zusammengeführt. Die

Parameter der Gruppenbildung im Berufsverkehr erfolgen auf Basis der Modelle der Raum-Zeit- bzw. Weg-Zeit-Clusterung. Ziel dieser Optimierung ist, wie bei der Tourenplanung, eine Auslastungssteigerung. In der Praxis sind jedoch neben den harten Gruppierungsparametern, wie Start- und Zielort, Start- und Zielzeit sowie Start-Ziel-Verbindung, weiche Parameter entscheidend, die durch die Zeit- und Wegetoleranz nur unzureichend beschrieben sind [2][3].

2.1 Modell der gemeinschaftlichen Nutzung von Transportmitteln

Die gemeinsame Nutzung eines Transportmittels ist Grundlage vieler Dienstleistungsangebote und Optimierungsansätze im Güter- und Personenverkehr. Die Vermittlung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr durch einen Mobilitätsdienstleister oder die Vermittlung von Gütern im Stückguttransport mittels Frachtbörsen sind zwei Beispiele von Logistikdienstleistungen, die den Auslastungsgrad des einzelnen Fahrzeugs durch die verbesserte Nutzung von Verkehrsmitteln für die beteiligten Auftragsabwicklungen erhöhen und damit das Verkehrsaufkommen senken können.

Die optimierte Auslastung der Fahrzeuge bezüglich der Zuladung bzw. des Volumens ist mit einem höheren Informations- und Koordinationsaufwand im Vorfeld einer Fahrt verbunden. Die gemeinsame Nutzung von Ressourcen durch viele Auftraggeber wirft, insbesondere im nicht gewerblichen Raum, Fragen in den Bereichen Vergütung, Haftung, Versicherung und Besteuerung auf.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Bildung und Abwicklung von Transportaufträgen in Fahrgemeinschaften im Netzmodell der Logistik als gemeinsame Nutzung eines Transportmittels modelliert und Anwendungen und Analogien zwischen Güter- und Personenverkehr aufgezeigt.

2.1.1 Gemeinsame Nutzung von Verkehrsmitteln im Netzmodell

Verkehrs- und Logistikprozesse nutzen die vorhandene Kommunikations- und Transportinfrastruktur, deren Struktur einem Netzwerk entspricht. Zur Nutzung dieser Netze werden der Besitz oder das Nutzungsrecht an standardisierten Netzgütern vorausgesetzt, die den Betrieb des Netzes ermöglichen (z.B. Telefon, Telefaxgerät, Computer, MDS, Palette, Behälter, Umschlagereinrichtung, Stapler, Regalbediengerät etc.).

Zur Beschreibung komplexer logistischer Systeme wird die Systemtechnik benutzt, wo gleiche Netzgüter zu Strömen zusammengefasst und deren zeitliche Veränderungen als Prozesse dargestellt werden. In der Logistiksystemplanung werden drei Arten von Strömen, Material-, Informations- und Werteflüsse, unterschieden, die als Basis zur Gliederung eines Systems und zur Definition von Logistikprozessen dienen. Die zielgerichtete Betrachtung des Gesamtsystems führt zu einer Reduktion der Komplexität. Die Abbildung 2.1.1-1 stellt die perspektivische Betrachtung eines Systems als Material-, Informations- und Werteflussystem mit orthogonalen Parametern und logisch fassbarer Verknüpfung der Betrachtungsebenen dar [Quelle: Roos].

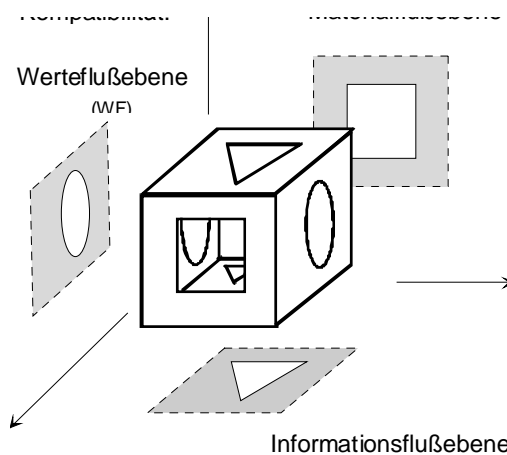


Abb. 2.1.1.-1: Betrachtung eines Systems in drei Dimensionen zur Reduktion der Komplexität [1]

Das Netzmodell der Logistik bildet komplexe Systeme mit Hilfe dreier Betrachtungsebenen, der Material-, Informations- und Werteflussebene, in Form von Vorgangsknotennetzen ab. Die Netzwerke werden aus Knoten und Kanten aufgebaut. Jeder Knoten symbolisiert einen bestimmten Zustand eines Netzguts (Objekts). Über verschiedene Knotentypen können Verbindungen zwischen einzelnen Netzebenen hergestellt werden, um eine Synchronisation bzw. Vertaktung der Ströme zu erreichen. Die Abbildung 2.1.1-2 zeigt die Elemente des Netzmodells der Logistik [Quelle: Roos].

		Materialfluß	Informationsfluß	Wertefluß
I	Netzelement	- Förderstrecke / - Fördermittel - Förderweg - Transportfahrzeug	- Verbindungskabel - Lichtwellenleiter - Funkstrecke - IR-Strecke	- Geschäftsverbindung - Bankverbindung
O	Knoten	- Transportknoten - Übergabepunkt - Abgabepunkt	- Sendegerät/ Empfangsgerät - Informationskoppler	- Buchungsstelle
II	Brücke	- Stapler, Hebezeug - Kran - Verladebrücke	- Umsetzer	- Devisentausch - Eigentumsübergang
III	Lager	- Lager	- Informationsspeicher	- Konto
IV	Terminal	- WE/WA-Puffer in beiden Netzen - Umstapelplatz	- Leitzentrale	- Bank

Abb. 2.1.1-2: Elemente des Netzmodells der Logistik [1]

In den nachfolgenden Abschnitten wird das Modell der gemeinsamen Nutzung von Transportmitteln im Netzmodell aus der perspektivischen Betrachtungsweise der Materialfluss-, Informationsfluss- und Werteflussebene beschrieben.

2.1.1.1 Materialflussebene

Die physische Überbrückung einer Ortsdifferenz zwischen zwei Punkten wird mit Hilfe des Netzprodukts „Transportmittel“ unter Nutzung des vorgegebenen Wegenetzes vollzogen. Das Wegenetz wird aus Kanten (Straßen) und Knoten (Kreuzungen, Abzweigungen) nachgebildet. Jeder Kante wird zur Ermittlung der Fahrdauer ein fahrzeugabhängiges Geschwindigkeitsprofil zugeordnet. Die Kanten des Wegenetzes enthalten Regeln zur verkehrsdichteabhängigen Kapazitätsbegrenzung. In den Wegeknoten des Netzes sind Verzweigungs- und Zusammenführungsregeln hinterlegt, die die Berechnung einer verkehrsdichteabhängigen Verweildauer eines Netzguts im Knoten ermöglichen.

Das Netzgut (Transportmittel) bewegt sich von einem Startort über mehrere Wegeknoten zu seinem Zielknoten. Die wirtschaftlich erfolgreichste Nutzung liegt bei voller Auslastung der Transportmittelkapazität vor. Nutzen mehrere Teilnehmer (Güter oder Personen) ein Transportmittel, ist die Kapazität des Verkehrsmittels zu ergänzen. Die Anfangs-, Umstiegs- und Auflösungspunkte der gemeinsamen Nutzung werden als Terminal mit Lagerkapazität gekennzeichnet. Diese Knoten bilden die Verknüpfungspunkte zwischen den Materialflussketten der einzelnen Netzgüter (Objekte) und der des gemeinsam genutzten

Fahrzeugs. Die Terminals sind Brücken zur Informations- und Werteflussebene. Die Abbildung 2.1.1.1-1 gibt die Materialflusskette eines von mehreren Objekten gemeinsam genutzten Fahrzeugs wieder [Quelle: IFT-LL].

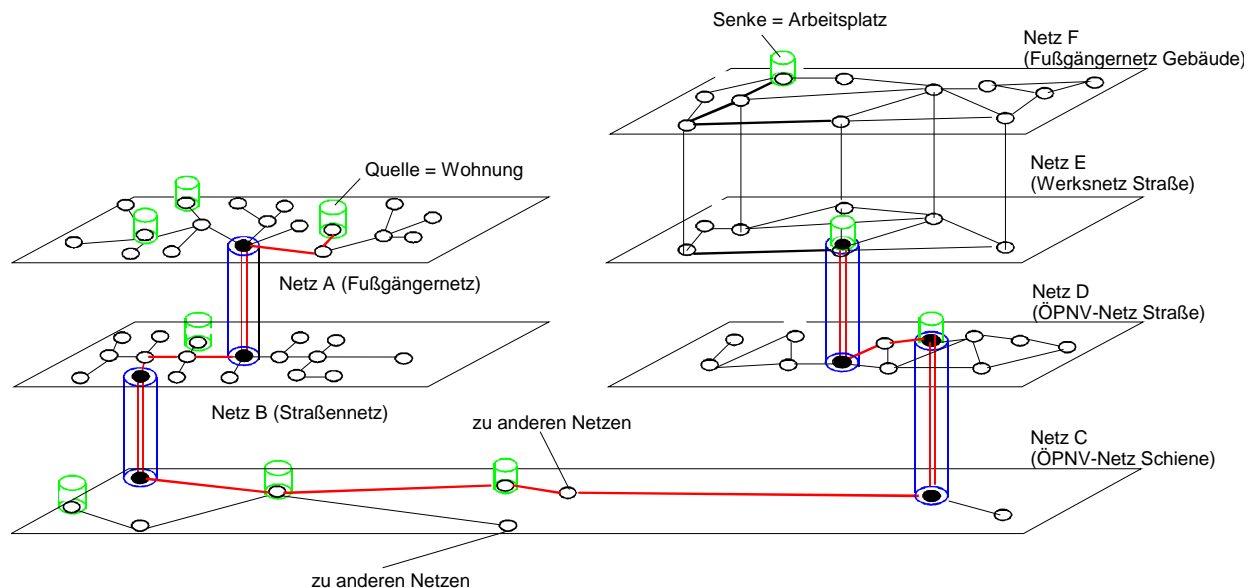


Abb. 2.1.1.1-1: Materialflusskette eines von mehreren Objekten gemeinsam genutzten Fahrzeugs [20]

2.1.1.2 Informationsflussebene

Auf der Informationsflussebene wird der zur Planung, Organisation und Steuerung von Transporten mit einem gemeinsamen Transportmittel benötigte Informationsfluss abgebildet. Auf dieser Ebene wird das virtuelle Produkt „gemeinsame Nutzung eines Netzguts“ geplant, koordiniert und über Brücken zum Materialfluss gesteuert. Das virtuelle Produkt basiert auf einem System, das die Regeln zur Bildung von gemeinschaftlich genutzten Fahrzeugen enthält. Die Regeln der Clusterbildung werden durch Parameter aus der Materialfluss- und Werteflussebene bestimmt. Um dieses Kernstück sind Kommunikations- und Informationssysteme gruppiert, die eine Interaktion mit dem Kunden bzw. mit einem Operator ermöglichen.

Das Kernsystem erhält Meldungen von den Terminals im Materialflussnetz über den Status der Auftragsabwicklung (Tracking und Tracing). Neben den systemeigenen Kommunikationsschnittstellen (Terminals) können über öffentliche feste oder funkgestützte Kommunikationssysteme jederzeit Verbindungen zu den Auftraggebern aufgenommen werden.

Mit der Buchung eines Transportauftrags werden die Daten zur Ermittlung einer geeigneten Verbindung sowie ein Auftrag an den Dienstleister erteilt. Der Kunde wird über das Vermittlungsergebnis und die Einzelheiten der Transportabwicklung informiert. Das System gibt nach Beginn des Transports auf Anfrage Meldungen über den Transportstatus heraus. Mit Beendigung des Gesamttransports erhält der Auftraggeber eine Abschlussmeldung sowie eine Abrechnung.

Das Kommunikations- und Informationsnetz wird analog zur Materialflussebene aus Kanten und Knoten aufgebaut. In diesem Fall symbolisieren die Kanten Leitungen, die Knoten beispielsweise Vermittlungsstellen, Terminals, Datenspeicher oder Rechenzentren.

2.1.1.3 Werteflussebene

Der Wertefluss beschreibt die bei der Abwicklung eines Auftrags auftretenden Mittelflüsse (Ausschreibung, Angebot, Bestellung, Wertschöpfung bei Produktion und Montage, BDE, Rechnung, Bezahlung) sowie die Verantwortlichkeitsbereiche der einzelnen Partner einer Dienstleistung.

Während bei dem Modell der gemeinsamen Nutzung eines Verkehrsmittels auf Material- und Informationsflussebene ausschließlich Dienstanbieter und -nutzer miteinander interagieren, treten beim Wertefluss weitere Partner auf, die den Wertefluss zwischen Kunden und Anbieter beeinflussen.

Im Falle der Bildung von Mitfahrgemeinschaften im Berufsverkehr sind die Arbeitgeber der Teilnehmer, die Städte und Gemeinden, in denen der Mobilitätsdienst angeboten wird, und die Gesellschaft als weitere werteflussbeeinflussende Partner identifiziert worden.

Der Einfluss dieser Partner wird vor allem bei der Konzeption und Planung der Dienstleistung und bei der Definition der finanziellen, juristischen, technischen und sozialen Randbedingungen bemerkbar. Diese Randbedingungen drücken sich beispielsweise bei der Gestaltung von Verträgen zwischen Arbeitgebern und Anbietern, der Berücksichtigung von Fahrgemeinschaften, bei Steuern und Versicherungen, der Gestaltung von P+M Plätzen und deren Einbindung in das öffentliche Verkehrs- und Kommunikationsnetz aus.

Zwischen Anbieter und Kunde findet in der Werteflussebene die finanztechnische Abwicklung der gemeinsamen Nutzung eines Fahrzeugs statt. Das Tarifsystem des Anbieters bestimmt in Abhängigkeit von der Anzahl der Nutzungen und der Nutzungsdauer das zu entrichtende Entgelt für die Dienstleistung. Das Zahlungssystem des Anbieters legt fest, in welcher Art und

Weise die Entgelter zu entrichten sind. Hier können beispielsweise Systeme auf Basis von Kundenkarten mit Systemen auf Basis von Kreditkarten konkurrieren. In beiden Fällen muss die Erhebung der Gebühr für den Kunden transparent und nachvollziehbar sein. Das Zahlungssystem muss den Kunden vor Missbrauch seiner Kundenkarte schützen.

Der Wertefluss schließt auch die Verantwortung der Mitfahrzentrale für eine korrekte Abwicklung einer gebuchten gemeinsamen Fahrzeugnutzung ein. Der Anbieter hält Notfallstrategien vor, die in jedem Buchungsfall eine Realisierung des Fahrwunsches bei Fahrzeugengpässen ermöglichen. Der Kunde wird für dabei auftretende Zeitverluste teilweise entschädigt. Eventuell verursachte Mehrkosten sind in der Preisbildung berücksichtigt.

2.1.2 Anwendungsbeispiele in der Logistik

Die gemeinsame Nutzung von Verkehrsmitteln ist gängige Praxis im Güterverkehr. Das Prinzip der Clusterbildung wird hier ebenfalls in einem zweistufigen Verfahren angewendet. In der Regel geht der Bildung von Touren eine Bildung von Ladeeinheiten voraus. In der ersten Bündelungsstufe werden Artikel eines Auftrags auf Ladehilfsmitteln zusammengefasst, gestapelt, gesichert und als Einheiten zum Abtransport auf Verkehrsträger verladen. In der zweiten Clusterstufe werden Touren für die Verkehrsmittel so geplant, dass diese staufrei ihre Ziele erreichen können. Hierbei werden aufgrund der Zielangabe eines Auftrags Ladeeinheiten zu Ladungen zusammengestellt und eine Route ermittelt. In beiden Clusterstufen wird auf diese Weise eine Optimierung des Ressourceneinsatzes erreicht.

2.1.3 Anwendungsbeispiele im Personenverkehr

Im Personenverkehr können zwei Arten von gemeinsamer Nutzung eines eigenen oder sich im gemeinschaftlichen Eigentum befindlichen Verkehrsmittels im Individualverkehr beobachtet werden, das Car-Sharing bzw. Car-Pooling oder die statischen bzw. dynamischen Fahrgemeinschaften. Beim Car-Sharing oder Car-Pooling werden einer großen Personengruppe Fahrzeuge zur individuellen Nutzung zur Verfügung gestellt, wobei lediglich ein vereinbarter Zeitrahmen oder aber eine vertragliche PKW-Laufleistung den Freiheitsgrad des Nutzers einschränken.

Bei den Mitfahrgemeinschaften wird das Fahrzeug des Fahrers von anderen Personen mitgenutzt, um ein gemeinsames Ziel zu erreichen. Bei einer statischen Fahrgemeinschaft nutzen immer die gleichen Personen ein Transportmittel, bei einer dynamischen Fahrgemeinschaft wechseln die Mitfahrer ständig die Gruppe und die Fahrzeuge. Die Organisation einer statischen Fahrgemeinschaft erfolgt in der Regel durch Absprache zwischen

den Teilnehmern. Die Kosten werden durch zyklischen Wechsel des Fahrers gleichmäßig verteilt. Für die Koordination von dynamischen Fahrgemeinschaften ist ein Vermittlungsservice unerlässlich.

Das Modell der gemeinsamen Nutzung eines Verkehrsmittels sollte den Wechsel eines Verkehrsmittels während des Fahrwegs einschließen, so dass auch der öffentliche Personenverkehr mitmodelliert werden kann. Auf diese Weise werden beispielsweise Park & Rail Verknüpfungen in ein Verkehrsmodell integriert. Die P+M- und die P+R Plätze haben eine Brückenfunktion zwischen den verschiedenen Transportnetzen und stellen Umsteigern Parkkapazitäten für Pkw zur Verfügung.

Aus der Betrachtung einer Dienstleistung zur gemeinsamen Nutzung eines Verkehrsmittels werden im nächsten Abschnitt am Beispiel der Fahrgemeinschaftenbildung im Berufsverkehr Nutzen- und Risikopotentiale aus Sicht der involvierten Partner, Arbeitnehmer, Arbeitgeber, Dienstleistungsanbieter, Gemeinden und Gesellschaft, hergeleitet.

2.2 Nutzen- und Risikopotentiale der Fahrgemeinschaftenbildung im Berufsverkehr

Erfolg und Misserfolg der Mitfahrzentralen für Berufspendler sind nicht nur von den technischen Parametern (Ort, Zeit, Weg) der Grundgesamtheit, dem Fahrer- und Beifahrer-Pool, abhängig, sondern werden von den persönlichen Interessen sowie Einschätzungen der potentiellen bzw. realen Teilnehmer bezüglich der Systemzuverlässigkeit, -sicherheit, des Systemkomforts und -nutzens bestimmt. Die Teilnahme an einer Fahrgemeinschaft ist gegenüber der Nutzung des eigenen PKW mit einer Einschränkung des persönlichen Freiraums verbunden, die durch andere Gewinne mehr als kompensiert werden muss.

Zur Analyse der Nutzen- und Risikopotentiale bei Teilnahme bzw. bei Unterstützung von Fahrgemeinschaften werden im Folgenden perspektivisch Fahrgemeinschaften aus der Sicht von Teilnehmern (Arbeitnehmern), Arbeitgebern, Betreibern, Gemeinden, Städten und Regionen sowie der Gesellschaft betrachtet [2][3][20].

2.2.1 Fahrgemeinschaften aus der Sicht der Teilnehmer

Die Nutzenpotentiale für Teilnehmer an einer Fahrgemeinschaft stellen sich dar als Mindernutzung des eigenen Fahrzeugs, Freistellung des Fahrzeugs für die Nutzung durch die

Familie sowie der damit verbundenen realen bzw. virtuellen Wertsteigerung. Die Fahrgemeinschaft bietet ihren Teilnehmern die Gelegenheit zum Aufbau und zur Pflege von abteilungs- oder firmenübergreifenden Kontakten. Die zusätzliche Kommunikationsmöglichkeit (Mobilitätszentrale) kann zur Koordination von inner- und außerbetrieblichen Aktivitäten genutzt werden.

Für alle Teilnehmer einer Fahrgemeinschaft im Berufsverkehr bestehen Risikopotentiale bezüglich der sicheren und zuverlässigen Abwicklung von Fahraufträgen auf der Material-, Informations- und Wertflussebene. Sicherheit und Zuverlässigkeit beziehen sich hierbei nicht nur auf die einzelnen Schritte der Auftragsabwicklung, sondern auch auf die finanzielle Sicherheit und die persönliche Zuverlässigkeit eines jeden Teilnehmers.

Für die Fahrer ist die Teilnahme an einer Fahrgemeinschaft mit einer hohen Verantwortung und Haftung im Falle eines Unfalls verbunden. Die Rahmenbedingungen in unserem Lande bringen eine Benachteiligung für Fahrgemeinschaften bei Steuern (Wertminderung, Zusatzeinkommen). Zusätzlich notwendige Versicherungen (geringe Laufleistung) führen zu einer Bevorteilung des Einzelfahrers.

Neben den genannten grundsätzlichen Risikopotentialen liegen die hauptsächlichen Risiken für die Teilnehmer in der zuverlässigen Abwicklung der Fahraufträge. Auf der Ebene des Materialflusses ist die Zuverlässigkeit der Anschlüsse von besonderer Bedeutung, da sie die Fahrzeit bzw. die Ankunftszeit bestimmen. Hier ist die Zuverlässigkeit der einzelnen Teilnehmer gefragt, pünktlich am Treffpunkt präsent zu sein. Außerdem spielt die aktuelle Verkehrssituation bei der Einhaltung der geplanten Termine eine wesentliche Rolle. Das Erreichen der Mobilitätszentrale über verschiedene zuverlässige Kommunikationskanäle stellt auf der Ebene des Informationsflusses ein Risikofaktor dar. Dies gilt nicht nur für die Einleitung von Notfallmaßnahmen, sondern für alle Transaktionen über das Informations- und Kommunikationsnetzwerk. Die Risiken auf der Ebene des Wertflusses für einen Teilnehmer sind intransparente Tarif-, Vergütungs- und Bezahlungsbedingungen.

2.2.2 Fahrgemeinschaften aus der Sicht des Dienstleistungsanbieters

Für die Abwicklung von Fahraufträgen ist der Dienstleistungsanbieter alleiniger Ansprechpartner. Einfache, nachvollziehbare Modi bei Buchung und Abwicklung der Dienstleistung sowie transparente Tarif-, Vergütungs- und Zahlungssysteme in Verbindung mit

komfortablen Zahlungsmitteln, wie beispielsweise das "Cyber-Money"¹, sind eine zuverlässige Basis und eine gute Werbung für das Servicesystem. Zur physischen Abwicklung der Fahrgemeinschaften ist eine ständige Erreichbarkeit der Mobilitätszentrale als Koordinator des Dienstes zu gewährleisten.

Für den Betreiber einer Mitfahrzentrale steht der wirtschaftliche Erfolg seines Dienstes im Vordergrund. Mit zunehmender Teilnehmerzahl steigt das finanzielle Nutzenpotential des Anbieters, der eine zuverlässige und sichere Abwicklung aller Fahraufträge garantieren muss. Eine Optimierung der Serviceprozesse sollte kunden- bzw. teilnehmerorientiert erfolgen.

Im Mittelpunkt der Auftragsabwicklung steht das Buchungs- und Informationssystem für Mitfahrgemeinschaften. Dieses Software-System verwaltet alle Kundendaten, erfasst Aufträge, stellt Fahrgemeinschaften zusammen, informiert Teilnehmer über den Auftragszustand und unterstützt den Operator in Notfällen. Es beinhaltet Informationen über alternative Verbindungen zum Zielort. Beispielsweise zeigt es Abfahrtszeiten und -orte für den ÖPNV auf bzw. vermittelt Freiplätze bei nachfolgenden Fahrgemeinschaften.

Zur Minimierung von Folgeschäden bei der Auftragsabwicklung sind Notfallstrategien in das Buchungs- und Informationssystem integriert, die beispielsweise die Weitervermittlung von Teilnehmern nach Fahrtbeginn ermöglichen. Den Teilnehmern einer Fahrgemeinschaft können bei Ausfall bzw. bei Bedarf auch Fahrzeuge aus einem Public-Car Pool zur Verfügung gestellt werden. Vorbild für dieses Dienstleistungsangebot ist der seit 1994 von der DaimlerChrysler AG am Potsdamer Platz in Berlin betriebene Car Pool mit 60 Fahrzeugen und insgesamt 11 Stationen [3][21][22].

2.2.3 Fahrgemeinschaften aus der Sicht der Arbeitgeber

Direkte Nutzenpotentiale für Arbeitgeber ergeben sich aus der gemeinsamen Nutzung eines Fahrzeugs im Berufsverkehr, wenn durch eine hohe Teilnehmerzahl in der Belegschaft der vorzuhaltende Parkraum in der Nähe der Arbeitsplätze verringert oder aber das Zusammentreffen der Verkehrsströme, Allgemein-, Zuliefer- und Belegschaftsverkehr in Werksnähe vermindert werden kann. Im Interesse des Arbeitgebers liegt es, die Dienstleistung „Mitfahrdienst“ optimal und attraktiv zu gestalten. Der durchschnittliche Fahrzeugbesetzungsgrad im Berufsverkehr von derzeit 1,2 Personen pro Fahrzeug bietet ein hohes Optimierungspotential durch Clusterbildung [10].

¹ Elektronisches Abrechnungssystem, das mit der Auftragsabwicklung gekoppelt ist.

Ein indirekter Nutzen besteht in der stressärmeren Hin- und Rückfahrt und in der Kommunikationsmöglichkeit der Mitarbeiter vor und nach der Arbeitszeit. Bei regionalen Mitfahrdiensten mit mehreren Arbeitgebern wird dieses Nutzenpotential auf überbetriebliche Kontakte ausgeweitet.

Bei Verknüpfung mehrerer Wegekettens erhöht sich die Abhängigkeit von der Verkehrssituation und von der Zuverlässigkeit der Teilnehmer des Dienstes. Das Zeitfenster der täglichen Ankunftszeiten am Arbeitsplatz weitet sich damit naturgemäß aus.

Wenn in einer Region Arbeitnehmer mehrerer Unternehmen an der Dienstleistung „Fahrgemeinschaftenbildung“ teilnehmen, ist für den jeweiligen Arbeitgeber ein solches Angebot akzeptabel, das von einem unabhängigen, seriösen Anbieter ausgeht.

Der Anbieter tritt in allen Angelegenheiten des Dienstleistungsangebots als alleiniger Ansprechpartner auf, so dass für den Arbeitgeber kein zusätzlicher Aufwand entsteht. Das Risiko der Auftragsabwicklung trägt der Anbieter.

2.2.4 Fahrgemeinschaften aus der Sicht der Gemeinden

Das Nutzenpotential, die Reduktion der Verkehrsbelastung, können die direkt betroffenen Gemeinden nur bei reger Teilnahme ihrer Bürger am Mitfahrdienst im Berufsverkehr realisieren. Daher sollten sie an der Vorhaltung dieses Dienstes und an seiner Akzeptanz durch die Bürger interessiert sein und sich aktiv bei der Gestaltung eines attraktiven, zuverlässigen und sicheren Angebots beteiligen.

Hauptnutzen für Regionen, Städte und Gemeinden bilden die mit der Reduktion des Verkehrsaufkommens verbundene Senkung der Schall- und Schadstoffemissionen sowie die Reduktion der benötigten Parkflächen. Das Engagement der Gemeinden und Regionen in moderne Mobilitätsdienste schafft finanzielle Freiräume für Investitionen.

Die Gemeinden geraten bei einem Votum für Fahrdienste in eine Reihe von Konfliktfeldern, beispielsweise mit dem ÖPNV, deren Träger sie zumeist sind, oder aber mit gewerblichen Dienstleistern, wie Taxi- und Busbetriebe, die Kommunalsteuern und -abgaben zahlen und Arbeitsplätze zur Verfügung stellen.

Fahrgemeinschaften und ÖPNV können sich jedoch gegenseitig ergänzen, insbesondere in Räumen mit stark reduzierten öffentlichen Verkehrsangeboten. In der Vernetzung verschiedener Angebote liegt die Chance einer Gemeinde, einen möglichst großen Nutzen zu erzielen. Zur Steigerung der Attraktivität von Fahrgemeinschaften können die Gemeinden

zusätzlich als Anbieter einer Unfall- und Haftpflichtversicherung für Fahrer und Mitfahrer auftreten.

2.2.5 Fahrgemeinschaften aus der Sicht der Gesellschaft

Die Reduktion des Verkehrsaufkommens durch optimale Auslastung der Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr bringt ökonomischen und ökologischen Nutzen. Sie ist mit einer Minderung des Schadstoffausstoßes verbunden. Diese Effekte werden nur bei einem flächendeckenden Angebot von Mobilitätsdiensten sowie hohen Teilnahmequoten der Berufspendler erreicht. Im Interesse der Gesellschaft wäre es, die juristischen, finanziellen, sozialen und technischen Randbedingungen in einer Weise zu gestalten, dass eine sichere und zuverlässige Abwicklung von Mitfahrgemeinschaften effizient und effektiv möglich ist.

Die Gesellschaft kann durch Änderungen der sozialen, juristischen und finanziellen Randbedingungen die Akzeptanz von Mitfahrgemeinschaften verbessern. Die Berücksichtigung von Fahrgemeinschaften bei der Besteuerung eines PKW, die Anrechnung von Fahrtkosten bei der Einkommensteuer oder die Berücksichtigung von Fahrgemeinschaften bei der Unfall- und Haftpflichtversicherung sind nur drei Aspekte, welche die Gesellschaft im Sinne von Mitfahrgemeinschaften ändern kann. Durch Informationen über Kostenvorteile, verstärkte Werbung, bevorzugte Parkmöglichkeiten nach Auslastungsgrad der Fahrzeuge bzw. über voll besetzte Fahrzeuge, entsprechende Weiterbildungsmaßnahmen können Vorbehalte und Vorurteile der Bürger gegenüber der Gruppennutzung von privaten PKW im Berufsverkehr reduziert werden.

In der Aufbauphase eines Verkehrssystems, das auf der gemeinsamen Nutzung von Verkehrsmitteln beruht, ist über die Schaffung von Förderinstrumenten ähnlich denen des ÖPNV für die kleinen Gemeinden nachzudenken. Als Vorbild kann die zeitlich befristete Reduzierung der Kfz-Steuer bei schadstoffarmen Fahrzeugen dienen, um Arbeitgebern und Arbeitnehmern zusätzliche Anreize zur Teilnahme an Mobilitätsgemeinschaften zu bieten.

2.3 Parameter der Gruppenbildung bei der Fahrgemeinschaftenbildung

Die größten Nutzen- und Risikopotentiale erwachsen aus der Gestaltung, Schaffung und Anwendung von attraktiven, transparenten, sicheren und zuverlässigen Prozessen zur Durchführung von Mitfahrgemeinschaften im Berufsverkehr. Aus diesen Potentialen, die aus

der Teilnahme bzw. Unterstützung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr entstehen, leiten sich zwei Arten von Parametern der Gruppenbildung ab:

- Parameter zur Gestaltung einer Dienstleistung "Fahrgemeinschaftenbildung"
- Parameter zur Bildung einer Fahrgemeinschaft

Die Parameter der Gruppenbildung enthalten die Kriterien, die zur Bildung eines Clusters im Berufsverkehr berücksichtigt werden müssen. Grundlage für den nachhaltigen Erfolg ist die Schaffung eines attraktiven Angebots, das möglichst viele Berufspendler anspricht. Die Gestaltungsparameter definieren Eigenschaften, die ein erfolgreiches Dienstleistungsangebot im Bereich der Fahrgemeinschaftenbildung erfüllen.

2.3.1 Gestaltungsparameter für Mitfahrgemeinschaften

Die Gestaltungsparameter für Mitfahrgemeinschaften bestimmen den virtuellen und physischen Ablauf bei der Bildung und Abwicklung von Fahrgemeinschaften und die Gestaltung der entsprechenden Infrastruktur, beispielsweise die Auswahl und Gestaltung der P+M Punkte im Hinblick auf einen sicheren Umstieg in die Fahrzeuge, die Gestaltung und Verfügbarkeit der Interaktionsmittel zwischen Kunden und Anbietern, die Gestaltung und Umsetzung der Tarif-, Vergütungs- und Zahlungsbedingungen. Ziel der Gestaltungsparameter ist es, die Eigenschaften eines attraktiven Angebots für eine Fahrgemeinschaftenbildung im Berufsverkehr zu beschreiben. Bei den Gestaltungsparametern werden Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitsparameter, Sicherheits-, Finanz- und Komfortparameter unterschieden.

2.3.1.1 Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit

Auf Basis der juristischen und finanziellen Grundlagen des Dienstes wird ein Buchungs-, Stornierungs- und Auskunftssystem generiert, das die Vorgaben des Tarif-, Vergütungs- und Zahlungssystems in eine Softwareanwendung umsetzt. Bei der Transponierung der Regeln in eine Anwendung stehen die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Angebots im Mittelpunkt.

Jedem angemeldeten Teilnehmer wird von der Mitfahrzentrale ein Mobilitätsausweis ausgehändigt, der die Kenndaten des Teilnehmers enthält. Dieser Ausweis (MobilityCard) dient zur eindeutigen Erfassung und Quittierung von Zuständen während der Fahrtabwicklung sowie zur Buchung und Stornierung an externen Mobilitätsterminals. Die MobilityCard enthält einen Transponder und erlaubt die einfache und komfortable Identifikation an P+M Punkten oder

Buchungs- und Auskunftsterminals und ggf. die Bezahlung der Dienstleistung (Geldkartenfunktion).

Die Abwicklung einer Fahrgemeinschaft setzt sich aus einer Planungs- und einer Abwicklungsphase zusammen. Die Planungsphase beinhaltet die Buchung des Dienstes und die Bildung der Fahrgemeinschaft sowie die Übermittlung des Vermittlungsergebnisses. In der Abwicklungsphase überwacht die Zentrale mit Hilfe von Informationsknoten an den P+M Punkten und den Zielparkplätzen die Abwicklung der geplanten Fahrgemeinschaften. Notfallstrategien sichern die Ankunft der Teilnehmer an den gewünschten Zielorten. Das Sicherheitskonzept setzt zuerst auf die Umbuchung der Teilnehmer auf andere Fahrgemeinschaften und danach auf die Nutzung alternativer Verkehrsmittel. Der Ausfall einer Fahrgemeinschaft darf zu keiner finanziellen Mehrbelastung der Kunden führen.

Die Notfallstrategien und das Auftragsverfolgungssystem über die P+M Punkte verlangen von den Kommunikations- und Informationseinrichtungen und der Mobilitätszentrale höchste Anforderungen an Stabilität und Verfügbarkeit. Das Buchungs- und Stornierungssystem sollte redundant aufgefrischt und ständig über verschiedene Kommunikationskanäle erreichbar sein. Die Standardprozesse sollten automatisch ablaufen, damit der Operator in der Mobilitätszentrale sich vollständig der Feinoptimierung bzw. den Notfallmaßnahmen widmen kann.

2.3.1.2 Finanzielle Gestaltungsparameter

Die finanziellen Parameter fokussieren sich auf zwei Komponenten des Dienstleistungsangebots, dem Tarif-, Vergütungs- und Zahlungssystem des Dienstes sowie der Berücksichtigung von Fahrgemeinschaften bei Steuern und Versicherungen.

Das Tarif-, Vergütungs- und Zahlungssystem beschreibt das Dienstleistungsangebot, legt die Gebühren für die Teilnehmer und die Vergütung des Fahrers fest. Neben den Regeln für die ordentliche Abwicklung von Fahraufträgen enthält es Bestimmungen zum Verhalten der Teilnehmer bei Ausfall, Unfällen und anderen Störungen. Hier sind die Gewährleistungen des Anbieters gegenüber den Auftraggebern festgelegt. Das Tarif-, Vergütungs- und Zahlungssystem legt die finanziellen und juristischen Grundlagen für die Interaktion von Kunden und Anbietern fest. Da das Verfahren die Anwendung von IuK-Technologien voraussetzt, ist der Einsatz von "CyberCash" möglich.

Zur Verbesserung der Akzeptanz von Fahrgemeinschaften kann eine besondere Berücksichtigung bei Steuern und Versicherungen beitragen. Insbesondere die gesteigerte

Wertminderung der genutzten privaten Fahrzeuge und die Vergütung und Absicherung des Fahrers müssen stärkere Beachtung finden. Die Nutzer einer Fahrgemeinschaft müssen zusätzlich über die Mobilitätszentrale haftpflicht- und unfallversichert sein.

2.3.1.3 Komfortparameter

Der Komfort der Nutzer wird durch die benutzerfreundliche Gestaltung der Kommunikations- und Informationssysteme sowie die Auswahl und Ausstattung der P+M Punkte bestimmt.

Das Kommunikations- und Informationssystem ist die Interaktionsplattform zwischen dem Teilnehmer und der Mobilitätszentrale. Das System basiert auf den öffentlichen Fest- und Mobilfunknetzen und garantiert die Erreichbarkeit der Zentrale über mehrere Kanäle. Die Benutzerschnittstelle sollte eine einfache und sichere Bedienung über E-Mail, Internet, Telefon, SMS oder Fax zulassen und jederzeit eine Kontrolle der Daten durch den Kunden ermöglichen.

Die Standorte für die P+M Plätze sind so auszuwählen, dass die Teilnehmer bei Ausfall einer Fahrgemeinschaft und eines fehlenden alternativen Angebots seitens der Mitfahrzentrale noch auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen können. Zur festen Ausstattung des P+M Punktes gehört ein Informations- und Kommunikationsterminal in einem wettergeschützten Warteraum, das eine direkte Verbindung zur Mitfahrzentrale ermöglicht. Es können alternative Fahrgemeinschaften vor Ort vereinbart und Notfallmaßnahmen eingeleitet werden. Als Schnittstelle zum öffentlichen Telefonnetz dient ein Karten- bzw. Münzfernsprecher. Die Verkehrsführung im P+M Punkt mit Anmeldung an der Einfahrtsschranke und Abmeldung an der Ausfahrtsschranke stellt eine Verknüpfung des Materialflusses mit dem Informations- und Wertefluss sicher.

Das Angebot eines Public Car Pools ist eine ideale Ergänzung zum Mitfahrerservice im Berufsverkehr. Das Ausweichen auf Fahrzeuge des Pools, die an diversen P+M Plätzen positioniert sind, kann in die Notfallstrategien einbezogen werden. Fahrzeugpapiere und -schlüssel werden in speziell gesicherten Schließfächern des P+M Punktes aufbewahrt und per Funk von der Zentrale nach einer eindeutigen Identifikation freigeschaltet. Der Teilnehmer erhält über das Terminal einen Freischaltcode für das Schließfach und kann den Weg zur Arbeit mit dem auf dem Parkplatz abgestellten Fahrzeug fortsetzen.

Die verkehrsgünstige Lage der P+M Punkte lässt auch eine Nutzung der Wartezone als Abholpunkt eines Paketdienstes zu. Die Ausrüstung mit einem Paket-Schließfachsystem erweitert die Funktion des P+M Platzes zu einem Paketabholpunkt (Packstation/Post bzw. Pickpoint/Gewerbliche KEP-Dienste). Der Kunde erhält einen Freischaltcode für das Paketfach,

mit dem er gleichzeitig die Schranken des P+M Punktes öffnen kann. Auf diese Weise erhält die Mobilitätszentrale die Möglichkeit, einen Zusatznutzen aus ihrer Infrastruktur zu generieren und ihren Kunden attraktive Schnittstellen für E-Commerce und KEP-Dienste anzubieten.

2.3.1.4 Parameter Arbeitszeit, Arbeitsbeginn und -ende

Das Arbeitszeitmodell eines Betriebes sowie das Ankunfts- und Abfahrtsverhalten der Mitarbeiter beeinflussen die Wahrscheinlichkeit der Vermittlung in eine Fahrgemeinschaft. Die Abbildung 2.3.1.4-1 gibt die Ankunftsrate der Mitarbeiter an ihrem Arbeitsplatz und die daraus resultierende Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für die Ankunftsrate wieder [20].

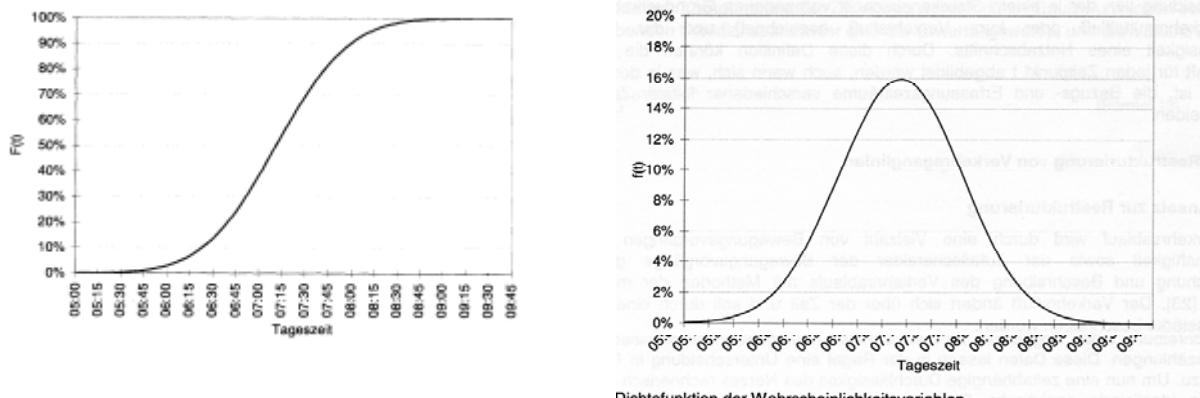


Abb. 2.3.1.4-1: Ankunftsrate der Mitarbeiter und die daraus resultierende Wahrscheinlichkeitsdichte

Die Abbildung 2.3.1.4-2 stellt die nachmittägliche Ausgangskurve sowie deren Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion dar [20].

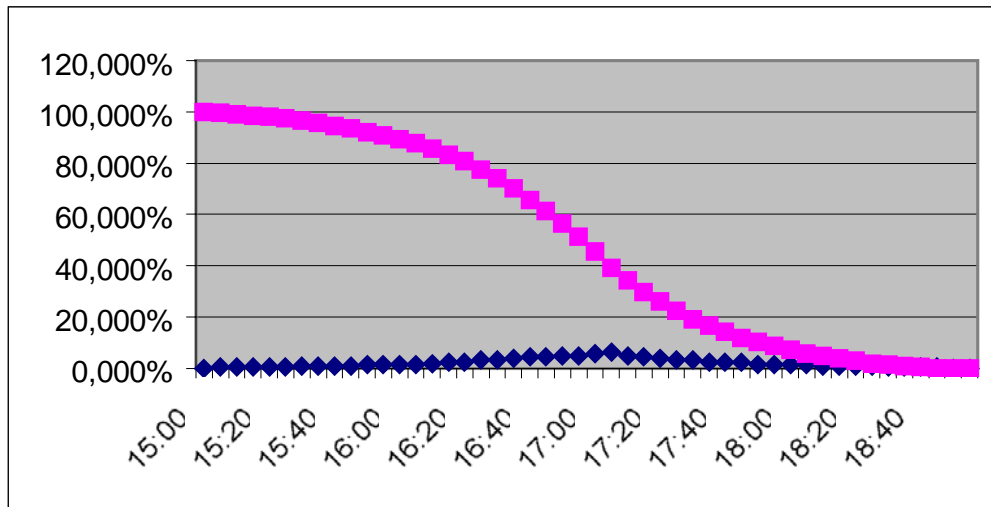


Abb. 2.3.1.4-2: Ausgangskurve und Wahrscheinlichkeitsdichte

Für die Wahrscheinlichkeit einer Vermittlung ist die Größe der Grundgesamtheit zum Zeitpunkt des Starts des Bildungsprozesses ausschlaggebend. Im Gegensatz zum Schichtbetrieb ist bei Betrieben mit gleitender Arbeitszeit mit einer großen täglichen Streuung der Ankunfts- und Abfahrtszeiten zu rechnen. Breite Streuungen führen aufgrund der Toleranzparameter bei der Gruppenbildung zur Einrichtung mehrerer Vermittlungszeitpunkte. Dadurch wird die Vermittlungswahrscheinlichkeit im Prinzip herabgesetzt. Die Kopplung dieser beiden Randbedingungen tritt häufig bei der Vermittlung der Rückfahrten auf, da die Streuung hier in der Regel viel größer ist.

Durch den Einbau von Komponenten der Tele-Arbeit in den Tagesablauf der MTC-Mitarbeiter können Tätigkeiten, die keine persönliche Anwesenheit am Arbeitsplatz erfordern (z.B. Bearbeitung von E-Mails, Schriftsätzen), auf die Fahrzeit bzw. nach Hause verlagert werden. Ziel der Integration von Tele-Arbeitskomponenten in die Arbeitsorganisation ist es, die Reduktion der Streuung bei Ankunfts- und Abfahrtszeiten zu ermöglichen und damit die Vermittlungswahrscheinlichkeit für die Heimfahrt zu steigern².

² Anmerkung: Diese Möglichkeiten wurden bisher in M21 noch nicht eingeführt und konnten demnach auch nicht untersucht werden.

2.3.2 Parameter der Gruppenbildung für Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr

Die Bildung von Gruppen im Berufspendelverkehr wird durch harte und weiche Parameter bestimmt. Die harten bzw. technischen Parameter sind die für die informationstechnische Bildung und Abwicklung von Fahrgemeinschaften benötigten Daten der Fahrer und Beifahrer. Die weichen Parameter berücksichtigen die individuellen Wünsche der Kunden bei der Generierung von Fahrgemeinschaften bei der Fahrzeitüberschreitung, der maximalen Wartezeit, der Auswahl von Umstiegspunkten und Fahrroute oder der Einschränkung der anderen Teilnehmer. Die weichen Parameter stellen die sichere Durchführung und die Stabilisierung einer Gruppenbildung und Auftragsabwicklung sicher.

2.3.2.1 Technische Parameter der Gruppenbildung im Berufspendelverkehr

Die harten Parameter der Gruppenbildung geben die materialflusstechnischen Basisdaten der Grundgesamtheit wieder. Nutzer einer statischen oder dynamisch gebildeten Fahrgemeinschaft möchten zusammen ein bestimmtes Ziel zu einer bestimmten Zeit erreichen. Die Verkehrsinfrastruktur bietet allen unterschiedliche Wegekombinationen zur Überwindung der Strecke zwischen Wohnort und Arbeitsstätte an. Die Wahl der Route zum Arbeitsplatz hängt von der zur Fahrzeit gemeldeten realen Verkehrssituation und den Vorlieben bzw. der Prägung des Fahrers ab. Zusätzliche Zeitreserven für die Teilnehmer einer Fahrgemeinschaft entstehen durch die automatische Reservierung bzw. Buchung eines Stellplatzes am Zielort (P+M Platz, Arbeitsort) und durch den Wegfall des mitunter stressigen Parksuchverkehrs. Tabelle 2.3.2.1-1 stellt alle technischen Parameter zur Beschreibung der Grundgesamtheit aller Beschäftigten einer Region vor.

Technische Parameter	Fahrer	Mitfahrer	Arbeitgeber
Aktivität in der Fahrgemeinschaft	aktiv, Anzahl Sitzplätze Quelle	Passiv Quelle	keine Senke
Ortsangabe	Adresse, GPS-Position		
Startzeit	Anstellungsverhältnis (Arbeiter, Angestellter), individuelle Vorlieben		Arbeitszeitmodell
Wegtoleranz	maximale Umweglänge		
Zeittoleranz	maximale Fahrzeitüberschreitung		
Parkplätze / Stellplätze	Stellplätze im öffentlichen Raum (P+M Plätze)		Parkplatz am Arbeitsplatz

Tab. 2.3.2.1-1: Beschreibende Parameter der Grundgesamtheit aller Beschäftigten einer Region [Quelle IFT-LL]

Die Rolle „Fahrer“ und „Beifahrer“ in einer Fahrgemeinschaft teilt die Grundgesamtheit in zwei große Teilgruppen auf, aus denen die aktiven und passiven Teilnehmer einer Mitfahrgemeinschaft gebildet werden. Das Verhältnis von Fahrer- zu Beifahreranteil in Kombination mit der räumlichen und zeitlichen Verteilung ist sehr bedeutsam für die Vermittlungsquote.

Die räumliche Zuordnung von Fahrern und Beifahrern kann entsprechend der Fahrgemeinschaftenwegekette räumlich in einem Umkreis zu einem bestimmten festen und sicheren Zustiegsknoten oder an einem entsprechenden Ort entlang der Route eines Fahrers zu seinem Arbeitsplatz erfolgen.

Die zeitliche Gruppenbildung orientiert sich an dem Arbeitszeitmodell des/der Arbeitgeber(s) und richtet sich nach den individuellen Ankunftszeiten eines Fahrers am Arbeitsplatz. Die Zuordnung der Beifahrer erfolgt durch Rückrechnung des Zeitbedarfs der gefahrenen Route zum Arbeitsplatz sowie des Zeitbedarfs zur Überwindung der Strecke zwischen dem Wohnort des Beifahrers und dem Zustiegspunkt. Die individuell einstellbare Zeit- und Wegetoleranz des Fahrers bzw. Beifahrers bestimmen die Toleranzbreite, das Zeitfenster, das über eine Zuordnung zu einer Fahrgemeinschaft entscheidet.

Die Anwendung der technischen Parameter ist abhängig von der Art der Bildung der Fahrgemeinschaft während des Berufspendelverkehrs. Im Falle einer Mitfahrgemeinschaftenbildung an festen P+M Punkten werden aus den Startorten der Teilnehmer die kürzesten Routen zum nächsten P+M Punkt ermittelt. Aus den Routendaten wird auf Basis der Startzeit und der Verkehrsdichteinformationen die Ankunftszeit am P+M Punkt ermittelt. Die Zuordnung von Fahrern und Beifahrern erfolgt auf Basis dieser Ankunftszeit inklusive einer Toleranzzeit zum sicheren Umsteigen. Vom P+M Platz werden der kürzeste Weg zum Arbeitsplatz ermittelt und die Ankunftszeit aus den Geschwindigkeitsprofilen der Route berechnet. Ausschlusskriterien für eine Fahrgemeinschaftenbildung sind nicht anpassbare, individuelle Toleranzwerte sowie die Ankunftszeiten am Zielort, die weit außerhalb der Kernzeiten liegen. Tangiert der Routenweg weitere P+M Punkte, können noch zusätzliche Passagiere zusteigen, bis die Kapazität des Fahrzeugs erreicht ist.

Bei der Bildung von Mitfahrgemeinschaften wird aus den Angaben für die Zustiegspunkte der kürzeste Weg zum Arbeitsplatz ermittelt. Ausschlusskriterien für die Einbindung eines Beifahrers in eine Fahrgemeinschaft sind die Gesamtlänge der Route bzw. die Gesamtfahrzeit zum Arbeitsplatz. Die Toleranzwerte des Fahrers bezüglich des Zeitrahmens und der tolerierten Umweglänge sind für die Gruppenbildung ausschlaggebend. Die frei definierbaren

Zustiegspunkte weisen nicht die Komfort- und Sicherheitsparameter der festen P+M Punkte auf. Dieses Verfahren ist anzuwenden, wenn ein Beifahrer direkt zusteigen kann, d.h. sein Wohnort auf der direkten Route zum Arbeitsplatz bzw. zum nächsten P+M Platz liegt.

2.3.2.2 Sicherheitsparameter

Die Sicherheitsparameter bei der Clusterbildung stellen die akzeptable Durchführbarkeit bei der Bildung einer Fahrgemeinschaft sicher. Einerseits betrifft dies die Zuordnung der Fahrer zu einem festen P+M Punkt bzw. die Bestimmung der Route zum Arbeitsplatz und andererseits die zumutbaren Wartezeiten an den P+M Punkten.

Die Zuordnung zu einem P+M Punkt oder die Bestimmung der Route zum Arbeitsplatz kann entweder automatisch durch ein Routenplanungsprogramm vorgegeben werden, das jeweils den kürzesten Weg unter Berücksichtigung der realen Netzauslastung zum Ziel berechnet, oder durch Vorgabe des Kunden erfolgen. Im zweiten Fall fließen die individuellen Erfahrungen des Kunden über die Verkehrssituation in die Bestimmung der Route ein.

Das Buchungs- und Vermittlungssystem muss in der Lage sein, bei vorzeitiger Ankunft oder bei Überschreiten der Wartezeit an einem P+M Punkt Alternativen zur pünktlichen Zielerreichung vorzuschlagen, d.h. es muss über die Fähigkeit des Umbuchens auf eine andere zeitlich nahe Fahrgemeinschaft und eine rasche Korrektur der Planung verfügen. Ist dies nicht möglich, werden andere Verkehrsmittel zur Überwindung der Reststrecke angeboten.

3 Umsetzung des Modells der dynamischen Fahrgemeinschaftenbildung

Die Konzentration der Entwicklungsabteilungen der DaimlerChrysler AG im neuen Entwicklungs- und Versuchszentrum (MTC) im Werk Sindelfingen und die damit verbundene Umlenkung von Verkehrsströmen waren Auslöser zur Entwicklung und Erprobung von Mobilitätsdienstleistungen für den Berufsverkehr. Kern des Vorhabens ist eine Mobilitätszentrale, die neben der Hauptfunktion, IuK- und Logistiksteuerungszentrum, verschiedene Dienste für Mitarbeiter des MTC anbietet.

Eine der Mobilitätsdienstleistungen, die von der Mobilitätszentrale offeriert werden, ist die dynamische Vermittlung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr. Am Institut für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und Logistik, ist auf Basis der Methoden und Modelle der Logistiksystemplanung das Dienstleistungspaket "DynMaz" konzipiert und entwickelt worden. Die Abbildung 3-1 gibt die Komponenten des Dienstleistungspakets "DynMaz" wieder [Quelle: IFT-LL].



Abb. 3-1: Komponenten des Dienstleistungspakets "DynMaz"

Die technischen Komponenten des Dienstleistungspakets, die sprachgestützte Dialogsoftware, das Buchungs- und Vermittlungssystem und das Navigations- und Kommunikationssystem, basieren auf den in dem vorherigen Kapitel beschriebenen Modellen und dem daraus entwickelten gemeinsamen Dienstleistungskonzept zur Buchung und Abwicklung von dynamischen Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr.

Die Entwicklung des Dienstleistungsangebots "Dynamische Mitfahrgemeinschaftenbildung im Berufsverkehr" ist jedoch nicht gemeinsam in einem Projekt, sondern verteilt auf die Projekte M21 - neue Mobilitätsdienstleistungen mit Hilfe der Telematik - und *mobilst* – Mobilität im Ballungsraum Stuttgart – erfolgt. Die Dienstleistung, das Buchungs- und Vermittlungssystem sowie das fahrzeuggestützte Navigations- und Kommunikationssystem sind im Rahmen von M21 entwickelt und realisiert worden, das sprachgestützte Dialogsystem ist als *mobilst*-Produkt "DynMaz" konzipiert, umgesetzt und erprobt worden.

3.1 Dynamische Fahrgemeinschaftenvermittlung im Berufsverkehr

Mit der Mobilitätsdienstleistung "Dynamische Fahrgemeinschaftenbildung im Berufsverkehr" wird ein Angebot vorgestellt, das eine Lücke zwischen dem individuellen Personenverkehr und dem öffentlichen Verkehr schließt. Ähnlich wie Car-Sharing oder Car-Pooling Angebote bietet die dynamische Fahrgemeinschaftenbildung seinen Teilnehmern ein gewisses Maß an Restindividualität gegenüber den starren Taktverkehren des ÖV oder den statischen Fahrgemeinschaften.

Die Individualisierung und Flexibilisierung der Fahrgemeinschaftenbildung sind mit einem im Gegensatz zur statischen Fahrgemeinschaftenbildung höheren technischen und organisatorischen Aufwand verbunden. Die Akzeptanz von Angeboten zur statischen oder dynamischen Fahrgemeinschaftenbildung hängt vor allem von der individuellen Zuverlässigkeit der Teilnehmer sowie von der Fähigkeit des Dienstleistungsanbieters ab, flexibel auf die Wünsche der Teilnehmer und auf die Anforderungen aus der gleitenden Arbeitszeit reagieren zu können.

Das Dienstleistungspaket "DynMaz" setzt sich daher aus zwei Angeboten zur dynamischen Bildung von Fahrgemeinschaften (FahrPLUS und Tele-Shuttle) und einem gestaffelten Angebot von Notfallstrategien bei Ausfall einer Fahrgemeinschaft zusammen.

Basis beider Mobilitätsdienste ist die Bildung von dynamischen Fahrgemeinschaften, bei der die Gruppenbildung aus dem Fahrer- und Mitfahrerpool für jede Fahrt mindestens einmal täglich neu erfolgt. Charakteristisch für dynamische Fahrgemeinschaften ist die permanent wechselnde Zusammensetzung der Fahrgemeinschaften. Größe und Zusammensetzung der beiden Pools erlauben es dem Dienstleistungsanbieter, die Häufigkeit der Vermittlung zu erhöhen und vom Basiskonzept starrer Buchungsgrenzen für Hin- und Rückfahrt auf ein System flexibler Buchungsgrenzen überzugehen. Andererseits bestimmt die Grundgesamtheit der

Fahrer und Beifahrer mit ihren individuellen Parametern die Vermittlungswahrscheinlichkeit und damit die Häufigkeit der Clusterbildung im Berufsverkehr. Ziel des Dienstleistungsanbieters muss es daher sein, einen möglichst räumlich und zeitlich homogenen Fahrer- und Mitfahrerpool aufzubauen, um die Anwendung von Notfallmaßnahmen auf ein Minimum zu reduzieren.

Im Rahmen des Dienstleistungspakets "DynMaz" werden zwei Varianten der dynamischen Fahrgemeinschaftenbildung angeboten, die sich in der Zusatzausstattung der verwendeten Fahrzeuge unterscheiden. Beim dynamischen Mitfahrerservice FahrPLUS werden "normale" Fahrzeuge eingesetzt, beim "Tele-Shuttle" genannten Dienst kommen Fahrzeuge mit einer zusätzlichen Kommunikations- und Navigationsausstattung zum Einsatz, die das Einbuchen eines Mitfahrers auch während der Fahrt ermöglicht. Das Kommunikations- und Navigationssystem unterstützt den Fahrzeugführer bei der Orientierung in unbekanntem Räumen und erlaubt dem Dienstleistungsanbieter die Aufhebung der Buchungsgrenzen. Der Mitfahrdienst "Tele-Shuttle" stellt somit die individuellste Form der dynamischen Fahrgemeinschaftenbildung dar, weil bei diesem Angebot auf die Einrichtung fester Park- und Mitfahrpunkte (P+M Punkte) verzichtet werden kann. Bei dieser Variante der dynamischen Fahrgemeinschaftenbildung ist die Berücksichtigung der individuellen Weg- und Zeittoleranzen bei der Fahrgemeinschaftenvermittlung von besonderer Bedeutung. Das Verfahren der Clusterbildung verändert sich von einer Ort-Zeit-Zuordnung bei festen Zustiegspunkten zu einer Weg-Zeit-Zuordnung.

Grundlage für das Angebot von Notfallstrategien ist die ständige Erreichbarkeit der Mobilitätszentrale. Diese Anforderung führt zur Ausstattung der P+M Plätze mit entsprechenden Kommunikationseinrichtungen. Basis des Dienstleistungsangebots ist eine Mobilitätsgarantie, d.h. im Falle des Ausfalls einer Fahrgemeinschaft sorgt der Dienstleistungsanbieter für die Organisation des Weitertransports zum Arbeitsplatz bzw. nach Hause. Hierbei stehen der Mitfahrzentrale mehrere Alternativen zur Verfügung:

- Einbuchung des Mitfahrers in eine nachfolgende Fahrgemeinschaft, die ebenfalls diesen P+M Platz ansteuert
- Einbuchen des Mitfahrers in eine nachfolgende Tele-Shuttle Fahrgemeinschaft
- Umstieg auf den ÖV (Die Fahrtkosten werden vom Dienstleister erstattet.)
- Umstieg auf ein Fahrzeug eines Car-Pools (Nutzung des P+M Punkts als Abhol- und Abgabestation eines entsprechenden Zusatzdienstes der Mobilitätszentrale)

Die Mobilitätsgarantie ist von besonderer Bedeutung für den Kundenservice und die Akzeptanz und unterscheidet den Dienst von ähnlichen Angeboten.

Darüber hinaus werden den Teilnehmern, insbesondere den Fahrern, zusätzliche Serviceleistungen, wie z.B. Baustellen- und Stauwarnung, angeboten. Diese Informationen können dem Teilnehmer auch am Morgen vor Fahrtantritt per SMS übermittelt werden.

3.2 Buchungs- und Vermittlungssystem

Die Fahrgemeinschaftenbildung wird durch ein Buchungs- und Vermittlungssystem unterstützt. Die Aufgaben des Systems sind die Entgegennahme und Sammlung von Buchungen, die Bildung von Fahrgemeinschaften und Touren sowie die Verwaltung der Teilnehmer. Die Buchungs- und Vermittlungssoftware übernimmt auch die Abrechnung der in Anspruch genommenen Leistungen.

Das Buchungs- und Vermittlungssystem nimmt automatisch Buchungsdaten über Internet oder E-Mail entgegen oder wird manuell mit den Daten der eingegangenen Faxe und Telefonate für eine Mitfahrgelegenheit bzw. für eine Mitfahrt gefüttert. Der Operator der Mobilitätszentrale korrigiert ggf. die Ergebnisse des Vermittlungsprogramms und benachrichtigt die Buchenden über die getroffenen Arrangements.

Voraussetzung für die Teilnahme an den dynamischen Mitfahrdiensten "FahrPLUS und "Tele-Shuttle" ist die Registrierung bei der Mobilitätszentrale. Die Registrierungen der Interessenten erfolgen ebenso wie die Buchungen via Internet. Für den Interessenten wird bei der Anmeldung der folgende Datensatz angelegt:

ID	Typ	Anrede
Vorname	Name	Strasse
Haus_Nr.	PLZ	Wohnort
Firma	Abteilung	Gebaeude
Zimmer	TelNr.	FaxNr.
PersonalNr.	Arbeitsort	Kfz.-Kennzeichen

Tabelle 3:2-1 Bei der Registrierung erfasste Daten

Der Operator prüft die Anmeldung und bestätigt die Registrierung als Teilnehmer. Die Kontrolle durch den Operator erlaubt es, Fehler bei der Anmeldung zu vermeiden oder einen Interessenten darauf aufmerksam zu machen, dass er aufgrund seines Wohnsitzes kaum vermittelbar ist. Bei der Registrierung erhält der Teilnehmer eine Kennung und ein Passwort, mit denen jede Buchung bestätigt wird. Der Teilnehmerdatensatz wird nach der Abmeldung des Teilnehmers wieder gelöscht.

Für die Buchung eines Fahrtwunsches werden verschiedene Informationen vom Teilnehmer benötigt. Prinzipiell sollte sich die Anzahl der abgefragten Daten auf ein Minimum beschränken, um die Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen. Generell werden die in Tabelle 3.2-2 aufgeführten Punkte abgefragt:

Abfrage	Option1	Option 2	Option 3
Rolle	Fahrer	Mitfahrer	beliebig (z.Z. Fahrer mit Option Mitfahrer)
Fahrt	Hinfahrt	Rückfahrt	
Startort	P+M Platz	Heimatadresse	Arbeitsplatz
Zeit	Abfahrtzeit	Ankunftszeit	
Datum	Aktuell	Zukünftig	Dauerauftrag
Zielort	Arbeitsplatz	P+M Platz	Heimatadresse
Gepäckmitnahme	Anzahl Gepäckstücke		

Tabelle 3.2-2: Datenerfassung bei der Buchung

Entscheidend für die Attraktivität des Dienstleistungsangebots "Dynamische Fahrgemeinschaftenvermittlung im Berufsverkehr" sind die Flexibilität und Verarbeitungskapazität der Software und letztlich die Qualität der Vermittlungsergebnisse. Ein Direktsystem nimmt Buchungen und Dispositionen ohne Zwischenschaltung des Operators vor und gibt das Ergebnis in Echtzeit an den Kunden aus. Dies führt zur Entlastung des Operators, der sich so verstärkt der Lösung kritischer Situationen widmet oder Notfallmaßnahmen einleitet.

Das Dispositionsprogramm umfasst ein Basis- und ein Last-Minute-Buchungssystem. Vorausbuchungen, in der Regel für den dynamischen Mitfahrerservice FahrPLUS, werden über das Basisbuchungssystem abgewickelt, Last-Minute-Buchungen für Tele-Shuttle nach einem modifizierten Modell unter Zugrundelegung der aktuellen Verkehrs- und Witterungsdaten

disponiert. Das Basismodell wird mit Hilfe von tageszeitabhängigen Verkehrsdichtestatistiken erstellt.

Daten, die witterungs- und verkehrsbedingte Verzögerungen im Tourenablauf kennzeichnen, werden von der Mobilitätszentrale zur Neubestimmung der Zielzeit, ggf. zur Änderung der Routenführung sowie zur Aktualisierung der Touren- und Auftragsplanung verwendet. Das Buchungs- und Vermittlungsprogramm verarbeitet diese Daten und gibt sie als Routen- bzw. Zielzeitänderungen an die Shuttle-Zielführungsgeräte weiter und setzt sie bei der dynamischen Auftragsdisposition (Last-Minute-Buchungen) ein.

Aktive Nutzer des Mitfahrdienstes (Fahrer) haben Idealvorstellungen von ihrer Fahrroute und ihren Abfahrtzeiten speziell für die Hinfahrt zum Werk verinnerlicht. Diese werden Grundlage für die Routen- und Zeitplanung. Größere Abweichungen von der Planzeit wie auch von der Planroute werden vom Fahrer als "stressig" wahrgenommen und führen in der Regel zur Ablehnung der aktiven Teilnahme am Service. Die Abfahrtzeiten und Abfahrtpunkte der Mitfahrer orientieren sich an den Idealvorstellungen der Fahrer. Forderungen nach einem erweiterten Toleranzrahmen bezüglich Zeit und Route für Mitfahrer sind kontraproduktiv.

Nach Auswertung der Buchungen durch den Mobilitätsberater werden die Teilnehmer automatisch informiert. Die Benachrichtigung erfolgt wahlweise per Fax, per e-Mail oder per SMS. Die Teilnehmer können diese Informationen zudem im Intranet einsehen. Bei erfolgreicher Vermittlung in eine Fahrgemeinschaft werden dem Fahrer bzw. dem Mitfahrer für Hin- und Rückfahrt die folgenden Informationen übermittelt:

Fahrer	Mitfahrer
Name des Mitfahrers	Name des Fahrers (evtl. Bild)
	Autokennung (Farbe, Typ, Kennzeichen, evtl. Bild)
Zeitpunkt des Treffens	Zeitpunkt des Treffens
Startort (Treffpunkt)	Startort (Treffpunkt)
Zielort	
Routenvorschlag mit Karte	
Vergütung(vorschlag)	Entgelt(vorschlag)
Kontaktmöglichkeit für Notfälle (Zentrale)	Kontaktmöglichkeit für Notfälle (Zentrale)
Stauraumbedarf bei Gepäckmitnahme	

Tabelle 3.2-3: Informationsbedarf von Fahrer und Mitfahrer in der Startphase

Das Buchungs- und Vermittlungssystem teilt allen Buchenden das Vermittlungsergebnis mit. Im Falle nicht vermittelter Personen kann das System über alternative Verkehrsmittel informieren und auf Wunsch entsprechende Alternativen arrangieren. Die Mobilitätsgarantie bezieht sich aber im Dienstleistungsangebot DynMaz nur auf Mitfahrer, die bei der Vermittlung einer Heimfahrt leer ausgegangen sind.

3.3 Navigations- und Kommunikationssystem

Kennzeichnend für die dynamische Bildung von Fahrgemeinschaften ist die Möglichkeit, Teilnehmer auch nach Beginn einer Fahrt in eine Fahrgemeinschaft einzubuchen und über Navigations- und Kommunikationssysteme das Fahrzeug entsprechend dem Zustiegspunkt des neu gebuchten Mitfahrers zu dirigieren. Entsprechend spielen bei diesem Dienstleistungsangebot die ständige Erreichbarkeit der Mitfahrzentrale zur Buchung von Fahrgemeinschaften und die Kommunikation zwischen gebildeten Fahrgemeinschaften und der Zentrale während der Fahrt eine besondere Rolle.

Der dynamische Mitfahrerservice "Tele-Shuttle" unterscheidet sich von der dynamischen Fahrgemeinschaftenbildung "FahrPLUS" dadurch, dass die beim Dienst Tele-Shuttle eingesetzten Fahrzeuge über eine eingebaute Zielleit- und Kommunikationseinrichtung ständig mit der Mobilitätszentrale in Kontakt stehen und Mitfahrer dynamisch in den Auftragspool eines Tele-Shuttle eingebucht werden können. Das Fahrzeug erhält über den Mobilfunkdienst "SMS" Buchungsdaten und Fahrhinweise und sendet über diesen Kommunikationskanal Positionsangaben, Status- und Mitfahrerdaten (Ein- und Ausstieg von Nutzern) an die Mobilitätszentrale zurück.

Der wesentliche Unterschied des Teleshuttle gegenüber dem dynamischen Mitfahrerservice mit Standard-Pkw liegt in der direkten Kommunikation zwischen der Zentrale des dynamischen Mitfahrerservice und dem Fahrzeug. Die zusätzliche technische Telematik-Ausstattung eines Tele-Shuttle-Fahrzeugs setzt sich zusammen aus einem

- ◆ GSM-Kommunikationssystem zum bidirektionalen Datenaustausch mit der Mobilitätszentrale auf Basis von SMS-Kurznachrichten,
- ◆ VDO Kienzle Apicom – Bordcomputer zur Konvertierung von SMS-Mitteilungen und zur Auftragsbearbeitung sowie einem

- ◆ Bosch Travel Pilot-Zielführungssystem RGS08 zur Positionsbestimmung des Fahrzeugs und zur Zielführung des Fahrers.

Mit diesen Geräten werden von der Mobilitätszentrale aus Aufträge nach Fahrtbeginn in den Bordcomputer bzw. das Zielführungssystem eingespeist. Voraussetzung dafür ist, dass die Mobilitätszentrale vom Zielführungssystem Daten über die aktuelle Position des Fahrzeugs erhält, die bei der Disposition weiterer Mitfahrer berücksichtigt werden müssen. Auf diese Weise werden dynamisch neue Mitfahrer in schon bestehende Fahrgemeinschaften, ggf. auch noch nach Beginn der Tour, aufgenommen. Damit werden die Auslastung des Fahrzeugs erhöht und die Effizienz des Dienstes gesteigert.

3.4 Sprachgestütztes Dialogsystem

Aus Gründen der permanenten Erreichbarkeit der Mobilitätszentrale erfolgt der Zugang zu den Dienstleistungsangeboten über verschiedene voneinander unabhängige und zeitlich nicht begrenzte Kommunikationskanäle. Neben den operatorunabhängigen Kommunikations- und Informationssystemen sollte alternativ auch eine operatorgestützte Interaktion mit der Mobilitätszentrale erfolgen können. Diese fax- oder telefongestützten Zugänge dienen vor allem der Abwicklung von Notfällen.

Basis der automatischen und permanent verfügbaren Kommunikations- und Informationssysteme bilden die inter- bzw. intranetgestützten Systeme, die über Formulare oder formalisierte Dialogassistenten die Buchung, das Stornieren oder die Auskunft über Dienste ermöglichen. Diese Kommunikationskanäle setzen jedoch den Zugang zum Internet voraus. Über die Kommunikationsdienste SMS und WAP können entsprechende formalisierte Kommunikationslösungen auch für Mobiltelefone realisiert werden.

Die sprachgestützte Dialogsoftware "DynMaz" ist eine weitere Komponente eines operatorunabhängigen Kommunikations- und Informationssystems der Mobilitätszentrale. Diese Komponente erfasst in einem "natürlichen" Dialog die Parameter eines Teilnehmers an einer dynamischen Fahrgemeinschaft, informiert Anrufer über ihre bereits vorliegenden Buchungen bzw. Vermittlungen und/oder storniert bereits gebuchte und vermittelte Fahrgemeinschaften.

Dieser Kommunikationskanal kann von jedem Festnetz- oder Mobiltelefon aus genutzt werden. Ein Software-System, bestehend aus einer Spracherkennung, einer Dialogführung und einer Sprachsynthese, ermittelt die entsprechend des Kundenwunsches erforderlichen Daten und

übermittelt diese an das Buchungs- und Vermittlungssystem. Das sprachgestützte Dialogsystem ist grundsätzlich dienstleistungsunabhängig, d.h. das System kann jederzeit den entsprechenden Dienstleistungsangeboten angepasst werden. Die Akzeptanz eines sprachgestützten Kommunikationskanals hängt vor allem von der Erkennungsleistung der verwendeten Spracherkennung, den Antwortzeiten des Systems und der Verständlichkeit der Sprachsynthese ab.

Die Entwicklung der sprachgestützten Dialogsoftware "DynMaz" wird in den nachfolgenden Kapiteln näher erläutert.

Teil II

Entwicklung des sprachgestützten Dialogsystems "DynMaz"

4 Multimodale Mensch-Maschine Interaktion

Modalität ist in Philosophie oder Sprachwissenschaft die Art und Weise des Seins oder Denkens. In den Rechtswissenschaften bezeichnen die Modalitäten eines Vertrages die Art und Weise der Durchführung und des Beschlusses. Im Zusammenhang mit interaktiven Systemen ist die Modalität die Art und Weise, wie die Partner miteinander interagieren. Multimodale interaktive Systeme können auf unterschiedliche Weise miteinander interagieren. Menschen etwa nutzen ihre sämtlichen Sinnesorgane, um Informationen aus der Umgebung aufzunehmen. In der Kommunikation zwischen Menschen findet der Informationsaustausch vor allem durch Sprache, schriftlich oder gesprochen, durch Gesten, durch Mimik oder eine Vielfalt von Verhaltensweisen statt. Diese unterschiedlichen Wege des Informationsflusses, des Interagierens, sind die Modalitäten der Interaktion.

In der Interaktion mit technischen Geräten benutzt der Mensch hauptsächlich die Hände. Die meisten Maschinen sind so entworfen, dass sie manuell leicht zu bedienen sind. Texteingaben erfolgen beim Computer mit Hilfe einer Tastatur, andere Operationen werden mit Hilfe der Maus direkt am Bildschirm ausgelöst. Mit steigender Rechenleistung von Computern wird es möglich, eine weitere Modalität, die gesprochene Sprache, für die Interaktion des Menschen mit dem Computer bzw. der Maschine einzusetzen.

Der Weg, über den Informationen von einem System zum anderen fließen, wird als Interaktionskanal bezeichnet. Die Modalität ist nicht Teil der Information, die durch den Kanal fließt, sondern vielmehr eine Eigenschaft des Kanals.

Interaktion ist laut Duden "*aufeinander bezogenes Handeln zweier oder mehrerer Personen*". Bei der Nutzung des Computers sind es nicht Personen, die interagieren, sondern ein Mensch und eine Maschine. Interaktion ist in diesem Sinne das Austauschen von Aktionen zwischen dem Benutzer und einem Computer. Der Nutzer agiert und der Computer reagiert.

Um objektivierbare Kriterien für den Entwurf interaktiver Systeme, in unserem Falle für das sprachgestützte Dialogsystem DynMaz, zu finden, ist es sinnvoll, ein Modell der Interaktion zugrunde zu legen, das es ermöglicht, das Verhalten der Interaktionspartner transparent zu gestalten. Es soll verstanden werden, wie Schritte in der Interaktion zustande kommen und wie sich Handlungsziele effizient in Aktionen der Benutzerschnittstelle umsetzen lassen.

4.1 Modell der Mensch-Maschine Interaktion

Ein in vielen Arbeiten über die Mensch-Maschine Interaktion verwendetes Modell ist das von Norman 1986 publizierte Modell der Interaktion zwischen Mensch und Computer, das die Metapher der Brücke benutzt, um zu beschreiben, wie die Lücke zwischen mentalem System und physikalischem System überwindbar gemacht wird (Norman, Draper, 1986, S. 38ff.). Es beschreibt einen Zyklus von Eingabe, Ausgabe und erneuter Eingabe. Nachdem der Benutzer eines Computersystems ein Handlungsziel vor Augen hat, bilden sich Intentionen, die Spezifikationen für konkrete Aktionen nach sich ziehen, die dann ihre Gestalt in der Benutzung bereitgestellter Mechanismen der Schnittstelle finden.

Das Computersystem oder das physikalische System reagiert mit Hilfe des durch die Schnittstelle gestalteten Bildschirms, der vom Nutzer interpretiert und ausgewertet wird. So lassen sich sieben Stationen der Mensch-Maschine Interaktion beobachten:

1. Etablieren eines Handlungsziels
2. Bilden einer Intention
3. Spezifizieren von Aktionssequenzen
4. Ausführen der Aktionen
5. Wahrnehmen des Systemzustandes
6. Interpretieren des Zustandes
7. Auswerten des Zustandes im Hinblick auf Intentionen und Erwartungen

Die verschiedenen Stationen der Interaktion folgen nicht streng sequentiell nacheinander, sondern können übersprungen oder mehrmals durchlaufen werden.

Mit der neuen Modalität, der Interaktion mittels Sprache, werden nicht nur neue Aktionen in die Benutzerschnittstelle hinein getragen, sondern es kommen neue, für die gesprochensprachliche Interaktion ganz spezifische Handlungsziele und Intentionen hinzu, etwa das Korrigieren von Erkennungsfehlern oder das Führen eines Hilfe-Dialogs.

In dem Modell von Norman (1986) wird die Verschiedenheit der Interaktionskanäle nicht modelliert und damit eine Darstellung der Parallelität, die durch die Benutzung verschiedener Kanäle entsteht, vermieden. Durch die Verwendung der Zweibrückenmetapher (Ein- und Ausgabe, *execution bridge*, *evaluation bridge*) entsteht der Eindruck, dass nur zwei Interaktionskanäle zur Verfügung stehen. Das spiegelt den Stand der Technik wieder, dass in der Regel in der Interaktion mit dem Computer manuelle Aktionen für die Eingabe und der visuelle Kanal für die Ausgabe genutzt wurden. Sprachliche Aktionen und der auditive Kanal konnten nur begrenzt eingesetzt werden.

Bei der multimodalen Interaktion mit Systemen spielen alle Modalitäten der zwischenmenschlichen Kommunikation eine Rolle. In der menschlichen Kommunikation ist besonders der visuelle und der auditive Informationsaustausch wichtig.

4.2 Gestaltungskriterien für einen sprachgestützten Mensch-Maschine Interaktionskanal

Nachfolgend werden die Eigenschaften der gesprochenen Sprache aufgeführt, um daraus Kriterien zur Gestaltung und zum Einsatz eines sprachgestützten Interaktionskanals zu einem Computer zu entwickeln. Gesprochene Sprache ist öffentlich, vergänglich, referentiell, intentional, und ihre Verwendung erzeugt eine überzogene Erwartungshaltung an technische Systeme.

- Gesprochene Sprache ist öffentlich.

Gesprochene Sprache ist öffentlich, jeder in der Umgebung hört sie, sie ist schwer zu ignorieren. Dies hat Auswirkungen auf die Privatsphäre, die Geräuschemission in die Umgebung und die Datensicherheit. Das gesprochene Wort erregt die Aufmerksamkeit der Personen in der Umgebung. Vorteilhaft ist dies, wenn Mitteilungen von höchster Wichtigkeit sind. In einem Großraumbüro wird gesprochene Sprache als störend empfunden.

- Sprache ist vergänglich.

Sprache ist vergänglich. Das bedeutet, das gesprochene Wort ist flüchtig. Nach dem Sprechen ist es verschwunden und kann nicht ohne weiteres zurückgeholt werden. Die Information, die es transportiert, muss im Gedächtnis behalten werden. Für die Spracheingabe ist dies entscheidend, wenn es darauf ankommt, das Gesagte zu

erinnern. Besonders kritisch wird diese Eigenschaft bei einer gesprochensprachlichen Ausgabe.

- Sprache ist referenziell.

Sprache ist auf Objekte der Welt gerichtet. Die Gerichtetheit gesprochener Sprache zielt hier auf die Referenz einer ausgesprochenen Äußerung. Es ist nicht der Zweck, das Ziel, was der Sprechende verfolgt, sondern der gegenständliche Bezug einer Äußerung auf Dinge der Umgebung.

- Sprache ist intentional.

Eine sprachliche Äußerung ist immer zielgerichtet und folgt einer Intention. Aufgabe der sprachgestützten MMI ist es, eine Verknüpfung zwischen den Varianten gesprochener Äußerungen und der Intention herzustellen, um eine Operation des Systems auszulösen.

- Überzogene Erwartungshaltung an sprachgestützte Systeme (Anthropomorphismus)

Die Erwartungen der Nutzer an ein sprachverstehendes System sind bezüglich des Verständnisses natürlicher Sprache überzogen. Die Bereitstellung des Sprachkanals löst die Erwartung aus, dass das System menschenähnliche Fähigkeiten besitzt (Anthropomorphismus). Es ist daher wichtig, die Beschränktheit der Sprachkompetenz des Systems transparent zu machen.

Der Entwurf einer multimodalen Benutzerschnittstelle sollte die folgenden Punkte berücksichtigen, um eine zufriedenstellende Interaktion zu ermöglichen:

- Die Integration gesprochener Sprache ist als ganzheitlicher Eingriff in den Interaktionszyklus zu betrachten. Sie schafft offensichtlich neue Aktionen und nimmt daher Einfluss auf die Punkte 3 und 4 (Querverweis nach oben) des Zyklus, schafft jedoch auch neue, immanente Interaktionsziele und beeinflusst so ebenfalls die Bildung von Intentionen sowie das Wahrnehmen, Interpretieren und Auswerten der Ausgabe.
- Gesprochene Sprache sollte neben der herkömmlichen Interaktion alternativ zur Verfügung stehen. Die Eingabe eines gesprochenen Kommandos sollte durch Tastatur-, Maus- oder Griffelaktionen ergänzt werden können.

- Das neue Eingabegerät, das Mikrofon, sollte ohne Zuhilfenahme der Hände zu verwenden sein.
- Die Spracherkennung sollte ohne manuelle Nutzung der Tastatur funktionieren, d.h. z.B. kein Tastendruck zu Beginn, am Ende oder während einer Äußerung.
- Die automatische Spracherkennung sollte transparent funktionieren, damit keine falschen Erwartungen geweckt werden.
- Gesprochensprachliche Interaktion sollte nur in abgeschlossenen Arbeitsumgebungen stattfinden, damit die Akzeptanz nicht durch Dritte bzw. Umgebungseinflüsse herabgesetzt wird.

Es ist festzustellen, dass an eine transparente Spracheingabe keine zu hohen Erwartungen gestellt werden können. Eine robuste Spracherkennung in einer abgeschlossenen Arbeitsumgebung löst eine hohe Akzeptanz aus. Die Motivation der Nutzer wächst mit dem Integrationsgrad der Spracheingabe.

5 Sprachgestützte Interaktion mit Informationssystemen

Kern des *mobilst*-Produkts "DynMaz" ist ein sprachgestütztes Dialogsystem zur automatischen Erfassung der Buchungsdaten eines Fahrgemeinschaftenteilnehmers. Zur Realisierung dieses Systems werden Werkzeuge zur Spracherkennung, Dialogführung, Sprachausgabe und zum Datenmanagement miteinander verknüpft. Zum besseren Verständnis der in den entwicklungsbegleitenden Testreihen durchgeführten Versuche werden in den nachfolgenden Abschnitten die Grundlagen der sprachgestützten Interaktion mit dem Computer erläutert.

Erste Ansätze zur sprachunterstützten Interaktion zwischen Mensch und Maschine stellen die mit der Tastatur von Telefon, Handy oder Computer gekoppelten Auswahlmenuesysteme dar. Der Anrufer bzw. Nutzer des Systems kann durch Tastendruck zwischen mehreren Alternativen wählen, die dem Anwender vorgelesen werden. Beispiele für diese Interaktionsmöglichkeit sind die Fernabfrage von Mailboxen, SMS oder Handy-Kontoständen. Für die Abfrage von Daten zur Parametrisierung von Fahrgemeinschaften ist diese einfache Form der Datenabfrage aufgrund der zahlreichen in Art (Name, Passwort, Ort, Datum, Uhrzeit) und Umfang (19 P+M Plätze in der Beispielanwendung) stark divergierenden Daten ungeeignet.

Die Erfassung der Daten wird daher mit Hilfe eines mit einer Sprachausgabe gekoppelten sprachgestützten Dialogsystems erfolgen, die unabhängig von Art und Umfang der Daten eine Erfassung auf "natürliche" Weise erlaubt.

Die Entwicklung automatischer Sprachverarbeitungssysteme ist eines der Hauptziele der Computerlinguistik. Die Computerlinguistik verknüpft zum Erreichen ihrer Entwicklungsziele Teilbereiche der Linguistik, Informatik, Elektronik und der Psychologie zu einer neuen wissenschaftlichen Disziplin.

Computerlinguistik ist ein zwischen Linguistik und Informatik liegendes interdisziplinäres Forschungsgebiet, das sich mit der maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache beschäftigt. Die angewandte Computerlinguistik entwirft, implementiert und untersucht die Modelle mit dem Ziel, Softwareanwendungen zu ermöglichen, die über eine (eingeschränkte) Beherrschung menschlicher Sprache verfügen. Automatische Spracherkennungs-, -verstehens-, -ausgabe- oder Übersetzungssysteme sind Beispiele für die Umsetzung von computerlinguistischen Modellen in Softwaresysteme.

5.1 Spracherkennung

Grundlage für die menschliche Kommunikation ist die gesprochene Sprache. Der Umgang mit gesprochener und geschriebener Sprache ist für den Menschen selbstverständlich, so dass er sich in der Regel über Aufbau und Struktur von Sprache keine Gedanken macht. Aufgrund unserer Fähigkeiten ist es für den Menschen einfach, Wörter und Sätze zu verstehen. Die Übertragung der Fähigkeit auf den Computer, natürlich gesprochene Sprache zu verstehen, würde einerseits den Mensch-Maschine-Dialog erleichtern und andererseits dem Computer neue Einsatzgebiete erschließen. Schlüssel für die Entwicklung neuer Anwendungen für den Computer sind Spracherkennungssysteme mit hoher Erkennungsleistung, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit [17][18][25].

Unter Spracherkennung wird der Prozess verstanden, bei dem ein Computer oder eine andere Maschine natürlich gesprochene Sprache identifiziert, d.h. der gesprochene Satz wird in eine Folge von geschriebenen Wörtern (Zeichenkette) übersetzt, siehe Abbildung 5.1-1[Quelle: IFT-LL].

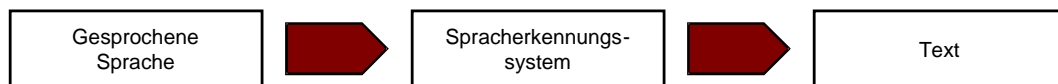


Abb. 5.1-1: Prozess der Spracherkennung

5.1.1 Systematik der Spracherkennungssysteme

Aufgrund verschiedener paralleler Entwicklungsprozesse sowie unterschiedlicher anwendungs- und methodenspezifischer Lösungsansätze kann bei der Spracherkennung nicht von einem einheitlichen System gesprochen werden. Die Abbildung 5.1.1-1 gibt einen Überblick über die Differenzierungsmöglichkeiten bei der Anwendung von Spracherkennungssystemen [18][25].

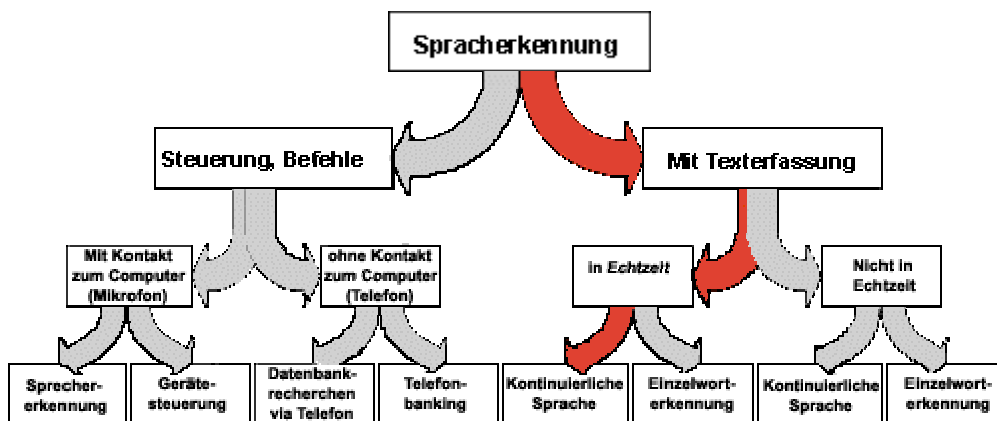


Abb. 5.1.1-1: Differenzierungsmöglichkeiten bei der Anwendung von Spracherkennungssystemen

Grundsätzlich lassen sich Spracherkennungssysteme in zwei Gruppen unterteilen, die eine dient zur Steuerung von Maschinen durch Sprachbefehle, die andere wird zum Erfassen von gesprochenem Text eingesetzt.

- Spracherkennung zur Steuerung und Befehlseingabe

Aufgrund der Tatsache, dass zur Steuerung von Maschinen nur wenige Befehle benötigt werden, verfügen Steuerungssysteme in der Regel über einen stark beschränkten Wortschatz.

Die funktionale Trennung von Spracherkennung und Maschinensteuerung kann zum Aufbau zentraler leistungsstarker Erkennungssysteme genutzt werden, so dass bei Steuerungssystemen häufig die Spracherkennung nicht in dem zu steuernden System integriert ist.

Diese Systemarchitektur erlaubt den Aufbau von Systemen mit indirekter Steuerung von Maschinen, beispielsweise über das Telefon. Das Telefon-Banking sowie Datenbankrecherchen via Telefon sind Beispielanwendungen für derart strukturierte Spracherkennungssysteme. Die bekannteste Anwendung in diesem Bereich ist die telefonische Zugauskunft der Deutschen Bahn AG.

- Spracherkennung zur Texterfassung

Steuerungssysteme, die über einen eingeschränkten anwendungsspezifischen Wortschatz von bis zu 1.000 Wörtern verfügen, werden für den täglichen Einsatz im Büro oder in der Arztpraxis beziehungsweise Anwaltskanzlei kaum geeignet sein. In

diesen Anwendungsgebieten gilt es, ein möglichst umfangreiches und auf den speziellen sprachlichen Kontext abgestimmtes Vokabular zur Verfügung zu stellen.

Bei der Spracherkennung für die Textverarbeitung im Office werden gesprochene Wörter in geschriebenen Text umgewandelt. Diese Systeme müssen in der Regel über einen sehr großen Wortschatz verfügen, damit zufriedenstellende Erkennungsergebnisse erreicht werden können.

Es wird zwischen Systemen mit Echtzeitverarbeitung der gesprochenen Sprache und Systemen mit Stapelsprachverarbeitung unterschieden. Bei der Stapelverarbeitung erfolgt die Umwandlung von Sprache in Text in zwei aufeinanderfolgenden Prozessschritten, die Aufzeichnung der gesprochenen Sprache (diktieren) und der Spracherkennung. Echtzeiterkennungssysteme zeigen den diktierten Text unmittelbar, nachdem er gesprochen wurde, auf dem Bildschirm des Spracherkennungscomputers an.

5.1.2 Sprechweise

Ein Unterscheidungskriterium für Spracherkennungssysteme differenziert die Programme nach der Art und Weise, wie die zu erkennenden Wörter in das System diktiert werden müssen.

Es existieren Systeme, die zur Spracherkennung sowohl eine diskrete Sprechweise erfordern, als auch Systeme, die kontinuierlich diktierte Texte verarbeiten können. Bei diskreten Erkennern muss jedes Wort für sich gesprochen werden. Kontinuierlich arbeitende Spracherkennungssysteme sind in der Lage, den natürlichen Sprachfluss, der beim normalen Sprechen üblich ist, zu verarbeiten.

5.1.2.1 Systeme für diskret gesprochene Sprache

Seit einigen Jahren existieren bereits Systeme, die mit dem Prinzip der diskreten oder auch "isolierten" Worterkennung arbeiten. Die Abbildung 5.1.2.1-1 zeigt einen Überblick über den derzeitigen Entwicklungsstand dieser Systeme [25].

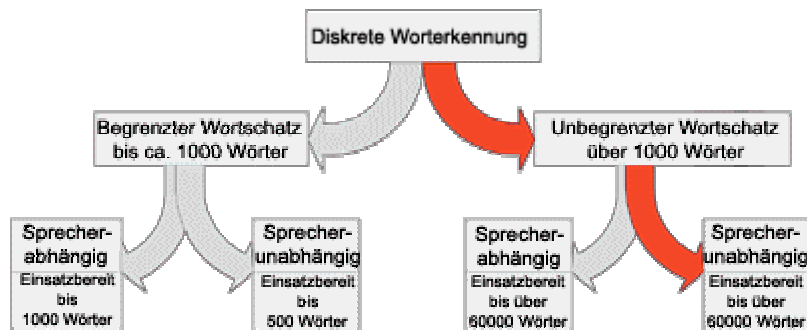


Abb. 5.1.2.1-1: Derzeitiger Entwicklungsstand von Systemen für diskret gesprochene Sprache

5.1.2.2 Systeme für kontinuierlich gesprochene Sprache

Kontinuierlich gesprochene Sprache ist charakterisiert durch eine fast lückenlose Aneinanderreihung von Wörtern. Die Besonderheit kontinuierlich arbeitender Spracherkennungssysteme ist es, den Redefluss in einzelne Wörter zu zerlegen, um ihn auf diese Weise zu strukturieren. Die Abbildung 5.1.2.2-1 zeigt die Frequenzdiagramme für den kontinuierlich (1) und den diskret (2) gesprochenen Satz "Die Sonne lacht"³ [25].



Abb. 5.1.2.2-1: Frequenzdiagramme für kontinuierliche (1) und diskrete (2) Sprechweise[25]

Das System muss in der Lage sein, in Echtzeit das Wortende zu erkennen. Durch die zusätzliche Worterkennung bei kontinuierlichen Systemen steigt der Rechenaufwand gegenüber diskreten Systemen erheblich an. Eine Schwierigkeit der Worterkennung resultiert aus der Eigenheit der deutschen Sprache, Substantive aus zusammengesetzten Wörtern zu bilden, z.B.: "Mein Auto ist mehr wert." gegenüber "Der Mehrwert beträgt tausend Mark." oder "Zur Arbeit möchte er oft mit seinem Rad fahren." gegenüber "Das Radfahren macht ihm sehr viel Spaß."

³ Vgl. Linguatronic 2002

5.1.2.3 Diskrete Worterkennung und kontinuierliche Spracherkennung

Aufgabe eines Spracherkennungssystems ist es, akustische Signale, die durch ein Mikrofon erfasst werden, so zu verarbeiten, dass eine Zeichenkette zur Weiterverarbeitung vorliegt. Die Wandlung des akustischen Signals in eine Zeichenkette erfolgt über Referenzmuster. Ein Referenzmuster stellt eine unteilbare Einheit dar, der ein bestimmter Text fest zugeordnet ist. Ein Spracherkennungssystem greift zur Erfüllung seiner Aufgaben auf eine große Bibliothek von Referenzmustern zurück. Eine gesprochene akustische Einheit kann grammatikalisch gesehen ein Wort, eine Phrase oder einen ganzen Satz darstellen. Den Referenzmustern ist dann dementsprechend ein Wort, eine Phrase oder ein ganzer Satz zugeordnet. Wird jeder akustischen Einheit genau ein Referenzmuster zugeordnet, so spricht man von diskreter Spracherkennung. Beziehen sich zwei oder mehrere Referenzmuster auf eine akustische Einheit, so wird dies als kontinuierliche Spracherkennung bezeichnet.

5.1.3 Sprecherunabhängigkeit

Ein sprecherunabhängiges System kann von jeder beliebigen Person ohne Training genutzt werden. Texterfassungssysteme werden differenziert in Sprecherunabhängigkeit bezüglich des Wortschatzes oder bezüglich des gesamten Spracherkennungssystems. Aufgrund des hohen Trainingsaufwands bei dem sprecherabhängigen Teaching der Referenzmuster des Wortschatzes werden heute nur noch Systeme mit Sprecherunabhängigkeit bezüglich des gesamten Spracherkennungssystems entwickelt und implementiert. Diese Systeme zeichnen sich durch einen sprecherunabhängigen Wortschatz aus, der an die Sprechweise des Benutzers angepasst werden muss. Diese Bibliothek enthält die Referenzmuster der am häufigsten benutzten Wörter. Beispielsweise lernt das System die mundartlich unterschiedliche Aussprache von Worten.

5.2 Spracherkennung und Linguistik

Die größte Schwierigkeit bei der Spracherkennung besteht darin, dass ein Sprecher ein und dasselbe Wort nie ein zweites Mal absolut identisch ausspricht. Zusätzliche Klangvariationen werden durch die physischen und psychischen Zustände des Sprechers, durch den sprachlichen Kontext, durch die Eigenschaften des Mikrofons oder durch die Einflüsse der

Umgebung hervorgerufen. Hintergrundgeräusche können den Frequenzverlauf eines gesprochenen Wortes derart stark verändern, dass die Erkennung durch den Computer eingeschränkt oder sogar unmöglich wird.

5.2.1 Besondere Fragestellungen bei der Erkennung im deutschen Sprachraum

Speziell im deutschen Sprachraum gibt es noch weitere bedeutsame Probleme, die eine Spracherkennung erschweren. Diese Probleme werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

5.2.1.1 Aktiver Wortschatz

Während eine englisch sprechende Person einen aktiven Wortschatz von ca. 800 Wörtern besitzt, umfasst der Wortschatz einer deutsch sprechenden Person etwa 4.000 Wörter. Typisch für die Spracherkennung ist, dass jede Wortform wie ein eigenes Wort gezählt wird. Da ein solches System nur auf lautliche Eigenschaften hin untersucht, gibt jede Flexion eines Wortes einen neuen Eintrag im Wörterbuch der Spracherkennung. Das Wort Baum hat zum Beispiel weitere Formen, wie Baum(e)s, Bäume und Bäumen. Jede Flexion dieses Wortes, also jede Wortform, benötigt im Vokabular des Spracherkennungssystems einen eigenen Eintrag. Während im Englischen in der Regel jedes Verb nur etwa vier Flexionsformen besitzt, sind es im Deutschen weit über zehn verschiedene Schreibweisen für ein Verb. Im Durchschnitt gibt es für Wörter im Englischen 2,2 Flexionen je Grundform, im Deutschen 5 und im Französischen sogar 7. Im deutschsprachigen Raum gibt es bis zu einer Million Wortformen. Der Einfachheit halber wird jedoch bei Spracherkennungssystemen nicht von Wortformen, sondern von Wörtern gesprochen.

5.2.1.2 Homophone

Ein weiteres Problem für eine Spracherkennung ist das Auftreten von Homophonen, also Wörtern, die gleich gesprochen, aber unterschiedlich geschrieben werden. So klingen die Wörter "mehr", und "Meer", "Lärche" und "Lerche", "fiel" und "viel", "wieder" und "wider" absolut identisch, ihre Bedeutung ist jedoch unterschiedlich, und selbst dem Menschen bereiten diese Wörter immer wieder Probleme bei ihrer Differenzierung.

Derzeit können nur die leistungsfähigsten Spracherkennungssysteme derartige Homophone mit ausreichender Zuverlässigkeit durch eine im Hintergrund operierende Kontextprüfung

unterscheiden. Diese Kontextprüfung basiert auf statistischen Verfahren, der Bigramm- bzw. Trigrammstatistik.

5.2.1.3 Groß- und Kleinschreibung

Eine weitere Eigenart des Deutschen ist die Groß- und Kleinschreibung. Worte können in der deutschen Sprache völlig unterschiedlichen Sinn erhalten, wenn sie groß oder klein geschrieben werden. Auch dies ist ein Problem für die Spracherkennung, da nur durch Kontextprüfung ein Unterschied zwischen diesen Wörtern festgestellt werden kann.

5.2.1.4 Komposita

Zusammengesetzte Wörter sind typisch für die deutsche Sprache. Jedes Wort ist mit einem anderen kombinierbar. Selbst wenn ein Spracherkennungssystem die Wörter "Steuer" und "Lüge" kennt, so würde es das Kompositum "Steuerlüge" beim ersten Diktieren nicht erkennen.

5.2.1.5 Derivationen

Von verschiedenen Verben gibt es fast beliebig viele Derivationen, das heißt, ein Stammwort wird durch Anhängen oder Bereitstellen von anderen Wörtern oder Silben in der Sprechweise und im Sinn verändert. Ein Beispiel wäre das Verb "gehen". "Mitgehen", "hingehen", "umgehen" sind Derivationen, die ein Spracherkennungssystem nicht korrekt erkennen kann, auch wenn sich die Grundform "gehen" in seinem Vokabular befindet.

5.2.2 Steigende Informationsflut

Die steigende Komplexität des menschlichen Umfelds ist verknüpft mit einer Zunahme des Wortschatzes, der zu ihrer Beschreibung notwendig ist. Während die "Zehn Gebote" nur 279 Wörter umfassen, beinhaltet die Amerikanische Unabhängigkeitserklärung bereits 3.000 Wörter. Die EG-Verordnung über den Import von Karamelbonbons umfasst beispielsweise stolze 25.911 Wörter. Aus diesem Grund muss der Wortschatz für ein Spracherkennungssystem ständig erweitert werden. Das System muss immer mehr Wörter verwalten und sich dynamisch anpassen können, um dieser Entwicklung gerecht zu werden.

5.3 Spracherkennungsprozess

Unter Spracherkennung (engl. speech recognition) versteht man das Erkennen gesprochener Sprache. Das maschinelle Erkennen geschriebener Sprache wird als OCR (optical character recognition) bezeichnet. Dabei wird ein eingescannter Text in maschinenlesbare Form gebracht, in dem Gruppen zusammenhängender Bildpunkte mit gespeicherten Mustern von Buchstaben, Zahlen und Sonderzeichen verglichen werden.

Bei der Spracherkennung wird gesprochene Sprache mit einem Mikrofon aufgenommen.

In einem ersten Schritt wird das (zunächst analoge) Sprachsignal digitalisiert, d. h. in eine Folge von binären Zahlen umgewandelt.

Der zweite Schritt ist die Merkmalsextraktion. Sie dient dazu, die Datenmenge zu reduzieren. Das Sprachsignal wird durch drei Größen bestimmt, Zeit, Frequenz und Intensität (Lautstärke). Man kann es als Fläche im dreidimensionalen Koordinatensystem darstellen. Bei der Merkmalsextraktion werden bestimmte Punkte aus dieser Fläche ausgewählt. Dazu wird das Sprachsignal in kurze Zeitabschnitte (Frames) eingeteilt. In jedem Zeitabschnitt wird für ca. 20 sprachrelevante Frequenzen die Intensität ermittelt. Diese Werte werden für jeden Zeitabschnitt in einem Merkmalsvektor dargestellt.

Im dritten Schritt erfolgt die Klassifikation, d. h. es wird ermittelt, welchen Phonemen oder Wörtern das Sprachsignal entspricht. Hierzu gibt es verschiedene Verfahren.

5.3.1 Klassifikationsverfahren

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Methoden zur Klassifikation des Sprachsignals vorgestellt [17][18][25].

5.3.1.1 Mustervergleich ganzer Wörter

Bei dieser Methode werden dem System in einer Trainingsphase alle Wörter vorgesprochen, die es später erkennen soll. Beim Erkennungsvorgang vergleicht dann das System die Äußerungen des Benutzers mit den gespeicherten Mustern der Sprechproben. Da ein Wort nie zweimal genau gleich ausgesprochen wird, stimmt das zu erkennende Wort nie genau mit dem gespeicherten Muster überein. Es muss daher ein Maß für die Ähnlichkeit festgelegt werden (z. B. die euklidische Distanz der einzelnen Merkmale).

Folgende Probleme treten bei der Spracherkennung auf:

- Ein Wort kann unterschiedlich schnell gesprochen werden. Daher stimmt die zeitliche Länge des zu erkennenden Wortes normalerweise nicht mit derjenigen des gespeicherten Musters überein. Dies würde bei vielen Methoden des Mustervergleichs dazu führen, dass die Ähnlichkeit als gering bewertet wird. Daher ist eine Zeitnormierung erforderlich, bei der die Wörter zeitlich gedehnt oder gestaucht werden. Dies darf jedoch nicht einfach proportional erfolgen, da die zeitliche Variation nicht alle Wortteile gleichermaßen betrifft (z. B. bleiben "t" und "b" fast unverändert, während die zeitliche Länge von "a" und "s" sehr unterschiedlich sein kann). Ein Normierungsverfahren, das diese Tatsache berücksichtigt, ist die dynamische Programmierung bzw. das Dynamic Time Warping.
- Die Wortgrenzen müssen erkannt werden. Wenn der Benutzer zwischen den einzelnen Wörtern keine Pause macht, ist dies in manchen Fällen nur möglich, wenn Ergebnisse einer syntaktischen oder semantischen Analyse berücksichtigt werden können. (Beispiel: "It was a grey day - It was a grade A").
- Eine zusätzliche Schwierigkeit entsteht bei fließender Sprache durch Koartikulationseffekte. Die Aussprache des Wortendes wird jeweils durch den Anfang des folgenden Wortes beeinflusst. Dies muss bei der Wahl des Trainingsmaterials berücksichtigt werden.
- Irrelevante Geräusche wie Räuspern oder Husten sollten von einem Spracherkennungssystem ignoriert werden. Dies kann durch Joker-Muster erreicht werden, die einem Laut immer dann zugeordnet werden, wenn er keinem gespeicherten Muster ähnlich ist.
- Hintergrundgeräusche können Teile des Sprachsignals überdecken. Daher werden Spracherkennungssysteme manchmal mit Störverminderungssystemen kombiniert.
- Jeder Mensch hat eine andere Aussprache. Daher funktionieren Spracherkennungssysteme dann am besten, wenn sie von jedem Benutzer selbst trainiert werden. Ist dies nicht möglich oder nicht erwünscht (sprecherunabhängige Spracherkennung), so sollte das System von möglichst vielen Sprechern trainiert werden. Als Muster wird dann ein Mittelwert gespeichert. Manche Systeme passen sich zusätzlich während der Bedienung an den jeweiligen Benutzer an.

- Bei der hier dargestellten Methode des Mustervergleichs ganzer Wörter muss dem System jedes zu erkennende Wort einzeln vorgesprochen werden. Wenn sehr viele Wörter erkannt werden sollen, wird der Trainings- und Speicheraufwand zu groß.

5.3.1.2 Hidden-Markov-Modelle

Die Leistungsfähigkeit von Spracherkennungssystemen kann verbessert werden, wenn berücksichtigt wird, dass nicht alle Merkmale gleich wichtig sind. Es ist z. B. unwahrscheinlich, dass ein zu erkennendes Wort einem bestimmten Muster entspricht, wenn ihm ein sehr charakteristisches Merkmal fehlt. Nun gibt es einen Algorithmus, nach dem berechnet werden kann, wie wahrscheinlich es ist, dass eine bestimmte Folge von Merkmalsvektoren (Beobachtungsfolge) durch ein bestimmtes Wort (Modell) erzeugt wurde. Diese Wahrscheinlichkeit wird für alle Wörter berechnet. Das Wort mit der größten Wahrscheinlichkeit gilt als erkannt. Die Berechnung beruht darauf, dass jedes Wort in mehrere Zustände eingeteilt wird. Ein Zustand ist die Äußerung innerhalb eines kurzen Zeitabschnitts. Als Eingabeparameter des Algorithmus dient die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Zustand zu einer bestimmten Beobachtung (hier zu einem bestimmten Merkmalsvektor) führt und die Übergangswahrscheinlichkeit von einem Zustand zu einem anderen. Diese Parameter werden zunächst geschätzt und dann schrittweise verbessert, indem neue Beobachtungen mit den alten Schätzwerten verrechnet werden (Baum-Welch-Algorithmus).

Wenn nicht nur einzelne Wörter, sondern ganze Sätze erkannt werden sollen, kann das Verfahren der Hidden-Markov-Modelle auf mehreren Ebenen angewendet werden. Auf der untersten Ebene werden Allophone in Zustände eingeteilt; die Allophone sind dann Zustände von Wörtern; die Wörter sind Zustände von Wortketten oder syntaktischen bzw. semantischen Einheiten; diese Einheiten sind Zustände von Sätzen. Zur Vereinfachung wird hier nach einem anderen Algorithmus (Viterbi) nur die jeweils wahrscheinlichste Zustandsfolge berechnet (statt der Summe der Wahrscheinlichkeiten aller Zustandsfolgen).

5.3.1.3 Erkennung anhand akustischer Merkmale von Phonemen

Bei dieser Methode wird versucht, die einzelnen Phoneme direkt anhand ihrer akustischen Eigenschaften zu identifizieren. Es ist beispielsweise bekannt, dass ein /s/ länger als 50 ms dauert und hauptsächlich Frequenzen über 44 kHz aufweist. Solche Kenntnisse werden in Regeln umgesetzt oder für statistische Klassifikationsverfahren genutzt.

5.3.1.4 Künstliche Neuronale Netze

Zur Spracherkennung werden auch Künstliche Neuronale Netze verwendet. Bei dieser KI-Methode wird versucht, die Arbeitsweise des Gehirns zu simulieren.

Die Verarbeitungseinheiten des Gehirns sind die Neuronen. Diese ca. 10¹⁰ Nervenzellen empfangen elektrochemische Impulse und geben unter bestimmten Umständen Impulse an andere, mit ihnen verbundene Neuronen weiter. Die Ausgabe erfolgt über einen langen verzweigten Faserfortsatz, das Axon, die Eingabe über kürzere Eingangsfasern, die Dendriten. Ein Neuron hat durchschnittlich 10 000 Dendriten. Es empfängt daher meist mehrere Impulse zu etwa derselben Zeit. Diese Impulse addieren sich zu einem Gesamtimpuls. Wenn der Gesamtimpuls einen bestimmten Schwellenwert übersteigt, gibt das Neuron einen Impuls ab, es "feuert". Der Impuls ist bei der Abgabe immer etwa gleich groß. An den Kontaktstellen zu anderen Neuronen, den Synapsen, wird er jedoch verstärkt oder gehemmt. Die Wirkung der Synapsen auf die Impulse kann durch Lernen verändert werden.

Für diese Tatsachen wird nun ein mathematisches Modell formuliert. Da abgegebene Impulse immer gleich groß sind, genügen zwei Zahlen, um die Ausgabe (a) eines Neurons zu beschreiben, z.B. 1 (Impuls) und 0 (kein Impuls). Die Tatsache, dass die Impulse an den Synapsen gehemmt oder verstärkt werden, wird durch Multiplikation mit positiven oder negativen Zahlen simuliert. Diese Zahlen werden als Gewichte (w) bezeichnet. Ein Neuron kann mehrere Eingänge haben und feuert dann, wenn der Gesamtimpuls einen Schwellenwert übersteigt. Die Werte der Impulse an den verschiedenen Eingängen (e) werden also addiert. Von der Summe wird der Schwellenwert [θ] abgezogen. Ist das Ergebnis größer als 0, so wird das Ergebnis einer Transferfunktion auf 1 gesetzt - das Neuron feuert. Ist das Ergebnis kleiner als 0, so ist $f(x)=0$ - das Neuron feuert nicht.

Das hier dargestellte mathematische Modell für ein Neuron kann in verschiedenen Programmiersprachen auf einem gewöhnlichen seriellen von-Neumann-Computer implementiert werden.

Natürlich werden in der Praxis stets mehrere Neuronen miteinander vernetzt. Mathematisch bedeutet dies, dass mit Vektoren und Matrizen gerechnet wird. Für die Implementierung solcher neuronaler Netze gilt, dass serielle Computer mit einem einzigen Prozessor nur für einfache Anwendungen geeignet sind; denn es ist sehr zeitaufwendig, die Werte aller Neuronen nacheinander zu berechnen. Daher bieten sich spezielle Hardware-Realisierungen an, die eine Parallelverarbeitung ermöglichen (Multiprozessorsysteme, spezielle Neuro-Chips, analoge

Bauelemente, optische Computer). Dies kommt auch der Arbeitsweise des Gehirns näher, das man als "gigantisches Parallelverarbeitungssystem" ansehen kann.

Man unterscheidet verschiedene Arten von neuronalen Netzen:

- Einstufige Netze haben nur zwei Neuronen-Schichten, während bei mehrstufigen Netzen mindestens eine versteckte Schicht (hidden layer) zwischen Ein- und Ausgabeschicht liegt.
- Bei Feed-Forward-Netzen kommt es nur auf die Ausgabe eines einzelnen Netzdurchlaufs an; bei Netzen mit Rückkopplung werden die Ausgabewerte eines Durchlaufs so lange zu den Eingabewerten eines neuen Durchlaufs, bis sich die Werte nicht mehr ändern.

Die korrekten Gewichte eines neuronalen Netzes sind in der Regel nicht von vornherein bekannt. Sie müssen in einer rechenintensiven Trainingsphase bestimmt werden. Es gibt verschiedene Lernverfahren. Ein Beispiel ist das "Supervised Learning". Es setzt voraus, dass der gewünschte Output bereits bekannt ist. Für die Gewichte werden zunächst Zufallszahlen eingesetzt. Dann wird mit diesen Gewichten für irgendeine Eingabe der Output berechnet. Dieser Output wird mit dem gewünschten Output verglichen. Wenn keine Übereinstimmung besteht, werden die Gewichte nach einer Korrekturformel verbessert. Die verbesserten Gewichte werden mit einer neuen Eingabe getestet. Nach einem ausreichenden Training arbeitet das Netz (im Idealfall) nicht nur für den Trainingsdatensatz, sondern für alle Eingaben korrekt. Es hat also die Fähigkeit, ausgehend von den Trainingsbeispielen, zu "generalisieren".

Für die Spracherkennung werden häufig mehrstufige Feed-Forward-Netze eingesetzt, z. B. das Multi-Layer-Perceptron. Da der gewünschte Output bekannt ist, bietet sich das Lernverfahren des Supervised Learning an (genauer Backpropagation). Als Eingabe dienen die Merkmale des Sprachsignals. Die Anzahl der Merkmale, die dem Netz in einem Durchgang angeboten werden, muss konstant sein. Sie entspricht der Anzahl der Eingangsneuronen. Die Anzahl der Ausgangsneuronen hängt davon ab, wie viele Wörter (oder andere Einheiten) erkannt werden sollen. Jedes Ausgabeneuron steht für ein Wort. Als erkannt gilt das Wort, dessen Neuron den Wert 1 ausgibt.

5.3.1.5 Maschinelle Spracherkennung vs. menschliche Sprachwahrnehmung

Es ist schwierig zu sagen, welches der vorgestellten Klassifikationsverfahren den Vorgängen im menschlichen Gehirn am ehesten entspricht, da es verschiedene Theorien zur Sprachwahrnehmung gibt.

Zunächst stellt sich die Frage, welches die grundlegenden Wahrnehmungseinheiten sind, Phoneme, Wörter oder sonstige Einheiten, wie z.B. Silben. Gegen Wörter als kleinste relevante Einheiten spricht, dass Menschen auch unbekannte Wörter und Neologismen korrekt erkennen können. Es ist ebenfalls unwahrscheinlich, dass die Sprachwahrnehmung ausschließlich auf Phonemen beruht, da keine 1:1-Übereinstimmung zwischen akustischen Sprachsignalen und erkannten Phonemen besteht. Je nach Kontext wird dasselbe Sprachsignal unterschiedlich interpretiert (z. B. wird eine Frequenz von 1440 Hz vor (i) als (p) und vor (a) als (k) wahrgenommen. Außerdem werden oft auch solche Phoneme spontan richtig erkannt, die z. B. wegen eines Störgeräusches gar nicht hörbar waren, die sich aber aus dem vorausgehenden Kontext ergeben. Dies deutet darauf hin, dass bei der Sprachwahrnehmung nicht isolierte Phoneme aneinandergereiht werden, sondern dass von Anfang an auch höhere Verarbeitungsstufen beteiligt sind (Worterkennung, syntaktische Analyse, semantische Analyse), die parallel ablaufen und deren Ergebnisse berücksichtigt werden können. Bei der Sprachwahrnehmung sind also bottom-up- und top-down-Prozesse kombiniert.

Bezüglich der Wahrnehmungseinheiten kommen diejenigen Spracherkennungssysteme den menschlichen Prozessen am nächsten, die auf mehreren Ebenen arbeiten und sich nicht z.B. auf einen Mustervergleich ganzer Wörter oder die Erkennung anhand akustischer Merkmale von Phonemen beschränken.

Eine Hilfe bei der Spracherkennung ist vermutlich auch das Wissen der Menschen über die Häufigkeit bzw. Auftretenswahrscheinlichkeit von Wörtern, Phonemen und anderen Einheiten sowie über das mögliche und wahrscheinliche Aufeinanderfolgen dieser Einheiten bzw. die Übergangswahrscheinlichkeiten. Diese beiden Wahrscheinlichkeiten werden in der Psycholinguistik im Rahmen des informationstheoretischen Ansatzes untersucht. Bei der Spracherkennung werden sie für das Rechnen mit Hidden-Markov-Modellen benötigt. Allerdings sind sie bei der Sprachwahrnehmung wahrscheinlich nur ein Hilfsmittel, während bei den Hidden-Markov-Modellen die gesamte Zuordnung auf diesen Wahrscheinlichkeiten beruht.

In der Psycholinguistik gibt es verschiedene Theorien darüber, wie die erkannten Phoneme, Wörter usw. dem Sprachsignal zugeordnet werden. Ältere Ansätze gingen von einem "Schablonenvergleich" (engl. template matching) oder von einer Analyse nach distinktiven

Merkmale (z. B. Stimmhaftigkeit, Nasalität, Dauer) aus. Ersterem entspricht in der Spracherkennung ungefähr der "Mustervergleich ganzer Wörter", letzterem die "Erkennung anhand akustischer Merkmale von Phonemen". Nach einer anderen Theorie, dem Analyse-durch-Synthese-Modell, analysieren Menschen ein Sprachsignal, in dem sie intern so lange stumme Lautfolgen erzeugen, bis eine dieser Lautfolgen mit dem wahrgenommenen Sprachsignal übereinstimmt. Die "Motor-Theorie der Sprachwahrnehmung" geht näher darauf ein, wie diese internen Lautfolgen erzeugt werden. Man versucht, durch eigene sprechmotorische Tätigkeit die Artikulationsbewegungen des Sprechers nachzuvollziehen.

Die neueren konnektionistischen Modelle beruhen auf dem Gedanken, dass die Sprachwahrnehmung parallel auf verschiedenen Ebenen abläuft, die miteinander vernetzt sind und zwischen denen eine Interaktion stattfindet. Wenn ein Knoten aktiviert wird, aktiviert er bestimmte Knoten der nächsthöheren und nächsttieferen Ebene und hemmt die anderen Knoten der eigenen Ebene. Das Element eines Knotens (z. B. Phonem, Wort) gilt dann als erkannt, wenn die Aktivationshöhe des Knotens einen Schwellenwert überschreitet. Interessant ist, dass der Schwellenwert auch dann überschritten werden kann, wenn noch nicht alle zugehörigen Knoten der tieferen Ebenen aktiviert sind. Ein Wort kann also z. B. erkannt werden, bevor alle Phoneme ausgesprochen wurden.

Den konnektionistischen Modellen der Sprachwahrnehmung entsprechen in der maschinellen Spracherkennung die Künstlichen Neuronalen Netze.

5.4 Sprachverstehen

Unter Sprachverstehen werden Prozesse verstanden, bei dem ein Computer oder eine andere Maschine auf gesprochene Wörter reagiert. Die Reaktion des Systems erfolgt hierbei aufgrund von erkannten Wörtern, Aussprüchen oder Sätzen. Systeme zum Sprachverstehen setzen sich aus Komponenten zur Spracherkennung sowie aus Komponenten zur Systemreaktion zusammen.

Die Spracherkennung kann zwei unterschiedlichen Zwecken dienen. Bei der Sprachtranskription geht es nur darum, eine schriftliche Version des gesprochenen Textes zu erhalten - die Bedeutung ist irrelevant. Bei anderen Anwendungen soll das System auf den Inhalt der Äußerung reagieren, z.B. in dem es eine Frage beantwortet. Hierzu ist Sprachverstehen nötig. Dies ist vor allem deshalb schwierig, weil natürliche Sprache oft mehrdeutig ist und weil Menschen nicht immer alle Tatsachen und Zusammenhänge

ausdrücklich erwähnen. Um Mehrdeutigkeiten auflösen und "mitgedachte" Tatsachen ergänzen (inferieren) zu können, benötigt der Rezipient Welt- oder Situationswissen. Einem Sprachverstehenssystem muss daher nicht nur sprachliches, sondern auch außersprachliches Wissen zur Verfügung gestellt werden. Dies ist sehr aufwendig, da auch Details berücksichtigt werden müssen, die für Menschen selbstverständlich sind.

Ein Computerprogramm soll Sprache in dem Sinn verstehen, dass es eine Äußerung in eine interne Repräsentation umsetzt, d.h. in eine Darstellung, die es weiterverarbeiten kann und die ihm eine angemessene Reaktion ermöglicht. Es wird darüber diskutiert, ob es sich hier um wirkliches Verstehen handelt oder ob das Wort "verstehen" im übertragenen Sinn gebraucht wird und das Verstehen nur simuliert ist. Für letzteres spricht, dass der Computer nicht bewusst versteht und das Verstehen nicht erlebt. Außerdem kann er Aussagen über Liebe, Müdigkeit, Schmerz usw. nicht im Sinn einer "völligen Einfühlung" verstehen. Gegen dieses Argument wird eingewendet, dass es verschiedene Ebenen des Verstehens gibt und der Computer die Aussagen auf niedrigerer Ebene versteht. Für die Auffassung, dass man auch das Verstehen durch einen Computer als wirkliches Verstehen betrachten kann, spricht vor allem die Tatsache, dass nach verschiedenen Theorien das menschliche Verstehen ebenfalls als Umsetzung in eine interne Repräsentation definiert wird. Beispielsweise geht Johnson-Laird in seiner Theorie mentaler Modelle davon aus, dass ein menschlicher Rezipient einen Text zunächst in Propositionen (Prädikat-Argument-Strukturen) umwandelt. Auf der Grundlage dieser propositionalen Repräsentation baut er anschließend mentale Modelle (etwa innere Bilder oder Filme) auf. Menschen und Computer verwenden zwar nicht dieselbe Art der Repräsentation, in beiden Fällen handelt es sich jedoch um eine Umsetzung, die eine sinnvolle Weiterverarbeitung ermöglicht.

5.5 Sprachsynthese

Das Sprachsignal ist ein sich über die Zeit kontinuierlich veränderndes akustisches Signal. Es entsteht im menschlichen Sprechapparat. Die Artikulation von Lauten im Sprechapparat lässt sich wie folgt beschreiben. Beim Ausatmen wird Luft aus der Lunge durch die Stimmbänder in Schwingung versetzt und bewirkt eine Schallanregung, die Stimmgebung. Die Schallanregung wird beim Durchlaufen von Rachen-, Mund- und Nasenraum verändert, in dem kontinuierliche Muskelbewegungen die Form der Resonanzräume verändern. Man spricht von Resonanzbildung im Vokaltrakt. Die Bestandteile des Sprachsignals lassen sich nach diesem recht einfachen Entstehungsmodell für gesprochene Sprache, bestehend aus Stimmgebung

und Resonanzbildung, klassifizieren. Zum einen wird nach Art der Anregung unterschieden. Stimmhafte Laute entstehen an den Stimmbändern bei einer Verengung der Stimmritze. Die Verengung bewirkt ein periodisches Schwingen der Stimmbänder. Das führt zur Stimmhaftigkeit eines Lautes, wie dem A in "Affe". Stimmlose Laute, etwa das f in "Affe", werden bei weit geöffneter Stimmritze gebildet. Es entstehen Turbulenzen in der vorbeiströmenden Luft. Eine zweite Unterscheidungsmöglichkeit von Lauten der gesprochenen Sprache nach dem Entstehungsmodell ist die nach Artikulationsort und Artikulationsart. Das D in "Deich" bildet sich z.B. durch Verschließen und schnellem Öffnen des Raumes zwischen Gaumen und Zunge, während das b in "Ebbe" zwischen Ober- und Unterlippe auf die gleiche Art entsteht. Die so unterschiedenen Merkmale des Sprachsignals lassen sich extrahieren und später für die Spracherkennung nutzen (Schukat-Talamazzini, 1995).

In einer einfachen akustischen Theorie der Spracherzeugung lässt sich das Artikulationssystem als Quelle-Filter Modell beschreiben. Die Quelle erzeugt das Anregungssignal. Bei stimmhaften Lauten ist die Quelle der Anregung ein Impulsgenerator, der ein periodisches Signal erzeugt und im stimmlosen Fall ein Rauschgenerator. Die Ausformung des Lautes entsteht in den Übertragungskomponenten des Vokaltraktes und der Lippenabstrahlung, die als parallel oder sequentiell angeordnete Filter beschrieben werden. Der Signalerzeugungsprozess kann so als Aneinanderreihung dreier linearer zeitinvarianter Systeme betrachtet werden. (Schukat-Talamazzini, 1995, S. 33). Eine genauere mathematische Betrachtung scheint hier nicht sinnvoll und ist der angegebenen Literatur zu entnehmen.

5.5.1 Verfahren zur Sprachsynthese

Sprachsynthese bezeichnet den Prozess, bei dem ein Computer oder eine andere Maschine Texte in Audiosignale wandelt und diese über eigene Lautsprecher oder das Telefon ausgibt.

Nachfolgend werden drei Verfahren zur Sprachsynthese kurz vorgestellt.

- Formant- oder Regelsynthese

Die Formant- oder Regelsynthese ist ein regelbasiertes Synthesesystem, das durch gezielte Modulation und Filterung einfacher Wellen Sprachsignale generiert. Die Komplexität dieses Syntheseverfahrens liegt in der Regelabbildung der Kombinationsvielfalt gesprochener Sprache. Das Regelwerk zur Erzeugung von Sprachsignalen erlaubt die einfache Steuerung von Intonation und Lautdauer. Die leichte Veränderung der sprachbestimmenden Parameter des Regelwerks erlaubt die Entwicklung variationsreicher Sprache. Der größte Nachteil

dieser Systeme ist die mangelnde Natürlichkeit der Stimme. Englische Sprachausgaben, die mit Formantsynthese arbeiten, sind DecTalk und Eloquent. [GDATA 2002]

- **Konkatenationssynthese**

Im Gegensatz zur Formant- oder Regelsynthese arbeitet die Konkatenationssynthese mit Aufzeichnungen von natürlicher Sprache. Sprachliche Äußerungen werden aufgenommen und gespeichert, in Teile zerlegt sowie aus diesen neue Äußerungen generiert. Die Größe dieser Teile reicht von ganzen Wörtern und Phrasen (z.B. Ansage der Flüge im Flughafen Frankfurt) bis zu Einheiten, die kleiner als Laute sind (z.B. Mikrosegmente). Die sprachlichen Kleinstfragmente erlauben die regelbasierte Generierung jeden beliebigen Textes. Ein verfahrensbedingter Nachteil ist, dass sich Dauer und Tonhöhe der aufgenommenen Sprachbausteine nur mit Einbußen bei Qualität und Natürlichkeit der Sprache verändern lassen.

- **Artikulatorische Synthese**

Bei der artikulatorischen Synthese wird die Sprache aus der Position und Bewegung der Sprechorgane sowie der Resonanzeigenschaften im Rachen-, Mund- und Nasenraum berechnet. Dieses auf einem dynamischen Modell der Sprechorgane und des Mund- und Nasenraums basierende Syntheseverfahren ist sehr rechenintensiv und befindet sich zur Zeit noch in einem frühen Entwicklungsstadium.

Für das sprachgestützte Dialogsystem "DynMaz" wird ein Sprachsynthesesystem auf Basis der Formant- bzw. Regelsynthese verwendet. In der Testphase ist das Dialogsystem mit der Eloquent-Synthese verknüpft worden, im Demonstrator ist eine regelbasierte Eigenentwicklung aus dem Hause DaimlerChrysler zum Einsatz gekommen.

Der Wandlungsprozess vom Text zur Sprache (Text-to-Speech, TTS) wird am Beispiel eines Mikrosegment-Sprachsynthesesystems vorgestellt. [GDATA 2002]

Das Sprachsynthesesystem übernimmt einen Text und zerlegt diesen in eine Kette von Wörtern und Ausdrücken. Diese Phrasen werden von ihrer geschriebenen Form in ihre gesprochene Form transferiert. Zu diesen Ausdrücken oder Phrasen gehören beispielsweise Geldbeträge, Einheiten, Uhrzeiten oder Zahlen. Aus der Zeichenkette "2,48 DM" wird die Wortfolge "Zweimarkachtundvierzig".

Jedem Wort wird mit Hilfe eines per Lexikoneintrags oder, falls nicht vorhanden, mittels einer Regel eine Aussprache zugewiesen. Durch Analyse der Sätze des Textes werden die

Sprechmelodie und der Sprechrhythmus bestimmt. Aussprache, Melodie und Rhythmus werden in einer Symbolfolge kodiert, die an den Sprachgenerator übergeben wird. Auf Basis der Symbolkette wird mit Hilfe eines Zuweisungsalgorithmus eine Abfolge von Mikrosegmenten erzeugt und über die Soundkarte ausgegeben.

Die Abbildung 5.5.1-1 stellt den Wandlungsprozess vom Text zur Sprache am Beispiel des Mikrosegment-Synthesegenerators "LogoX" vor. [Quelle: GDATA]

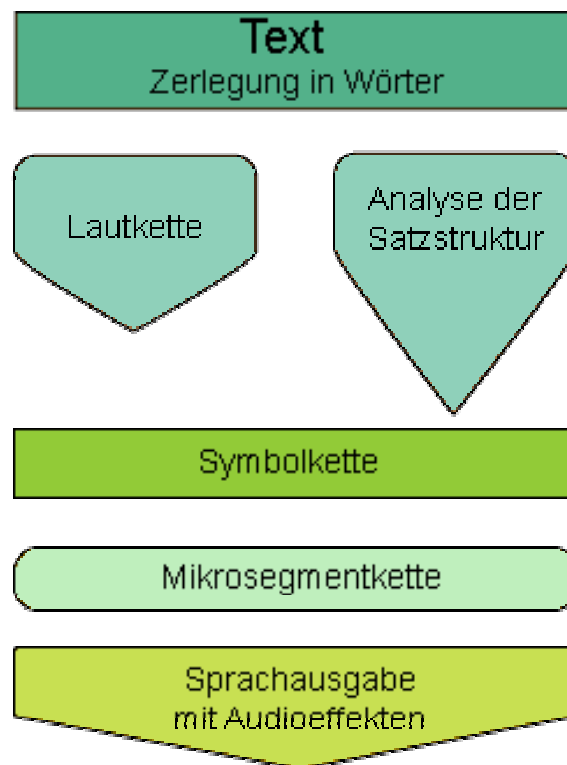


Abb. 5.5.1-1: Stationen im Wandlungsprozess Text-to-Speech[26]

6 Aufbau und Funktionsweise des sprachgestützten Dialogsystems DynMaz

Die Dienstleistungen einer Mobilitätszentrale sind in der Regel über Telefon, Fax, E-Mail oder Internet abrufbar. Hierbei sind Auskünfte, Buchungen und Stornierungen von Diensten über das Telefon nur während der Arbeitszeiten eines Operators möglich. Im Gegensatz dazu können über die Webseite im Inter- bzw. Intranet sowie über formularisierte E-Mails direkt und "rund um die Uhr" Transaktionen eingeleitet werden.

Zur Schaffung eines neuen telefongestützten Permanentzugangs zur Mobilitätszentrale wird die Vermittlungssoftware mit einer Spracherkennungs- sowie Sprachsynthesoftware gekoppelt. Mittels einer Steuersoftware werden die für die Transaktionen erforderlichen Daten in einem Dialog abgefragt, zwischengespeichert und an das Vermittlungssystem übertragen.

Das Angebotsspektrum des sprachgestützten Dialogsystems DynMaz umfasst im Zusammenhang mit dem Buchungs- und Vermittlungssystem folgende Leistungen:

- Abgabe von Mitfahrangeboten
- Buchung von Mitfahrwünschen
- Stornierung von Mitfahrangeboten und -wünschen
- Umbuchungen von Mitfahrwünschen
- Auskunft über das aktuelle Angebot an Mitfahrangeboten

6.1 Interaktionsprozess mit dem sprachgestützten Dialogsystem

Zur "natürlichen" Kommunikation zwischen Mensch und Computer ist ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Hard- und Softwarekomponenten notwendig. Das sprachgestützte Dialogsystem muss über ein Spracherkennungssystem, eine Dialogsteuerung und eine Sprachsynthese verfügen. Das Mikrofon und der Lautsprecher zur Aufnahme und Wiedergabe der Sprache werden vom Telefon gestellt. Die analogen Sprachsignale werden zum DynMaz-Server übertragen und in der Soundkarte gefiltert und digitalisiert. Die Spracherkennung setzt die Sound-Signale in String-Wörter (Text) um. Die Dialogsoftware analysiert die erkannten Wörter und ordnet sie einem Buchungsdatensatz zu. Entsprechend der Erkennung oder der noch fehlenden Daten werden Antworten bzw. Fragen generiert, die von der Sprachsynthese in analoge Sound-Signale umgesetzt werden. Der Lautsprecher des

Telefons wandelt die Analogsignale in Schallwellen um. Die Abbildung 6.1-1 gibt den Interaktionsprozess zwischen dem Anrufer und dem sprachgestützten Dialogsystem wieder [Quelle: IFT-LL].

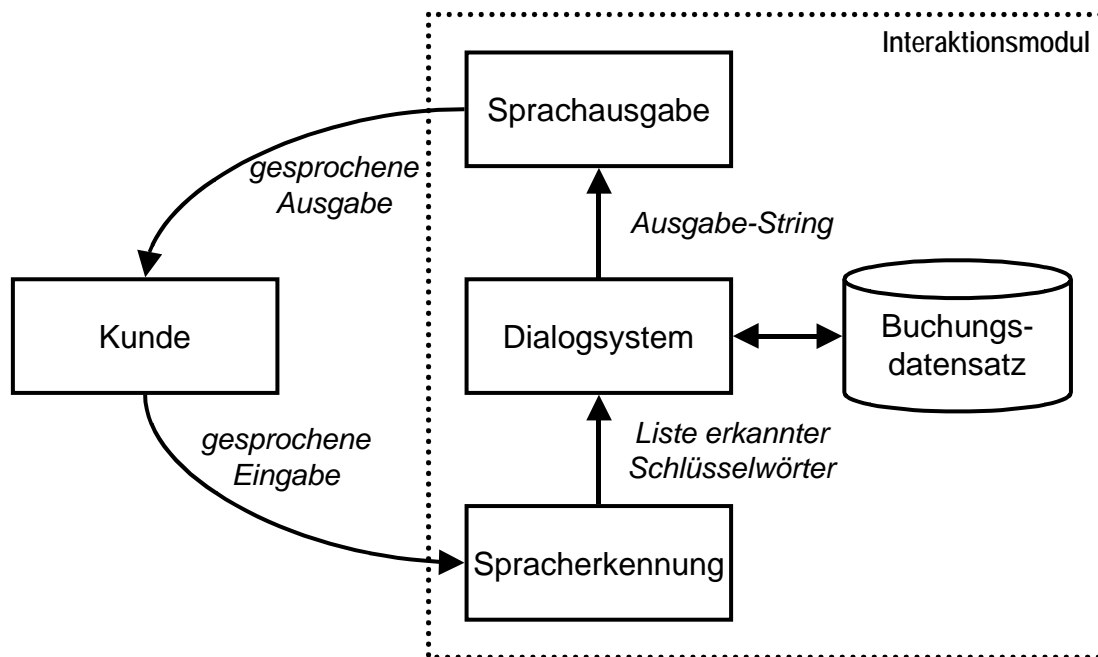


Abb. 6.1-1: Interaktionsprozess zwischen dem Kunden (Anrufer) und dem sprachgestützten Dialogsystem

6.2 Entwicklung des Datenerfassungsdialogs

In den folgenden Abschnitten werden die Entwicklungsstufen eines Datenerfassungsdialogs vorgestellt.

6.2.1 Theoretische Grundlage der Dialogentwicklung

Insbesondere beim Entwurf von natürlichsprachlichen Schnittstellen ist es schwierig, formale Methoden zu finden, die der Flexibilität von sprachlichen Handlungen des Menschen gerecht werden. Neben dem Interpretationsproblem der gesprochenen Sprache, vom Erkennen des Sprachsignals bis hin zur inhaltlichen Interpretation, besteht die Schwierigkeit, Aktionen in anderen Modalitäten passend zum sprachlichen Prozess zu interpretieren. Der Computer reagiert nicht auf singuläre Aktionen, auf Befehle, die zu unbestimmten Zeitpunkten über die

Maus oder die Tastatur gegeben werden, sondern wird immer mehr zum Interpretier von Aktionen, die über mehrere Eingabegeräte verteilt sind [14] [15].

Nach Foley [13] und Shneiderman [16] ist es sinnvoll, beim Entwurf interaktiver Systeme vier Entwurfsebenen zu unterscheiden. Dieses Entwurfsmodell benutzt linguistische Begriffe und ist daher besonders für den Entwurf einer gesprochensprachlichen Interaktion geeignet.

1. Die konzeptuelle Ebene des Entwurfs beschreibt das mentale Modell, das der Nutzer vom System hat. Es beinhaltet die grundlegenden Ideen, die in dem System stecken und für den Nutzer sichtbar sind.
2. Die semantische Ebene enthält die Bedeutung, die hinter Kommandos, Aktionen und feedbacks des Systems stecken.
3. Auf der syntaktischen Ebene wird festgelegt, welche konkreten Aktionen wann ausgeführt werden sollen und können.
4. Auf der lexikalischen Ebene schließlich werden die präzisen Abhängigkeiten der Aktionen von Eingabegeräten und grundlegenden Interaktionsmechanismen definiert.

6.2.2 Anforderungen an den Funktionsumfang des Dialogs

Die Integration der automatisierten Sprachein- und -ausgabe erfordert die Entwicklung von Schnittstellen zur Kommunikation der Teilnehmer mit der Mobilitätszentrale. Zur Sicherstellung einer Regelkommunikation für den dynamischen Mitfahrservice sind folgende Funktionalitäten in DynMaz integriert worden:

- Eindeutige und sichere Identifikation des Nutzers
- Buchung und Stornierung des Mitfahrservices
- Statusabfrage über die getätigten Buchungen
- Prüfung der Buchungsdaten auf Vollständigkeit und Plausibilität
- Notfallstrategie bei Problemen in der Kommunikation

6.2.3 Entwicklung des Abfragedialogs zur Erfassung der Buchungsdaten

Am Beispiel des Abfragedialogs zur Erfassung der Buchungs- und Vermittlungsdaten für einen Kunden des dynamischen Mitfahrservice FahrPLUS wird die Vorgehensweise zur Entwicklung eines sprachgestützten Dialogs vorgestellt. Aufgrund der Fähigkeit des Dialogsystems DynMaz,

eine kontextsensitive Analyse des erkannten Textes durchzuführen, ergeben sich für die Dialogführung eine wesentlich höhere Anzahl von Varianten als bei einem reinen Frage-Antwort-Dialog mit festgelegter Reihenfolge.

Der Buchungsdiallog setzt sich generell aus drei Teilen zusammen, aus einem Abschnitt

- zur Identifizierung des Kunden,
- zur Erfassung der Daten für den Buchungs- und Vermittlungsprozess sowie
- zur Bestätigung der Buchungsdaten.

6.2.3.1 Identifizierung des Kunden

Die Identifikation des Kunden wird zweckmäßig in einem Frage-Antwort-Dialog zur Erfassung des Benutzernamens sowie des benutzerspezifischen Passworts durchgeführt. Die Identifikation bzw. Anmeldung erfolgt hierbei in zwei Schritten in Zusammenarbeit mit dem Buchungs- und Vermittlungssystem:

1. Mit Hilfe des Benutzernamens wird überprüft, ob der Anrufer überhaupt ein angemeldeter Nutzer der Mitfahrzentrale ist. Im Falle keiner Übereinstimmung zwischen Benutzername und registrierten Benutzern wird der Anrufer aufgefordert, die Eingabe seines Benutzernamens zu wiederholen. Nach erfolgloser zweiter Wiederholung wird der Anrufer gebeten, sich mit dem Operator in Verbindung zu setzen.
2. Das Einloggen im Buchungs- und Vermittlungssystem erfolgt nach Eingabe des Passworts. Eine eindeutige Identifikation ist somit durch Eingabe von Benutzername und Passwort gegeben. Bei Nichterkennen wird die Passwortabfrage zweimal wiederholt. Anstatt einer dritten Wiederholung wird auf den Operator verwiesen und der Dialog beendet. Der Spracherkenner muss in der Lage sein, ein Wechsel des Sprechers im Identifizierungsdiallog zu erkennen, um einen Missbrauch des Dienstes durch Dritte zu verhindern. Durch Hinterlegung von Referenzen für jeden Benutzer kann eine eindeutige Benutzererkennung erreicht werden.

Schon der Identifizierungsdiallog verdeutlicht, dass bei sprachgestützten Dialogsystemen der Reaktion auf Probleme des Spracherkenners eine besondere Bedeutung zukommt. Aus Gründen der Akzeptanz kann eine Abfrage nicht solange wiederholt werden, bis eine verwertbare Antwort gegeben worden ist. Hier liegt ein Abbruchkriterium für den Dialog vor, in unserem Fall wird eine Frage nach Erkennungsproblemen zweimal wiederholt. Das System

verweist in diesen Fällen immer auf den Operator der Mobilitätszentrale, bevor der Dialog beendet wird. Das sprachgestützte Dialogsystem baut in diesen Fällen automatisch eine Telefonverbindung zur Mobilitätszentrale auf.

Im Funktionaltest am IFT-LL wird die Interaktion mit dem Buchungs- und Vermittlungssystem simuliert. Für die Identifikation des Benutzers ist im Simulator für das Buchungs- und Vermittlungssystem eine Datenbank mit 33 Teilnehmern gespeichert. Diese Datenbank enthält neben dem Benutzernamen und dem benutzerspezifischen Passwort auch den Namen und den Vornamen des Kunden sowie den vom Kunden gewünschten Antwortkanal für die Vermittlungsergebnisse. Für den aktiven Wortschatz des Erkennungssystems sind der aus bis zu zwei Wörtern bestehende Benutzername und das Passwort relevant.

Der Identifizierungsdialog wird von einem Auswahldialog abgeschlossen, bei dem der Kunde in einem oder mehreren Schritten die gewünschte Dienstleistung und die damit verknüpfte Interaktion spezifiziert. Im Falle der dynamischen Mitfahrzentrale kann der Kunde zwischen dem dynamischen Mitfahrerservice FahrPLUS und dem dynamischen Fahrdienst Tele-Shuttle wählen. Interaktionsvarianten für diese beiden Dienste sind beispielsweise die Buchung von Fahrgemeinschaften, die Ausgabe von Informationen über gebuchte Fahrgemeinschaften oder die Stornierung von Fahrgemeinschaften.

6.2.3.2 Buchungsdialog zur Erfassung der Vermittlungsparameter

Ein Buchungsdatensatz für den dynamischen Mitfahrerservice FahrPLUS oder den dynamischen Fahrdienst Tele-Shuttle setzt sich aus folgenden Angaben zusammen:

- Art der Nutzung des Dienstes
Fahrer oder Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft / eines Fahrdienstes
- Wegedaten
Start- und Zielort des Fahrtwunsches (19 P+M Punkte bei M21)
- Zeitdaten
Datum und Uhrzeit des Fahrtwunsches
- Individuelle Daten
Toleranzdaten, Raucher, Nichtraucher, etc.

Generell wäre auch in diesem Fall eine Einzelparameterabfrage möglich. Diese Vorgehensweise würde jedoch den sprachgestützten Mensch-Maschine-Dialog in die Länge

ziehen und ist aus Gründen der unterschiedlichen Aussprache von Wörtern in Sätzen und als Einzelwort auch aus der Sicht des Spracherkennungssystems eher kritisch zu sehen.

Die Antworten des Kunden sollen in natürlich gesprochener Sprache, d.h. in ganzen Sätzen und nicht in Einzelwörtern erfolgen. Das sprachgestützte Dialogsystem verfügt zur gleichzeitigen Erkennung mehrerer Buchungsparameter über eine Kontextüberprüfung. Die Kontextanalyse kann die relevanten Daten aus dem Satzzusammenhang ermitteln. Dies verkürzt einerseits die Dialogzeit und andererseits erlaubt es eine "natürliche" Fehlerbehandlung. Werden mehrere relevante Parameter in einen Satz genannt, müssen nur die vom System nicht erkannten Daten wiederholt werden. In diesem Fall stellt das System erkenntnisbezogene vertiefende Fragen.

6.2.3.2.1 Aktiver fester Wortschatz des Dialogsystems

Grundlage für die Entwicklung eines flexiblen Dialogs zur Erfassung der Buchungsparameter für den dynamischen Mitfahrerservice FahrPLUS und den dynamischen Fahrdienst Tele-Shuttle sind die bei einem reinen Frage-Antwort-Dialog zu erwartenden Antworten. Diese Kennwörter bilden den festen aktiven Wortschatz des Systems.

Die Vermittlung von Fahrgemeinschaften bzw. von Fahrdiensten findet im Demonstrator nur zwischen sogenannten Zustiegspunkten zur Bildung bzw. Auflösung von Fahrgemeinschaften statt. Für die Testreihen am IFT-LL bzw. zur Anwendung des Systems im Rahmen des Demonstrators in M21 sowie zur Erprobung bei DaimlerChrysler in Ulm sind insgesamt 32 Park- und Mitfahrplätze (P+M Plätze) implementiert worden. P+M Plätze sind über die Angabe eines Ortsnamens und einer Treffpunktbezeichnung eindeutig identifizierbar. Die Tabelle 6.2.3.2.1-1 listet die 32 P+M Plätze des Testsystems DynMaz auf.

Ort	Treffpunkt	Ort	Treffpunkt
Uhingen	Ebersbach	Kirchheim	P und M Platz
Esslingen	P und M Platz	Herrenberg	P und M Platz
Stuttgart	Anschlussstelle Vaihingen	Rottweil	P und M Platz
Stuttgart	Bad Cannstatt	Horb	P und M Platz
Stuttgart	West	Pleidelsheim	P und M Platz
Stuttgart	Süd	Ettlingen	P und M Platz
Stuttgart	Anschlussstelle Feuerbach	Ilsfeld	P und M Platz
Stuttgart	Hauptbahnhof	Karlsbad	P und M Platz
Pforzheim	P und M Platz	Ludwigsburg	Nord
Pforzheim	Rasthof	Ulm	Westbad
Ulm	Hauptbahnhof	Ulm	Forschungszentrum
Ulm	EADS	Ulm	Söflingen Gemeindeplatz
Ulm	debis Neumatic	Ulm	Söflingen Wendeschleife
Ulm	debis Parkplatz	Ulm	Westplatz
Ulm	debis Parkhaus	Ulm	Blautal Center
Ulm	debis Magirusstraße	Ulm	Römerplatz

Tab. 6.2.3.2.1-1: P+M Plätze des Testsystems DynMaz

Der aktive feste Wortschatz des Systems umfasst alle Zahlwörter, die zur Angabe von Datum und Uhrzeit notwendig sind. Dieser wird ergänzt durch alle Wochentage sowie einige Zeitwörter, die bezogen auf das aktuelle Datum von der Dialogsoftware interpretiert werden.

Zur Bestätigung von Angaben werden neben "JA" und "NEIN" zusätzliche zustimmende oder ablehnende Begriffe und Äußerungen in den aktiven festen Wortstamm aufgenommen.

6.2.3.2.2 Integration der Parameterkennwörter in Sätze und Parameterbündelung

Mit Hilfe der Kennwörter des aktiven festen Wortschatzes werden Antwortsätze formuliert, die im ersten Schritt nur jeweils eine Parameterabfrage berücksichtigen. In weiteren Schritten

werden Sätze mit gekoppelten Parameterabfragen, beispielsweise Start- und Zielort einer Fahrt oder Datum und Uhrzeit des Fahrwunsches, gebildet. Die Zusammenfassung von Parametern wird soweit weitergeführt, bis alle Parameter in einem Satz zusammengefasst sind. Ziel ist es, durch Bildung eines umfangreichen Antwortkatalogs für bestimmte Parameter charakteristische Bindewörter zu finden, die den aktiven kontextsensitiven Wortschatz des Systems bilden. Die Bindewörter erlauben ebenfalls eine Einschränkung des Suchraumes bei nachfolgenden Wörtern, da über sie eine Wahrscheinlichkeit der nachfolgenden Wörter definiert werden kann (anwendungsspezifische Bi- oder Trigramme).

Durch die Kontextanalyse der Kunden ergibt sich ein weites Feld von Dialogvarianten von der Antwort in einem Satz bis hin zur Einzelparameterabfrage. Komfort und Akzeptanz des Dialogsystems hängen daher einerseits von der Erkennungsgenauigkeit und andererseits von der Variantenvielfalt der hinterlegten Begriffskontexte ab. Mit der Anzahl der gespeicherten Kontexte steigt gleichzeitig die Größe des aktiven Wortschatzes des Erkenners. Bei Erkennungssystemen mit einem begrenzten Wortschatz müssen daher Kompromisse bei den Kontextdaten eingegangen werden.

6.2.3.3 Bestätigung der Buchungsdaten

Nach erfolgreicher Erfassung aller Vermittlungsparameter liest das Dialogsystem alle Buchungsdaten vor. Der Kunde wird danach aufgefordert, die Buchungsdaten in einem Frage-Antwort-Dialog zu bestätigen. Das Dialogsystem erwartet hier ein eindeutiges "JA" oder "NEIN". Im Falle einer Ablehnung der Buchungsdatenbestätigung kehrt das System zum Erfassungsdialo zurück. Nach positiver Bestätigung wird der komplette Buchungssatz an das Buchungs- und Vermittlungssystem übertragen. Das Buchungs- und Vermittlungssystem quittiert den Eingang des Datensatzes und vergibt eine Buchungsnummer. Das Dialogsystem quittiert den Buchungseingang durch die Weitergabe des Buchungsdatums, der Buchungszeit bzw. der Buchungsnummer. Das Dialogsystem fragt nach, ob der Kunde weitere Dienste oder weitere Interaktionsvarianten zum verwendeten Dienst nutzen möchte. Auf Basis des genannten Dienstes und/oder der genannten Variante erfolgt der Sprung zu einem anderen Dialog. Ansonsten wird der Dialog beendet.

6.2.4 Sprachgestützter Interaktionskanal von DynMaz

DynMaz erfragt von den Nutzern alle für die Buchung bzw. Stornierung im Vermittlungssystem benötigten Informationen in Form offener Dialoge. Das System interpretiert die Antworten des Nutzers und entnimmt diesen auch Informationen, die über die eigentlich abgefragten Daten

hinausgehen. Wird z.B. auf die Frage „Wohin wollen Sie?“ mit „Von A nach B“ geantwortet, so werden Start und Ziel erkannt und registriert. Umgekehrt fragt das System immer detaillierter nach, wenn Antworten nicht verstanden oder als nicht plausibel erkannt worden sind. Der Ablauf der Dialoge mit DynMaz ist in Abbildung 6.2.4-1 dargestellt [Quelle: IFT-LL].

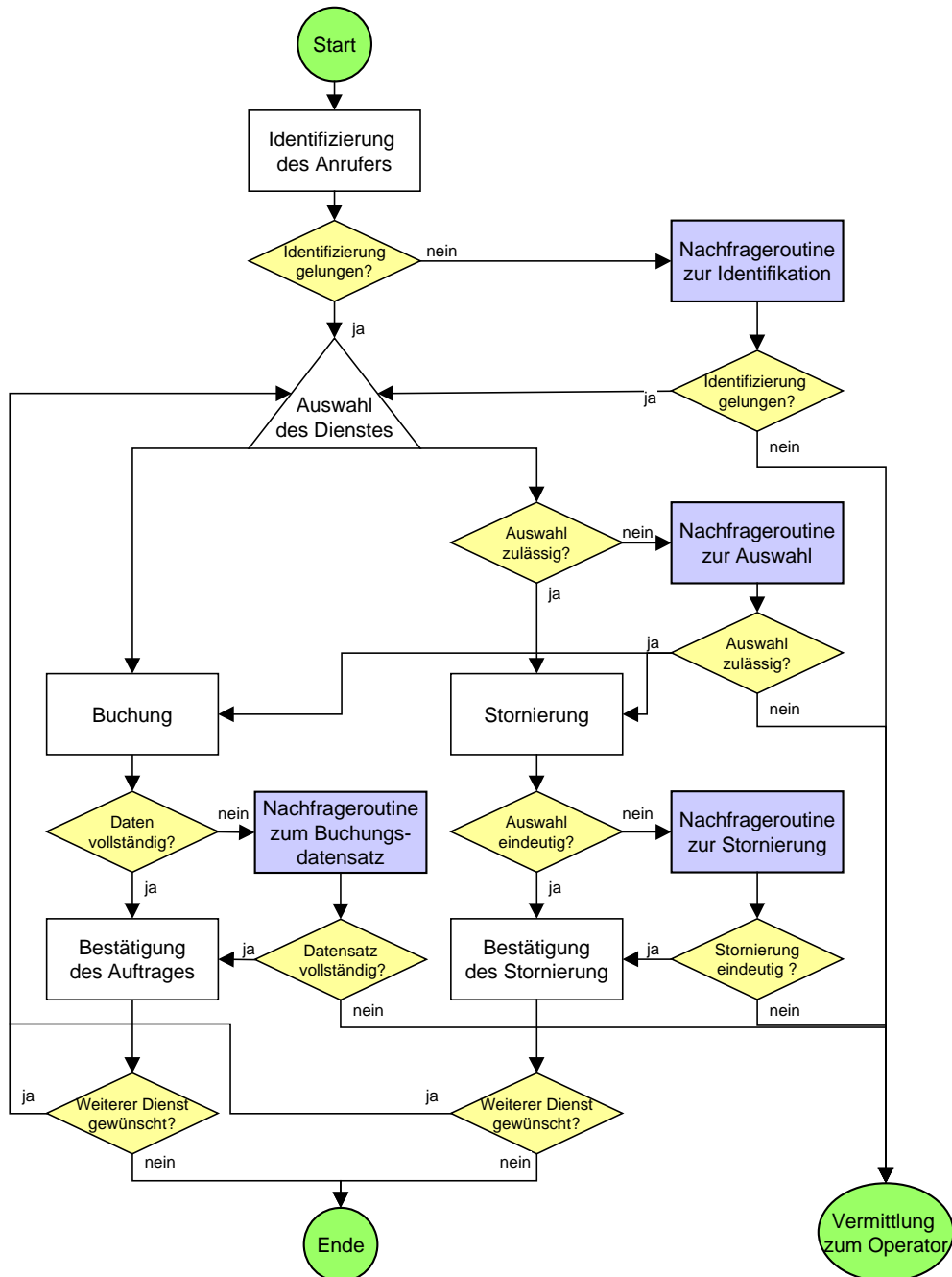


Abb. 6.2.4-1: Ablaufdiagramm DynMaz

7 Evaluation des sprachgestützten Dialogsystems

Die Akzeptanz sprachgestützter Dialogsysteme hängt neben ihrer Flexibilität in Bezug auf die zur Interaktion verwendeten Ausdrücke vor allem von der Erkennungsleistung des Spracherkennungssystems ab. Das sprachgestützte Interaktionsmodul "DynMaz" verwendet einen von der DaimlerChrysler Forschung in Ulm entwickelten Erkennen. Dieser ist in der Lage, kontinuierlich gesprochene Sprache zu verarbeiten.

7.1 Entwicklungsbegleitende Funktionaltests

Das im Demonstrator eingesetzte Dialogsystem ist das Ergebnis eines während der Projektlaufzeit des Forschungsvorhabens *mobilst* durchgeführten kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Das sprachgestützte Interaktionsmodul DynMaz hat die folgenden Entwicklungsstufen durchlaufen:

1. Portierung des Systems von Sun-Workstation auf PC-Plattform
2. Versuchsreihen am IFT zur Ermittlung der Prozesssicherheit und Entwicklung der Notfallstrategie
3. Übergang in den Pilot-Betrieb im Rahmen der M21-Mitfahrzentrale

Die Optimierung des sprachgestützten Dialogsystems erfolgt hierbei in enger Kooperation des Instituts für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und Logistik, mit der DaimlerChrysler Forschung in Ulm (Entwicklung DynMaz) und dem Mercedes Technology Center MTC in Sindelfingen (Demonstrator im Testfeld FahrPLUS/M21). Aufgabe des IFT-LL im Rahmen der Produktentwicklung ist es, durch Anregungen und unabhängige Testergebnisse die Funktionalität und Stabilität des Dialogsystems zu forcieren.

Dabei sind verschiedene Versionen des Spracherkennungssystems sowie der Dialogsoftware zum Einsatz gekommen. Beispielsweise wurde für den Demonstrator eine speziell für Telefon und Handy angepasste Version der Spracherkennung entwickelt, die eine höhere Erkennungsleistung mit dem reduzierten Frequenzband des Telefons zeigte. Für die Direkteingabe am PC wurden breitere Frequenzspektren vorgesehen.

7.2 Funktionaltests DynMaz

Die Funktionaltests der sprachgestützten Dialogsoftware "DynMaz" haben die Entwicklung bei DaimlerChrysler in Ulm begleitet und von unabhängiger Seite aus forciert. Dabei sind nicht nur Fehler in der Spracherkennung und der Dialogführung erkannt, sondern auch aktiv Anregungen zur Weiterentwicklung und Verbesserung des Softwarepaketes gegeben worden.

7.2.1 Testsystem am IFT-LL

Am Institut für Fördertechnik und Logistik sind in der Projektlaufzeit in allen Testphasen ca. 200 Tests mit verschiedenen Sprechern durchgeführt worden. Für die Funktionaltests des sprachgestützten Dialogsystems ist zu Anfang der Projektlaufzeit ein neuer Rechner beschafft worden. Dieses Testsystem ist während der Projektlaufzeit nicht verändert worden. Die Abbildung 7.2.1-1 zeigt das Testsystem des IFT-LL während einer Vorführung im Rahmen des Tages der offenen Tür der Universität Stuttgart [Quelle: IFT-LL].



Abb. 7.2.1-1: Testumgebung des IFT-LL im Rahmen einer Vorführung

Die Testumgebung am IFT-LL setzt sich aus folgenden Hardware- und Softwarekomponenten zusammen:

- Hardware-Komponenten

PC-Hersteller, CPU: Intel, 256 Mbyte RAM, Mbyte HDD, Creative Labs Soundblaster 128 PCI – Soundkarte, Philips Lautsprecher, XXX-Mikrophon Sennheiser MD 431 II

- Software-Komponenten

Windows NT 4.0 mit Service Pack 6, Treiber der Soundkarte, Treiber der Sprachsynthese

Das Rechnersystem wird außerdem zur Abwicklung des Projekts *mobilst* und M21 genutzt und ist daher mit den üblichen Office-Anwendungen, wie beispielsweise Microsoft Office 97 Professional, Micrografix Graphics Suite 7, Netscape Navigator 4.5 und Pegasus Mail, ausgestattet.

7.2.2 Testphasen

Der Funktionaltest der sprachgestützten Dialogsoftware "DynMaz" gliedert sich in folgende drei Testphasen:

- Aufbau eines stabilen Systems
- Ausprägung der Basisfunktionalität für Spracherkennung und Dialogsoftware
- Kontinuierliche Verbesserung von Komfort und Stabilität der Software

In allen drei Testphasen wurden bei den verschiedenen Versionen der Spracherkennung und Dialogsteuerung folgende Punkte untersucht:

- Stabilität der Spracherkennung und Dialogsoftware
- Leistungsfähigkeit der Spracherkennung in Bezug auf die Anwendung als Datenerfassungs kanal für die dynamische Mitfahrzentrale
- Erarbeitung von Vorschlägen zur Verbesserung der Interaktion
- Ableitung von Vorschlägen zur Dialoggestaltung

Mit zunehmender Stabilität des Spracherkennungs- und Dialogsteuerungssystems verschob sich der Fokus der Tests und Verbesserungsvorschläge auf die Optimierung von Funktionalität sowie Systemkomfort. Die Entwicklung des Dialogs zur Erfassung der Vermittlungsparameter für dynamische Fahrgemeinschaften verlief parallel zur Durchführung der Funktionaltests am IFT.

Aus den Erfahrungen der drei Testphasen sind abschließend zum Übergang in den Demonstrator M21 Verhaltensregeln zum Umgang mit dem sprachgestützten Interaktionsmodul DynMaz entwickelt worden.

7.2.2.1 Testphase 1

Die erste Testphase im Jahr 1999 war durch den Aufbau eines stabilen Systems sowie durch die Fixierung der Grundfähigkeiten des Systems geprägt. Aufgrund der Portierung des Spracherkennungssystems von Sun Workstation nach MS Windows lagen zu Beginn der ersten Testphase nur sehr geringe Erfahrungen bezüglich der Teststabilität vor. Die Installation der ersten Version des sprachgestützten Dialogsystems erfolgte manuell, d.h. ohne Unterstützung eines Installations-Assistenten.

Der aktive Wortschatz des Spracherkennungsmoduls umfasste in dieser Version ausschließlich den aktiven festen Wortschatz des Anmelde-, Buchungs- und Bestätigungsdialogs, d.h. die Benutzerdaten, Passwörter, P+M Plätze und Zahlwörter. Die kontextsensitive Analyse der eingegebenen Texte war mangels Dialogstruktur noch nicht verfügbar.

Die Testreihen in dieser Phase beschränkten sich auf die sprachgestützte Eingabe der verschiedenen Buchungsparameter direkt in das Spracherkennungssystem. Zusätzlich waren zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit des Spracherkenners Wortformen implementiert und erprobt worden. Insgesamt war die Erkennungsleistung in dieser Phase jedoch sehr beschränkt.

7.2.2.2 Testphase 2

In der zweiten Testphase im Jahr 2000 standen die Verbesserung der Erkennungsleistung sowie eine Optimierung der Dialogführung im Mittelpunkt.

Die Buchung erfolgte über Spracheingabe. Zunächst wurden Testdialoge festgelegt, die dann mehrfach von verschiedenen Personen eingegeben wurden. Die Festlegung der Dialoge war notwendig, um einen Vergleich zu den automatischen Aufzeichnungen von DynMaz zu erhalten. DynMaz war natürlich nur in der Lage aufzuzeichnen, was das System verstand, so

dass mit den festen Dialogen dokumentiert wurde, was tatsächlich gesagt wurde. Die Gefahr von Ablesefehlern und Versprechern der Testpersonen wurde in Kauf genommen. Bemerkte die Testperson ihren Fehler, wurde der Dialog abgebrochen und nicht ausgewertet. Dadurch, dass mehrere Personen den gleichen Dialog führten, sollte die Empfindlichkeit des Systems auf individuelle Ausspracheunterschiede getestet werden.

Der in der zweiten bzw. dritten Testphase verwendete Standarddialog wurde aus den festen Stammdaten des M21-Vermittlungssimulators wie folgt parametrisiert:

- ◆ Benutzername: Anna Baum
- ◆ Passwort: Zylinder
- ◆ Rolle in der Fahrgemeinschaft: Mitfahrer
- ◆ Abfahrtort: Esslingen P+M Platz
- ◆ Zielort: Pforzheim Rasthof
- ◆ Tag der Fahrt: heute
- ◆ Abfahrtszeit: 11.10 Uhr

In der zweiten Testphase wurden insgesamt 52 korrekte Dialoge eingegeben, von denen nur 6 erfolgreich abgeschlossen werden konnten. Zusammengefasst konnten folgende Schwachpunkte festgestellt werden:

- Die Spracheingabe hat im Versuch zum Teil große Probleme, den Nutzer zu verstehen. Die Erfolgsquote der Spracherkennung hängt dabei sehr stark vom jeweiligen Sprecher ab.
- Das Programm beendet den Dialog oder steigt ohne ersichtlichen Grund aus. Dies passiert relativ häufig.
- Das System erkennt die Worte laut Anzeige zum Teil richtig, fragt aber trotzdem nach. Oft zeigt das System mehr Worte an als gesprochen wurden.
- Das System zieht aus nicht vollständig verstandenen Eingaben Rückschlüsse, z.B. wird „ford zwei Rasthof“ verstanden und daraus der Treffpunkt Pforzheim Rasthof abgeleitet.
- In den logfiles sind nicht alle Angaben protokolliert. In dem Fenster von DBsr 1.8 erscheinen z.T. weitere Worte, die das System verstanden hat.

Neben Angaben zur Erkennungsleistung des Spracherkennungssystems DBsr 1.8 sind aus den Testreihen in der Testphase 2 u.a. folgende Anregungen zur Verbesserung des sprachgestützten Dialogsystems erstellt worden:

◆ Auftragsnummer

DynMaz teilt dem Anrufer zur Bestätigung der Buchung die vom Buchungs- und Vermittlungssystem vergebene Auftragsnummer mit. Der Kunde sollte die Möglichkeit haben, die Auftragsnummer wiederholen zu lassen, falls er sie beim ersten Durchgang nicht mitnotieren konnte. Zumindest muss die Auftragsnummer sehr langsam und deutlich gesprochen werden, wie z.B. die Telefonnummer bei der Auskunft.

◆ Stornierung von Buchungen

Bei der Funktion des Stornierens sollte es möglich sein, über die Auftragsnummer die zu stornierende Buchung direkt anzugeben.

◆ Sprachgestützte Passworteingabe

Die Nennung des Passwortes am Telefon kann problematisch sein. Findet die Buchung z.B. im Büro statt, so kann das Passwort von Dritten mitgehört werden. Das gleiche gilt für Buchungen von unterwegs. Soll diese Sicherheitslücke geschlossen werden, könnte z.B. ein PIN-Code vergeben werden, der über die Telefontastatur eingegeben wird. In der Pilotphase ist das Sicherheitsrisiko eher gering einzuschätzen. Sollte der Dienst aber weiter ausgebaut werden und zukünftig die Möglichkeit bestehen, über die Spracheingabe weitere, vor allem teure Leistungen in Anspruch zu nehmen, ist diese Sicherheitslücke zu schließen.

◆ Abfragereihenfolge

DynMaz bietet aufgrund der offenen Dialogführung dem Kunden die Möglichkeit, den Dienst in der von ihm gewünschten Reihenfolge zu buchen. Dies dürfte vor allem für „geübte“ Kunden interessant sein, die so schnell buchen können. Für den neuen Kunden wird jedoch zunächst eine Dialogführung benötigt, die vom Kunden alle erforderlichen Daten erfragt und zwar in einer Reihenfolge, die dem Kunden entgegenkommt. Die Reihenfolge der Abfragen sollte daher an einigen Punkten überarbeitet werden. Die Anpassung an den M21-Dienst FahrPlus steht dabei im Vordergrund, da die neuen Kunden in erster Linie von diesem Dienst kommen werden. Bei den bestehenden Spielräumen in der Fragereihenfolge sollte sich die Reihenfolge an der Wegekette orientieren (*Vgl. Abbildung 6.2.4-1*).

Mit einer überarbeiteten Version des Spracherkennungssystems wurde am Ende der zweiten Testphase eine Erkennungsleistung erreicht, die den Einsatz des Systems in einem erweiterten Testfeld (Demonstrator) ermöglicht.

7.2.2.3 Testphase 3

In der dritten Testphase (Sommer 2001) kamen eine verbesserte Version der Spracherkennung (dbsr 1.9) und eine überarbeitete Version der Dialogsteuerung zum Einsatz. Die mit diesem Softwarepaket ausgelieferte Version der DaimlerChrysler Sprachsynthese konnte auf dem Testsystem des IFT-LL trotz intensiver Bemühungen seitens der DCAG Forschung Ulm nicht zum Laufen gebracht werden. Ebenso scheiterte der Versuch, die Spracherkennung und das Dialogsystem an die vorhandene Synthese zu koppeln, so dass die Versuche in dieser Testphase ohne Sprachausgabe durchgeführt werden mussten.

In der dritten Testphase sind über 150 Testläufe mit 5 Testpersonen durchgeführt worden. Als Testpersonen sind sowohl wissenschaftliche Mitarbeiter als auch wissenschaftliche Hilfskräfte des Instituts herangezogen worden, die Deutsch als Mutter- oder Fremdsprache sprechen. Die Tests sind in Blöcken zu 10 Testdurchläufen pro Testperson durchgeführt worden. Zur Auswertung der Testeingaben ist der Dialog in 5 Blöcke zerlegt und die Erkennungsleistung des Spracherkenners in diesen Blöcken ermittelt worden. Dazu wurden die von Erkennung und Dialogsystem erzeugten Interaktionsprotokolle ausgewertet. Die Ergebnisse der dritten Testphase lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Spracherkennung und Dialogsystem liefen bei den Tests stabil.
- Spracherkennung reagiert sensibel auf Neben- oder Störgeräusche und versucht diese zu interpretieren.
- Erkennungsleistung sinkt bei einer veränderten Stimmlage, beispielsweise bei erkältungsbedingt nasaler Stimme.
- Erkennungsleistung sinkt bei Verwendung der nicht normierten Schriftsprache.
- Höhere Erkennungsleistung wird erreicht durch Antworten in Satzform als bei Antworten nur mit den Schlüsselwörtern.
- Höhere Erkennungsleistung wird erzielt durch Verwendung der Wörter "von" und "nach" bei der Eingabe der Start- und Zielorte.

- Bei zusammengesetzten Zahlwörtern besteht immer die Gefahr, dass nur eines der beiden Zahlworte erkannt wird.

Die verbleibenden Einschränkungen des Spracherkennungssystems führten zur Entwicklung von Verhaltensregeln zum Umgang mit dem sprachgestützten Interaktionsmodul DynMaz. Ziel ist es, durch Schulung der Mitarbeiter eine Verbesserung der Erkennungsleistung zu erreichen.

Folgende Verhaltensregeln wurden aufgestellt:

- Eine besonders deutliche und verlangsamte Aussprache bei der Interaktion mit dem Dialogsystem führt zur Absenkung der Erkennungsrate. Aussprache und Sprechgeschwindigkeit sollten möglichst natürlich sein.
- Die Interaktion mit dem sprachgestützten Dialogsystem sollte in ganzen Sätzen erfolgen.
- Bei der Interaktion mit dem Dialogsystem sollte auf die Verwendung von Akzenten und Dialekten in der Aussprache verzichtet werden.
- Die Interaktion mit dem System sollte über ein Mikrofon mit gerichtetem Aufnahmefeld erfolgen, um die Aufnahme von Nebengeräuschen zu vermeiden.
- Die Kontextanalyse des Dialogsystems erlaubt die Verwendung von zeitbezogenen Ausdrücken, wie beispielsweise "heute" oder "morgen", um die fehlerträchtige Eingabe von zusammengesetzten Zahlwörtern bei Datum und Uhrzeit zu vermeiden.

Eine Schulung der Personen im Teilnehmerkreis des Dienstes ist nur bei Anwendung dieser Technologie in einem kleinen Anwenderkreis denkbar, da sonst der Schulungsaufwand stark ansteigt. Diese Aufwendungen sollten dazu verwendet werden, die Erkennungsleistung soweit zu verbessern, dass auf ein Training verzichtet werden kann.

7.3 Ergebnis der Funktionaltests

Die Ergebnisse und Verbesserungen aus den Funktionaltests führten zur Entwicklung der Version 2.0 der sprachgestützten Dialogsoftware "DynMaz". Im Gegensatz zu den vorhergehenden Versionen verwendet dieses System zur Sprachausgabe ein von DaimlerChrysler selbst entwickeltes Sprachsynthesystem. Als weitere Komponenten des

Softwarepakets kommen eine überarbeitete Version des Spracherkenners und der Dialogsoftware zum Einsatz.

7.4 Demonstrator DynMaz

Derzeitiger Entwicklungsstand des Spracherkennungs- und Dialogführungssystems "DynMaz" ist der Demonstrator im Rahmen der Mobilitätszentrale M21 bei der DaimlerChrysler AG im Werk Sindelfingen. Die M21-Mobilitätszentrale bietet für die Mitarbeiter des Mercedes Technology Center (MTC) den dynamischen Mitfahrservice "FahrPLUS" an. Durch die Integration eines sprachgestützten Zugangskanals zu dem Vermittlungssystem soll die Attraktivität der dynamischen Fahrtenvermittlung erhöht werden. Die Spracherkennung soll den Operator der Zentrale von den Buchungs- und Stornierungstätigkeiten entlasten, so dass er sich vollständig auf die Optimierung der Vermittlungsergebnisse sowie die Bearbeitung von Notfällen konzentrieren kann. Die sprachgestützte Kommunikationsschnittstelle zum Vermittlungsserver garantiert neben formularisierten E-Mails und Internetseite einen weiteren 24h-Zugang zum dynamischen Mitfahrservice FahrPLUS und dem dynamischen Fahrdienst Tele-Shuttle.

Die Demonstration für die Spracherkennung fand im Winterhalbjahr 2001/2002 mit 25 Probanden aus dem MTC statt. Die Mitarbeiter des MTC schätzten am sprachgestützten Interaktionskanal zur Mobilitätszentrale vor allem die Unabhängigkeit dieser Schnittstelle von einem vernetzten Arbeitsplatz. Dies ermöglicht die kurzfristige Buchung bzw. Stornierung von Mitfahraufträgen. Durch eine weitere Verbesserung der Spracherkennung kann die durchweg positive Grundhaltung gegenüber diesem System noch weiter verbessert werden.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Das sprachgestützte Dialogsystem "DynMaz" ist eine zusätzliche Kommunikationsschnittstelle zum Buchungs- und Vermittlungssystem "FahrPLUS" zur Bildung von dynamischen Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr. Die sprachgestützte Kommunikationsschnittstelle tritt in Konkurrenz zu internet- und operatorbasierten klassischen Schnittstellen. Gegenüber operatorbasierten Schnittstellen bietet sie den Vorzug der ständigen Erreichbarkeit. Während internetbasierte Schnittstellen einen Computer mit Netzzugang benötigen, um mit dem FahrPLUS-Server in Kontakt zu treten, ist für DynMaz lediglich ein Telefon bzw. ein Handy notwendig.

Die Teilnehmer am Demonstrator begrüßten den zusätzlich sprachgestützten Zugang zum Vermittlungssystem, vor allem für Interaktionen mit dem Server von außerhalb des eigenen Büros bzw. Internet-Zugangs. Defizite liegen im Bereich der Spracherkennung in Verbindung mit Mobiltelefonen. Diese werden durch die schmalen Bandbreiten sowie die starken Stör- und Fremdgeräusche ausgelöst.

Die sprachgesteuerte Dialogsoftware kann flexibel jedem Dienstleistungsangebot angepasst werden, so dass die Weiterentwicklung der sprachgestützten Dialogsoftware unabhängig von der dynamischen Fahrgemeinschaftenbildung ist.

8.1 Bildung von Fahrgemeinschaften

Bei einer durchschnittlichen Belegung eines Fahrzeugs im Berufspendelverkehr mit 1,2 Personen je Fahrzeug bietet die Gruppe der Berufspendler eine Zielgruppe für eine Clusteranalyse zur Verbesserung des Auslastungsgrads der Fahrzeuge [4]. Die Akzeptanz von Mitfahrangeboten bei der avisierten Zielgruppe ist jedoch im Allgemeinen sehr gering [10].

Aufgabe von Arbeitgebern, Verkehrs- und Städteplanern sowie der Gesellschaft ist es, durch Änderungen der technischen, sozialen, psychologischen, juristischen und ökonomischen Randbedingungen ein Klima zu schaffen, das die Akzeptanz von Fahrgemeinschaften in der Bevölkerung erhöht. Erst wenn das Automobil von der Mehrzahl der Bürger weniger als ein Prestige-Objekt sondern vielmehr als ein Transportmittel angesehen wird, tritt auch eine

Trendwende zugunsten von Mitfahrdiensten und anderen alternativen Diensten und damit eine Entlastung der Infrastrukturnetze ein.

Die Parameter der Gruppenbildung müssen entsprechend der Ansehensverbesserung von Mobilitätsdienstleistungen nicht nur die harten Parameter zur physischen Bildung von Fahrgemeinschaften enthalten, sondern auch über weiche Parameter die individuellen Wünsche und Sorgen der Teilnehmer berücksichtigen. Es werden vier Gruppen von Parametern unterschieden:

- Technische Parameter zur physischen Schaffung von Fahrgemeinschaften
- Parameter zur Sicherung des Betriebs eines Mitfahrdienstes (inkl. Finanzen)
- Parameter zur flexiblen Absicherung der Teilnehmer eines Mitfahrdienstes bei Änderungen
- Parameter zur Berücksichtigung der individuellen Wünsche und Komfortansprüche des Teilnehmers bei Planung und Abwicklung von Mobilitätsdiensten

Die Berücksichtigung der individuellen Wünsche der Teilnehmer ist die Basis für den Erfolg eines Mitfahrangebots. Beispielsweise sollten einem Teilnehmer mehrere Fahrgemeinschaften mit unterschiedlichen Startzeiten zur Auswahl vorgeschlagen werden. Die Transparenz der Geldströme zwischen Mitfahrer, Fahrer und Betreiber ist ebenfalls Voraussetzung für eine langfristige Bindung der Teilnehmer an einen Dienst.

Menschliches, wie z.B. ein Wettbewerb um den höchsten ökologischen Nutzfaktor einer Fahrgemeinschaft in einem Betrieb, sollen die Fahrgemeinschaften stabilisieren.

Die notwendige Berücksichtigung der individuellen Parameter stellt besondere Anforderungen an die Größe und Zusammensetzung der Grundgesamtheit, da aufgrund der zahlreichen Einflussgrößen die Wahrscheinlichkeit einer Gruppenbildung ohne Zusatzmaßnahmen sinkt.

Die individualisierte Gestaltung der Prozesse eines Mitfahrservice im Berufsverkehr schafft die Basis für die Steigerung der Akzeptanz bei dem angesprochenen Kundenkreis und erlaubt damit die Realisierung der Nutzungspotentiale bei möglichst geringen Risiken aller Beteiligten.

8.2 Spracherkennung, -verstehen und -ausgabe in Verkehr und Logistik

Spracherkennungs-, Sprachverstehens- und Sprachsynthesysteme sind die Basiselemente zum Aufbau eines Interaktionskanals mit Computern, Automaten und Maschinen. Durch diesen sprachgestützten Interaktionskanal ist es möglich, multimodale Kommunikationssysteme aufzubauen. Diese Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie gleichzeitig auf verschiedenen Interaktionskanälen mit Kunden interagieren können. Der sprachgestützte Zugang über Telefon oder der textbasierte Zugang über Internet, SMS oder E-Mail erlauben den weltweiten Abruf von Informationen und Dienstleistungen.

Es werden zwei Entwicklungslinien unterschieden:

- PC-basierte Sprachinteraktionslösungen zum Aufbau servergestützter Dienstleistungs-lösungen ähnlich der Kommunikations- und Vermittlungskomponenten der dynamischen Mitfahrzentrale
- Entwicklung von sprachverarbeitenden Automaten und Maschinen

Die Entwicklung von Spracherkennungs- und Sprachsynthesystemen für den PC ist heute schon weit fortgeschritten. Diktiersysteme für den PC erreichen derzeit eine Erkennungsleistung von bis zu 98%⁴. Unter realistischen Bedingungen im Büro liegt die Erkennungsleistung dieser Systeme jedoch unter diesem Wert. Im Bereich der Sprachsynthesysteme stehen sowohl Hardware-Synthesizer als auch Software-Synthesizer in verschiedenen Qualitätsstufen zur Verfügung. Im öffentlichen Raum werden Synthesizer derzeit vor allem zur Ansage von Haltestellen in Straßenbahnen, Bussen und Zügen sowie zur Zugansage in Bahnhöfen verwendet.

Im Gegensatz zu PC-basierten Spracherkennungs- und -synthesystemen stellen Maschinen und Automaten mit ihrer geringeren Rechner- und Speicherkapazität besondere Anforderungen an die Implementierung eines sprachgestützten Interaktionskanals. Zusätzlich wird bei diesen Systemen die Leistungsfähigkeit durch schlechte Umweltbedingungen stark eingeschränkt. Für diese Anwendungen werden derzeit Erkennungsverfahren auf Basis von neuronalen Netzen entwickelt, die eine wesentlich höhere Erkennungsleistung ermöglichen.

⁴ Angaben von IBM zur Erkennungsleistung des PC-Diktiersystems "ViaVoice"

Ziel der Entwicklung von sprachgestützten Interaktionskanälen für Logistik- und Verkehrsdienstleistungen ist es, eine natürliche Kommunikation zwischen dem Kunden und dem Dienst zu ermöglichen. Der Kommunikationspartner Computer, Automat oder Maschine muss sich immer der Sprache des Kunden anpassen können und eine sehr hohe Erkennungsleistung sicherstellen.

Die weitere Akzeptanz sprachgestützter Interaktionslösungen zur Abfrage von Informationen oder zur Buchung und Stornierung von Verkehrs- und Logistikdienstleistungen hängt vor allem von der Verbesserung der Leistung der Spracherkennungssysteme ab. Hier sind neben der oben angesprochenen Problematik der Nebengeräusche vor allem die Verbesserung der Erkennungsleistung bei der Aussprache mit Akzent oder Dialekt zu nennen.

Bei Systemen zum Sprachverstehen ist neben der Erkennungsleistung des integrierten Spracherkennungssystems vor allem der zu "verstehende" Sprachumfang, eine Kombination von Wörtern und deren Vernetzung untereinander, von Bedeutung. Hierbei spielt die zu implementierende Anwendung eine große Rolle. Je umfangreicher die Anzahl der abzufragenden Eingabeparameter ist, desto größer ist die Anzahl der Antwortvarianten. Auch in diesen Systemen müssen regionale sprachliche Eigenheiten beim Aufbau des Wortschatzes und der Wortverknüpfungen berücksichtigt werden.

Durch die Verbesserung der Erkennungsleistung sowie durch die Optimierung der kognitiven Fähigkeiten eines Sprachverstehenssystems können in der Zukunft auch Dienstleistungen aus dem Bereich Verkehr und Logistik mit einer rund-um-die-Uhr Schnittstelle auf Basis einer sprachgestützten Mensch-Maschine-Schnittstelle ausgerüstet werden. Beispiele hierfür sind u.a.

- "intelligente" sprachverstehende Automaten und Agenten als Schnittstelle für Auskunfts-, Buchungs- und Stornierungssysteme für Dienstleistungen in Verkehr und Logistik,
- sprachgestützte Kommissionierung in Waren- und Güterverteilzentren,
- sprachgestützte Auftragsübermittlung und -quittierung in manuell bedienten Materialflusssystemen sowie
- Identifikation von Personen durch Spracherkennungssysteme.

Zusätzlich bietet der sprachgestützte Interaktionskanal die Möglichkeit, Computeranwendungen und Computerbetriebssysteme mit einer weiteren Mensch-Maschine-Schnittstelle auszustatten. Die sprachgestützte Interaktion erleichtert nicht nur sehbehinderten oder blinden Menschen den

Zugang zu computergestützten Arbeitsplätzen bzw. den Zugang zum Internet, sondern eröffnet Betriebssystem- und Anwendungsentwicklern die Möglichkeit, die natürliche Kommunikation über gesprochene Sprache zu nutzen. Dabei wird sich in den kommenden Jahren, abhängig von der Qualität der Erkennung, ein Paradigmenwechsel in der Gestaltung von User-Interfaces vollziehen. Fungieren sprachgestützte Interaktionskanäle in bisherigen Anwendungen eher als Zusatz einer grafischen Bedienoberfläche mit Zeiger (Maus), so steht die sprachgestützte Interaktion in zukünftigen Systemen im Mittelpunkt der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Hierfür ist eine komplette Integration der sprachgestützten Interaktion in das Betriebssystem notwendig.

Der Wandel von einer Zusatzanwendung in eine voll integrierte Betriebssystemkomponente kann am Beispiel sogenannter Screen-Reader Programme verdeutlicht werden. Aufgabe dieser Programme, wie beispielsweise JAWS for Windows, ist einerseits die Ausgabe von Bildschirmtexten mittels einer Sprachsynthese oder auf einer Braille-Zeile und andererseits das "Vorlesen" von Erläuterungen zu gerade aktiven GUI-Elementen. Auf diese Weise wird es sehbehinderten und blinden Menschen ermöglicht, mit dem Windows-PC zu interagieren. Infolge der Vielzahl unterschiedlicher Code-Bibliotheken zur Implementierung der Windows-GUI ist es aber derzeit nicht gewährleistet, dass ein Screen-Reader zuverlässig mit jedem Windows-Anwendungsprogramm zusammenarbeitet. Eine Integration des sprachgestützten Interaktionskanals in das Betriebssystem führt, ähnlich wie bei der Einführung der Maus als Zeigerinstrument, zu einer Standardisierung der Schnittstelle Applikation – Betriebssystemkomponente "Screen-Reader". Aufgrund der Standardisierung werden dann über kurz oder lang nicht kompatible Programme vom Markt verschwinden.

Eine Integration der sprachgestützten Interaktion in das Betriebssystem vereinfacht durch die Standardisierung der Schnittstellen einerseits die Entwicklung von sprachgestützten Betriebssystemkomponenten (Spracherkennungs-, -verstehens- und -synthesysteme) und andererseits die Entwicklung von Anwendungsprogrammen mit multimodaler Mensch-Maschine Interaktion.

Teil III
Institutsübergreifende Begleitforschung

9 Institutsübergreifende *mobilist*-Begleitforschung

Die Region Stuttgart zählt zu den hochverdichteten Ballungsräumen in Deutschland und ist deshalb mit all den Problemen belastet, die durch das hohe Mobilitätsbedürfnis seiner 2,5 Millionen Bürger entstehen. 35,8 km legt ein Einwohner der Region im statistischen Durchschnitt pro Werktag zurück. 70 % dieser Strecke werden mit dem Auto gefahren. Dabei sitzen in vier Autos in Stuttgart durchschnittlich nur fünf Personen. Der öffentliche Verkehr hat an den motorisierten Fahrten der Einwohner, die älter als 10 Jahre sind, einen Anteil von 34 %. Die Region Stuttgart nebst den Nachbarregionen Neckar-Alb und Ulm ist damit eine ideale Modellregion für ein Leitprojekt, das eine Abkoppelung des Verkehrswachstums vom Wirtschaftswachstum anstrebt und dadurch eine Steigerung der Lebensqualität und Reduktion der Umweltbelastung erreichen will.

Im Zentrum von *mobilist* steht die Umsetzung von Lösungsstrategien zur Reduktion bzw. Beseitigung folgender Problemfelder:

- Im Kernbereich des polyzentrischen Ballungsraums Region Stuttgart führt der hohe Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zu einer extremen Sensitivität des Verkehrsnetzes, das bereits bei kleinen Störungen zu großräumigen Behinderungen neigt.
- In der Peripherie nimmt die Akzeptanz des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) deutlich ab. Diese mangelnde Attraktivität basiert nicht zuletzt auf unzureichenden Informationen der Verkehrsteilnehmer. Besonders bei der Nutzung verschiedener Verkehrssysteme kommt dieses Informationsdefizit zum Tragen.

Das Gefälle in der Inanspruchnahme öffentlicher Verkehrsmittel, das zwischen dem Zentrum des Ballungsraums und seinen Randbereichen festzustellen ist, hat über die ungleichmäßige räumliche und zeitliche Angebotsdichte hinaus mehrere Ursachen:

- **Infrastrukturelle Defizite**
Verknüpfungsdefizite zwischen den Einzelsystemen des ÖV sowie zwischen IV und ÖV
- **Subjektive Barrieren**
Die Reisedauer im ÖV wird generell überschätzt, während die Reisezeit im Auto häufig unterschätzt wird.

- Informationsdefizite

Der Anteil von Personen, die über den öffentlichen Verkehr (ÖV) nicht informiert sind, ist so hoch wie der Anteil der Nutzer des ÖV; Fahrplaninformationen enthalten in der Regel nur die Haltestellen und nicht alle möglichen Zieladressen. Eine Verknüpfung mit Zieladressen ist für den unkundigen Nutzer kaum möglich.

Stadt und Region Stuttgart stehen zudem vor der Realisierung zweier Jahrhundertprojekte, dem Projekt Stuttgart 21 und dem Bau einer neuen Messe. Beide Vorhaben werden tiefgreifende und weiträumige strukturelle Veränderungen der Verkehrssituation mit sich bringen. Gleichzeitig eröffnet sich durch sie die Chance, innovative und durch *mobilist* erprobte Mobilitätskonzepte von Beginn an zu integrieren.

Das Leitprojekt konzentriert sich deshalb darauf, jedem Verkehrsteilnehmer im Ballungsraum verständliche und übersichtliche Informationen über das aktuelle Verkehrsgeschehen zu eröffnen und die für ihn speziell zur Verfügung stehenden Alternativen aufzuzeigen. Neuartige Verfahren der Informationsverknüpfung und Darstellungsmöglichkeiten der Mobilitätsangebote ermöglichen eine Flexibilisierung des Verkehrsmittels und Verkehrsweges noch während der Realisierung einer Fahrt. Dazu werden durch neue Dienstleistungsangebote die Informations- und Kommunikationsstrukturen zur Optimierung intermodaler Transportketten aufgebaut. Im Hinblick auf die beschriebene Problemlage und den sich mit Stuttgart 21 sowie der neuen Messe bietenden Chancen werden in den geplanten Mobilitätsverbund alle vorhandenen Verkehrsarten und Verkehrsträger einbezogen.

9.1 Ziele, Aufgaben und Vorgehensweise der *mobilist*-Begleitforschung

Das Leitprojekt *mobilist* verfolgt das Ziel, für spezifische verkehrsbezogene Produkte, Verfahren, Dienstleistungen und Organisationsmodelle, deren rein technische Funktionsfähigkeit im wesentlichen bereits vorausgesetzt werden kann,

1. die Anwendungsreife zu erhöhen und zu demonstrieren,
2. die Zielkonformität ihrer Wirkungen zu prüfen,
3. die Akzeptanz durch Individuen sowie durch Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen und andere institutionelle Akteure im Verkehr zu analysieren und

4. die Voraussetzungen für eine privatwirtschaftliche Umsetzung von *mobilist*-Innovationen zu schaffen.

Zur Erreichung dieser Teilziele soll die *mobilist*-Begleitforschung in Form einer übergreifenden Wirkungs- und Akzeptanzforschung wesentlich beitragen. Die Wirkungsforschung im Rahmen von *mobilist* beschäftigt sich speziell mit den Folgen der im Rahmen dieses Projekts entwickelten neuen mobilitätsbezogenen Dienstleistungen, Verfahren und Organisationsformen für Verkehr, Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt in der Region Stuttgart.

Voraussetzung für rationale Entscheidungen im einzel- und gesamtwirtschaftlichen Kontext sind Kenntnisse der voraussichtlichen Wirkungen erwogener Strategien und Maßnahmen, da sich hieraus deren Bewertung unmittelbar ableitet. Die im Rahmen von *mobilist* zu entwickelnden und zum Einsatz zu bringenden innovativen mobilitätsbezogenen Produkte, Verfahren und Dienstleistungen müssen vor diesem Hintergrund einer detaillierten Evaluation unterzogen werden. Nur so lässt sich die Frage beantworten, ob mit diesen Innovationen das Ziel einer wirtschaftlich und ökologisch effizienteren Gestaltung des Verkehrs in Ballungsräumen erreicht werden kann.

Gegenstand der übergreifenden *mobilist*-Wirkungsforschung ist die Bewertung von *mobilist*-Produkten - im wesentlichen sind dies mobilitätsbezogene Dienstleistungen und Organisationsmodelle - unter verkehrlichen, wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Gesichtspunkten. Unter Berücksichtigung der Projektlaufzeit von *mobilist* und der zeitlichen Perspektive für eine Wirkungsentfaltung der Innovationen sind folgende *mobilist*-Produkte - überwiegend im Rahmen von Demonstratoren - einer *Evaluation* unterzogen worden (siehe Tabelle 9.1-1).

<i>mobilist</i> -Produkt als Evaluierungsgegenstand		Demonstrator als Evaluierungskontext	
B1	Intermodaler Routing- und Buchungsdienst	E2	Neue Funktionen für Mobilitätsagenturen
		E4	<i>mobilist</i> Online-Dienste
B2	Transportauskunftssystem Mobi-As	E1	<i>mobilist</i> -Dienstleistungen
		E2	Neue Funktionen für Mobilitätsagenturen
B3	Mitfahrerservice DynMaz	E1	<i>mobilist</i> -Dienstleistungen
C1	Parkraummanagement	-	
C3	Anschlussinformationssystem	-	
D1	Telearbeit	E3	Demonstration von Verkehrssubstitution durch integrierte IuK-Anwendungen
D2	Electronic Commerce		
D3	Virtueller Amtsgang		

 Tab. 9.1-1: Evaluierungsgegenstände der *mobilist*-Wirkungsforschung

Die Aufgabe der Wirkungsforschung im Projekt *mobilist* besteht in der Klärung der Frage, ob mit den „*mobilist*-Produkten“ das Ziel einer wirtschaftlich effizienten und ökologisch verträglichen Gestaltung des Verkehrs in Ballungsräumen erreicht werden kann. Eine solche Zielerreichung - oder zumindest eine Zielkonformität - wird in der Regel dann vorliegen, wenn im Gefolge der Platzierung des betreffenden Produkt- bzw. Dienstleistungsangebots am Mobilitätsmarkt bestimmte Indikatoren, anhand derer der Zielerreichungsgrad gemessen werden kann, sich in der gewünschten Richtung verändern.

Im Rahmen von *mobilist* werden die im Projekt entwickelten Produkte/Verfahren/Organisationsmodelle/Dienstleistungen nur einem beschränkten Kreis von (potentiellen) Nachfragern bzw. Nutzern angeboten. Dies geschieht in den sog. "Demonstratoren", die den Charakter von Testfeldern besitzen. Durch entsprechende Erhebungen kann quantitativ ermittelt werden,

- in welchem Umfang die Produkte von den jeweiligen potentiellen Nutzern in Anspruch genommen werden ("Akzeptanz") und
- wie sich die Inanspruchnahme auf das Mobilitätsverhalten und dessen ökologische und wirtschaftliche Folgen auswirkt.

Für die eigentliche Bewertung des *mobilist*-Strategieansatzes reicht diese empirische Ermittlung der tatsächlich eingetretenen Wirkungen der *mobilist*-Produkte in den Testfeldern nicht aus. Hier interessiert vielmehr, welche Wirkungen insgesamt entstehen würden, wenn die *mobilist*-Produkte in einem bestimmten Verbreitungsgrad der allgemeinen Bevölkerung der Region Stuttgart zugänglich wären.

Das bei der Bewertung zu unterstellende Ausmaß der Diffusion (Marktdurchdringung) der *mobilist*-Produkte kann letztlich nur im Rahmen von Szenarien festgelegt werden, die sich allerdings auf die Resultate von empirischen Akzeptanzanalysen stützen müssen. Für eine Bewertung der *mobilist*-Produkte ist es also erforderlich, die während der Projektlaufzeit in den Testfeldern festgestellten Wirkungen unter bestimmten Diffusionsszenarien für ein zukünftiges Bezugsjahr auf den Gesamttraum der Region Stuttgart "hochzurechnen". Als Bezugsjahr der Hochrechnungen bzw. Prognosen ist das Jahr 2010 festgelegt worden.

Die einzelnen Komponenten des oben skizzierten Ansatzes zur empirischen Wirkungsermittlung in Testfeldern und der darauf aufbauenden Prognose des Wirkungspotentials für den Gesamttraum bzw. die Gesamtbevölkerung sind in Abbildung 9.1-1 dargestellt [Quelle: IFT-LL].

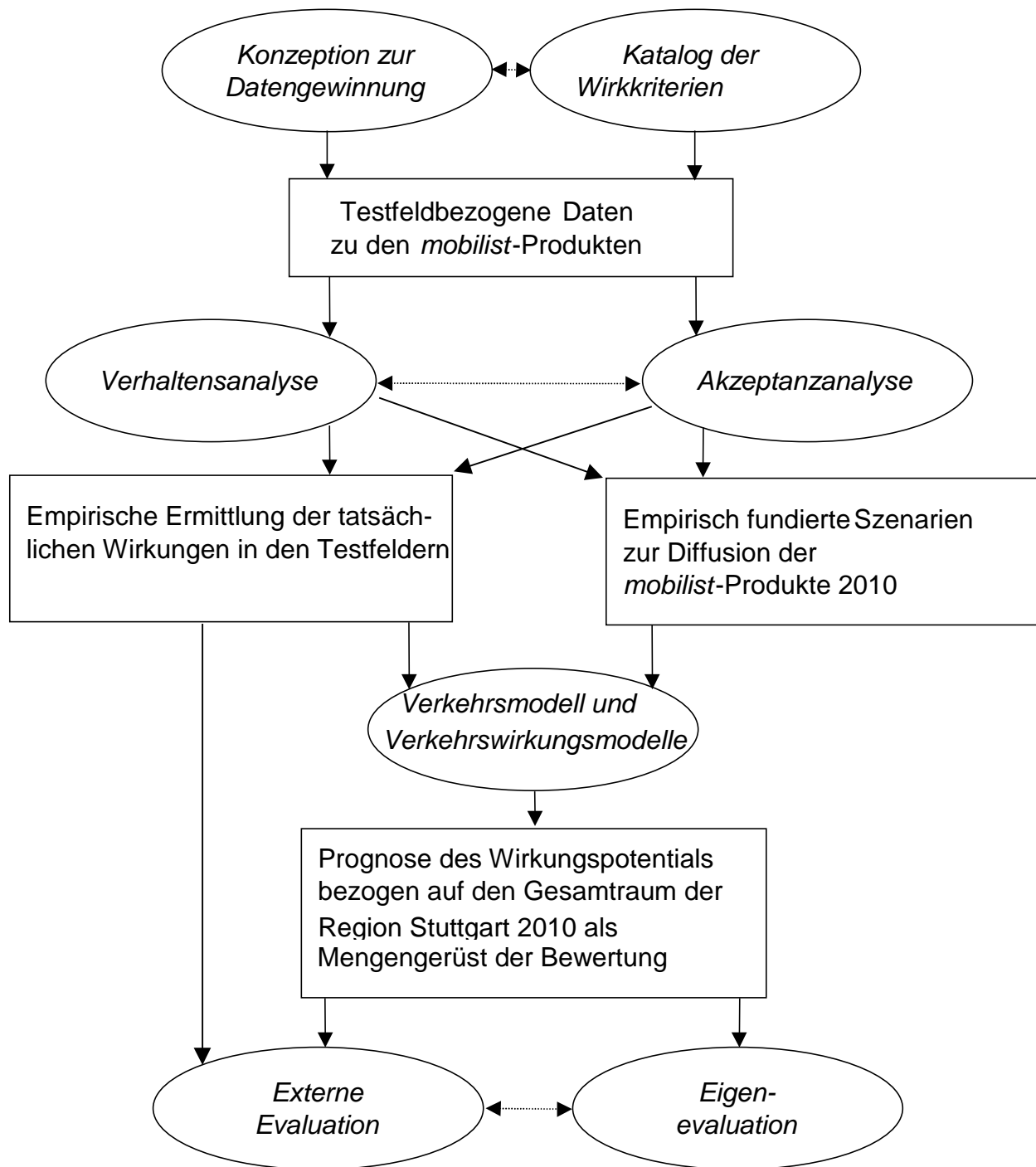


Abb. 9.1-1: Empirische Wirkungsermittlung in Testfeldern und Prognose aggregierter Wirkungspotentiale

Auf der Basis des Katalogs der Wirkkriterien (Indikatoren) und eines Konzepts zur Datengewinnung für Zwecke der Evaluation ("experimental design") werden evaluationsrelevante Daten zu den einzelnen *mobilist*-Produkten im Kontext der Demonstratoren laufend oder periodisch erhoben. Durch Verhaltensanalysen mittels statistischer Auswertungsverfahren

werden für die Mitglieder der Testgruppen (wo immer machbar unter Bezugnahme auf geeignete Vergleichsgruppen) die Wirkungen der *mobilist*-Produkte auf das Verhalten und - soweit möglich - dessen Folgen⁵ empirisch ermittelt.

Die evaluationsrelevanten Daten aus den Testfeldern bilden die Grundlage für Akzeptanzanalysen, in denen diejenigen Faktoren herausgearbeitet werden, die für eine bejahende Einstellung zu den *mobilist*-Produkten maßgeblich sind. Unter Kenntnis dieser Faktoren werden dann empirisch fundierte produktspezifische Diffusionsszenarien formuliert, welche den aus heutiger Sicht wahrscheinlichen Grad der Marktdurchdringung im Bezugsjahr beschreiben.

Die Annahmen zum Verbreitungsgrad und die empirisch ermittelten Elastizitäten der Verkehrsnachfrage in Bezug auf die in Rede stehenden neuen Produkte, Dienstleistungen und Organisationsmodelle sind wichtige Inputgrößen für die Verkehrs- und Verkehrsfolgenprognosemodelle, mit deren Hilfe die aggregierten Wirkungspotentiale der *mobilist*-Produkte zahlenmäßig abgeschätzt werden. Diese aggregierten Wirkungspotentiale, wie sie in Form der auf die Region Stuttgart als Ganzes bezogenen Indikatoren gemäß BMBF-Lastenheft zum Ausdruck kommen, bilden das Mengengerüst für die Eigenevaluation des Leitprojekts *mobilist* und stehen auch bei der externen Evaluation im Vordergrund.

Das Institut für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und Logistik, ist an der Durchführung der Evaluation der *mobilist*-Produkte sowohl direkt durch die Ermittlung der Wirkungen von *mobilist*-Produkten als auch durch die Akzeptanzanalyse des *mobilist*-Produkts "DynMaz" beteiligt.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Beiträge des IFT-LL zur Evaluation der *mobilist*-Produkte im Rahmen der institutsübergreifenden Begleitforschung vorgestellt.

9.1.1 Produktbezogene Akzeptanzanalyse von DynMaz

Die Wirkungsermittlung für den Untersuchungsgegenstand DynMaz wird in zwei Stufen durchgeführt. In der ersten Stufe wird vom Institut für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und Logistik (IFT-LL), die Sprachdialogsoftware DynMaz im Rahmen des Arbeitspakets B3 funktionalen Tests unterzogen. Ziel der Testreihen ist es, zum Start der Pilotphase in E1 ein betriebssicheres System mit allen geforderten Funktionalitäten zu gewährleisten. In der zweiten Stufe werden im Rahmen des Demonstratorbetriebs in E1 vom

⁵ Viele (und insbesondere die ökologischen Folgen) lassen sich nicht auf der Individualebene messen, da sie mit dem kollektiven Verhalten verbunden sind.

Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart (ISV-VuV) Befragungen bei den Nutzern durchgeführt, denen das Modul DynMaz als Buchungsalternative für den Dienst FahrPLUS (M21) angeboten wird. Ergänzend werden die in der Mobilitätszentrale gespeicherten Buchungsdaten und Vermittlungsprotokolle ausgewertet.

Grundlage der Funktionaltests am IFT-LL sind die Prototypen der sprachgestützten Dialogsoftware DynMaz. Im Vordergrund der ersten Untersuchung stehen technische Aspekte hinsichtlich Stabilität und Zuverlässigkeit des Systems sowie Anpassbarkeit der Programmstruktur an den Dienst FahrPLUS (M21). Mit zunehmendem Entwicklungsfortschritt der DynMaz-Software verlagert sich der Testschwerpunkt von der Stabilität der Software zur Qualität der Spracherkennung und der Dialogführung, die wesentlich zur Verbesserung der Handhabung des Systems und damit zur Steigerung der Akzeptanz der Dialogsoftware bei den Testpersonen beitragen.

Grundlage für die Testreihen am IFT-LL ist ein Dialog mit festen Buchungsparametern (Benutzername, Passwort, Startort, Startzeit, Zielort, etc.) für den dynamischen Mitfahrservice. In einer Testreihe wird der Testdialog von einer Testperson, von wissenschaftlichen Mitarbeitern und Hilfskräften des IFT-LL, mehrfach wiederholt. Anschließend sind die automatisch erstellten Protokolle des Dialogsystems und des Spracherkenners ausgewertet und die Testperson befragt worden. Aus den Erfahrungen der Testläufe am IFT-LL sind einerseits Anregungen zur Weiterentwicklung und andererseits Tipps zum Umgang mit dem sprachgestützten Dialogsystem erarbeitet worden.

Die Testreihen am IFT-LL sind in enger Kooperation mit den Entwicklern der sprachgestützten Dialogsoftware, der DaimlerChrysler Forschung in Ulm, durchgeführt worden. Die Testergebnisse konnten auf diese Weise zeitnah in die Weiterentwicklung der Software einfließen, so dass ein zuverlässiges System für den Demonstrator zur Verfügung stand.

Die Ergebnisse der Akzeptanzanalysen des ISV VuV und des IFT-LL sowie Daten aus der Akzeptanzanalyse des M21-Mobilitätsservice "FahrPLUS" fließen in die Diffusionsszenarien für das *mobilist*-Produkt "DynMaz" ein. Die Anwendung eines sprachgestützten Interaktionskanals zur Buchung und Stornierung von dynamischen Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr wird die Teilnehmerzahl dieses Dienstes um 10 % gegenüber einem Angebot ohne Dialogsystem steigern. Die verkehrlichen Wirkungen von DynMaz sind also wesentlich von der Akzeptanz von dynamischen Fahrgemeinschaften abhängig.

9.1.2 Indikatorgestützte Bewertung von *mobilist*-Produkten

Bei den *mobilist*-Produkten bzw. beim Angebot dieser Produkte am Mobilitätsmarkt handelt es sich im Sprachgebrauch der Evaluationsforschung um die „Maßnahmen“ oder „Interventionen“, deren Wirkungen festgestellt werden sollen. Eine gelungene Operationalisierung von Maßnahmenwirkungen setzt eine Benennung der Ziele voraus, die mit der Maßnahme verfolgt werden. Für die Leitprojekte des Programms „Mobilität in Ballungsräumen“ sind die insgesamt mehr als 20 Ziele bzw. Zielbereiche differenziert nach den fünf Zielfeldern

- Nutzen der Verkehrsteilnehmer,
- Nutzen der direkt Betroffenen/Anrainer,
- Nutzen der Umwelt,
- sonstiger Nutzen (der Allgemeinheit) sowie
- Projektaufwand der Anbieter von Verkehrsinfrastrukturen und Verkehrsdienstleistungen

durch das BMBF-Lastenheft vorgegeben. Durch die dort ebenfalls vorgegebenen „Indikatoren“ (pro Ziel gibt es mindestens 1 Indikator, die Maximalzahl der Indikatoren pro Ziel liegt bei 11) ist zumindest grob festgelegt, anhand welcher Daten die Maßnahmenwirkungen erfasst werden sollen. Mit der Ermittlung der Wirkkriterien (Indikatoren) wird die gewünschte Information über die (relative) Effektivität der evaluierten Maßnahmen ermittelt. Die Werte der Indikatoren müssen für jeden Evaluierungsgegenstand erhoben werden.

Zur Quantifizierung der Wirkungen der *mobilist*-Produkte in den jeweiligen Testfeldern werden, wo immer möglich, für die jeweiligen Testfelder die Indikatorwerte vor und nach Einführung der Produkte festgestellt. Aus der Veränderung der Indikatoren kann dann - ggf. unter zusätzlicher Heranziehung einer Vergleichsgruppe - auf den Effekt des betreffenden *mobilist*-Produkts geschlossen werden. Als Datenerhebungsmethode zur Gewinnung der Indikatorwerte in den Testfeldern kommt im Hinblick auf das Zielfeld "Nutzen der Verkehrsteilnehmer" die Befragung in Betracht. Auf diesem Wege können z.B. folgende Indikatoren bei den Mitgliedern der Test- und ggf. Vergleichsgruppe erhoben werden:

- Fahrzeugvorhaltekosten
- Reisezeit (bei bestimmten Ortsveränderungen)
- Flexibilität (wahrgenommener Grad der Entscheidungsfreiheit)

Ein Großteil der Indikatoren, die den Zielfeldern "Nutzen der direkt Betroffenen/Anrainer" und "Nutzen der Umwelt" zugeordnet sind, kann demgegenüber nur durch Modellrechnungen auf der Basis von empirischen Daten zum Mobilitätsverhalten (bzw. zur Veränderung dieses Verhaltens) ermittelt werden. Dies gilt z.B. für die Wirkkriterien

- CO-Emission und
- Lärmemission.

Wenn hier etwa die im Mittel pro Person und Tag verursachten Emissionen vor und nach Einführung des *mobilist*-Produkts im jeweiligen Testfeld zu bestimmen sind, setzt dies voraus, dass für die betreffende Personengruppe das Verkehrsverhalten im Vorher- und Nachher-Zeitraum⁶ erhoben wird, damit unter Heranziehung bestimmter Emissionsfaktoren die Indikatorwerte berechnet werden können.

⁶ Falls nicht anders möglich, kann das Verhalten vor Einführung des *mobilist*-Produkts auch retrospektiv erhoben werden.

	Potential an zusätzlichen Aktivitäten während des Weges	Gepäckbeförderung	Mensch-Maschine-Schnittstelle zur (Mobilitäts-) Dienstleistung	Behindertenfreundlichkeit
B1	+ Attraktivitätssteigerung des ÖV => evtl. Verringerung des MIV	+ evtl. geringer Einfluß auf Art der Gepäckbeförderung	+ Überprüfung der Benutzerfreundlichkeit/Handhabbarkeit	++ Bessere Planbarkeit des Weges
B2	++ Durch Mitfahrt zusätzliche Aktivitäten möglich	+ evtl. geringer Einfluß auf Art der Gepäckbeförderung	+ Überprüfung der Benutzerfreundlichkeit/Handhabbarkeit	++ Überprüfung ob Wünsche Behinderter berücksichtigt werden
B3	o Durch Steigerung der Attraktivität der Mitfahrzentrale evtl. Verringerung des MIV	+ evtl. geringer Einfluß auf Art der Gepäckbeförderung	++ Überprüfung der Benutzerfreundlichkeit/Handhabbarkeit	++ Spracheingabe via Telefon sehr attraktiv für B.
C1	o evtl. Attraktivitätssteigerung des MIV	o evtl. Verringerung der Wege	+ Schilder?	+ Berücksichtigung von Behindertenparkplätzen interessant
C3	o Attraktivitätssteigerung des ÖV => evtl. Verringerung des MIV	o evtl. geringer Einfluß auf Art der Gepäckbeförderung	++ Überprüfung der Benutzerfreundlichkeit/Handhabbarkeit	++ Sehr interessant für B. unter Berücksichtigung der längeren Umsteigezeiten
D1	- keine Auswirkungen auf Aktivitäten während des Weges	- keine Möglichkeit für Gepäckbeförderung	++ Überprüfung der Benutzerfreundlichkeit/Handhabbarkeit	++ Möglichkeiten für B. am Berufsleben teilzunehmen
D2	- keine Auswirkungen auf Aktivitäten während des Weges	o weniger Einkaufsfahrten	++ Überprüfung der Benutzerfreundlichkeit/Handhabbarkeit	++ Vereinfachung der täglichen Besorgungen
D3	- keine Auswirkungen auf Aktivitäten während des Weges	- keine Möglichkeit für Gepäckbeförderung	++ Überprüfung der Benutzerfreundlichkeit/Handhabbarkeit	++ Vereinfachung für B.

++ sehr gut evaluierbar + gut evaluierbar o schlecht evaluierbar - nicht evaluierbar

B1 Intermodale Dienste
 B2 MobiAs
 B3 DynMaz
 B4 Verhaltensorientiertes Prognosemodell – Testplatz für verkehrstelematische Anwendungen
 C1 Regionales Parkraummanagement
 C2 Modellgesteuerte Leitsysteme

D1 Telearbeit / Virtuelles Büro
 D2 E-Commerce und Distribution
 D3 Virtueller Amtsgang
 D4 Raumplanung – Stadt- und regionalplanerische Ansätze zur Verkehrsvermeidung

	<i>Potential an zusätzlichen Aktivitäten während des Weges</i>	<i>Gepäckbeförderung</i>	<i>Mensch-Maschine-Schnittstelle zur (Mobilitäts-) Dienstleistung</i>	<i>Behindertenfreundlichkeit</i>
B1	mehr ÖV-Nutzer	Berücksichtigung von Gepäck bei der Buchung	Struktur der Benutzeroberfläche, Einfachheit der Bedienung	Berücksichtigung von behindertenfreundlichen Fz. (z.B. Niederflur)
B2	mehr Nutzer der Mitfahrzentrale und der Mobilitätsdienstleistungen	Berücksichtigung von Gepäck bei der Buchung	Struktur der Benutzeroberfläche, Einfachheit der Bedienung	Berücksichtigung von behindertenfreundlichen Fz.
B3	mehr Nutzer der Mitfahrzentrale durch gesteigerten Bedienkomfort	Berücksichtigung von Gepäck bei der Buchung	Struktur der Benutzeroberfläche, Einfachheit der Bedienung	Vereinfachung der Benutzung des Systems durch Behinderte
B4				
C1				Berücksichtigung der Behindertenparkplätze
C2				
C3	mehr ÖV-Nutzer	Berücksichtigung von Gepäck bei Umsteigezeiten	Struktur der Benutzeroberfläche, Einfachheit der Bedienung	Berücksichtigung der längeren Umsteigezeiten für Behinderte (z.B. Rollstuhlfahrer)
D1			Struktur der Benutzeroberfläche, Einfachheit der Bedienung	Steigerung des Anteils Behinderter in den teilnehmenden Firmen (Neuschaffung v. Arbeitsplätzen)
D2			Struktur der Benutzeroberfläche, Einfachheit der Bedienung	Anteil der alltäglich benötigten Produkte am Gesamtsortiment; Preis, Bedienbarkeit
D3			Struktur der Benutzeroberfläche, Einfachheit der Bedienung	Anteil der B.-Relevanten Behördengänge (z.B. KFz-Zulassung nur bedingt interessant), Bedienbarkeit

9.1.2.1 Messung und Beschreibung der Indikatoren

Für den Unterpunkt 1.5 "Erhöhung des Mobilitätskomforts" werden u.a. die folgenden vier Indikatoren ermittelt:

- Potential an zusätzlichen Aktivitäten während des Weges
- Gepäckbeförderung
- Mensch-Maschine-Schnittstelle zur (Mobilitäts-) Dienstleistung
- Behindertenfreundlichkeit

Die Bewertung der Indikatoren kann für das Produkt in seiner im Rahmen von *mobilist* entwickelten Form durchgeführt werden. Daneben sollte aber auch das Potenzial des Produktes mit berücksichtigt und bewertet werden, z.B. bietet das Produkt DynMaz als Software zur Dialogführung und Spracheingabe Möglichkeiten, die zum Teil durch die Software zur Fahrgemeinschaftenbildung nicht genutzt werden.

Die Bewertung der Indikatoren erfolgt überwiegend verbal und in Anlehnung an die von der Uni Tübingen vorgeschlagenen Skalierung.

Skala	Skala	relative Bewertung	absolute Bewertung
++	2	starke Verbesserung	sehr vorteilhaft
+	1	leichte Verbesserung	vorteilhaft
o	0	keine Veränderung	neutral
-	-1	leichte Verschlechterung	nachteilig
--	-2	starke Verschlechterung	sehr nachteilig

9.1.2.2 Indikator Potential an zusätzlichen Aktivitäten während des Weges

Der Indikator bewertet die durch Nutzung eines *mobilist*-Produkts ausgelösten Potentiale zur Durchführung „zusätzlicher“ Aktivitäten während des Weges. Als zusätzliche Aktivitäten kommen daher alle Aktivitäten in Betracht, die in Folge der Anwendung des *mobilist*-Produkts über die reine Ortsveränderung hinausgehen.

Zusätzlich können bei diesem Indikator auch indirekte Wirkungen betrachtet werden, wenn durch die Anwendung eines *mobilist*-Produkts indirekt ein erweitertes Aktivitätenpotential erschlossen werden kann, das über die reine Ortsveränderung hinausgeht. Dieser Fall trifft

beispielsweise für DynMaz zu, das lediglich einen Zugang zu einem Mobilitätsdienst mit höheren Aktivitätenpotentialen schafft.

Für die Evaluierung dieses Indikators sind z.B. die folgenden Messgrößen möglich:

- Zahl der zusätzlichen Aktivitäten
- Anteil der Zeit für zusätzliche Aktivitäten an der gesamten Mobilitätszeit

Prinzipiell kann bei einer Klassifizierung der Aktivitäten auch unterschieden werden zwischen

- beruflich und privat,
- Fahrer oder Fahrgast.

Als Aktivitäten kommen z.B. in Frage:

- Lesen
- Schreiben oder Texteingabe am Computer
- Unterhaltung oder Besprechung
- Schlafen/Ausruhen/Entspannen
- Musik
- Lernen

9.1.2.3 Indikator Gepäckbeförderung

Mit dem Indikator "Gepäckbeförderung" wird evaluiert, inwieweit bei der Gestaltung der *mobilist*-Produkte die Beförderung von Gepäckstücken berücksichtigt wird. Zur Verbesserung der Handhabbarkeit des Indikators ist eine Differenzierung des Begriffs "Gepäckstück" in folgende Klassen notwendig.

Reisegepäck	
Einkaufsgepäck	
Freizeitgepäck („Sporttasche“)	
Berufsgepäck	- leicht („Aktenkoffer“) - schwer (Arbeitsausrüstung für Handwerker)
Sperriges Gepäck	
Sondergepäck	

Die oben genannten Klassen lassen sich aufgrund der folgenden Parameter definieren:

- Anzahl Gepäckstücke
- Gewicht des Gepäcks
- Volumen des Gepäcks
- Abmaße des Gepäcks
- Zulässige Handkräfte beim Handling des Gepäcks
- Maximale Weglängen, über die das Gepäck manuell befördert werden kann
- Reservierungsmöglichkeiten, die zur Sicherstellung der Gepäckmitnahme notwendig sind (z.B. Mitnahme von Fahrrädern oder Skiern)

Als Bewertungskriterium für jede Klasse dienen die Ergonomie und der Komfort bei der Be- und Entladung sowie dem Transport des Gepäckstückes. Hierfür können wiederum die o.g. 5 möglichen Werte angesetzt werden.

9.1.2.4 Indikator Mensch-Maschine-Schnittstelle zur (Mobilitäts-) Dienstleistung

Der Indikator "Mensch-Maschine-Schnittstelle" bewertet die Interaktionskanäle zu einer Mobilitätsdienstleistung. Grundlage für die Bewertung ist eine interaktionspartnerabhängige Definition der Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS). Generell können folgende Anwendergruppen unterschieden werden, für die verschiedene MMS implementiert werden müssen:

- Kunde bzw. Nutzer der Dienstleistung
- Anbieter bzw. Erbringer der Dienstleistung
- evtl. Dritter, der durch die Dienstleistung beeinflusst wird

Für die Evaluierung dieses Indikators sind die nachstehenden Messgrößen relevante Parameter:

- Ergonomie der Bedienelemente und ihrer Anordnung
- Bedienfreundlichkeit (Einfachheit der Bedienung und Benutzung)
- Verständlichkeit der Bedienung und der Benutzung, insbesondere für Erstnutzer

- Anwenderbezogene Beschränkungen oder Unterschiede, z.B. aufgrund des Geschlechts, des Alters, der Ausbildung
- Kommunikation mit der Maschine

9.1.2.5 Indikator Behindertenfreundlichkeit

Die behindertengerechte Gestaltung von Mobilitätsdiensten wird mit Hilfe des Indikators "Behindertenfreundlichkeit" bewertet. Bei der Erhebung des Indikators "Behindertenfreundlichkeit" ist zu berücksichtigen, dass die behindertengerechte Gestaltung des Interaktionskanals zu einem Dienst durch den Indikator "Mensch-Maschine-Schnittstelle" abgedeckt wird.

Die zu evaluierenden Produkte können hinsichtlich ihrer „Eignung“ für verschiedene Arten von Behinderungen bewertet werden. Die Bewertung könnte in Form einer Matrix durchgeführt werden, wobei folgende Arten von Behinderungen unterschieden werden können:

- Sensorische Behinderungen
- Sehbehinderung (Blindheit)
- Hörbehinderung (Taubheit)
- Sprachbehinderung (Stummheit)
- Motorische Behinderungen
- Gehbehinderung, evtl. wäre hier nach der Art der verwendeten Hilfen, z.B. Rollstuhl oder Krücke, zu unterscheiden
- Tragen und Heben
- Geistige Behinderungen, soweit diese dazu führen, dass dem Behinderten komplexe Zusammenhänge nicht begreifbar sind.
- Psychische/seelische Behinderungen, die zu Problemen bei der Nutzung von Dienstleistungen führen können, z.B. Phobien
- Krankheiten bzw. Schäden an Organen

Die Bewertung der Behindertenfreundlichkeit ist aufgrund der verschiedenen Arten von Behinderungen und der daraus resultierenden Anforderungen an den Dienst äußerst schwierig.

Literaturverzeichnis

- [1] Roos, H.J.:
Skriptum zur Vorlesung "Grundlagen der Logistik"
Institut für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und Logistik
Universität Stuttgart, Stuttgart 2000

- [2] Ballarin, C.:
Modellierung des Berufspendelverkehrs als Logistikprozess am Beispiel dynamischer
Fahrgemeinschaften
Dissertation am Institut für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und
Logistik
Universität Stuttgart, Stuttgart 2000

- [3] Forcher, R.:
Entwurf einer Logistik-Dienstleistung zur Personenmobilität
Dissertation am Institut für Fördertechnik und Logistik, Abteilung Lagertechnik und
Logistik
Universität Stuttgart, Stuttgart 1996

- [4] Tiemann, A.:
Analogie
Analyse einer grundlegenden Denkweise in der Physik
Verlag Harri Deutsch, Thun 1993

- [5] Gudehus, T.:
Logistik Band 1
Springer Verlag, Berlin 2000

- [6] Bacher, J.:
Clusteranalyse
Anwendungsorientierte Einführung
Oldenbourg Verlag, München 1996

- [7] Jünemann, R.:
Materialfluß und Logistik
Springer Verlag, Berlin 1989

- [8] Buchholz, J.; Clausen, U.; Vastag, A.:
Handbuch der Verkehrslogistik
Springer Verlag, Berlin 1998
- [9] Binner, H.F.:
Unternehmensübergreifendes Logistikmanagement
C. Hanser Verlag, München 2002
- [10] Schnabel, W.; Loose, D.:
Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung
Huss-Medien, Bauwesen, Berlin 1997
- [11] Bortz, Jürgen; Döring, Nicola:
Forschungsmethoden und Evaluation
Springer Verlag, Berlin 1995
- [12] Wottawa, Heinrich; Thierau, Heike:
Lehrbuch Evaluation
Huber Verlag, Berlin 1990
- [13] Foley, J.D.; Wallace, V.L.; Chan, P.:
The human factors of computer graphics interaction techniques
IEEE Computer Graphics and Applications, 4, 11, S. 13-48, 1984
- [14] Norman, D.A.:
Cognitive Engeneering
In
Norman, D.A.; Draper, S.W.:
User Centered System Design, S.87-104;
Erlbaum, Hillsdale, NJ 1986
- [15] Norman, D.A.; Draper, S.W.:
User centered system design
Lawrence Erlbaum, Hillsdale New Jersey, 1986
- [16] Shneiderman, B.:
Designing the User Interface
Strategies for Effective Human-Computer Interaction
Addison-Wesley Publishing Company Inc., New York 1992

- [17] Warth, Dora:
Künstliche Intelligenz
Spracherkennung und Sprachverstehen
Universität Mainz, 1997
<http://www.fask.uni-mainz.de/user/warth/Ki.html>
- [18] Berger, Torsten:
Wie funktioniert computerbasierte Spracherkennung?
in
c't 5/98
heise Zeitschriftenverlag, Hannover 1998
- [19] Homepage der H-Bahn Gesellschaft Dortmund
<http://www.h-bahn.info/images/hbahn.jpg>
- [20] Roos, H.J.; Ballarin, C.; Bühner, R.; Friess, G.; Koch, M.:
EVZ-Mobilitätssystem
Phase I: MB-Direktzug, Parken + Mitfahren, MB-Direktbus
Statusbericht September 1996
Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart 1996
- [21] Roos, H.J.; Bühner, R.; Forcher, R.:
car-pooling
Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart 1994
- [22] Roos, H.J.; Ballarin, C.; Bühner, R.; Forcher, R.; Friess, G.:
Systeme zur Mehrfachnutzung von Pkw
Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart 1995
- [23] Roos, H.J.; Ballarin, C.; Bühner, R.; Forcher, R.; Friess, G.:
Mehrfachnutzung von Pkw
Vorbereitungen zum Feldversuch - Lastenheft
Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart 1996
- [24] Roos, H.J.; Ballarin, C.; Bühner, R.; Forcher, R.:
Public Car Pool
Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart 1994

- [25] Homepage der linguattec Sprachtechnologien GmbH
<http://www.spracherkennung.de/service/sebuch.htm>

- [26] Homepage der Logox4 Sprachsynthese
<http://www.logox.de/technostart.php>

Anhang

Dokumentation des Instituts für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart, Abteilung Lagertechnik und Logistik (IFT-LL) zu Funktionaltests mit DynMaz (B3):

Funktionaltests mit dem Prototyp der Dialogsoftware DynMaz

Seit 1999 unterstützt das IFT-LL die DaimlerChrysler-Forschung bei der Entwicklung der Software DynMaz. Die Funktionaltests werden am IFT-LL seit April 2000 mit einem Prototypen der Software DynMaz durchgeführt, damit notwendige Anpassungen in der Funktionalität und der Struktur der Software frühzeitig eingearbeitet werden können. Im Vordergrund der ersten Testreihe stehen dabei technische Aspekte hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Software und die prinzipielle Anpassung der Programmstruktur an den Dienst FahrPLUS (M21). Daneben sollen die Handhabbarkeit und die generelle Akzeptanz der Dialogsoftware bei den Testpersonen ermittelt werden.

In weiteren Testreihen wird eine überarbeitete DynMaz-Software getestet. Im Vordergrund hierfür steht die Qualität der Spracherkennung und der Dialogführung. In den folgenden Abschnitten werden die Vorgehensweise bei der Testdurchführung und die Ergebnisse der Testreihen beschrieben.

Testreihe 1: Test der Spracheingabe Prototyp DBsr1.8

Ziel dieser Testserie ist es, mögliche Schwachstellen der DynMaz-Spracheingabe zu identifizieren, um die Zuverlässigkeit der Software zu optimieren. Außerdem soll eine erste Beurteilung der Dialogführung aus Sicht der Testpersonen vorgenommen werden.

Für den Funktionaltest wird die folgend beschriebene Vorgehensweise gewählt. Zunächst wird ein Testdialog festgelegt, der dann mehrfach von verschiedenen Personen eingegeben (gesprochen) wird. Die Angaben für den Testdialog finden sich in nachstehender Tabelle.

Tabelle 1 Testdialog für den Funktionaltest von DynMaz

Merkmale	Ausprägung
Vorname	Anna
Nachname	Baum
Anrede	Frau
Passwort	Zylinder
Kommunikationsmittel	Email
Ziel-Ort	Pforzheim
Ziel-Treffpunkt	Rasthof
Start-Ort	Esslingen
Start-Treffpunkt	P und M Platz
Datum	Heute
Abfahrt-Uhrzeit	11:10 Uhr
Rolle	Mitfahren

Die Festlegung der Dialoge ist notwendig, damit ein Vergleich zu automatischen Aufzeichnungen von DynMaz durchgeführt werden kann. Die Software DynMaz dokumentiert online, was das System bei der Spracheingabe „interpretiert“. Durch den vorgegebenen Dialog ist bekannt, was tatsächlich von der Testperson gesprochen wurde. Die Gefahr von Ablesefehlern und Versprechern der Testperson werden hierbei in Kauf genommen. Sollte die Testperson einen Fehler bemerken, wird der Dialog abgebrochen und nicht ausgewertet. Dadurch, dass verschiedene Personen den gleichen Dialog führen, soll ebenso die Empfindlichkeit des Systems auf individuelle Ausspracheunterschiede getestet werden. Die Spracheingabe erfolgt in allen Testreihen über ein dafür geeignetes, hochwertiges Mikrofon (Sennheiser Typ MD 431 II), um in dieser frühen Versuchsphase Fehler aufgrund schlechter Verbindungsqualität auszuschließen.

Bei der Eingabe mit dem Mikrofon treten immer wieder „Missverständnisse“ auf, die eine vom Nutzer bewusst gesteuerte Dialogführung erschweren. Die Spracheingabe wird daher zunächst abgeschaltet, um den Dialog mit dem System gezielt über die Tastatur führen zu können. So können Dialogführung, Stabilität der Software und vor allem die Logik der Software getestet werden, ohne dass es zu Überlagerungen von Wirkungen aus der Spracherkennung und der Dialogsteuerung kommt.

Die Auswertung der Dialogprotokolle und die Einschätzungen der Testpersonen weisen auf folgende Schwachstellen des ersten DynMaz-Prototypen hin:

- Die Spracheingabe hat im Versuch zum Teil große Probleme, den Nutzer zu verstehen. Die Erfolgsquote der Spracherkennung hängt dabei sehr stark vom jeweiligen Sprecher ab. Die Erfolgsquote der vollständig abgeschlossenen Buchungen ist relativ gering. Bei über 60 ausgewerteten Dialogen lag die Erfolgsquote im ersten Test des Prototypen bei knapp 10%.
- Bei der Aufnahme der Daten findet keine Plausibilitätsprüfung statt, so dass z.B. identischer Start- und Zielort oder auch Buchungen in der Vergangenheit zugelassen werden.
- Häufig kommt es vor, dass das Programm von sich aus den Dialog beendet oder sogar ohne ersichtlichen Grund abstürzt.
- Das System erkennt die Worte laut Anzeige und Protokoll zum Teil richtig, fragt aber trotzdem nach.
- Das System zieht aus nicht vollständig verstandenen Eingaben Rückschlüsse und versucht, die verstandenen Textbausteine im Kontext zu interpretieren.
- Die Testpersonen empfanden die Dialogführung zum Teil als umständlich. Die Dialogführung stimmte in ihrer Reihenfolge zudem nicht mit der Buchung beim M21-Dienst FahrPLUS überein. Die Dialogtexte waren nach Ansicht der Testpersonen im Kontext teilweise mißverständlich formuliert.

Die Bewertung des Produktes DynMaz erfolgt anhand eines Kriterienkataloges. In dem Kriterienkatalog wurden die Funktionalitäten und allgemeine Anforderungen an das Produkt DynMaz festgelegt sowie die Ziele, die bezüglich dieser Kriterien erreicht werden sollen.

Tabelle 2: Funktionalitäten von DynMaz (B3)

Funktionalität	Ziel
Identifikation	Eindeutig / Sicher
Statusabfrage	Aktuelle Buchungen und Touren
Buchung	Einzelaufträge FahrPLUS
Stornierung	Einzelaufträge FahrPLUS
Notfallstrategie	Differenzierte Sprachebenen bis zum Operator

Tabelle 3: *Bewertungskriterien für den Sprachdialog in DynMaz (B3)*

Anforderung	Ziel
Sprecherunabhängigkeit	Verständnis von Sprachrhythmen und Dialektfärbungen
Dialogerfolg	min. 90% erfolgreiche Buchungen beim geübten Nutzer (Pilotbetrieb)
Robustheit Spracherkennung	hohe Sicherheit gegen Abbrüche
Dialogführung	Orientierung an M21-FahrPLUS, hohe Benutzerfreundlichkeit
Einfachheit und Kürze des Dialogs	Beschränkung auf notwendige Anzahl an Abfragen, orientiert an den Bedürfnissen des Anrufers
Eindeutigkeit der Dialogtexte	keine missverständlichen Aussagen
Verwendung expliziter Wortschätze	Einteilung der Wortschätze in Gruppen, z.B. Namen, Treffpunkte
Erkennung unlogischer Angaben	Struktur und Vollständigkeit

Aus der Einschätzung der Zielerreichungsgrade werden im Projektteam B3 Maßnahmen abgeleitet, um den Prototypen von DynMaz für den Pilotbetrieb weiterzuentwickeln.

Auf Basis der Auswertungen der Protokolle und der Befragung der Testpersonen wird ein umfangreicher Katalog mit Verbesserungsvorschlägen für die DaimlerChrysler-Forschung in Ulm, die das Produkt DynMaz entwickelt hat, zusammengestellt. In diesem Katalog ist aufgeführt, zu welchen Problemen es im Dialog kommt und an welchen Stellen diese Probleme auftreten. Daneben enthält der Katalog Vorschläge zur Verbesserung der Dialogführung, insbesondere der Reihenfolge der Abfragen, und Formulierungsvorschläge für die Dialogtexte. Diese Vorschläge werden aus den Anmerkungen und Kritikpunkten der Testpersonen abgeleitet.

Testreihe 2: Test der Spracheingabe Version DBsr1.8 08/00

Die Software DynMaz wurde nach dem Test des Prototypen von der DaimlerChrysler Forschung in Ulm mit Hilfe der Ergebnisse aus dem Funktionaltest weiterentwickelt und konnte dadurch entscheidend verbessert werden.

Die Versuchsdurchführung erfolgt analog zur Testreihe 1. Auf eine Eingabe per Tastatur kann aufgrund der deutlich verbesserten Spracheingabe komplett verzichtet werden. In der erneuten Testreihe mit der DynMaz Software wird überprüft, ob die Schwachstellen behoben werden konnten. Hierzu werden Dialoge bzw. Dialogsituationen, bei denen es laut Protokoll der ersten Testreihe zu Problemen kam, erneut geführt, um zu prüfen, ob diese Probleme behoben werden konnten. Die Tests zeigen, dass die Zielerreichungsgrade für die meisten Merkmale auf

100% erhöht werden konnten. Alle übrigen Zielerreichungsgrade liegen bei mindestens 80% und werden aktuell durch weitere Feinarbeiten weiter optimiert. Einige wenige noch verbliebene Schwachstellen, z.B. Verständnisprobleme bei verschiedenen Dialektfärbungen, werden behoben, soweit ein Pilotbetrieb hierdurch beeinträchtigt würde. Insgesamt ist die Software DynMaz somit seit dem 1.10.2000 für den Pilotbetrieb in E1 betriebsbereit.

Verbesserungsvorschläge aufgrund der Funktionaltests

DynMaz Version 1.8 (Prototyp):

Dialogtexte

In der nachstehenden Aufzählung finden sich Änderungs- und Ergänzungsvorschläge für die Dialogtexte des DynMaz-Prototypen. Die Änderungen sollen die Eindeutigkeit und Verständlichkeit der Dialoge verbessern:

1. Textversion DBsr 1.8

„Guten Tag. Hier ist Ihr M T C System. Bitte geben Sie Ihre Benutzerdaten an.“

Textvorschlag

Trennung der Abfragen nach Name und Paßwort:

„Guten Tag. Hier ist Ihr M T C System. Bitte geben Sie Ihren Vornamen und Namen an.“

Zweite Frage nach der Angabe des Namens:

„Ihr Name ist *Vorname Name*. Ihr Paßwort, bitte.“

2. Textversion DBsr 1.8

Nach der Nennung des Ziels im Standarddialog kommt die folgende Aussage:

“Sie möchten einen Mitfahrservice buchen? Sagen Sie bitte Ja oder Nein.“

Textvorschlag

Die Aussage soll wahrscheinlich das Ziel bestätigen:

“Sie möchten einen Mitfahrservice zum Ziel *Ort Treffpunkt Treffpunkt* buchen? Sagen Sie bitte Ja oder Nein.“

oder kürzer:

“Zum Ziel *Ort Treffpunkt Treffpunkt*? Sagen Sie bitte Ja oder Nein.“

3. Textversion DBsr 1.8

„Für welche Uhrzeit?“

Textvorschlag

Es ist klar zu formulieren, ob Abfahrts- oder Ankunftsuhrzeit gefragt ist:
„Zu welcher Uhrzeit wollen Sie abfahren?“

4. Textversion DBsr 1.8

„Was möchten Sie: einen Mitfahrdienst buchen oder stornieren?“

Textvorschlag

Der Begriff „Mitfahrservice“ sollte durchgängig gebraucht werden:
„Was möchten Sie: einen Mitfahrservice buchen oder stornieren?“

5. Textversion DBsr 1.8

„Bitte versuchen Sie es später erneut, oder senden Sie ein Fax.“

Textvorschlag

Die Formulierung bei vorzeitiger Beendigung des Dialoges durch DynMaz sollte auf den Operator verweisen:

„Bitte versuchen Sie es später erneut, oder wenden Sie sich unter der Rufnummer xxxx direkt an den Operator. (Zukünftig werden Sie auf Wunsch direkt mit dem Operator verbunden).“

6. Textversion DBsr 1.8

„Ihr Mitfahrservice am *Datum* zum Ziel *Ziel* wurde gebucht. Ihr Auftrag hat die Nummer xxxxx. Möchten Sie einen weiteren Dienst in Anspruch nehmen?“

Textvorschlag

Wiederholung aller vom Kunden genannten Buchungsdaten:
„Ihre Buchung als *Rolle* am *Datum* um *Uhrzeit* von *Ort* Treffpunkt *Treffpunkt* zum Ziel *Ort* Treffpunkt *Treffpunkt* wurde gebucht. Ihr Auftrag hat die Nummer xxxxx. Möchten Sie einen weiteren Dienst in Anspruch nehmen?“

7. Textversion DBsr 1.8

„Sie wollen eine Fahrt ab *Ort* Treffpunkt *Treffpunkt* zum Ziel *Ort* Treffpunkt *Treffpunkt* buchen? Sagen Sie bitte Ja oder Nein. Bitte nochmal wollen Sie mitfahren oder selbst fahren?“

oder

„zum Ziel *Ort* Treffpunkt *Treffpunkt*. Sagen Sie bitte Ja oder Nein. Bitte nochmal: Für welches Datum?“

Es sollte überprüft werden, ob ein ähnlicher Dialog auch an anderen Stellen in der Nachfrageschleife auftauchen kann.

Textvorschlag

Entweder ist die Anweisung „Sagen Sie bitte Ja oder Nein“ zu entfernen, oder DynMaz muss den Kunden auf diese Frage antworten lassen. Der Dialog ist also in zwei Teilfragen bzw. Anweisungen zu ändern.

8. Textversion DBsr 1.8

Allgemein:

Das System sollte bei allen Fragen, die mit Ja oder Nein beantwortet werden können, die Anweisung „Sagen Sie bitte Ja oder Nein“ anschließen. Zum Teil fehlt diese Anweisung, so dass die Testpersonen nicht genau wussten, ob ein einfaches Ja oder ein Nein ausreichen.

9. Textversion DBsr 1.8

„Sie wollten mitfahren“

Textvorschlag

„Sie wollen mitfahren“

10. Textversion DBsr 1.8

„Wohin dort“

Textvorschlag

„Zu welchem Treffpunkt in *Ort* wollen Sie?“

Probleme in der Dialogführung

Bei den ersten Funktionaltests traten eine Reihe von Problemen bei der Dialogführung auf:

1. Wird bei der Eingangsfrage nach den Benutzerdaten das Passwort genannt, so nennt das System den zugehörigen Namen und fragt, ob dieser korrekt ist. Aus Gründen der Datensicherheit ist dies bedenklich. Sollte zudem ein Teilnehmer ein Passwort wählen, das dem Namen eines anderen Teilnehmers entspricht, könnte dies zu weiteren Problemen führen. Die Eingabe des Passwortes sollte erst dann erfolgen, wenn der Name des Anrufers geklärt ist.

2. Der folgende Dialog endet mit einem Absturz bzw. Ausstieg des Programmes:

System: Guten Tag. Hier ist Ihr M T C System. Bitte geben Sie Ihre Benutzerdaten an.

Anrufer: Passwort (oder Name, Vorname und Passwort)

System: Ihr Name ist Vorname Name? (Anm.: Die Dialogaufzeichnung bricht an dieser Stelle ab)

Anrufer: nein

ABBRUCH (Anm.: Weitere Eingaben sind nicht mehr möglich)

3. Die Funktionalität „Stornieren“ arbeitet auf dem Rechner des IFT-LL nicht einwandfrei. Wird die Option „Stornieren“ gewählt, ohne dass vorher eine Buchung erfolgte, so endet das Programm und im Fenster M21_Simulator läuft eine Endlosschleife mit der Zeile „DB-Abfrage nicht definiert“.

System: Guten Tag. Hier ist Ihr M T C System. Bitte geben Sie Ihre Benutzerdaten an.

Anrufer: Anna Baum

System: Ihr Name ist Anna Baum. Ihr Passwort, bitte.

Anrufer: Zylinder

System: Was möchten Sie: einen Mitfahrdienst buchen oder stornieren?

Anrufer: stornieren

System: Sie möchten einen Mitfahrerservice stornieren?

Anrufer: *nein / ja* (Anm.: Der Dialog wird unabhängig von der Antwort ja oder nein fortgesetzt)

System: *stornieren?*

Anrufer: *nein*

System: *stornieren? Sagen Sie bitte Ja oder Nein.* (Anm.: Hier endet Protokolldatei)

Anrufer: *ja* (Start der Endlosschleife)

4. Der Versuch, den Stornieren-Dialog durch die Antwort „nein“ zu verlassen, endet mit der Beendigung des Dialoges durch DynMaz. Außerdem ist zu überlegen, ob das zweimalige Nachfragen notwendig ist, oder ob nicht eine einfache Bestätigung ausreicht.

System: *Guten Tag. Hier ist Ihr M T C System. Bitte geben Sie Ihre Benutzerdaten an.*

Anrufer: *Anna Baum*

System: *Ihr Name ist Anna Baum. Ihr Passwort, bitte.*

Anrufer: *Zylinder*

System: *Was möchten Sie: einen Mitfahrdienst buchen oder stornieren?*

Anrufer: *stornieren*

System: *Sie möchten einen Mitfahrservice stornieren?*

Anrufer: *nein*

System: *stornieren?*

Anrufer: *nein*

System: *stornieren? Sagen Sie bitte Ja oder Nein.*

Anrufer: *nein*

System: *stornieren? Sagen Sie bitte Ja oder Nein.*

Anrufer: *nein*

System: *Bitte versuchen Sie es später erneut, oder senden Sie ein Fax.*

5. Das Programm stürzt bei den Versuchen des IFT-LL ab, wenn verschiedene Mitfahrdienste gebucht wurden und einer dieser Dienste im Anschluss sofort wieder storniert werden soll. Wird die gleiche Fahrt mehrfach gebucht (vgl. Punkt 5), konnte im Versuch des IFT-LL eine

Fahrt storniert werden bevor das Programm abstürzt. In diesem Fall ist jedoch die DynMaz-Abfrage, welche Buchung storniert werden soll, aufgrund der Formulierung nicht eindeutig.

6. Die Plausibilitätskontrollen von DynMaz, die direkt bei der Eingabe erfolgen müssen, sollten in den folgenden Punkten verbessert werden:

- Überprüfung der Uhrzeit (darf nicht in der Vergangenheit liegen),
- Überprüfung, ob Start- und Zielort eindeutig sind, muss immer vorgenommen werden und
- Identischer Start- / Zielort ist auszuschließen.

Eventuell sollte der Buchende auf den Fehler hingewiesen werden und eine korrekte Eingabe verlangt werden, z.B. über eine Formulierung wie:

„Die gewünschte Abfahrtszeit xx Uhr yy liegt in der Vergangenheit. Bitte geben Sie die Abfahrtszeit noch mal an.“

7. Die mehrfache Buchung einer identischen Fahrt ist möglich. DynMaz bestätigt jede Buchung und vergibt jeweils eine neue Auftragsnummer.