

Anwendung zur Objekterkennung

Aufgabe:

Erkenne
Vorkommen
von



in



Lösung:



Umschließende Parallelogramme
deuten affine Transformation der
Referenzobjekte an

Weitere Feature-Detektoren

SIFT-Features hatten großen Erfolg, sind breit anwendbar und waren anfangs patentgeschützt ☹️

Daher gibt es inzwischen eine Reihe ähnlicher Ansätze:

- SURF (*Speeded-Up Robust Features*), Buch 3.2.5
- CenSurE (*Center Surround Extrema for Real Time Feature Detection*)
- ...

3.3 Stereo und Optischer Fluss

- Für Stereobildverarbeitung s. Kapitel 3.3 im Buch; hier aus Zeitgründen gestrichen
- Optischer Fluss s. Kapitel 3.4; hier kurze Darstellung ...

Optischer Fluss

- Feld von Vektoren (Betrag, Richtung in der 2D-Bildebene(!)), die die Bewegung **korrespondierender Bildpunkte** zwischen zwei **konsekutiven Frames** darstellt.
- Beispiel: Kamera schwenkt nach links; Auto bewegt sich nach unten rechts.



- **Ursache:** Bewegung (eigen, fremd) in der Szene
- **Abhängigkeiten:** Fluss ist stärker, je größer Relativbewegung und je näher Objekt

Annahmen zum Optischen Fluss

Helligkeitskonstanz: Beleuchtung ist konstant zwischen konsekutiven Frames (in etwa)

→ korrespondierende Bildpunkte können gefunden werden

Kohärenz: Benachbarte Bildpunkte in einer Szene gehören typischerweise zur selben Oberfläche

(und bewegen sich entsprechend gemeinsam)

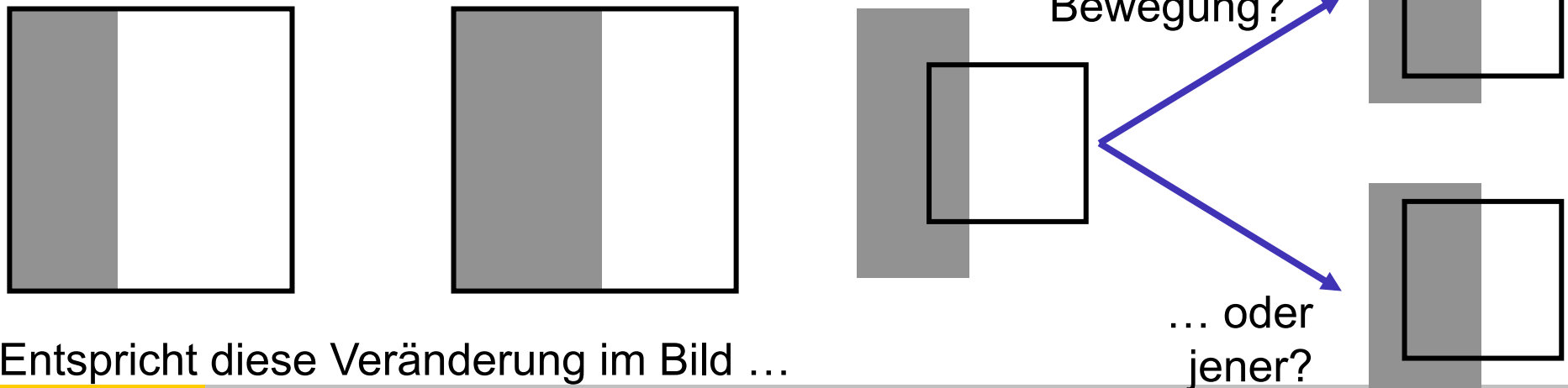
→ es gibt lokale Bildregionen mit einheitlichem Fluss

Trägheit: Bewegung eines Bildpunktes ändert sich über die Zeit nur allmählich

→ der Fluss untereinander korrespondierender Punkte einer Bildsequenz ist über kurze Zeit nahezu konstant in Richtung und Betrag

Probleme mit optischem Fluss

- Beleuchtungskonstanz ist schwer zu garantieren
- Gemischte Eigen- und Fremdbewegung sind allein aus optischem Fluss schwer zu trennen
- **Korrespondenzproblem**: Welche Bildpunkte in konsekutiven Frames korrespondieren?
- **Aperturproblem**: Wie entscheide über korrespondierende Punkte bei begrenzter Bildöffnung/Apertur?



Fazit Sensordatenverarbeitung

Als Zusammenfassung die Erinnerung an die Einleitung (S. 82):

- Sensordaten sind i.A. fehlerhaft und (zu) viele
- Verfahren zur direkten Daten- und Fehlerreduktion
- Geringer Rechenaufwand Voraussetzung (online-fähig)
 - Rechenintensive Verfahren auf großen/riesengroßen Datensätzen in off-line post-processing (später ab Kap.6)
- im Groben zwei Klassen:
 - **Filter** (primär Fehlerkorrektur):
Werfen bewusst Daten weg!
 - **Merkmalsdetektoren** (primär Datenreduktion):
Aggregieren Daten
- Verwende später (gefilterte) Originaldaten und/oder aggregierte Merkmale
- Hier: Entfernungsdaten (Laserscans), Bilddaten

Kapitel 4 Fortbewegung

1. Zum Einstieg: Worum geht es?

2. Sensorik

3. Sensordatenverarbeitung

4. Fortbewegung

5. Lokalisierung in Ka

6. Kartierung

7. Navigation

8. Umgebungsdateninterpretation

9. Roboterkontrollarchitekturen

Ausblick

4.1 Einleitung

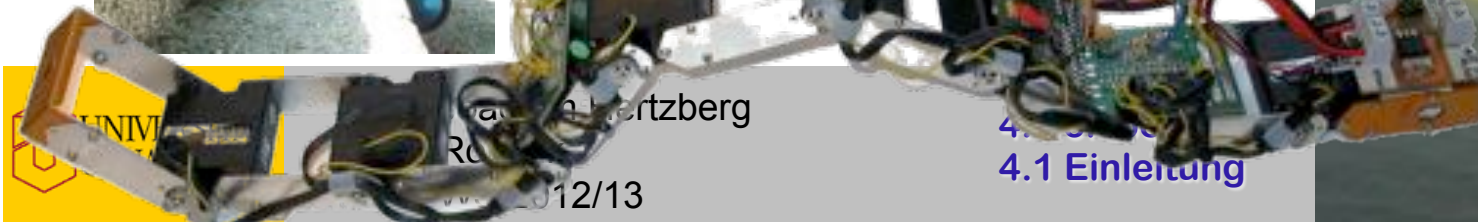
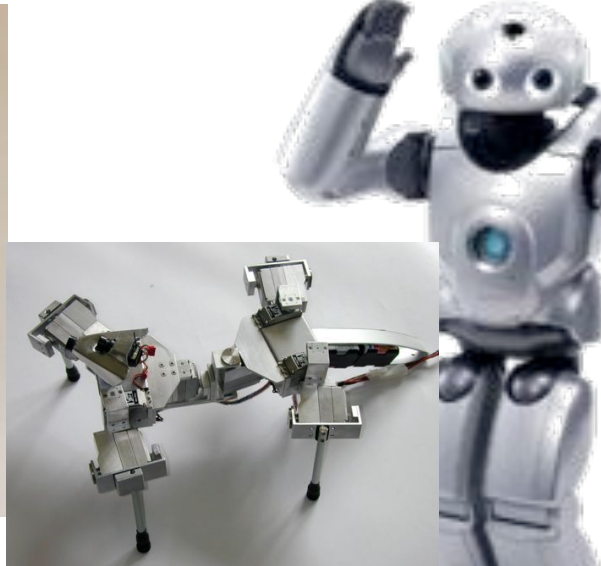
4.2 Bewegungsschätzung

4.3 Bayes- und Kalmanfilter

4.4 Fusion von Odometriedaten

4.1 Einleitung

- In dieser Vorlesung sind mobile Roboter Radfahrzeuge mit starrem Körper
- Es gibt viele andere Bewegungsformen, sie sind sinnvoll (oft), aber sie kommen hier nicht vor



Freiheitsgrad (*Deg. of Freedom, DOF*), Holonomie

(Aktiver) Freiheitsgrad

Zahl/Art der Bewegungen, die eine einzelne **Komponente** (Rad, Gelenk, ...) ausführen kann (translatorische, rotat. DOF; max. 5!);
Summe der DOF der Komponenten eines Systems (**Roboter**).

Effektiver Freiheitsgrad

Dimensionalität der Pose.

Beispiele

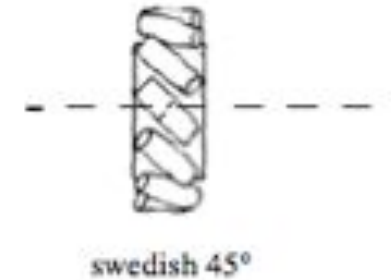
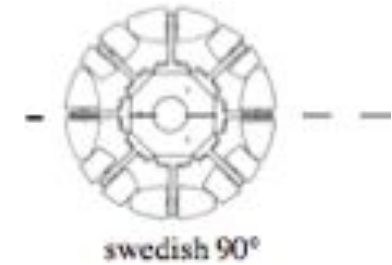
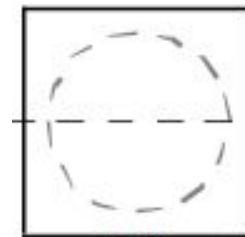
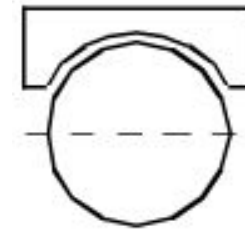
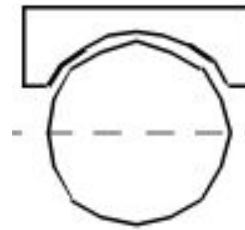
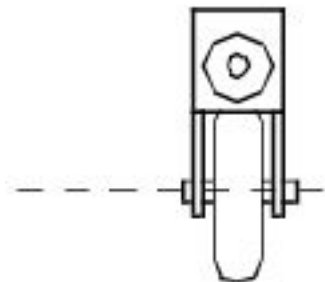
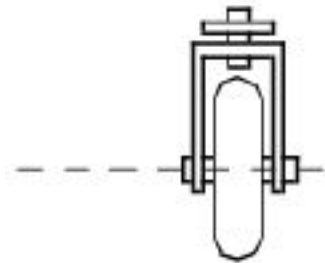
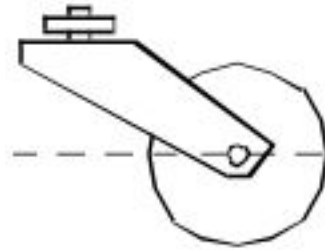
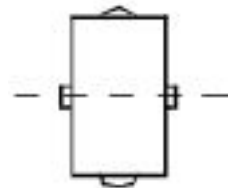
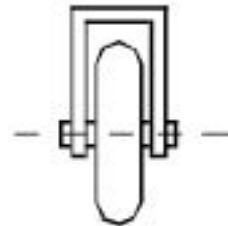
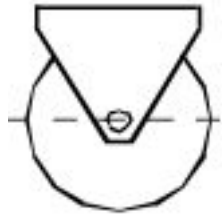
- Starres Rad/Kette: 1 a. DOF
- Differentialantrieb (KURT2):
2 a. DOF
- KURT2 in der Ebene: 3 e. DOF
(s. Folie 39: 3D-Pose (x, z, θ_y))

Holonomie (informell):

Jeder Wert jeder Dimension des e. DOF ist unabhängig von den anderen einstellbar durch Änderungen in den a. DOF. (System kommt „direkt“ von jeder möglichen Pose in jede mögliche andere.)

⇒ Ist #e. DOF > #a. DOF, so ist das System **nicht-holonom**

Räder



Standard-Rad
aktiv, 1-2DOF

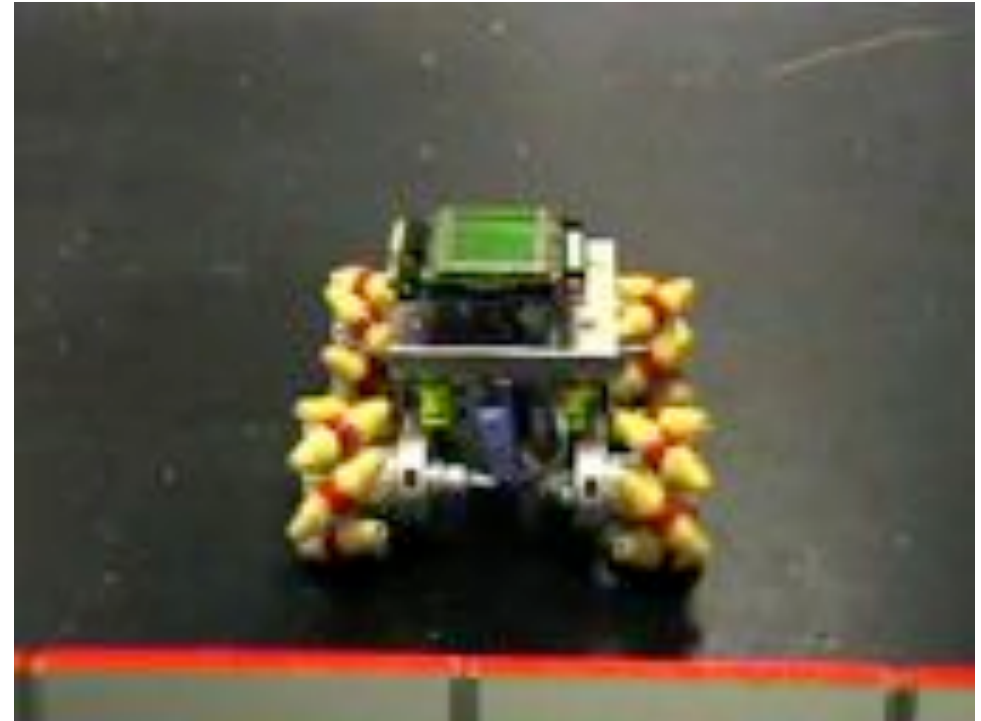
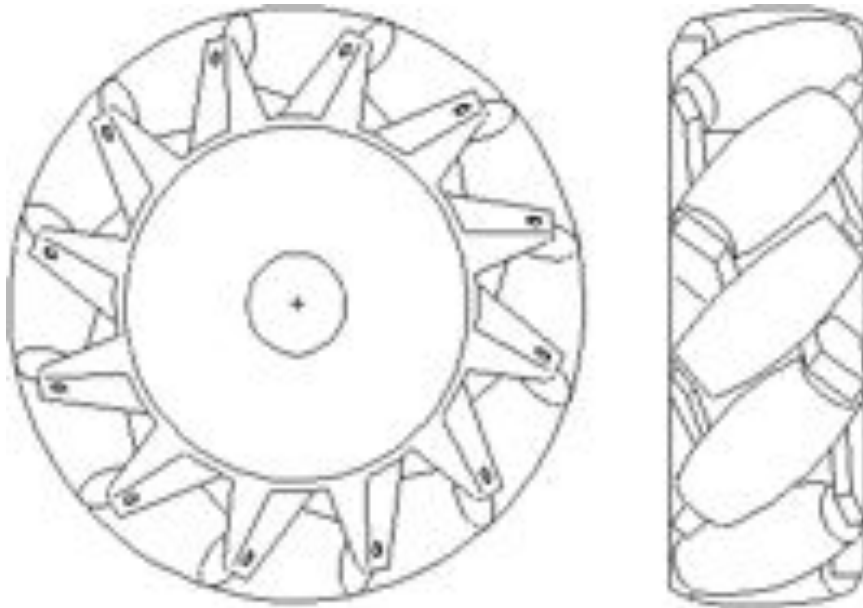
Lauftrad (*castor wh.*)
passiv, 2 DOF

Sphärisches Rad
meist passiv, 3 DOF

Mecanum-Rad
(*Swedish*)
aktiv, 3 DOF

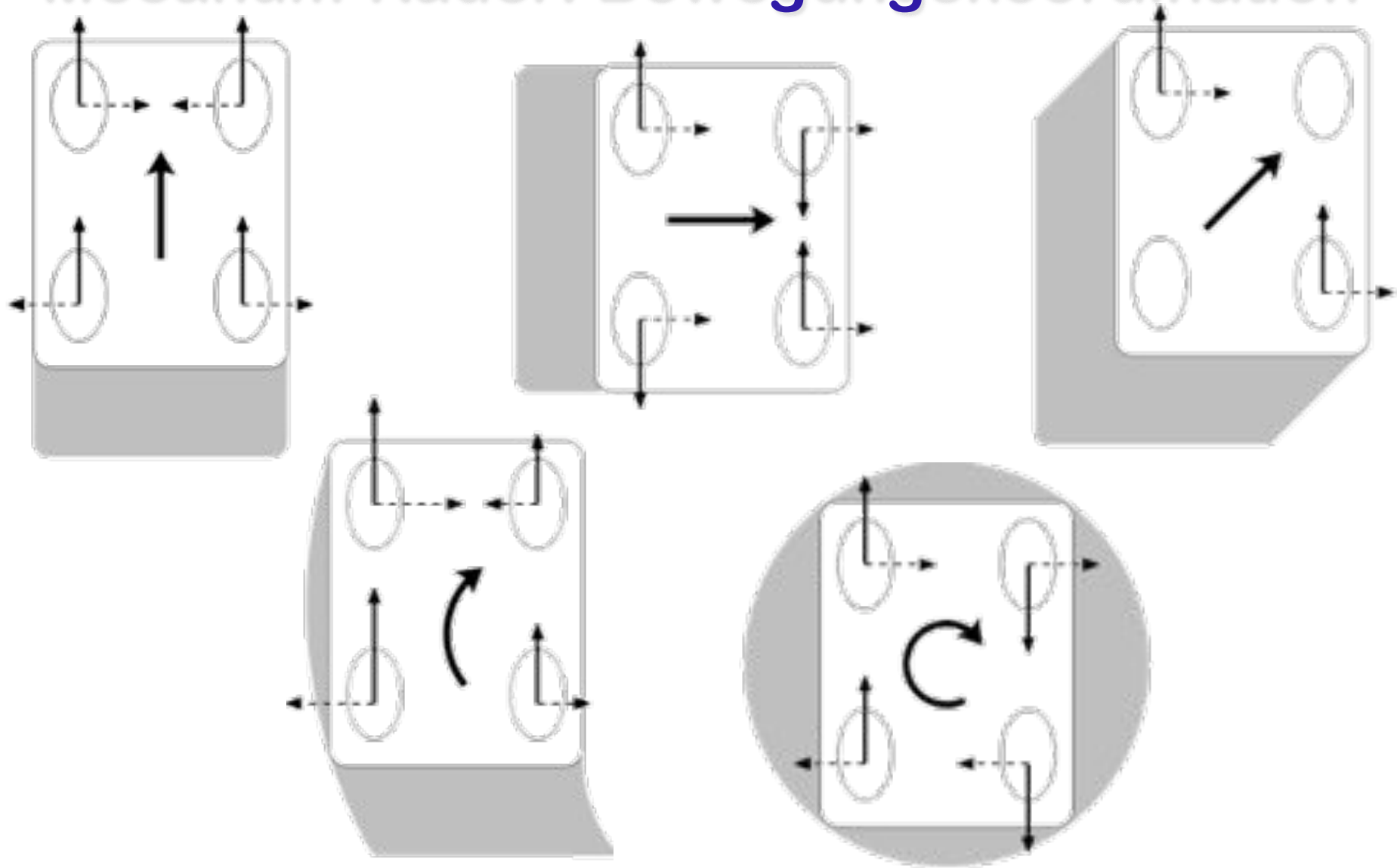
Mecanum-Räder, Detail

Thomas Bräunl,
robotics.ee.uwa.edu.au/braunl.html



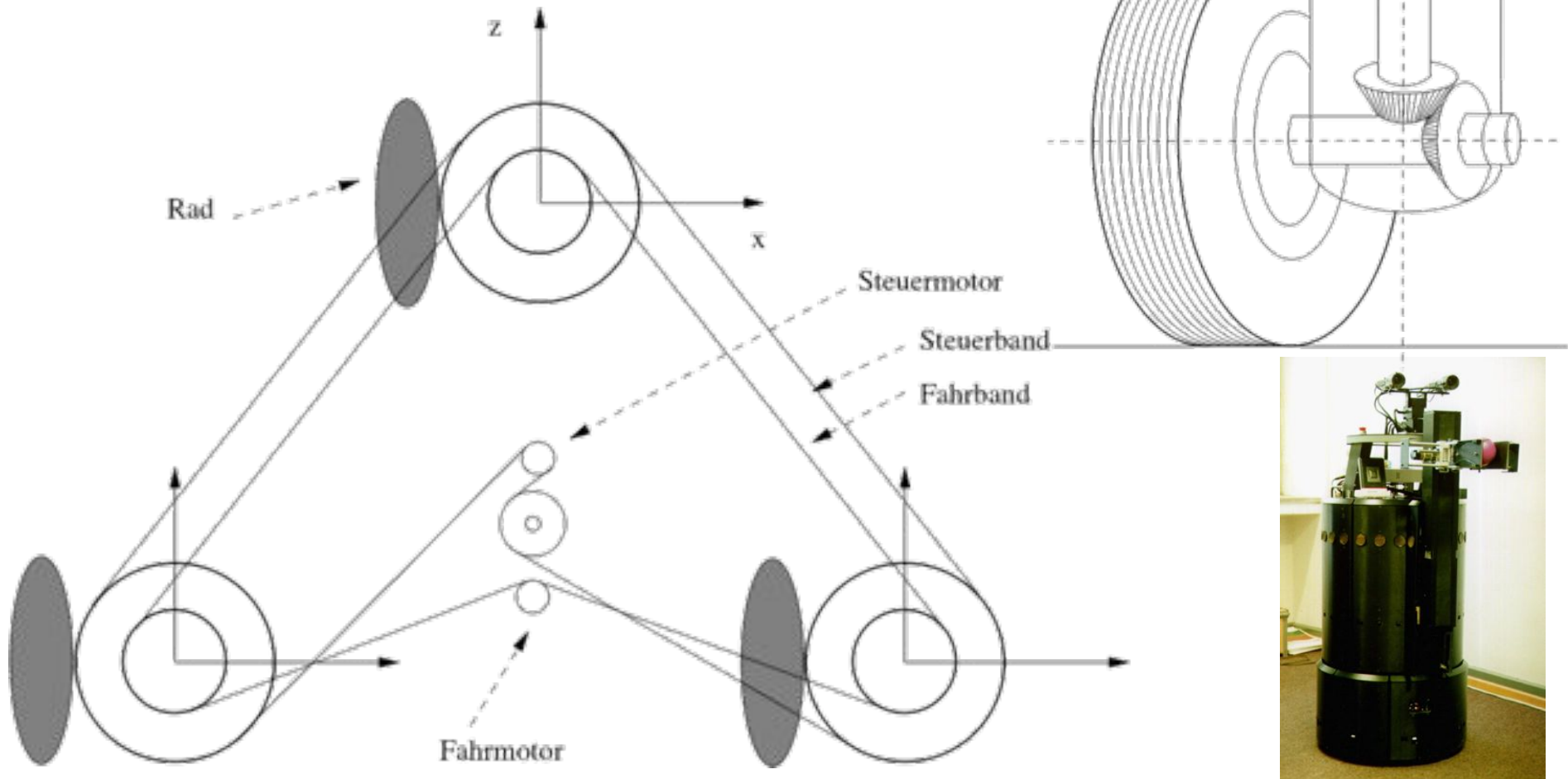
Gesamträder und Rollen angetrieben
→ **Holonom** in der Ebene

Mecanum-Räder: Bewegungskoordination





Synchro-Antrieb

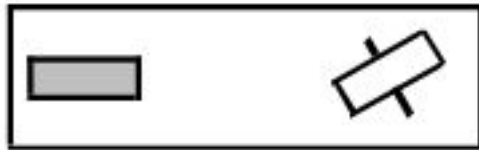
- Holonom
- Gibt's 3- oder 4-rädrig
- Nur für glatte Böden



Radkinematiken I: Zwei-, Dreirad

 aktives Rad
 passives Rad

Zweirad



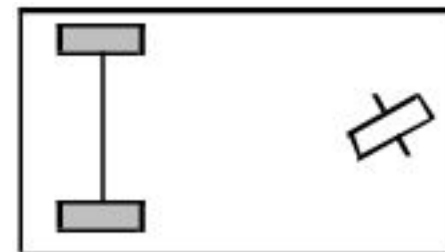
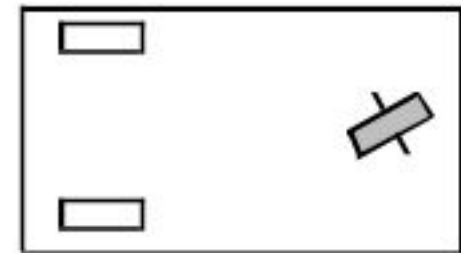
(passiver)
Lenkantrieb



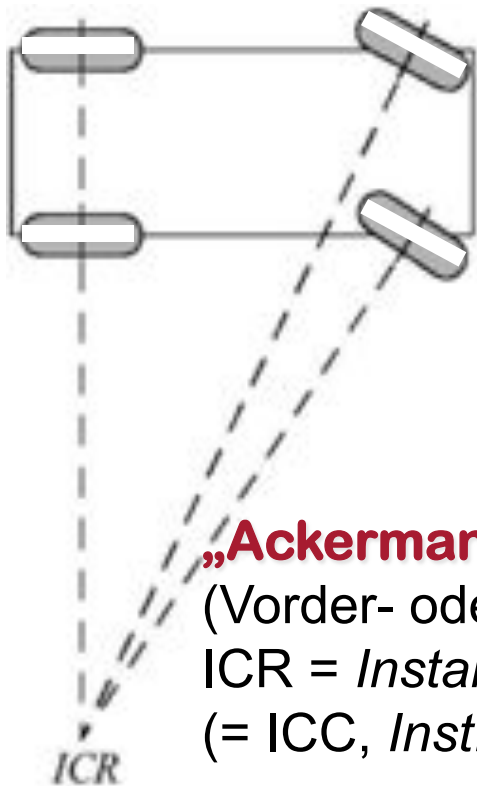
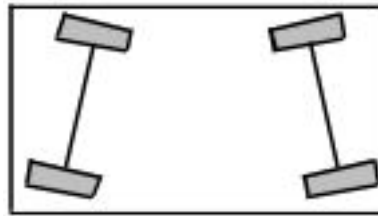
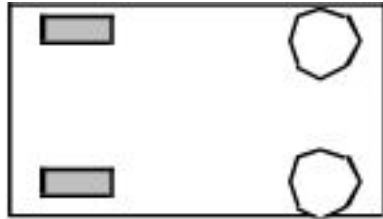
Differenzialantrieb

statisch stabile Kinematik,
falls Schwerpunkt unter
der Achse

Dreirad (statisch stabil)



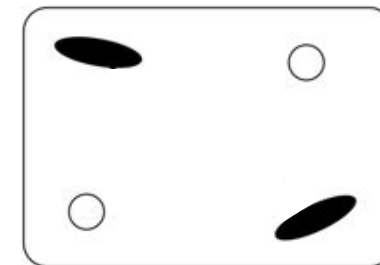
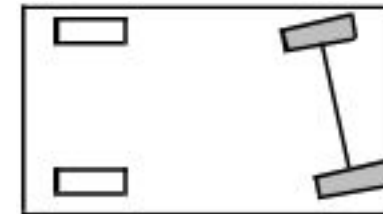
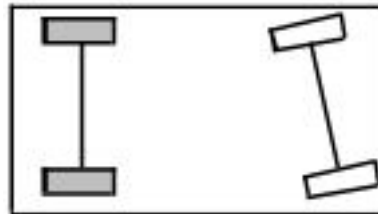
Radkinematiken II: Vierräder



„Ackermann-Kinematik“ (A.-Steuerung)

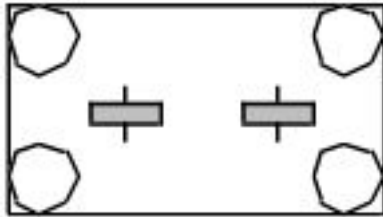
(Vorder- oder Hinterachse angetrieben)

ICR = *Instantaneous Center of Rotation*
(= ICC, *Inst. Center of Curvature*)

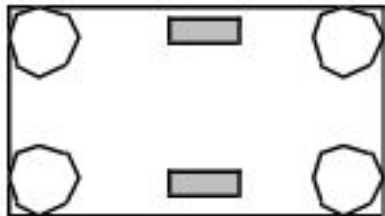


4 Räder, holonom,
„Fahrradkinematik“

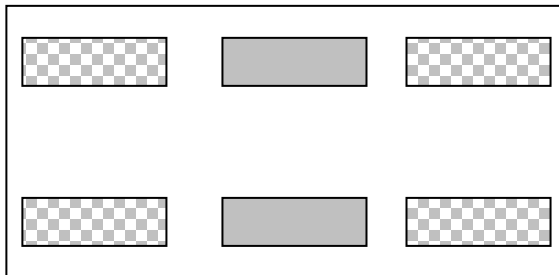
Radkinematiken III: 6 Räder ... oder?



KURT2-Kinematik



bzw.

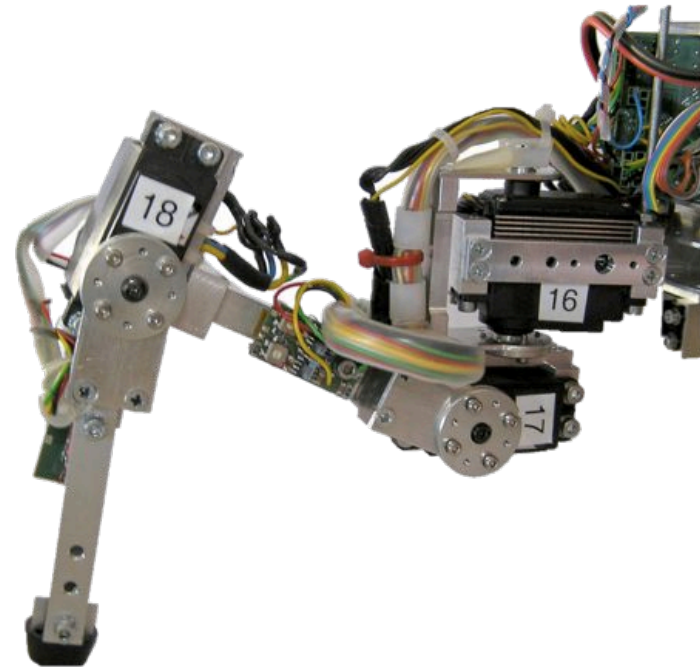
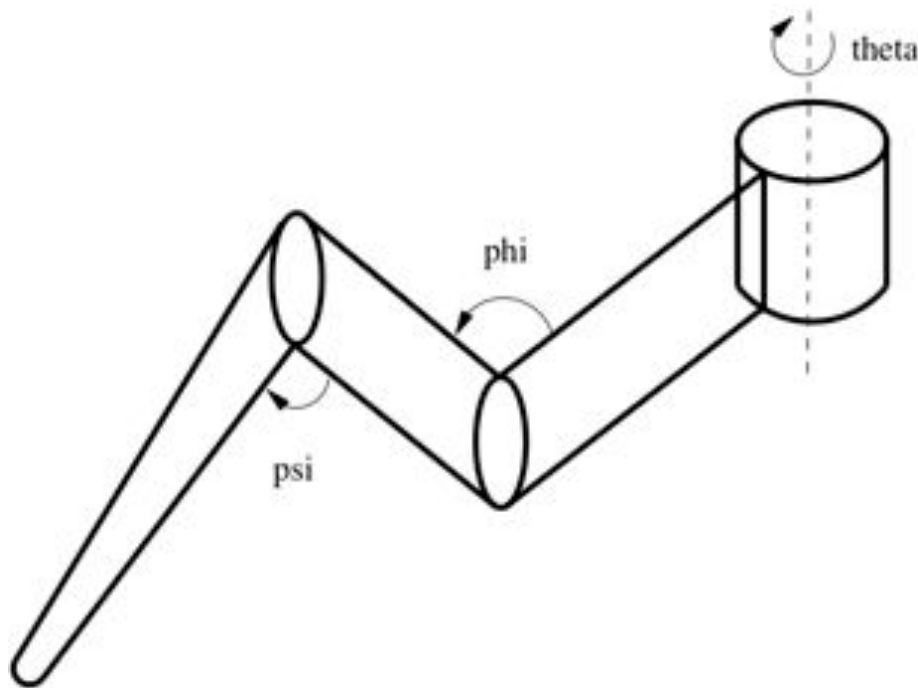


Räder vorn/hinten schleifen!



Laufmaschinen mit Beinen

- ... kommen in dieser Vorlesung nicht weiter vor
- ... machen für manche Anwendungen Sinn (schwieriger Boden)
- ... halte ich für unplausibel, wenn ihr Sinn darin besteht, „biologisch inspiriert“ zu sein
(aber die Biologie sich dafür nicht interessiert)



4.2 Bewegungsschätzung

Globale Lokalisierung (Absolute L.) → nächstes Kapitel!

Ermittle Pose in externem Bezugssystem („Karte“, Koordinatensyst.)

Inkrementelle Lokalisierung (relative L., Lokale L., *tracking*)

Ermittle Pose-Änderung bzgl. Startpose bzw. Zwischenpose

Schätze zurückgelegten Weg durch Integration über die (nominale, vorwärtskinematische) Eigenbewegung

Vorteil:

- Keine Exterozeption (sondern Vorwärtskinematik)

Nachteil:

- Vorw.-Kinematik approximiert nur tatsächliche Bewegung
- Gesamtfehler durch Integration unbeschränkt