
Kapitel 1

Einleitung

1.1.	Definition eines AMR	4
1.2.	Autonomie und Abgrenzungen	4
1.3.	Einsatzumgebungen	7
1.4.	Probleme bei AMR's	11
1.5.	Lebewesen als Vorbild	12

1.1. Definition eines AMR

Autonomer Mobile Roboter (A M R)

Ein Roboter, der sich autonom in seiner Einsatzumgebung bewegen und dort zielgerichtet Aufgaben erledigen kann.

Der Begriff "Roboter" kennzeichnet einmal ein ortsfestes, gesteuertes Handhabungssystem, ein Industrieprodukt für "pick-and-place" Operationen mit gesteuerter Bewegung im Raum, gekennzeichnet durch

- steife Konstruktionen
- schwer, geringe Tragkraft

Mit entsprechender Sensorik im Endeffektor

- ==> geregelte Bewegung
- ==> leichtere Konstruktion
- ==> bewegliche, autonome Systeme?

"Roboter" sind andererseits Topoi in Literatur & Science Fiction, dort als bewegliche, selbständige Systeme vorgestellt:

in der Literatur u.a. der "Zauberlehrling" (J.W. v.Goethe): der zum Roboter verwandelte Besen, er erledigt eine Transportaufgabe, Wasserschleppen, nur allzu gut.

Oder der Golem, ein menschenähnliches Wesen, das seinem Herren aus der Hand gerät.

Daneben Filmfiguren wie R2D2 und der Android (Star Wars) oder Robocop für Überwachungsaufgaben oder Putzroboter als Haushaltshilfe.

Wieweit entsprechen sie schon einem realen System?

1.2. Autonomie und Abgrenzungen

Definition von Autonomie:

Ein System heißt autonom wenn gilt:

Das System kann selbständig Entscheidungen über sein Vorgehen fällen.

Entscheidung: Auswahl 1 aus n Möglichkeiten bei unvollständiger Kenntnis aller Umstände ==> die Entscheidung kann falsch in Bezug auf ein vorgegebenes Ziel sein. Sie sollte korrigierbar sein.

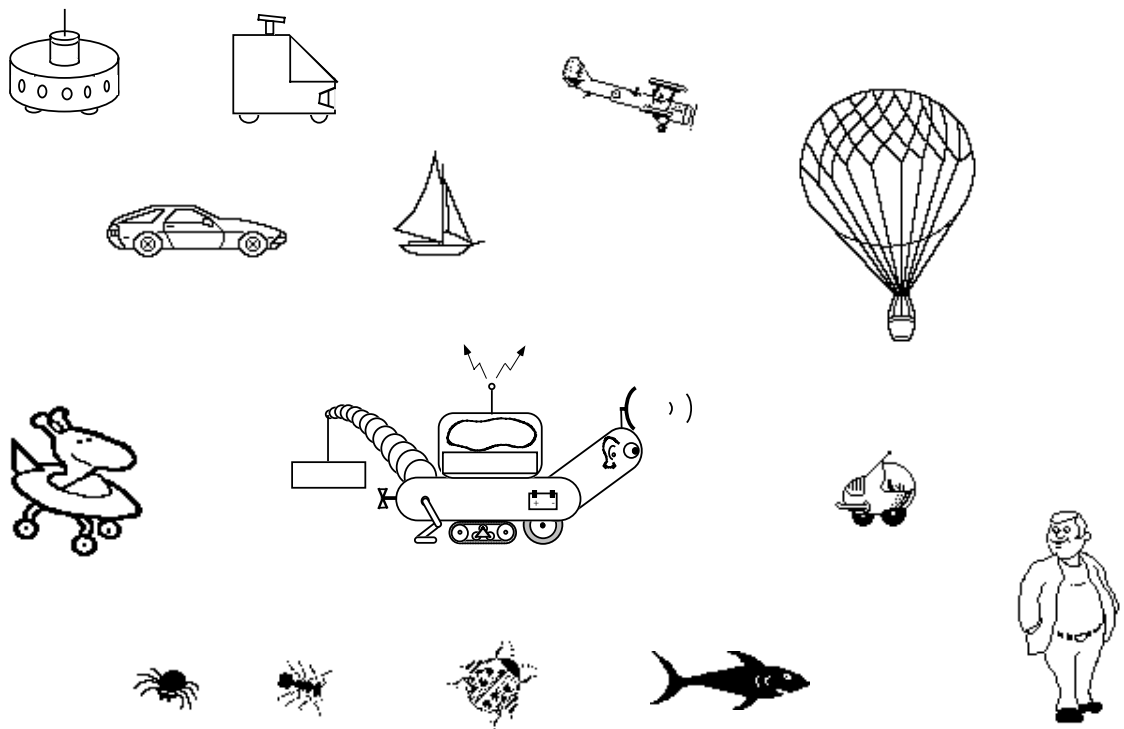
Autark: Das System hat seine Energieversorgung mit an Bord.

Abgrenzungen

von AMR's sind unterschieden

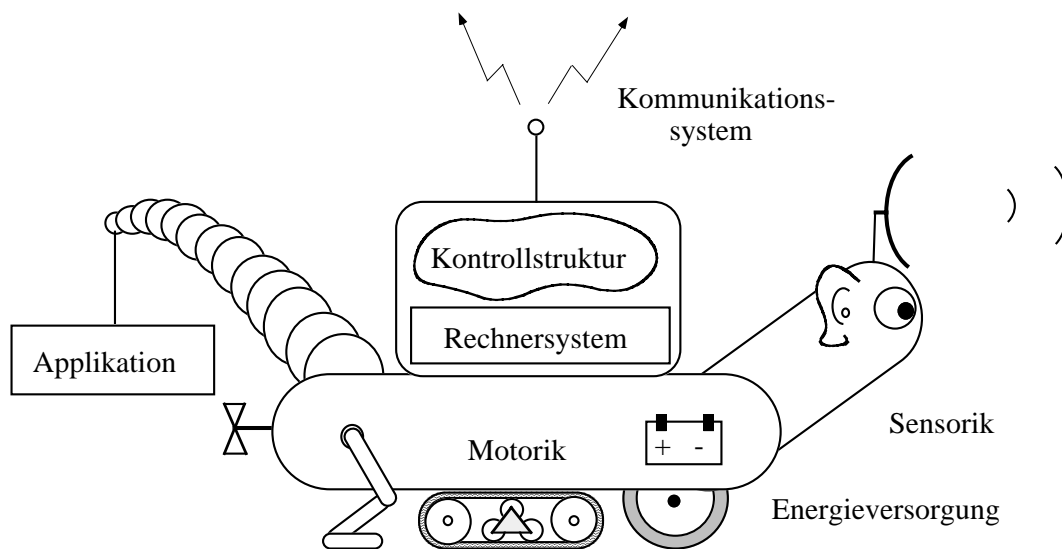
- stationäre Anlagen
Handhabungssysteme, automatische Fabrikationssysteme
- ferngesteuerte Systeme
ein menschlicher Pilot entscheidet und lenkt nach Sicht über Funk oder Draht
bei teleoperierten Systemen ist der Pilot weit weg vom Ort des Geschehens
Problem: wie "sieht" der Pilot genug um zu steuern?
- geregelte Systeme: eine vorgegebene Bahn wird eingehalten
Autopilot im Flugzeug/Schiff; Pilot entscheidet über Kursänderungen
Zielverfolgungssteuerung: Das System regelt sich auf den Kurs eines Ziels ein; der Pilot kann Selbstzerstörung befehlen?

Wie ein AMR aussehen könnte



Die äußere Form eines AMR kann sehr verschieden sein, je nach Applikation und Aufgabe, die wahrgenommen werden soll. Oben links technische Systeme, meist aus der Forschung. In der mittleren Reihe Fahrzeuge, die autonom fahren können. Darunter autonome Spielzeuge, dann Tiere und schließlich eine menschliche Figur - morgen schon als AMR unterwegs?

Komponenten eines AMR



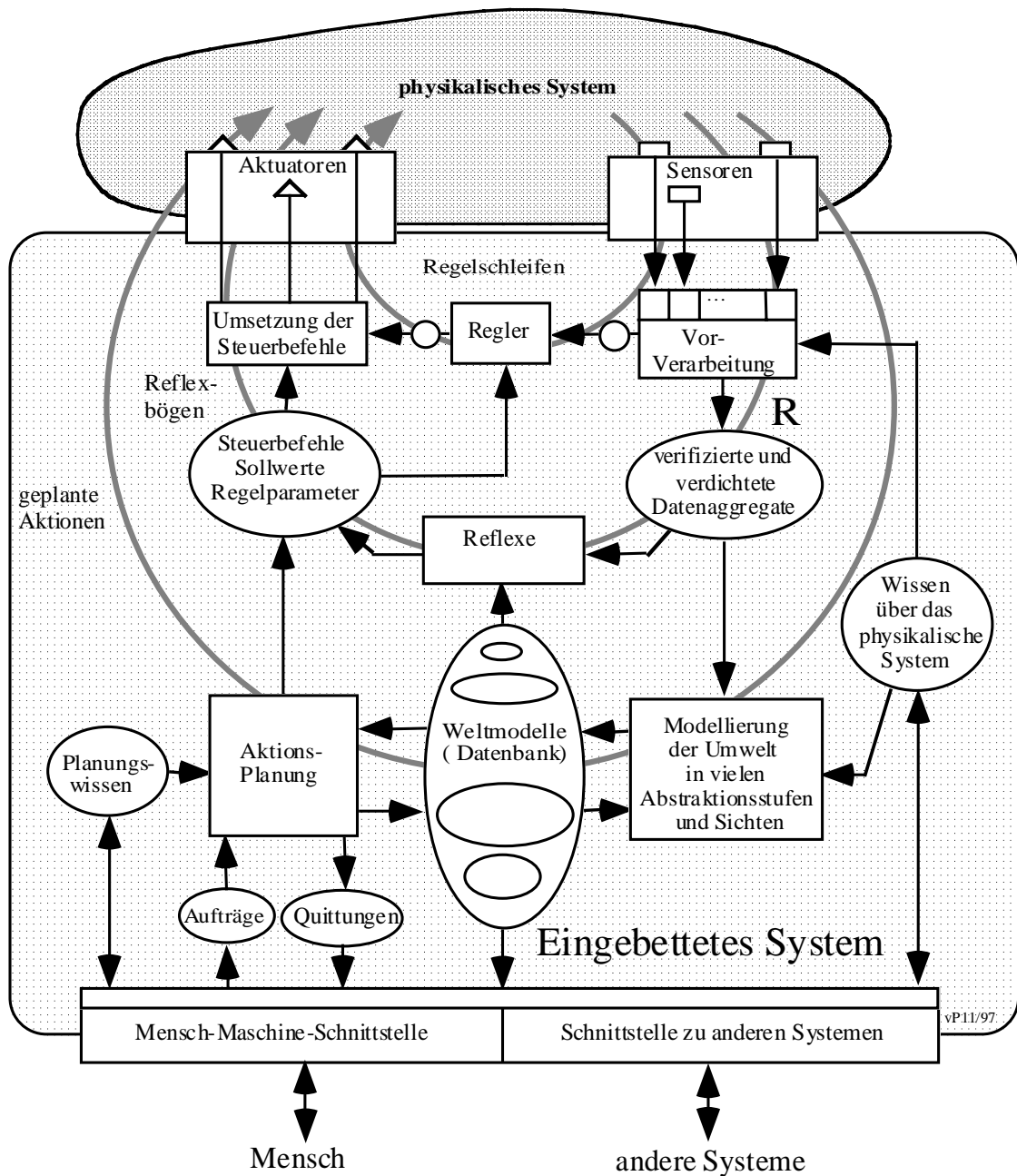
Zu einem AMR werden als Hardwarekomponenten notwendig gehören:

- die Motorik, die die Bewegung ermöglicht
- eine Sensorik, die die nötigen Daten aus der Umgebung aufnimmt, damit der AMR sich zielgerichtet bewegen kann
- ein Rechnersystem aus einem oder mehreren Rechnern, Träger der Kontrollstruktur als Menge aller Programme, um die Aufgaben der Sensordatenverarbeitung und der Regelung der Motore wahrzunehmen
- eine Energieversorgung, wenn der AMR autark sein soll
- ein Kommunikationssystem zum menschlichen Piloten oder zu anderen Systemen, da ein AMR sich nicht als Autist verhalten soll
- eine Applikation, die stark die äußere Gestalt des AMR prägen wird und mit der der AMR in seine Einsatzumgebung hineinwirkt

Ein AMR kann als ein Beispiel eines **eingebetteten Systems** gesehen werden, das die Oberklasse zu einem AMR bildet.

Das physikalische System ist die Einsatzumgebung und die Hardware des AMR. Die Aktuatoren sind die Zusammenfassung der Motorik inklusive der Bewegung von Sensoren, die Aktuatoren der Applikation und die Sendeanlagen des Kommunikationssystems. Die Sensoren fassen zusammen die Sensorik des AMR, die Empfangsanlage des Kommunikationssystems und die Sensoren der Applikation.

Das Datenflußdiagramm zeigt die Funktionseinheiten der Software des Kontrollsystems und die erzeugten Datenstrukturen auf einer obersten Abstraktionsebene und kennzeichnet drei Schleifen der DV: Regelungen, Reflexe und geplante Aktionen. Diese Funktionen, Datenstrukturen und Schleifen werden sich in einem AMR wiederfinden.



1.3. Einsatzumgebung

Luft

- Flugzeug (Drohne, Marschflugkörper)
- Helikopter
- Ballon

(für Modellhelikopter und Modellballone gibt es Wettbewerbe für autonome Systeme: autonomes Erkennen und Aufnehmen von Dosen und der Transport zu einem Lagerplatz)

Wasser

- Schiff
- U-Boot (mit Greifarmen, teleoperiert)

Weltraum

- Schrottsammler im All
- Planetenerkundung (Signallaufzeiten erschweren Teleoperation)

Land

- im Inneren von Gebäuden: kontrollierte Bedingungen
- draußen: Wind und Wetter, Nässe, Schnee, Eis, starke Sonneneinstrahlung

Untergrund glatt

- Schiene (Autonomie -> Stellen von Weichen) Erkennen von Hindernissen?
- Leitlinie (Regelung des Fahrzeugs?) Verhalten an Kreuzungen?
- Straße (Erkennen der Fahrbahnbegrenzung)
- Straße mit Gegenverkehr (Überholmanöver?, Erkennen von Verkehrszeichen?)

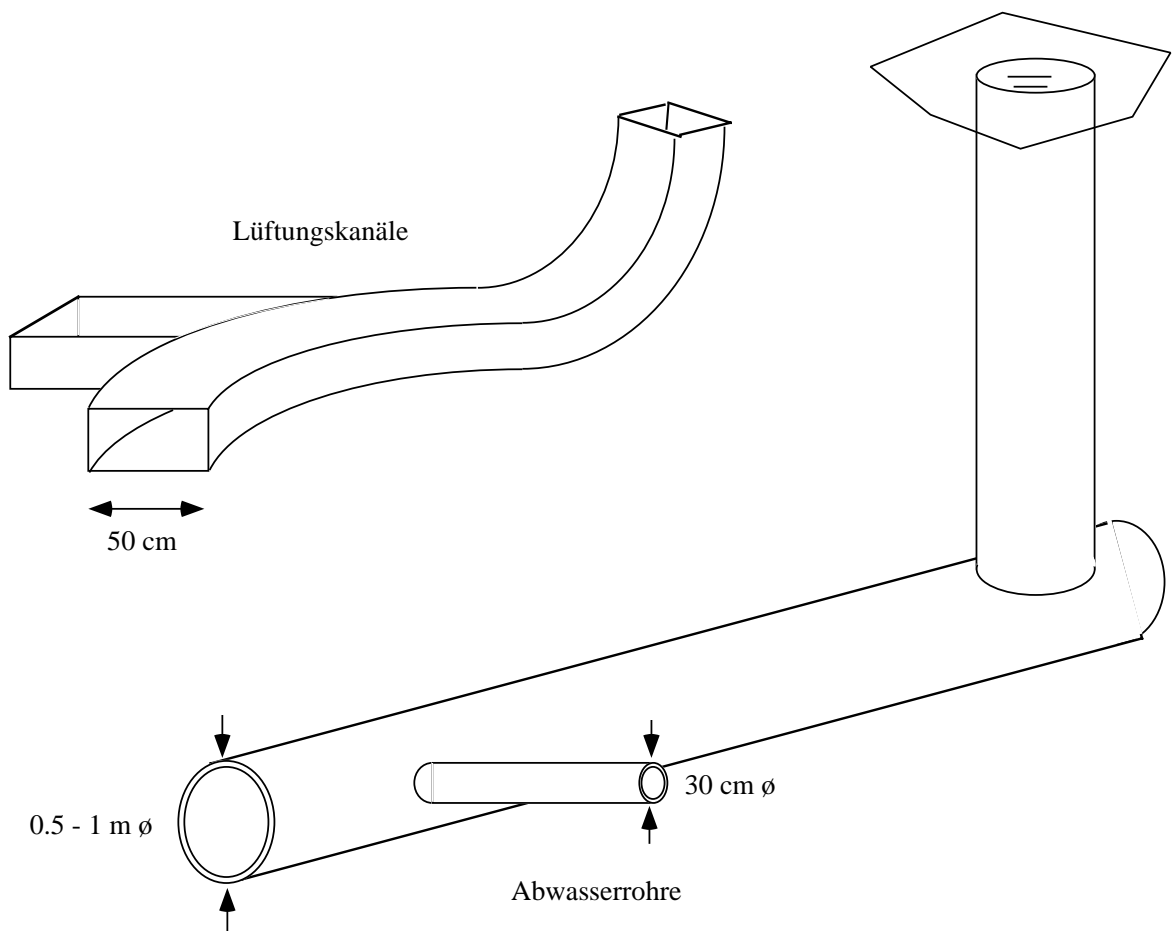
Bewegung in der Ebene: (Hindernisse? Wegeplanung?)

Untergrund zerklüftet: Treppen, Leitern, Gestänge, Gebirge, Höhlen, Dschungel
==> Lauf- und Klettermaschinen

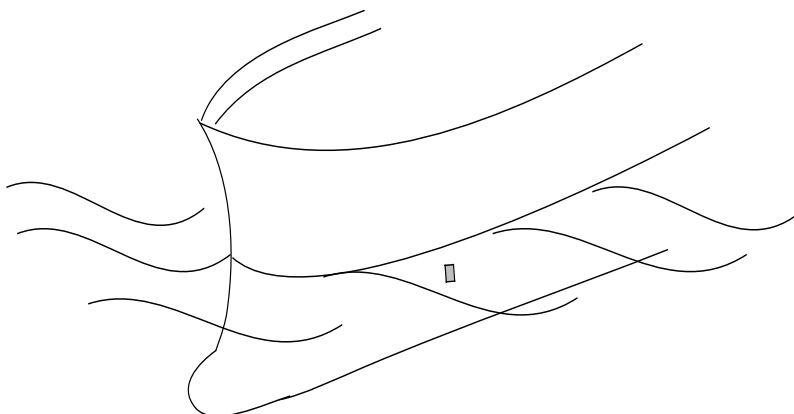
In/auf technischen Anlagen

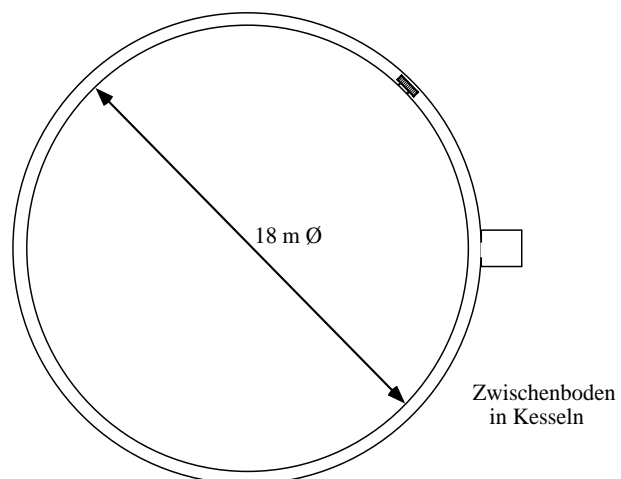
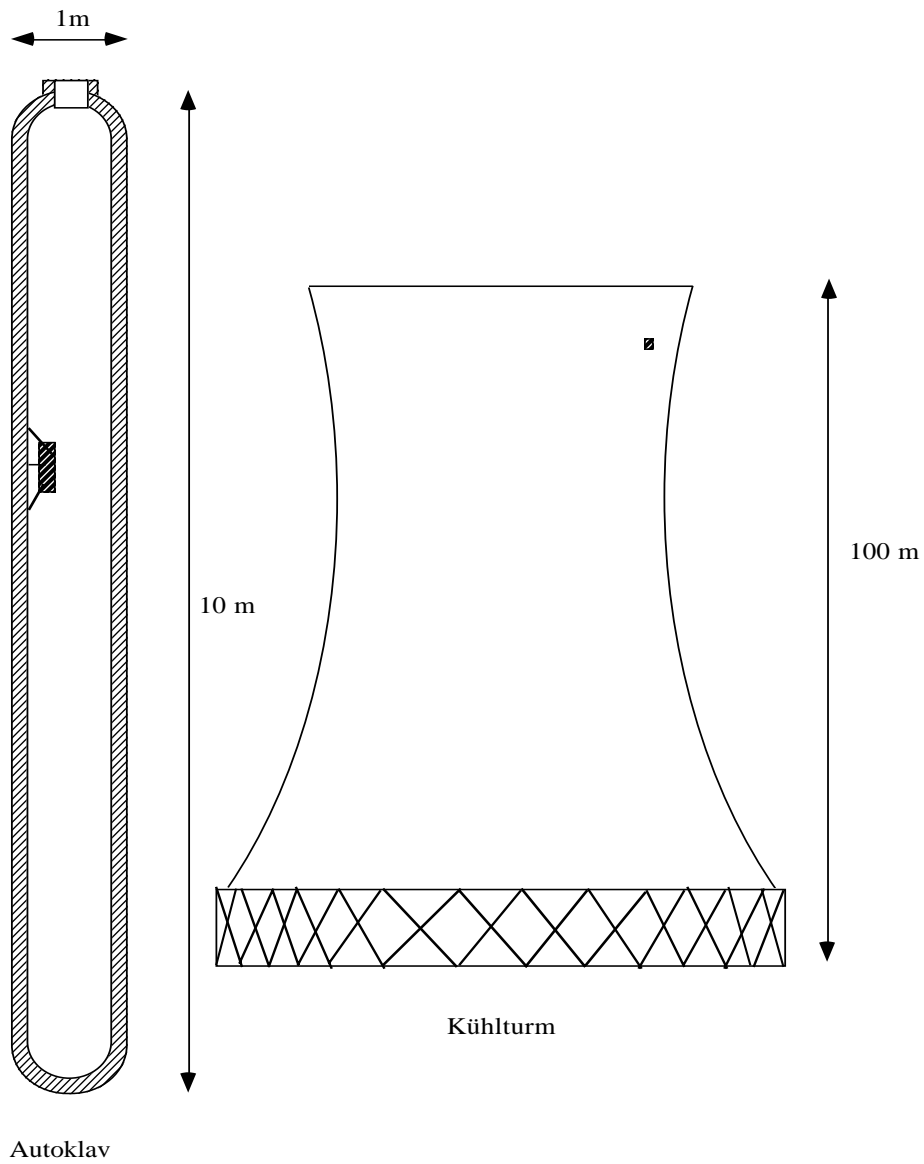
- in Kesseln (Zugang nur durch Mannloch, Dämpfe, schmierige Oberflächen)
- in Abwasserrohren (30 cm Ø, glitschig, Baumwurzeln im Wege)
- in Autoklaven der chemischen Industrie
- auf Schiffsrümpfen (sehr große Strukturen, z.T. unter Wasser)
- auf Rohrgestängen
- auf/in Kühltürmen (Algenbewuchs, Nebel und Nässe)
- in Zwischenböden von Reaktoren (radioaktiv) und Tankern (verölt)
- auf Glasdächern zwischen Stützelementen

==> **Klettermaschinen**



Roboter auf der Außenhaut eines Schiffs





1.4. Probleme bei AMR's

Hinderniserkennung: wo und wann drohen Kollisionen?

zuverlässige Sensorik

Sensorfusion

2 1/2 - 3-dimensionale Erkennung von Hindernissen

Reichweite vs. Fahrzeuggeschwindigkeit

Problembereiche:

abgehende Treppen

Glastüren

bewegte Hindernisse

Umgang mit Hindernissen: was soll der Roboter tun?

Abbremsen - bis zum Anhalten?

Umfahren - wie weit?

Abweichen von einer Sollbahn - wann muss neu geplant werden?

Umgang mit Sackgassen - umdrehen und wie weiter?

Lokalisierung: wo bin ich und wo ist Norden?

Position und Orientierung

Odometrie --> Drift in der Orientierung

Laufmaschinen --> Odometrie?

künstliche Landmarken vs. natürliche Landmarken

Wiedererkennen von Landmarken

Modellierung der Einsatzumgebung: wie "sehe" ich meine Umgebung?

Abhängig von Sensoren und Sensordatenverarbeitung

nur Hindernisse und/oder Freiraum?

Räume definiert durch Wände und Durchgänge?

wiedererkennbare, nicht interpretierte Sensoreindrücke? (z.B. Gerüche)

interpretierte Sensoreindrücke

--> Merkmale --> Klassifizierung --> Objekte: nötiges Vorwissen?

Relationen von Objekten zueinander

Navigation: wie bewege ich mich sinnvoll in meiner Umwelt?

Wegeplanung in Karten

Bahnplanung unter vorgegebenen Gütekriterien

zeitoptimal, überlappend, mit Sicherheitsabständen, ...

Andockmanöver

Überwachung der gefahrenen Bahn: wie werden Abweichungen ausgeregelt?

kollisionsfreies Fahren

Objekterkennung: wo ist ein gesuchtes Objekt?

Position und Orientierung

Verdeckung durch andere Objekte

Ähnlichkeit des gefundenen mit dem gesuchten Objekt(typ)

Beschreibung durch Lagerrelationen

Objektmanipulation: wie greife und bewege ich Objekte?

Position und Orientierung Greifer-Objekt

Sensorik zum Erkennen der Griffposition

Handlungs- und Bewegungsplanung

Sensorik zum Erkennen der Kräfte

1.5. Lebewesen als Vorbild

- Aufbau aus Zellen: $1 - 10^{14}$ Zellen

Aufbau inside --> out; Bauplan komplett in jeder Zelle (DNA-Strang)

exprimiert durch komplexe Steuerung (DNA --> RNA)

Synthese der Proteine aus der RNA

Biochemie mit Katalysatoren (Enzyme)

sehr effektive Synthesewege

- Materialversorgung:

primär durch Photosynthese in Pflanzen oder Plankton
oder aus Sulfiden durch spezielle Bakterien

sekundär Aminosäuren aus Pflanzen (Pflanzenfresser)

tertiär Proteine aus Tieren (Fleischfresser)

- Sensoren: sehr viele, extrem empfindlich und für ein breites Spektrum von Größen
sehr viele:

~ 10^6 lichtempfindliche Zellen in der Retina des Auges

~ 10^6 Tastzellen in der Haut

~ 10^4 Hörzellen im Ohr

~ 10^4 Riechzellen in der Nase

extrem empfindlich:

- Detektion einzelner Photonen in Sehzellen

- Detektion einzelner Duftmoleküle in Riechzellen

- Reaktion auf Auslenkungen im Nanometerbereich im Ohr

breites Spektrum gemessener Größen:

- Licht, Wärme (spezielle lichtempfindliche Substanzen in der Sensorzelle)
- chemische Substanzen (Bindung an Rezeptoren auf den Sensorzellen)
- Druck, Kraft, Berührung (Deformation von Sensorzellen)
- Schall (Deformation von Sensorzellen)
- Schwerkraft (Sensorsteine deformieren Tastaare)
- Magnetfelder (Magnetitkristallite deformieren Tastaare)
- elektrische Felder (elektrochemische Reaktionen aktivieren Sensorzellen)

breites Intensitätsspektrum (logarithmische Kennlinie: # Impulse/s \sim log (Intensität))

- Licht (IR - sichtbar - UV) Intensitäten 1 : 10^8
- Schall (Infra- Ultraschall) Schallstärken 1 : 10^7
- Datenverarbeitung: extrem parallel
 - jede Sensorzelle ist ein Neuron
 - in der Cortex des Menschen $\sim 10^{10}$ Neuronen
- Selbstreparaturfähigkeit
 - kleine Verletzungen können in Grenzen repariert werden
 - Angriffe von Parasiten können in Grenzen abgewehrt werden
- Selbstreproduzierbarkeit
 - ohne Begrenzungen exponentielles Wachstum
 - Überleben der an die jeweiligen Lebensumstände bestangepassten Individuen (sichert Fortbestehen der Art)
- Größenskalen
 - Feinstruktur von Zellen und Sensoren: 10 - 100 nm (= 0,1 μ m)
 - Zellgröße: einige μ m (1 - 100)
 - Größe von Lebewesen

Viren :	0,1 - 1 μ m
Bakterien:	1 - 10 μ m
Insekten:	0,1 - 200 mm (Begrenzung durch Exoskelett)
Säugetiere:	0,05m (Spitzmaus) - 20 m (Walfisch)
Fische:	0,02 - 10 m
Weichtiere:	0,01m (Ählchen) - 30 m (Riesenkralke)
- Antrieb:
 - durch Muskeln (sehr günstiges Leistungsgewicht [Kraft/kgMuskelmasse])
- Energieversorgung:
 - durch kalte Verbrennung organischer Substanz
 - Betriebstemperatur: wechselwarm oder bei konstanter Temperatur ($\sim 36^\circ\text{C}$)
- Stützmaterial:
 - Knochen aus Kalk (CaCO_3) bei Wirbeltieren
 - Hohlschalen aus Chitin bei Insekten und Spinnentieren (Exoskelett)

Unterschiede:

	Lebewesen	vs.	technische Systeme
Wachstum:	durch Zellteilung	vs.	Montage aus Einzelteilen
Reparatur:	durch Nachwachsen	vs.	Auseinandernehmen, reparieren und wieder zusammensetzen
Bauplan:	inhärenter Bestandteil jeder Zelle	vs.	Baupläne extern zum Roboter
Material:	organisch und Kalk	vs.	Metalle und Silizium
Energie:	aus Pflanzen und Tieren durch Oxydation	vs.	Elektroenergie aus Batterien oder aus Generator betrieben mit Verbrennungsmotor

