

Detektion und Lokalisierung einer Geruchsquelle mit einem autonomen mobilen Roboter

Achim Lilienthal

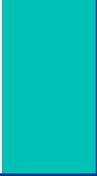
Universität Tübingen

Wilhelm-Schickard-Institut

<http://www-ra.informatik.uni-tuebingen.de>

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN





Inhalt

1. Einsatzgebiete

- Passiv (keine Geruchserzeugung)
- Aktiv (Erzeugen einer Geruchsspur)

2. Sensorik („Elektronische Nase“)

- Metalloxid-Sensoren (MOX)
- Schwingquarze (QMB)

3. Einsatz in der Robotik (Literatur)

- Spurverfolgung
- Einsatz bei gegebener Strömung mit dominanter Vorzugsrichtung
- Einsatz in „natürlicher“ Umwelt

4. Experimente in „natürlicher“ Umgebung

- 2D-Versuche
- Experimente mit Randbedingungen

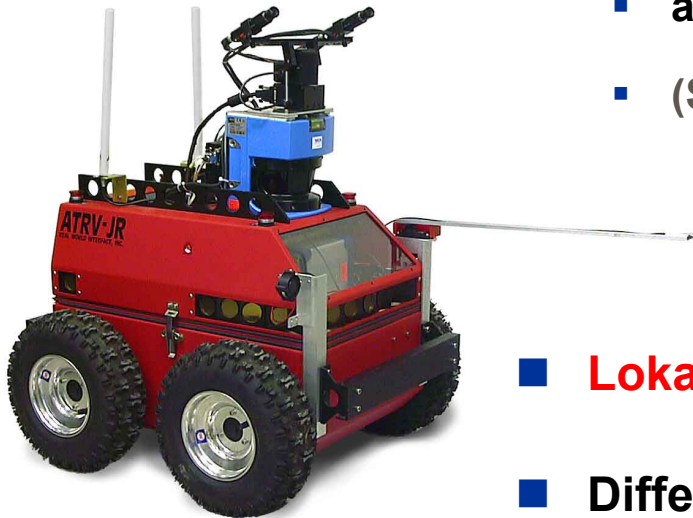


5. Ausblick

1 **Passiver Einsatz: Elektronischer Wachmann**

- **Detektion** (Unregelmäßigkeiten im „Geruchsraum“):

- auslaufendes Lösungsmittel
- ausströmendes Gas (Inspektion von Gasleitungen)
- ausbrechendes Feuer
- (Suche nach Betäubungsmitteln, ...)



- **Lokalisierung** der Gasquelle

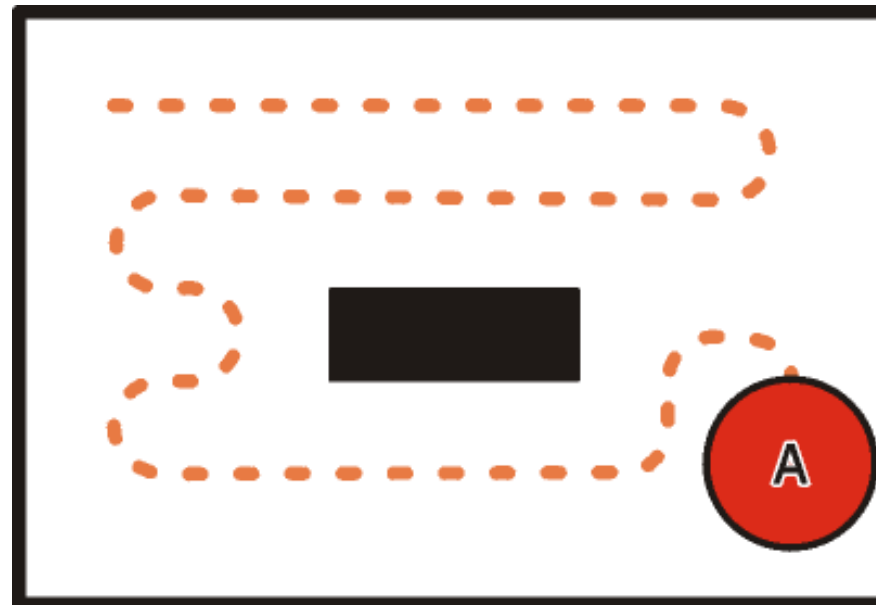
- Differenzierung bzw. Identifikation

1

Aktiver Einsatz, Szenarien

■ Repellent Marking Scenario (vgl. Bienen)

- Erzeugen einer abstoßenden Geruchsspur (temporäres Markieren befahrener Fläche)
- z.B.: Reinigung



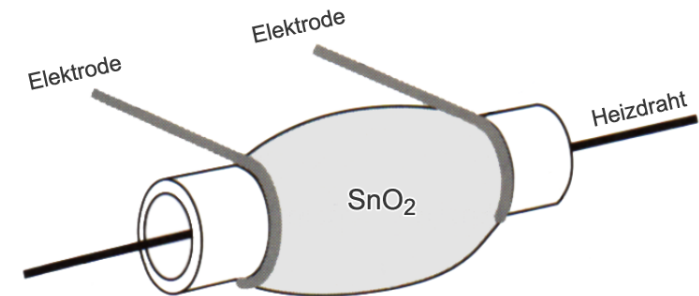
⇒ Engelberger

⇒ Russell et al.

2 Sensorik, Metalloxid-Sensoren (MOX)

■ Funktionsprinzip

- Änderung der **Leitfähigkeit** (Oxidations-/Reduktionsreaktionen)
- Dotiertes Metalloxid, poröse Oberfläche



■ Eigenschaften

- Betriebstemperatur: 100°C – 500 °C
- Hohe Sensitivität
- Relativ geringe Selektivität

■ Verwendete MOX-Sensoren (Figaro)

- Hohe Sensitivität gegenüber Alkoholen (Ethanol)

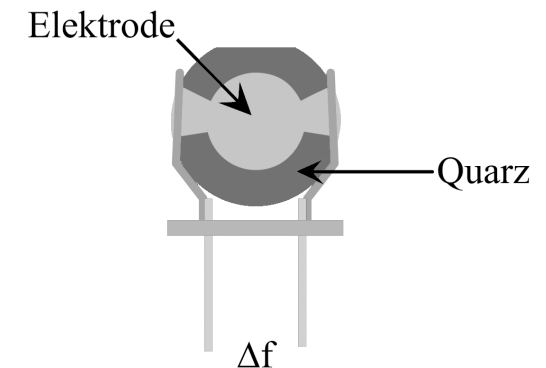
2 Schwingquartz (QMB)

■ Funktionsprinzip

- Einlagerung der Moleküle in die Oberfläche
- Änderung der Eigenfrequenz (Masseneffekt)

■ Eigenschaften

- Betrieb bei Raumtemperatur (thermostatisiert)
- Relativ hohe Sensitivität (für Moleküle mit rel. großer Masse)
- Relativ geringe Selektivität
- Geringe Ansprechzeit



3 Einsatz in der Robotik

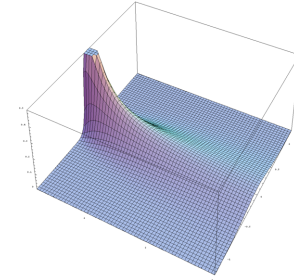
Verfolgen einer Geruchsspur (Odour Trail)

- Alkoholspur
- MOX-Sensoren
- Abstand zur Geruchsspur ~ 10 – 30 cm
- Fühlerpaar links und rechts der Geruchsspur (Osmotropotaxis)
- Neuronales Netz (Feedforward)

⇒ Sharpe & Webb

d klein

3 Einsatz in der Robotik



Kontrollierte Luftströmung & hohe Konzentration

■ QMB

- Quelle: Auf Kartons aufgesprühter Kampfer ($C_{10}H_{16}O$)
- $v_{Wind} \sim 0.5 - 1 \text{ m/s}$
- Einfache Bestimmung der Windrichtung (wind vane)

⇒ Russell et al.

■ MOX

- Quelle: Gasförmiges Ethanol aus Düse (vgl. Gasleck)
- $v_{Wind} \sim 0.3 - 0.5 \text{ m/s}$
- Anemometer zur Bestimmung der Windrichtung
- Detektion der Gasfahne (plume) und Upwind Search

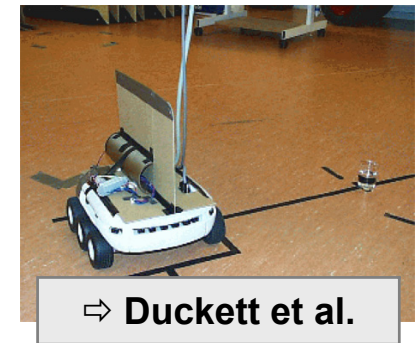
⇒ Moriizumi et al.

$$v_{Wind} \gg v_{Turbulenz}$$

3 Einsatz in der Robotik

Unbekannte Strömungssituation, Turbulenz

- MOX, Stereo Nose Architecture (2 x 4 MOX und Lüfter)
- Quelle: Flüssiges Ethanol/Aceton
- Orientierung zur Quelle mit neuronalem Netz (rekurrent)
- Strömungssituation unbekannt

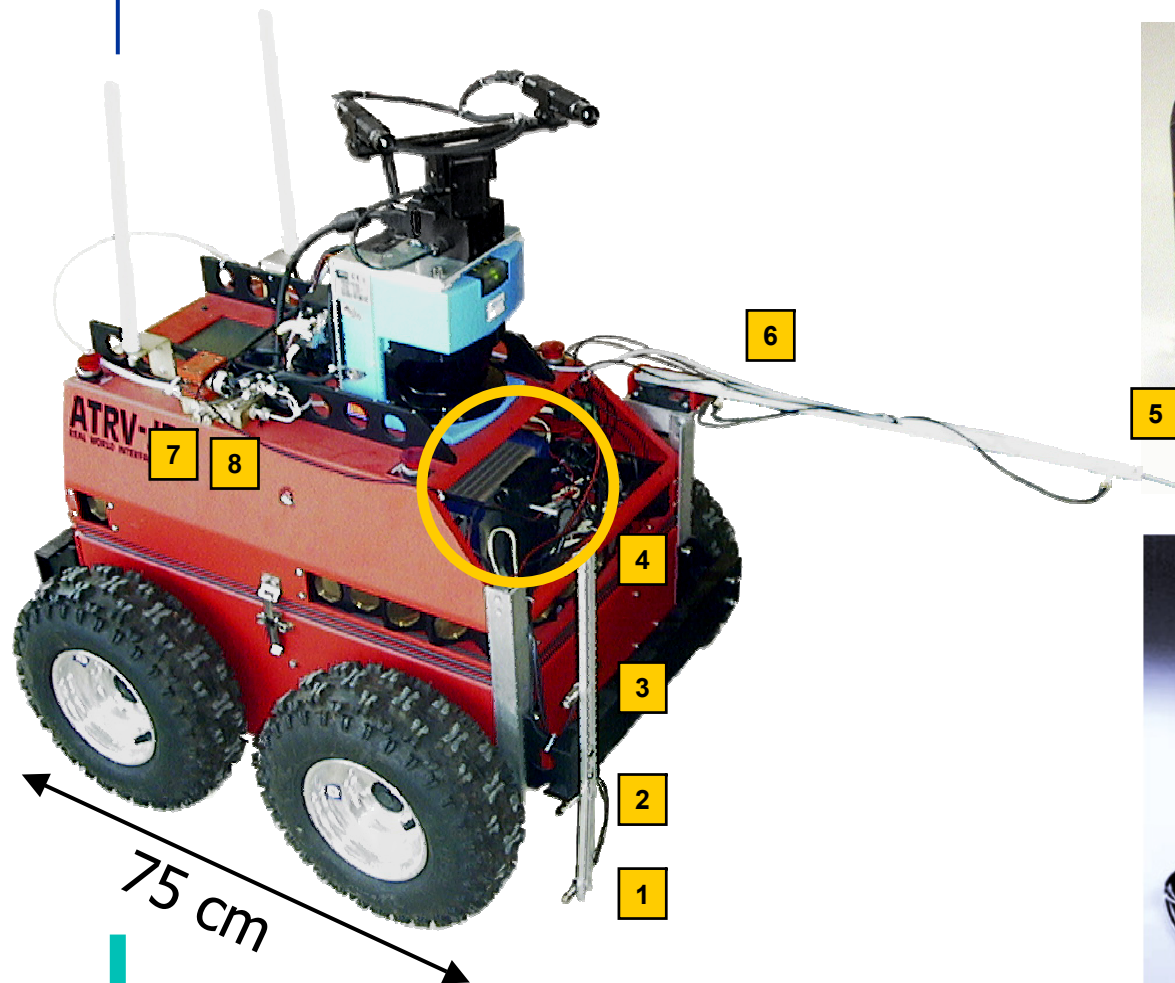


- MOX, 8x variabel, Ansaugpumpe, ...
- Quelle: Flüssiges Ethanol/Aceton
- Detektion und Lokalisierung
- Keine dominante Strömung

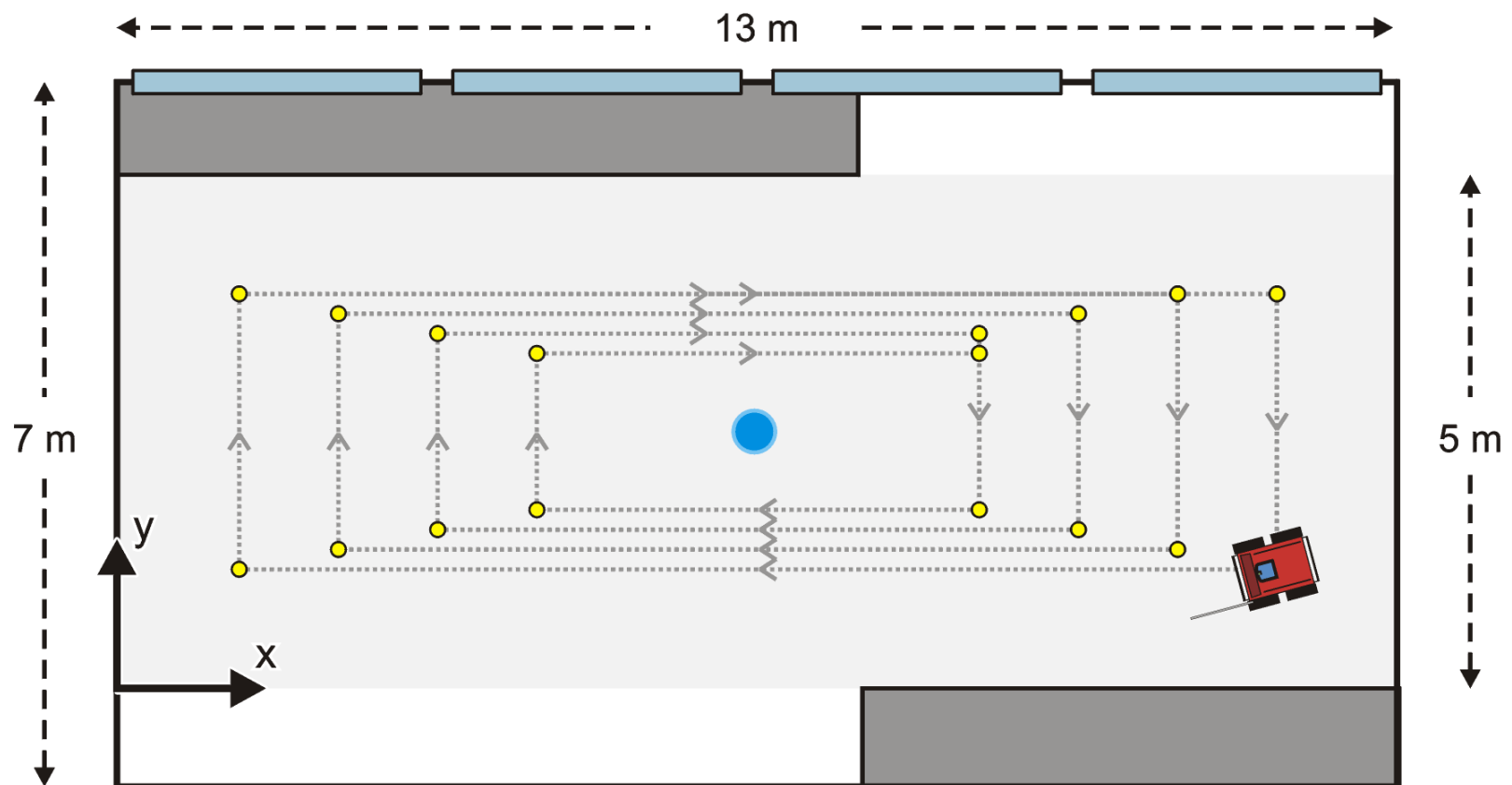


$v_{Wind} \sim v_{Turbulenz}$ bzw. v_{Wind} unbekannt

4 Aufbau, Roboter



4 2D-Experiment, Aufbau



4 2D-Experiment, Ablauf

■ Versuch

- Dauer ca. 2 h

■ Fahrt

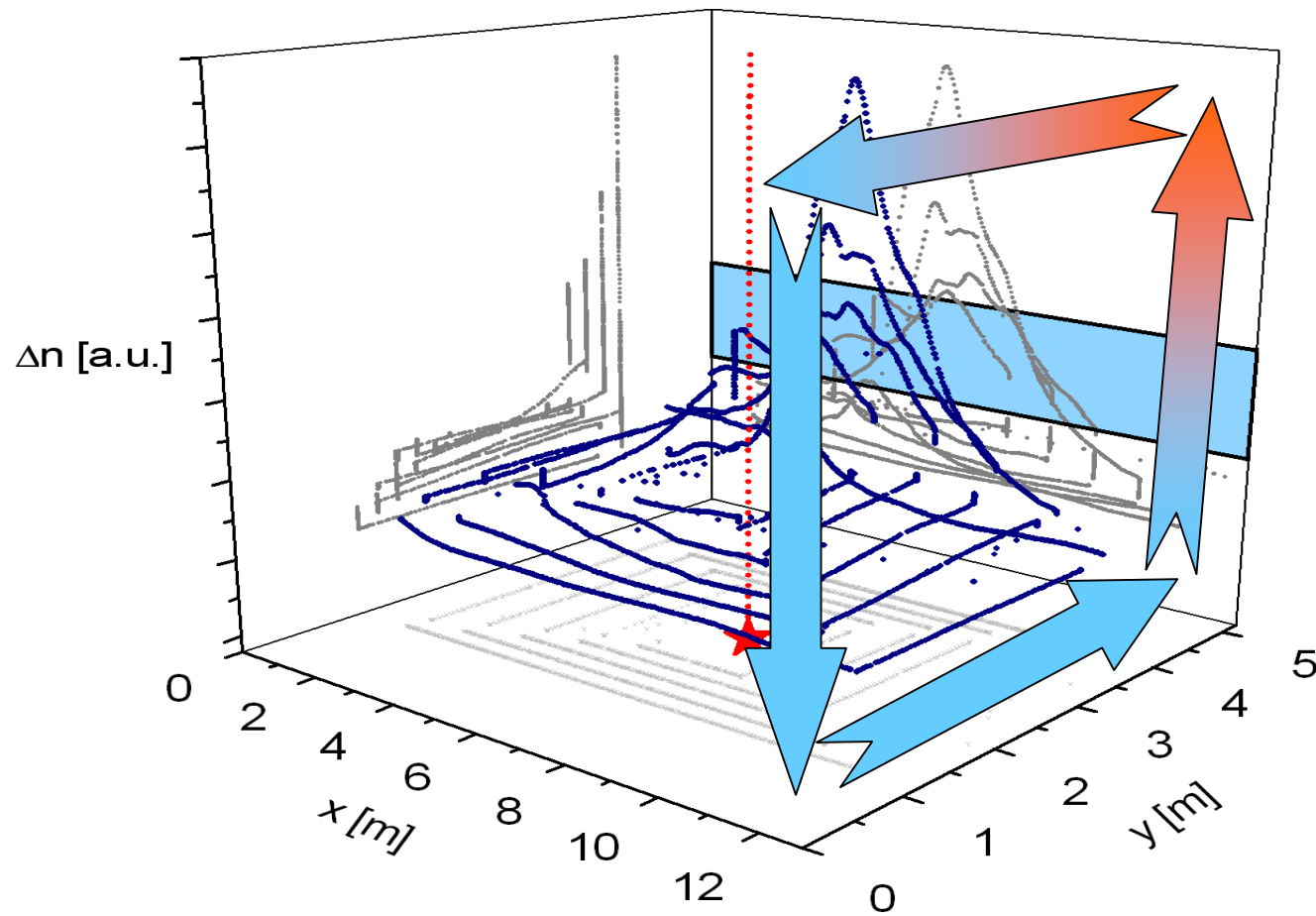
- $v_{Lin} = 5 - 20 \text{ cm/s}$
- $v_{Rot} = 20 - 120 \text{ °/s}$

■ Quelle

- Ethanol
- Zu Beginn befüllt

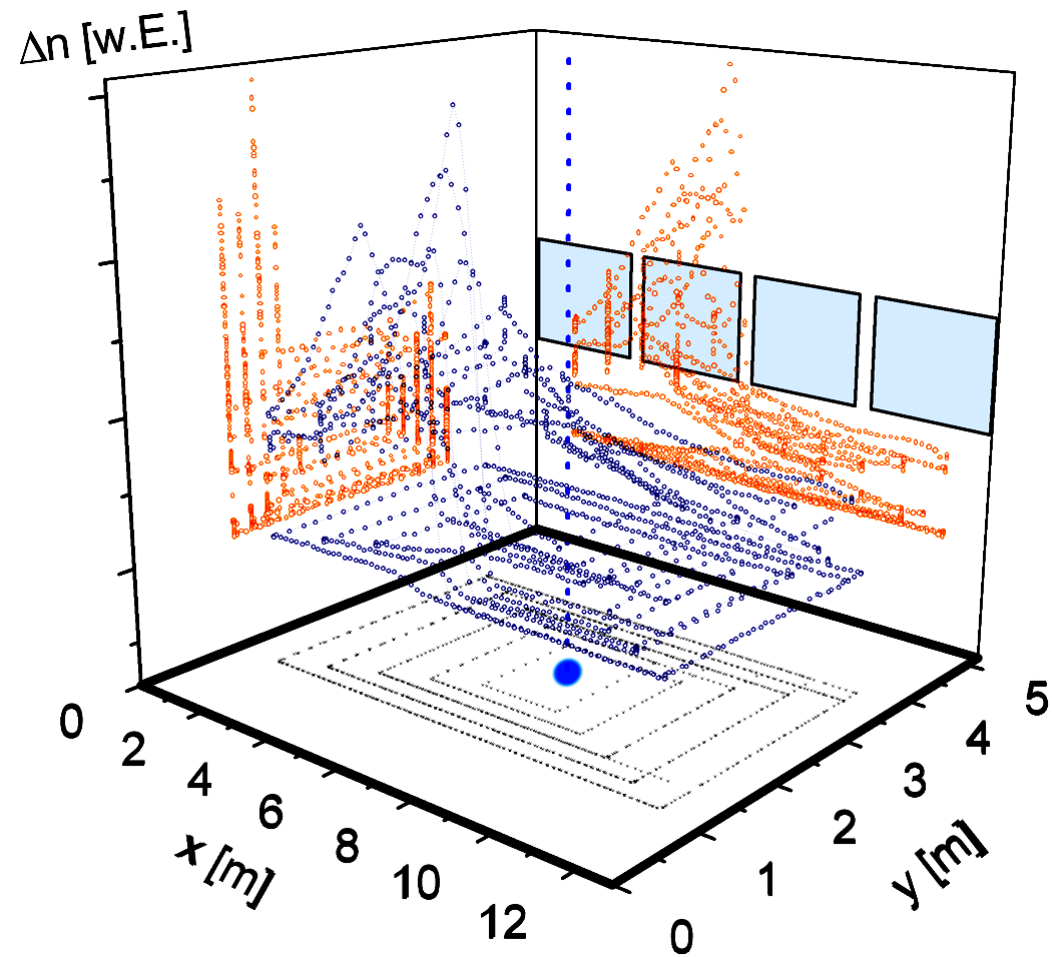


4 2D-Experiment: Sommer



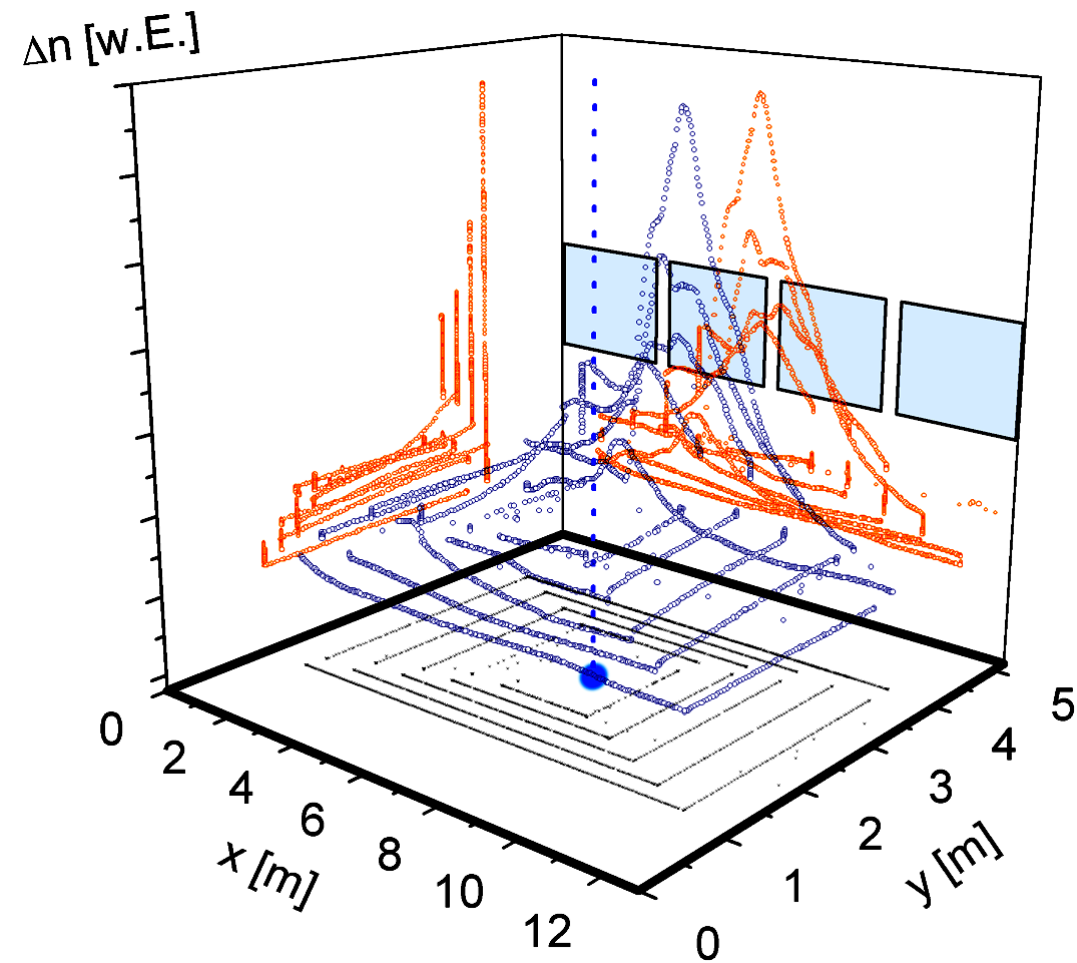
4 2D-Experiment: Winter

Februar 2002



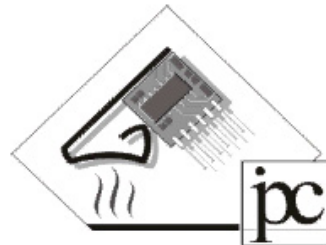
4 2D-Experiment: Sommer

Mai 2001

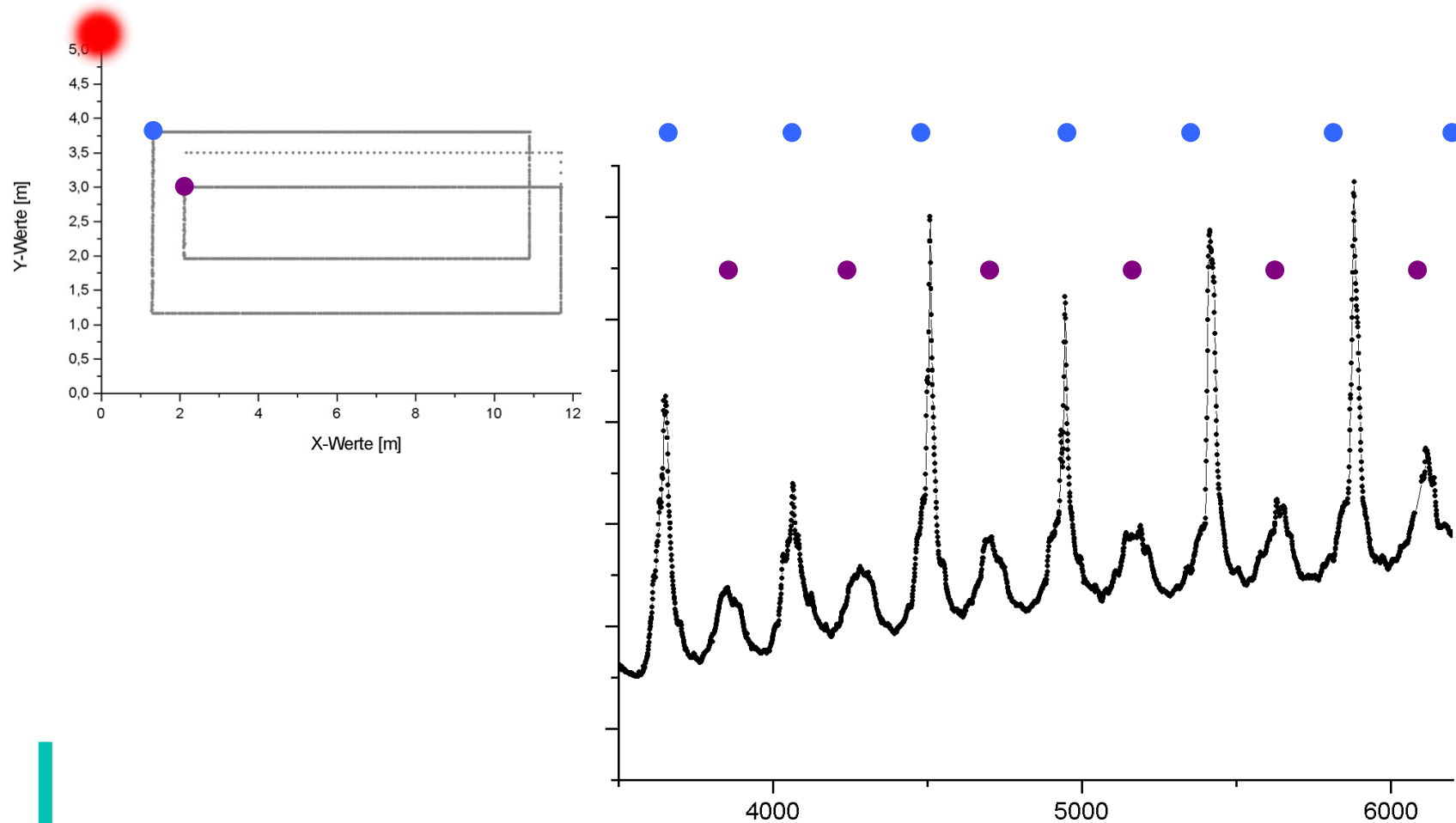


4 Lokalisierung mit Randbedingungen

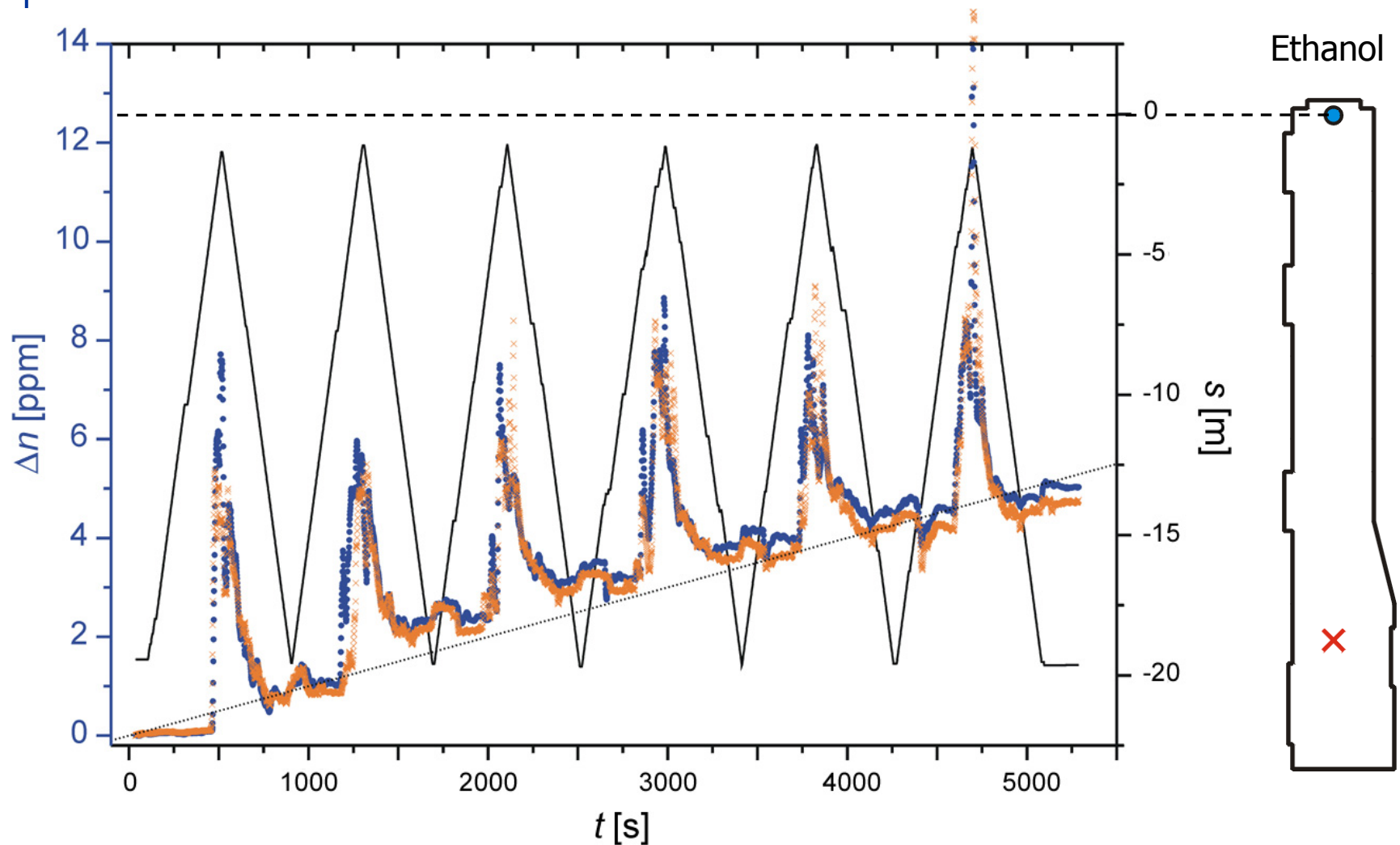
Elektronischer Wachmann
Mobiler Roboter



4 Lokalisierung mit Randbedingungen



4 1D-Lokalisierung



5 Ausblick

■ Lokalisierungsstrategien

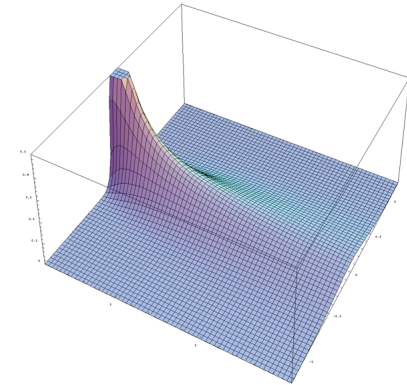
- Modell-basiert
- Verhaltensbasiert

■ Umgebung

- Belebte Indoor-Umgebung
- Outdoor

■ Identifizierung von Gasen

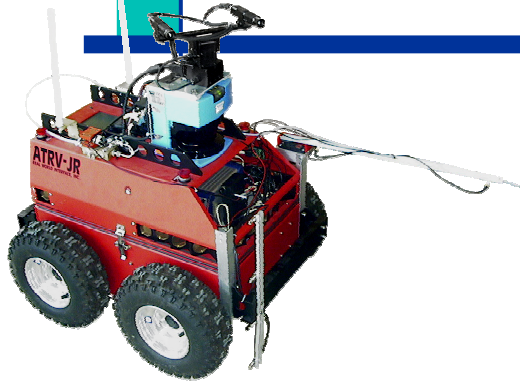
- Gepumpte Messzelle (200 ml/min)
- MOX und QMB



$$C_{\text{stat}} = \frac{q}{4 \pi K} \frac{1}{d} e^{-\frac{v_{\text{wind}}}{2K} (d-x)}$$



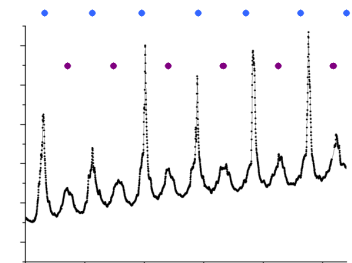
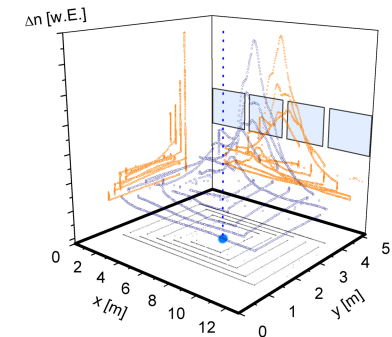
Detektion und Lokalisierung einer Geruchsquelle mit einem autonomen mobilen Roboter



Achim Lilienthal

Universität Tübingen
Wilhelm-Schickard-Institut

<http://www-ra.informatik.uni-tuebingen.de>



EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

