

Care-O-bot[®]: Ein technisches Hilfssystem für unterstützungs- und pflegebedürftige Personen im häuslichen Bereich

Dr.-Ing. R. D. SCHRAFT o. Prof. Dr. h.c.;
Dr.-Ing. Jens NEUGEBAUER;
Dipl.-Ing. C. SCHAEFFER;
Dipl.-Ing. T. MAY

Fraunhofer-Institut für
Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Überall auf der Welt erhöhen sich drastisch die volkswirtschaftlichen Aufwendungen für die Gesundheit. Mehr als 30% dieser Kosten entfallen dabei auf die Betreuung von älteren Menschen. Zusätzlich wird sich bis zum Jahr 2030 noch die Anzahl der 60-Jährigen verdoppelt haben. Es besteht ein grundlegender Bedarf an technischen Hilfsmitteln, die es den betroffenen Menschen ermöglichen, unabhängig bzw. mit entsprechender Unterstützung in ihrer heimischen Umgebung eigenständig wohnen zu können. Als Antwort auf diesen Bedarf an technologischen Lösungen wurde vom Fraunhofer Institut IPA in Stuttgart ein Versuchsträger für ein mobiles Home Care System – mit der Bezeichnung Care-O-bot[®] – konzipiert und aufgebaut. Der Care-O-bot[®] ist ein mobiler Serviceroboter, der in der Lage ist, nützliche Unterstützungs-, Sicherheits- und Versorgungsaufgaben im häuslichen Bereich durchzuführen. Bei der Produktentwicklung standen bislang die Planung und Realisierung der Mechanik, die Entwicklung der Steuerungssystemarchitektur, geeigneter Bedienschnittstellen, sowie das Implementieren und Testen der Navigations- und Bewegungsalgorithmen im Mittelpunkt des Interesses. Ziel der nächsten Phase der Entwicklung wird es u.a. sein, einen sensorgesteuerten Roboterarm zu integrieren.

1. AUSGANGSSITUATION

Die Lebensqualität älterer, unterstützungsbedürftiger Personen zu verbessern und zu gewähren gehört zu den wesentlichen gesellschaftlichen Aufgaben. Ein wichtiger Aspekt für die betroffenen Personengruppen ist dabei die Möglichkeit der Teilnahme am gesellschaftlichen Leben. Allein in Deutschland wird sich die Zahl der 60-jährigen Mitbürger bis zum Jahr 2030 verdoppelt, die der 90-jährigen verdreifacht haben. Entsprechend steigt auch die Zahl der durch Krankheit oder Behinderung eingeschränkten Personen. Es wird davon ausgegangen, daß die Gruppe der Pflegebedürftigen im Jahr 2040 einen Anteil von fast 3,5 % an der Gesamtbevölkerung erreichen wird (vgl. heute 2,1 %).

Ein herausragendes Aktionsfeld der nächsten Jahre und Jahrzehnte wird die Umsetzung des Grundsatzes »häusliche Pflege vor stationärer Pflege« sein, wie sie bereits im Rahmen des Pflegegesetzes angedacht wurde. Die finanzielle Belastung des Einzelnen sowie des Staates ist hierdurch extrem. Es wird eine der primären Aufgaben der Gesellschaft sein, Lösungskonzepte zur wirksamen

Kostendämpfung bei gleichzeitigem Erhalt der Lebensqualität zu erarbeiten und umzusetzen.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt ist, daß erhebliche Geldmittel eingespart werden können, wenn unterstützungs- und pflegebedürftige Menschen länger eigenständig in ihrem bisherigen Wohnumfeld verbleiben. Dadurch entfallen die hohen Kosten für individuelle Betreuung im Senioren- oder Pflegeheim.

Deshalb ist es erforderlich, begleitend zu neuartigen dezentralen Pflegediensten, technologische Lösungen anzubieten, die den betroffenen Personen das Leben in ihrer eigenen Umgebung erleichtern. Nach dem Siegeszug automatisierter Lösungen in der industriellen Fertigung werden aller Erwartung nach intelligente Hilfen in den nächsten Jahrzehnten auch in private Haushalte schrittweise eindringen.

Viele Faktoren sprechen gerade im häuslichen Bereich Unterstützung- und Pflegebedürftiger für den Einsatz solcher intelligenter Systeme:

- gesundheitliche Probleme, Mobilitätseinschränkungen und reduziertes Selbstvertrauen,
- der Wunsch nach Unabhängigkeit und Selbständigkeit,
- überwiegend Ein-Personen-Haushalte,
- Aufwertung des Pflegeberufs durch Konzentration auf z. B. ausschließlich pflegerische, beratende und mobilisierende Tätigkeiten,
- Preisverfall bei elektronischen und mechanischen Komponenten,
- hohe Leistungsfähigkeit moderner Sensor- und Steuerungstechnik,
- innovative automatisierte Lösungen, bewährt in Produktion und Dienstleistung, stehen zur Anpassung und Übertragung bereit,
- freiwerdendes Kapital im Alter (Lebensversicherung, Ersparnisse, Autoverkauf, staatliche und betriebliche Vorsorge),
- Höhere Effizienz von Sensor- und Steuerungstechniken.

In den nächsten Jahren wird eine sukzessive Weiterentwicklung von Gesamt- und Teilsystemen auf diesem Gebiet erfolgen. Es ist davon auszugehen, daß diese meist in Umgebungen mit geringem Technisierungsgrad eingesetzt und von ungeschulten Personen bedient oder benutzt werden. Dabei steht der unmittelbare Kontakt zum Menschen sowie die Forderung nach situationsgerechter Reaktion und Lernfähigkeit des Systems im Mittelpunkt.

2. ANFORDERUNGEN AN EIN HOME CARE SYSTEM

Technische Systeme bieten Unterstützung im Ablauf des täglichen Lebens sowie Anleitung zur Eigeninitiative. Hieraus ergeben sich für einen mobilen Serviceroboter folgende Funktionen:

Kommunikation und soziale Integration:

- Kommunikation mit medizinischen und öffentlichen Einrichtungen (Telemedizin, Ärzte, Behörden, etc..),
- Automatischer Notruf,
- Persönliche Kontakte,
- Medienmanagement (Bild-Telefon, Fernseher, Musikanlagen, interaktive Medien etc.),
- Stimme als natürliche und intuitive Bedienschnittstelle,
- Multimedia Touch-Screen als zusätzliche Schnittstelle.

Haustechnik-Management (Infrastruktur)

- Steuerung der häuslichen Infrastruktur wie Heizung, Klimaanlage, Licht, Fenster, Haustür, Alarmanlage etc.

Persönliche Versorgung

- Zubereitung und Servieren von Nahrungsmitteln, warmen Mahlzeiten und Getränken,
- Ausführen einfacher Aufgaben im Haushalt - wie Blumengießen, Wegräumen von Gegenständen, etc.

Handhabungshilfen / Holen und Tragen

- Bringen von Gegenständen wie Bücher, Fernbedienung, Arznei, etc.,
- Entsorgung von Wäsche und Hygieneartikeln,
- Unterstützung beim Greifen, Heben und Halten von Gegenständen und Geräten – wie z.B. beim Halten eines Buches o. ä.

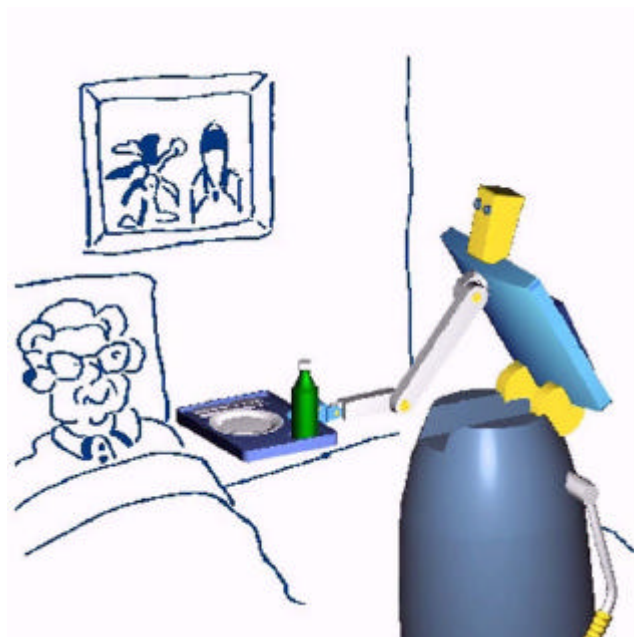


Abb. 1 Care-O-bot™ bringt eine warme Mahlzeit ans Bett



Abb. 2 Care-O-bot™ gibt Hilfestellung beim Gehen

Mobilitätsunterstützung

- Hilfe beim Aufstehen aus dem Bett oder vom Stuhl, intelligente Steh- und Gehhilfe, z. B. Stützen auf dem Weg zum Badezimmer.

Management privater organisatorischer Belange

- Day-Time-Manager (Tagesablauf, Medikamenteneinnahme, Agenda usw.).

Haushaltsaufgaben

- Speisen zubereiten und servieren (z.B. Mikrowelle, Herd),
- Servieren von Getränken,
- Einfache Reinigungsaufgaben etc.

Persönliche Sicherheit

- Überwachung der persönlichen Sicherheit,
- Überwachung der Vitalfunktionen (Puls, Atmung, Blutdruck, Körpertemperatur, etc.),
- Überwachung des mentalen Zustandes (Verhalten, Aktivitäten, Reaktionsvermögen, etc.),
- Gesundheitsfürsorge (Informationsbereitstellung, Erteilung von Ratschlägen, Motivationsgebung),
- Erkennung von kritischen / fehlenden Lebenszeichen oder unnormalen Tagesabläufen,
- Alarmfunktionen in Form von automatischen Rufsystemen, um Nachbarn, lokale Einrichtungen und / oder Behörden im Notfall benachrichtigen zu können (Überprüfung, Weckrufe, Notrufe),
- Erkennung von möglichen Gefahren (Rauchentwicklung, Wasser, Gas, Einbruch).



Abb. 3 Care-O-bot³ als Kommunikationszentrale

Die Vorteile, die sich für ältere und behinderte Menschen aus der Anwendung von technologischen Hilfen – wie Care-O-botTM – ergeben, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Zugewinn an persönlicher Unabhängigkeit,
- Verbesserung der Lebensqualität,
- Stärkung und Unterstützung der Mobilität,
- Aktive Hilfeleistung während der Abwesenheit von Pflegepersonal,
- Erhöhung der individuellen Sicherheit,
- Zentrale und leichte Bedienung der häuslichen Infrastruktur über Spracheingabe,
- Bessere soziale Integration mittels Bild-Telefon,
- Senkung der Kosten für die häusliche Pflege,



Abb. 4 Care-O-bot³ bei der Ausführung von Aufgaben im Haushalt

3. SPEZIFIZIERUNG DER TECHNISCHEN ASPEKTE EINES MOBILEN PFLEGESYSTEMS FÜR DEN HÄUSLICHEN BEREICH

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Anforderungen wurde am Fraunhofer Institut IPA das folgende technologische Konzept entwickelt:

Mechanisches Konzept

- Mobile Plattform mit Eignung für den häuslichen Bereich – begrenzt auf einen flachen Untergrund – optional: Aufzugsrufmodul,
- Integration eines Manipulatorarmes zur Ausführung von einfachen Handhabungsaufgaben wie Holen und Tragen,
- Flexible Hand zum Greifen, Halten, Servieren, etc.,
- Geh- und Aufstehhilfe für behinderte Personen,
- Integration aller elektrischen Komponenten.

Elektrik

- Unabhängige, batteriebasierende Stromversorgung mit selbstständigem Energiemanagement
- Automatisches Anfahren der Batterieladestation,
- Optional Bedienung über externen Eingabe (Fernbedienung),
- Schnittstellen zur häuslichen Infrastruktur,

Steuerungssystem: Hardware

- Modulare und erweiterbare Hardware,
- Einheitliche und standardisierte Schnittstellen zu verschiedenen Typen von Steuerungskomponenten und Sensoren,
- Low-cost Architektur,
- Hinreichende Rechnerkapazitäten für Multimedia-Anwendungen und Spracherkennung.

Steuerungssystem: Software

- Umgebungserkennung,
- Erstellen von Umgebungskarten,
- Planung von Aufgaben, Handlungen und der Ausführung,
- Dynamische Wegplanung,
- Kollisionsvermeidung,
- Hindernisumfahrung,
- Reaktive Navigation,
- Erkennung von Dead-Lock Situationen ,
- Kraftsensitive Steuerung im Gehhilfe-Modus.

Benutzerschnittstelle

- Anweisen des Care-O-botTM mit natürlicher Sprache,
- Antworten, Ankündigungen und Informationsbereitstellung des Care-O-botTM in natürlicher Sprache,
- Alternative Eingabe und Lieferung von Information auf Touch-Screen,
- Bild-Telefon Verbindung.

4. MECHANISCHES DESIGN, KONSTRUKTION UND IMPLEMENTIERUNG

Die hohe Komplexität eines mobilen Roboters wie die des Care-O-bot™, machte am Fraunhofer Institut IPA eine besondere, anwendungsorientierte Planung und Konstruktion der Mechanik erforderlich. Zuerst wurden alle Daten der mechanischen Anforderungen gesammelt und eingehend analysiert. Es folgt nun eine kurze Auflistung einiger wichtiger Aspekte:

Anforderungen an die Mechanik des Care-O-bot™

- Manövrierbarkeit in engen häuslichen Umgebungen – wie z.B. Drehen auf der Stelle, Rückwärtsfahren, reaktives Navigieren,
- Kompaktes Design, passend für Standardwohnmaße – z.B. Türöffnungen, Badezimmer und Küchen usw.,
- Hochintegrierte Mechanik, um den Anforderungen der Umgebung zu entsprechen,
- Leichtbaukonstruktion für minimales Gewicht,
- Niedriger Schwerpunkt für maximale Stabilität als Gehhilfe,
- Integration von schnell aufladbaren Akkuzellen zur Gewährleistung der Einsatzbereitschaft rund um die Uhr,
- Integration eines multifunktionalen Manipulatorarmes mit einer multifunktionalen Greifvorrichtung,
- Multimedia-Touch-Screen in optimaler Position,
- Ein Design, welches beiden Ansprüchen gerecht wird: maximale Funktionalität und Akzeptanz beim Benutzer,
- Beachtung moderner Sicherheits- und EMC Bestimmungen,
- Ergonomische Gehhilfe für behinderte Personen.

Mechanische Lösungen und Module des Care-O-bot™

- Zwei differential getriebene Räder in Kombination mit vier unabhängigen Stützrädern,
- Symmetrische zylindrische Form des Hauptkörpers, um die Gefahr der Kollision zu minimieren,
- Hoch integrierte Struktur des mechanischen Gehäuses mit einem maximalen Durchmesser von 0,6 m,
- CAD-optimierte mit Leichtmetalllegierung realisierte Rahmenkonstruktion des Körpers, wodurch ein niedriges Gesamtgewicht von 120-130 kg erreicht wird,
- Lage des Schwerpunkts so tief wie möglich, durch Integration schwerer Komponenten an tiefstmöglicher Stelle – wie Batterien, Antriebe etc.,
- Einsatz von NiCd-Batterien in Kombination mit einem automatischen Ladefinger,
- Mechanische Synergie der ersten Armachse und des Monitorhalters – um ein einfaches Verändern von Position und Ausrichtung des Touch-Screens zu ermöglichen,
- Erweiterung der Freiheitsgrade des Manipulatorarms durch zwei Rotationsachsen im Fahrzeugsgehäuse.
- Planung des Konzeptes, der Hülle und der Benutzerschnittstellen in Zusammenarbeit mit professionellen Designern,
- Drehmomentbegrenzung der Hauptantriebe, Integration eines ort- und kraftsensitiven Sicherheitsbumpers, Not-Aus-Tasten und Programmierung von Sicherheitsbereichen im Laser Scanner,
- Integration einer flexiblen und ergonomischen Gehhilfe mit leicht erlernbarer Bedienschnittstelle.

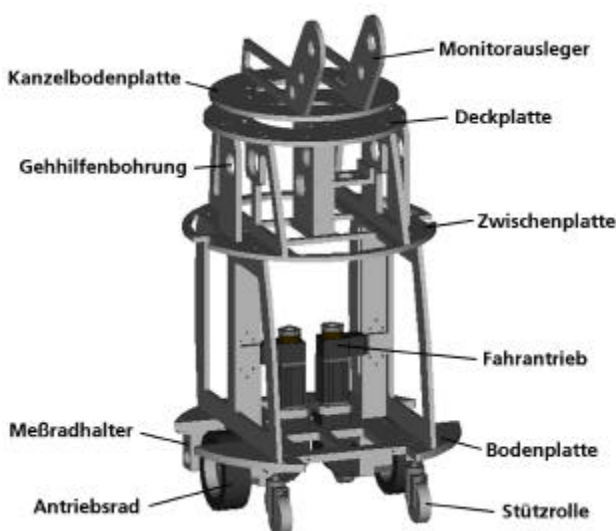


Abb. 5 Konstruktion des Care-O-bot

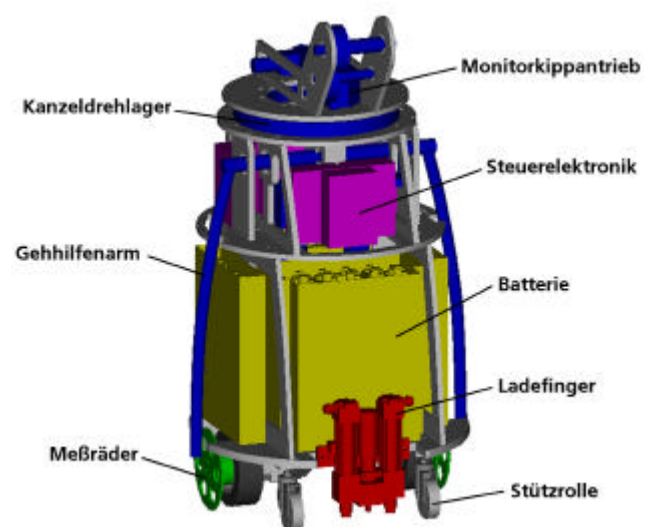


Abb. 6 Anordnung der Funktionsmodule im Care-O-bot

5. STEUERUNGSSYSTEM-ARCHITEKTUR

Um allen Anforderungen bezüglich der Funktionen des Care-O-bot™ gerecht zu werden, ist ein extrem anspruchsvolles Steuerungssystem erforderlich. Das Fraunhofer Institut IPA hat deshalb bei seiner Planung die folgenden funktionalen und technologischen Aspekte berücksichtigt:

Technologische Erfordernisse des Steuerungssystems:

- Manuelle Fernsteuerung des Care-O-bot™ (optional),
- Zentrale Verfügbarkeit mehrerer, parallel arbeitender Care-O-bot™ Systeme – z.B. in einem Pflegeheim (optional),
- Schnittstelle zur Befehlseingabe mittels natürlicher Sprache und Touch-Screen,
- Multimedia Flat-/Touchscreen zur Visualisierung von Informationen und manuellen Eingaben,
- Bild-Telefon-Verbindung am Flatscreen,
- Sensoren zur Umgebungserkennung, Kartenerstellung, Kollisionsvermeidung und für Navigationszwecke,
- Antriebssteuerung der Bewegungsachsen,
- Antriebssteuerung der Rotationsachsen im Gehäuse,
- Antriebssteuerung des Manipulatorarmes,
- Modulare Architektur für eventuelle spätere Erweiterungen,
- Steuerung der elektrischen Hilfsgeräte – wie mechanische Fühler, Kontrollanzeigen, Ladegeräte etc.

Die sich daraus ergebende Systemarchitektur besitzt die folgenden technischen Eigenschaften:

Steuerungssystemarchitektur:

- Master PC zur Fahrzeugsteuerung mit RT kernel Vx-Works; damit können alle Geräte- und Antriebssteuerungsmodule gesteuert werden,
- Modulares, auf CAN-Bus basiertes Feldbus-Netzwerk, über das verschiedene Typen von dezentralen Steuerungsmodule einfach verbunden werden können – z.B. zur Achsensteuerung oder Auswertung von Sensordaten etc.,
- Verschiedenartige Bedienungsmodi für die unterschiedlichen Bedürfnisse beim Einsatz des Care-O-bot™ – wie z.B. automatischer, manueller und Gehhilfe Modus,
- Für Navigationszwecke sind folgende Sensoren angeschlossen: CCD-Kamera, hochauflösender 2D-Laserscanner, ortsauflösender kraftsensitiver Bumper und Meßräder Räder,
- Ein zweiter PC, angeschlossen über Ethernet, unter Windows NT/95, der für die Steuerung aller kommunikativen Aufgaben zuständig ist – wie Sprachsteuerung, Multimedia-Touch-Screen, Bild-Telefon sowie die Anbindung an externe Rechner und das WWW über kabellose Ethernetverbindung.

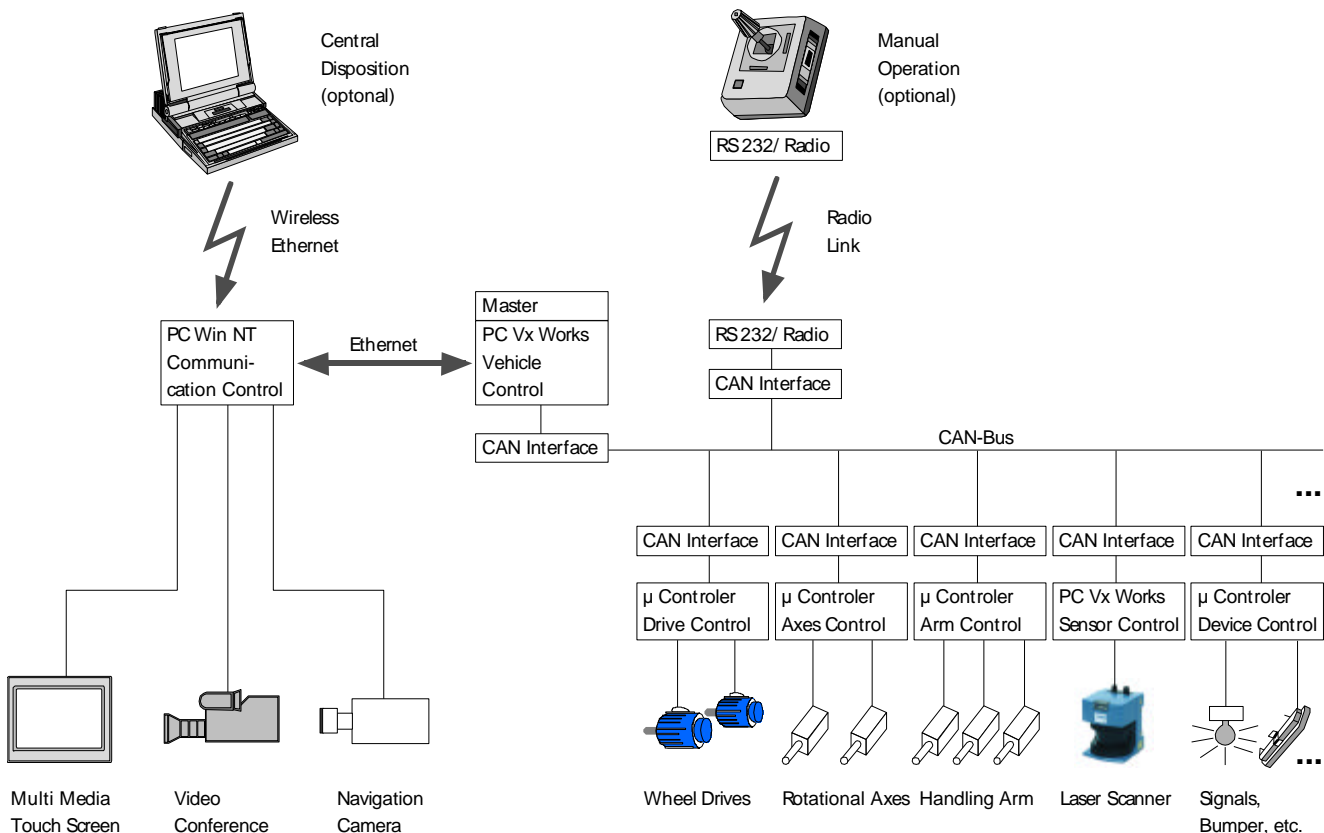


Abb. 7 Dezentrale Steuerungssystem-Architektur des Care-O-bot

6. REALISIERUNG DES PROTOTYPS

Der Prototyp von Care-O-bot™ – wie in Abb. 8 zu sehen – wurde vom Fraunhofer Institut IPA in Stuttgart integriert, getestet und optimiert. Er wurde zum ersten Mal öffentlich mit großem Erfolg auf der Hannover Messe im April 1998 präsentiert. Aufgrund der vielversprechenden Präsentationsergebnisse und des positiven Echos von seiten der Kunden und der Zulieferer, wird das technologische Konzept von Care-O-bot™ am Fraunhofer Institut IPA in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern und professionellen Pflegeeinrichtungen weiterentwickelt und integriert werden. Ein nächster Schritt in der technologischen Weiterentwicklung wird die Implementierung und Integration eines unterstützenden Manipulatorarmes in die mobile Plattform. Erste Computersimulationen mit verschiedenen Armtypen haben bereits stattgefunden – mit vielversprechenden Ergebnissen.

Obwohl das Fraunhofer Institut IPA bereits Gespräche über die zukünftige Vermarktung von Care-O-bot™ führt, ist bisher noch keine Entscheidung gefallen und sind alle Rechte des Care-O-bot™ Konzepts nach wie vor in den Händen des Fraunhofer IPA.



Abb. 8 Integrierter, zum Einsatz bereiter Care-O-bot™

7. SCHLUBBETRACHTUNG UND AUSBLICK

Aufgrund der weltweit stattfindenden demographischen Entwicklungen von Industrienationen, sind praktische Lösungen zur Kostendämpfung im medizinisch-pflegerischen Bereich dringend erforderlich. Neben neuartigen dezentralen Pflegediensten sind technische Hilfssysteme gefragt, damit unterstützungs- und pflegebedürftige Personen länger eigenständig in ihrem bisherigen Wohnumfeld verbleiben können.

Mit der Entwicklung des Systemkonzepts für einen intelligenten Care-O-bot™ ist nun eine interessante Lösung verfügbar, mit deren Hilfe die Lebensqualität und die Sicherheit älterer Menschen in ihrer häuslichen Umgebung, entsprechend ihrer besonderen Bedürfnisse, erhöht werden kann. Nichtsdestoweniger ist das zugrundeliegende technologische Konzept von Care-O-bot™ nicht allein auf Anwendungen im Gesundheits- und Pflegebereich beschränkt. Weitere Einsatzmöglichkeiten des Care-O-bot™ sind beispielsweise:

- "Privater Heimroboter" ("Roboter-Butler"),
 - Mobiler Informationsstand in öffentlichen Bereichen,
 - Roboter als Zimmerservice,
 - Roboter als Wachpersonal,
 - Roboter als Pförtner in Bürogebäuden,
 - Automatischer Museumsführer,
- etc.

8. LITERATUR

- /1/ **Schraft, R.D.; Volz, H.-J.:** *Serviceroboter*. Berlin u.a., Springer Verlag, 1995
- /2/ **Schraft, R.D.; Schmierer, G.:** *Serviceroboter – Produkte, Szenarien, Visionen*. Berlin u.a., Springer Verlag, 1998
- /3/ **Schaeffer, C.:** *ECHOS – Elderly Care Home Systems: Technische Hilfen für unterstützungs- und pflegebedürftige Personen im häuslichen Bereich*. Stuttgart, Fraunhofer IPA, Studie, 1997
- /4/ **May, T.:** *Konstruktion und Aufbau eines Roboterfahrzeuges zur Unterstützung von älteren und pflegebedürftigen Personen*. Stuttgart, Univ., Inst. f. Industrielle Fertigung u. Fabrikbetrieb, Diplomarbeit, 1997
- /5/ **Luz, J.; Severin, K.:** *Servicerobotersysteme zur Unterstützung pflegebedürftiger Menschen*. Stuttgart, Fraunhofer IPA, Studie, 1996
- /6/ **Schraft, R.D.; Hägele, M.:** *Serviceroboter – Perspektiven der Automatisierung des Dienstleistungsbereiches*, wt Januar 1993, Springer Verlag.
- /7/ **Hägele, M.; u.a.:** *Serviceroboter – Ein Beitrag zur Innovation im Dienstleistungswesen*. Stuttgart: Fraunhofer IPA, September 1994
- /8/ **N.N.:** *Proceedings of IPA Technologie-Forum: Innovative Technologien für Dienstleistungen*. Stuttgart: Fraunhofer IPA, 1. März 1994
- /9/ **Engelberger, J.F.:** *Robotics in Service*. London: Kogan Page, 1989
- /10/ **Wellman, P.; Krovi V.; Kumar, V.:** *An Adaptive Mobility System for the Disabled*, Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Diego, May 8-13, 1994