

## 2.7. Applikation

### 2.7.1. Serviceroboter

#### 2.7.1.1. Art des Service in Bezug auf Menschen

##### 2.7.1.1.1. Service aus Platzgründen nicht von Menschen erbringbar

Inspektionen und Arbeiten in engen verwinkelten Strukturen

- Lüftungskanäle ==> Rohrkrabber
- Abwasserkanäle ==> vielgliedrige Fahrzeuge
- Autoklaven ==> Kletterroboter
- ==> Manipulatoren an Teleskopstangen
- Doppelböden ==> Klettermaschinen (NERO II)

Probleme:

- Energiezufuhr (Schleppkabel vs. Batterien)
- Bergung aus Verklemmungen

==> teleoperierte teilautonome Systeme, der Mensch als Pilot ist notwendig

Wenn die Dienstleistung erforderlich ist, kann sie nur durch Roboter erbracht werden.

##### 2.7.1.1.2. Service durch Menschen aber nur mit Zusatzaufwand erbringbar

- Gerüste oder Steiger zum Anfahren der Arbeitsstelle

Inspektionen und Arbeiten an

- senkrechten Wänden
- überhängende Strukturen (Decken, Schiffsrümpfe, Brücken)
- gewölbten Strukturen (Flugzeugrumpf, Tankdeckel)
- strukturierte Fassaden
- ==> Werkzeug an Knickarm (Skywash)
- ==> Kletterrobot (RoSys)

Inspektionen und Arbeiten im Inneren von großen Tanks (Zugang nur durch Mannloch)

==> Kletterroboter

Probleme bei Kletterrobotern:

- Energieversorgung  
(flüssiger Treibstoff vs. Batterie vs. Schleppkabel)
- Übersteigen von vorkragenden Strukturen

Preis des Roboters < Preis des Zusatzaufwands ==> Roboter wird eingesetzt

### 2.7.1.1.3. Service erfordert spezielle Ausrüstung

- Tauchglocke oder Taucheranzug für Unterwasserarbeiten in geringer Tiefe  
Inspektionen und Arbeiten an
    - Pipelines
    - Unterwasserkonstruktionen  
==> teleoperierte teilautonome Unterwasserroboter
  - U-Boot mit Manipulatoren zum Erreichen der Arbeitsstelle in tiefem Wasser  
Inspektionen und Zerlegungsarbeiten an
    - Schiffswracks
    - Förderplattformen  
==> teleoperierte teilautonome Unterwasserroboter
- Aufsammeln von Manganknollen am Boden der Tiefsee  
==> vollautonome Unterwasserroboter
- Preis des Roboters < Preis der Spezialausrüstung ==> Roboter wird einsetzbar

### 2.7.1.1.4. Service durch Menschen erbringbar, aber gefährlich

- Inspektion und Arbeiten in
- Desasterscenarien der Nuklearindustrie (für Menschen gilt: "hit & run")  
==> Krabbelroboter (Robug III); teilautonom, teleoperiert
  - chemisch oder biologisch kontaminierte Räume (Vollschutzanzug nötig)  
==> teleoperierte Fahrzeuge mit Manipulatoren
  - Umgang mit Sprengstoffen (kein Schutz möglich)  
==> ferngesteuerte Kettenfahrzeuge mit Manipulatoren
  - Minenräumen (humanitarian demining) (Schutz kaum möglich)  
==> Laufmaschinen zum Finden und Markieren
  - Tankreinigung (Gasmasken oder Sauerstoffausrüstung häufig erforderlich)  
==> Kletterroboter

Wenn "Freiwillige" fehlen müssen Roboter eingesetzt werden.

### 2.7.1.1.5. Service erbringbar, aber aus Sondergründen abgelehnt

- Putzhilfe im Haushalt als Sicherheitsrisiko eingestuft  
==> vollautonomer Roboter mit Manipulatoren (Objekterkennung?)
- Minibar in Hotelzimmern: werden unbemerkt geleert  
==> vollautonomes Fahrzeug mit Minibar an Bord
- Mietsvertrag verbietet den Wachhund in der Wohnung  
==> vollautonomer Roboter (Freund / Feind Erkennung?)

- Service erzeugt unangenehme Abhängigkeit für Behinderte  
==> teilautonomer Rollstuhl (ESPRIT - Projekte)

#### 2.7.1.1.6. Service wird von Menschen erbracht, aber der Roboter kann's billiger (nicht besser)

Der Roboter verdrängt Billiglohn-Arbeitsplätze!

- Transportroboter in Büros und Krankenhäusern (Helpmate, Postverteilerboter ETH)
- Putzroboter in Hallen, Fluren, Gängen (Siemens Hefty ST81)
- Wachroboter in Büros und Lagerhallen (Denning)
- Roboter als Museumsführer (Burgard)

Probleme:

- der Roboter muß Kollisionsfreiheit garantieren können
- Position und Orientierung über lange Zeit halten.

#### 2.7.1.2. *Umwelt des Roboters*

Er hat sich einzufügen in für Menschen gemachte Umgebung.

- unstrukturiert  
nur Grobpläne der Umwelt vorhanden  
häufige kleine Änderungen sind zu tolerieren  
Bodenunebenheiten sind zu tolerieren  
fraktale Strukturen (Büsche, Pflanzen, ...)
- keine wohldefinierte Beleuchtung  
Sonnenschein --> Schlagschatten,  
Lampenlicht, bewegte Schatten
- hoher Lärmpegel  
undefinierte Quellen von hörbarem und Ultraschall
- ab- und aufgehende Treppen, Fahrstühle

#### 2.7.1.3. *Vorraussetzung zur autonomen Erfüllung der Serviceaufgabe*

##### 2.7.1.3.1. Hinderniserkennung zur Vermeidung von Kollisionen

Sicherheit des Erkennens?  
Wann versagt die Erkennung?

##### 2.7.1.3.2. Erkennen von Landmarken zur Orientierung in der Umwelt

Künstliche vs. natürliche Landmarken  
Anordnung charakteristisch zum Wiedererkennen?  
Sicherheit des Wiedererkennens?  
Redundanz der Landmarken?

### 2.7.1.3.3. Aufgabenbezogene Objekterkennung zum zielgerichteten Manipulieren

- Erkennen eines Objekts mit vorgegebenen Qualitätsmerkmalen:
  - kann der Roboter die Aufgabe erledigen?
  - muss der Mensch eingreifen?
- Sicherheit der Objekterkennung (Beleuchtung, Verdeckung)
- Orientieren des Roboters in Bezug auf ein Objekt (Greifen)

### 2.7.1.3.4. Tastsensorik zum Erfassen von Gegenständen

- sichere Manipulation empfindlicher Objekte
- sichere Andockmanöver an Gegenständen wie Möbel
- Zureichen von Gegenständen an den Menschen

### 2.7.1.4. *Ausblick*

Wo ist Forschungsbedarf?

- Laufmaschinen -> DFG-Schwerpunktprogramm
- Schwerlastmanipulatoren -> DFG Sonderforschungsbereich 291
- Telepräsenz -> DFG Sonderforschungsbereich 291
- Objekterkennung -> DFG Sonderforschungsbereich 331

Wo ist Entwicklungsbedarf?

- zuverlässige Hindernissensorik im Dreidimensionalen
- Antriebe mit hohem Leistungsgewichtsverhältnis (Pneumatik)
- Energieversorgung (Autonomes Aufladen von Batterien, Druckluftherzeugung)
- leichte Manipulatoren an Bord eines AMR (ROMAN)
- Klettermaschinen --> CLAWAR - Netzwerk der EC

### 2.7.2. **Montagegeräte**

AMR mit einem oder mehreren Hand-Arm-Systemen an Bord

- Montagen auf großen Werkstücken  
Schweißen auf/in Schiffsrümpfen: 6- oder 8-beiniger Robot  
Mauern errichten aus Hohlblocksteinen
- Reparaturarbeiten an schwer zugänglichen Stellen
- Überprüfungen auf großen Werkstücken mit Messungen
- Erkunden von unbekanntem Terrain mit Probenentnahme (Vulkankrater)

### 2.7.3. Unterwassersysteme

AMR mit Greifarm(en) und Antrieb durch Schrauben oder Wasserjet

- Prüfung von Pipelines, Ölplattformen, Unterwasserbauten und Schiffsrümpfen
- Reinigen von Schiffsrümpfen von Algen und Muscheln
- Unterwasserschweißanlagen und -montagen (ferngesteuert und teleoperiert)
- Unterwassertagebau
  - Sammeln von Manganknollen
  - Abbau von Sulfidablagerungen
- Erkundungen
  - Wracks (der Roboter kann tief eindringen, darf verlorengelassen werden)
  - zerklüfteter Meeresboden
  - Strömungen der Tiefsee (AMR treibt 5 m über Grund)
  - Temperaturprofile (Vulkane, schwarze Raucher)

### 2.7.4. Autonome Raumfahrzeuge

**Sehr** teuer, Menschen mit ihren Lebenserhaltungssystemen in den Weltraum zu bringen.

Für längere Missionen Versorgung mit Nahrung, Luft und Wasser offen.

Roboter brauchen nur Strom aus Solarzellen (Nachrichtensatelliten)

- Fernsteuerung nicht möglich wegen zu langer Laufzeit der Funksignale
  - Erforschen von Planeten; vollautonom oder teilautonom (taskorientiert)
- Fernsteuerung möglich aber nicht gerechtfertigt
  - Schrottsammeln im All
  - Steuerung von Andockmanövern
- Fernsteuerung erforderlich
  - Reparatur an Satelliten

### 2.7.5. Luftfahrzeuge

vorwiegend militärische Anwendungen von AMR's

Fluggerät mit Autopilot, Bahnvorgabe sensorbasiert durch Rechner

- Erkundungssysteme
  - Pilot nicht durch Abschuss gefährdet
  - autonomes Fluggerät wenig stör anfällig gegen ECM's
  - potentiell sehr kleine Systeme (Modellhubschrauber und -flugzeuge)
- intelligente Waffen (fire & forget)
  - Tomahawk cruise missile.