



# Experimentelle Analyse verteilter Ereigniserkennung in Sensornetzen

Verteidigung der Diplomarbeit

Christian Wartenburger

02.02.2009



## Themenübersicht

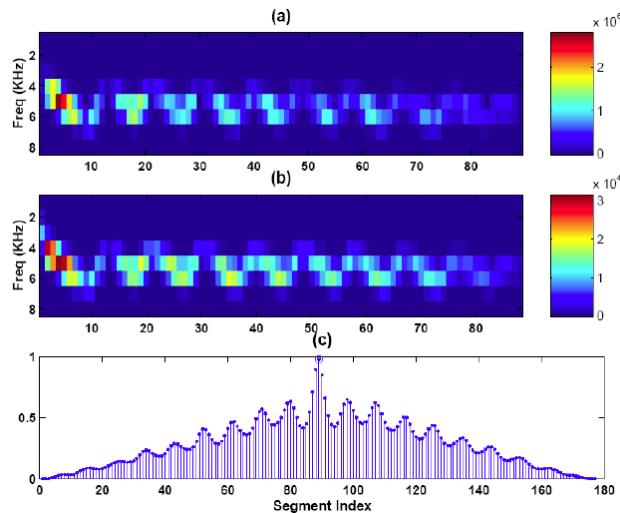
- Motivation und Zielsetzung
- Verwandte Arbeiten
- Überblick über das bestehende System
- Erweiterung der verteilten Ereigniserkennung
- Auswertung
- Zusammenfassung und Ausblick



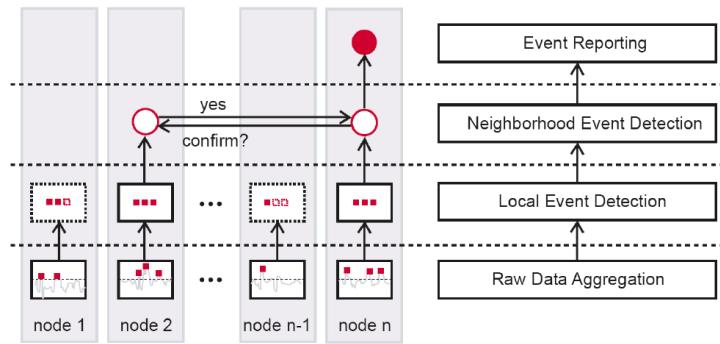
## Motivation und Zielsetzung

- Arbeit basiert auf „Verteilte Ereigniserkennung in Sensornetzen“ von Norman Dziengel
  - Verteilte Erkennung von Ereignissen ohne externe Rechenleistung
  - Entwicklung und Test unter Laborbedingungen
- Weiterentwicklung bis zur Praxistauglichkeit
- Test der Praxistauglichkeit durch großangelegten Feldversuch

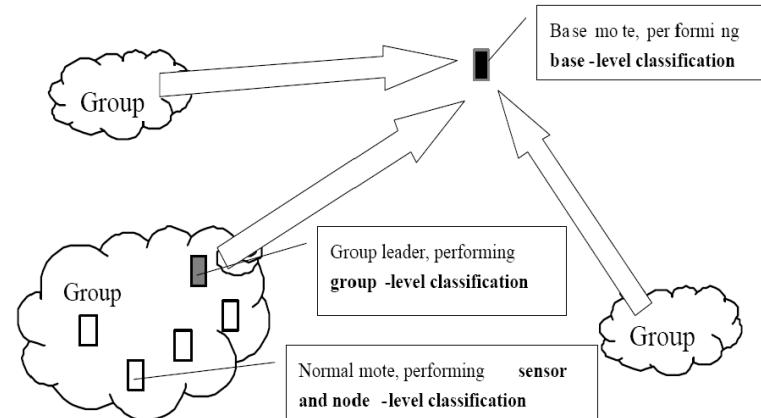
# Verwandte Arbeiten



Lebensraumüberwachung [Wan03]



Fence Monitoring [Wit07]

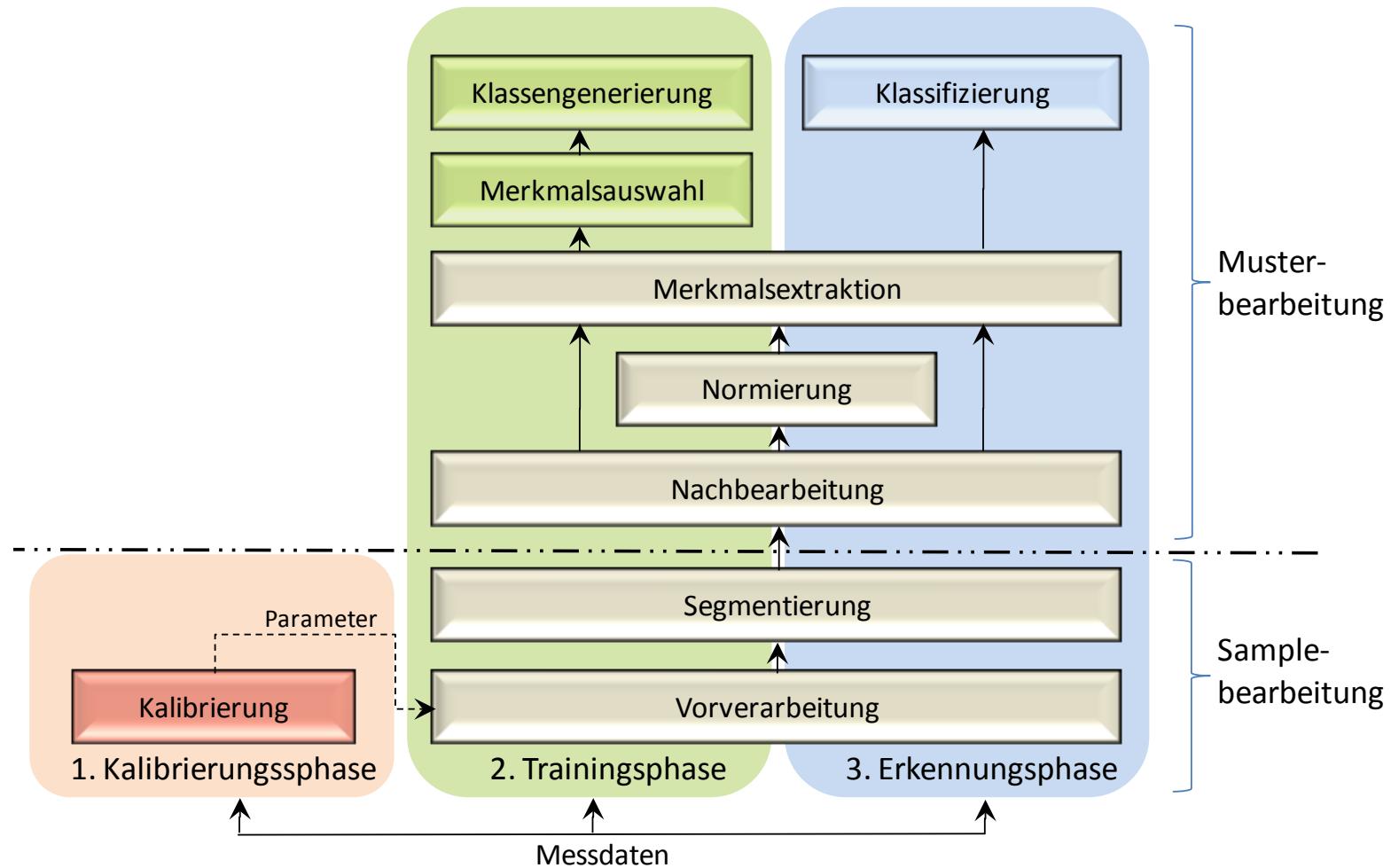


Überwachung von Kampfgebieten [Gu05]

## Quellen:

- [Wan03] Wang, H., Elson, J., Girod, L., Estrin, D., Yao, K. *Target classification and localization in habitat monitoring*. s.l. : IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 4, 2003.
- [Wit07] Wittenburg G., Terfloth K., Villafruete, F. L., Naumowicz, T., Ritter, H., Schiller, J. 2007. *Fence Monitoring - Experimental Evaluation of a Use Case for Wireless Sensor Networks*. 2007. Proceedings of the Fourth European Conference on Wireless Sensor Networks (EWSN '07), 163-178, 2007.
- [Gu05] Gu, L., Jia, D., Vicaire, P., Yan, T., Luo, L., Tirumala, A., Cao, Q., He, T., Stankovic, J., Abdelzaher, T., Krogh, B. *Lightweight Detection and Classification for Wireless Sensor Networks in Realistic Environments*. Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems, 205-217, 2005.

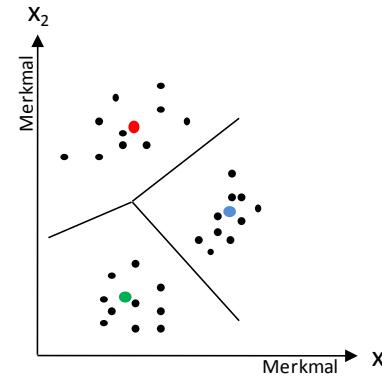
# Bestehendes System - Mustererkennung



# Bestehendes System – Verteilte Erkennung

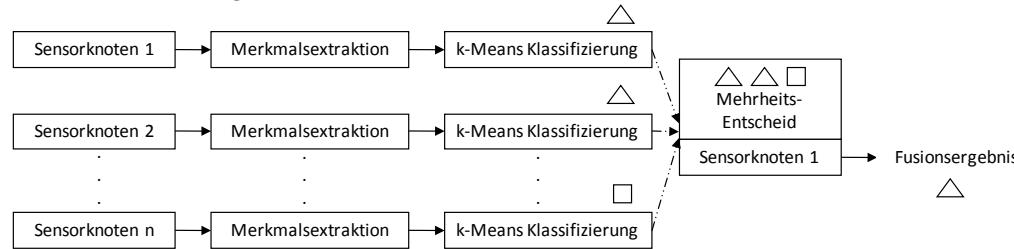
- Klassengenerierung /

## Klassifizierung

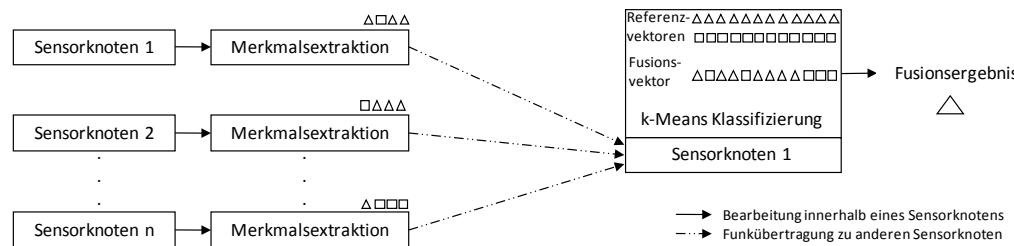


- Fusionsmethoden

Methode 1: Klassifizierungsfusion



Methode 2: Merkmalfusion



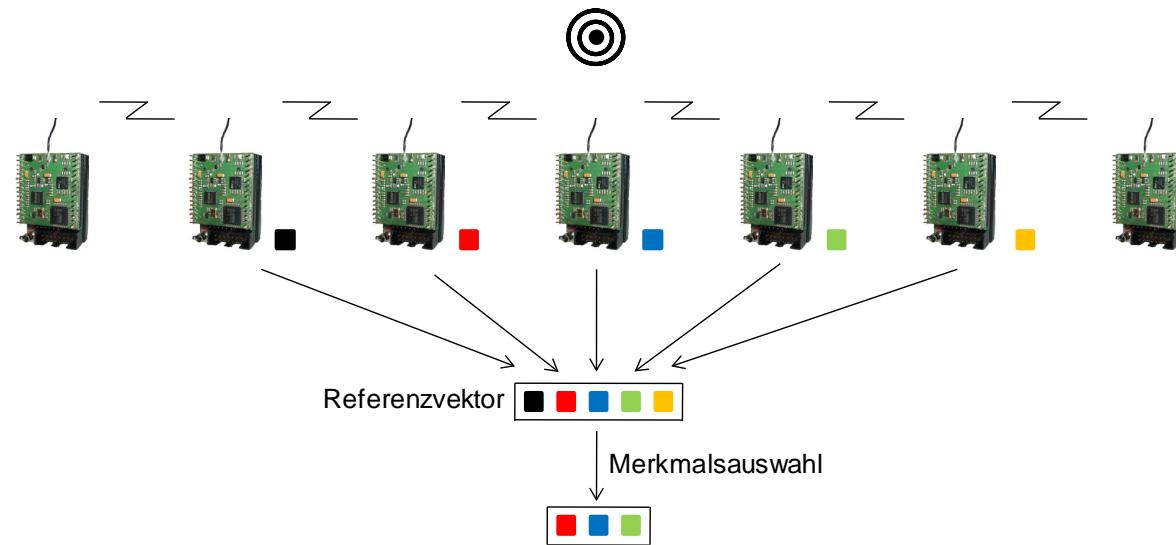


# Erweiterung der verteilten Ereigniserkennung

- Ortsunabhängigkeit
  - Verteilte Erkennung von Ereignissen unabhängig von der Trainingsposition
- Dynamische Anzahl an Knoten
  - Verschieden viele Knoten können an einem Ereignis beteiligt sein
  - Koordination des Trainings erforderlich
  - Anzahl an ausgetauschten Daten für eine Erkennung muss variabel sein
- Hohe Anzahl an Knoten
  - Daten theoretisch sehr vieler Knoten sollen verwendet werden können
  - Auswahl geeigneter Merkmale aufgrund von Speicherbeschränkungen

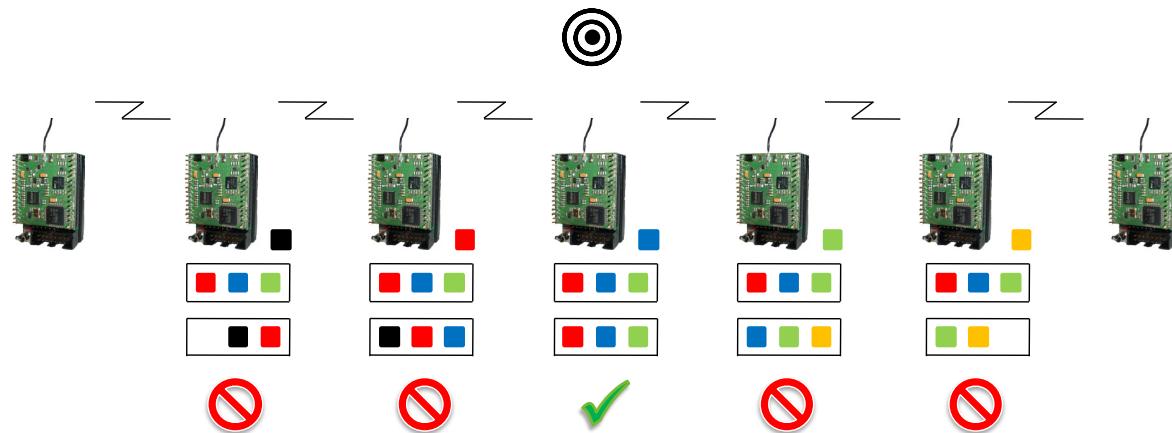
# Ortsunabhängigkeit - Training

- Anpassung des Trainings
  - Wird an einem festen Ort ausgeführt
  - Fusion der Merkmalsvektoren durch eindeutige Anordnung anhand von aufsteigenden Knoten-IDs



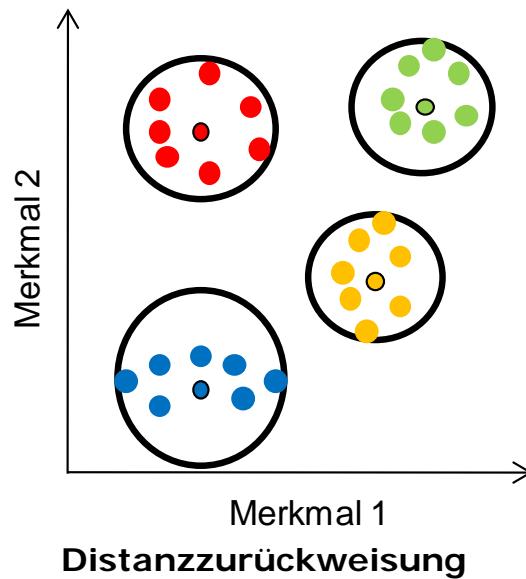
# Ortsunabhängigkeit - Erkennung

- Anpassung der Erkennung
  - Jeder Knoten ordnet Merkmalsvektoren in äquivalenter Anordnung zum Training anhand eines definierten Bezugspunktes an
  - Nur eine korrekte Klassifizierung durch genau eine richtige Anordnung



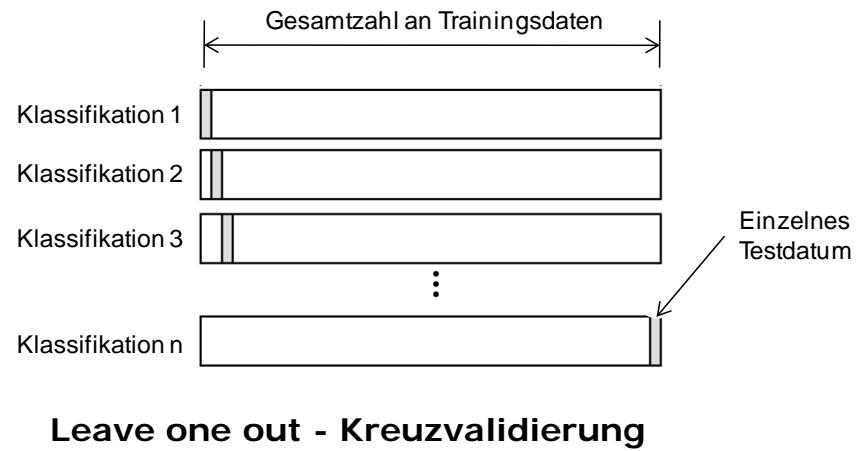
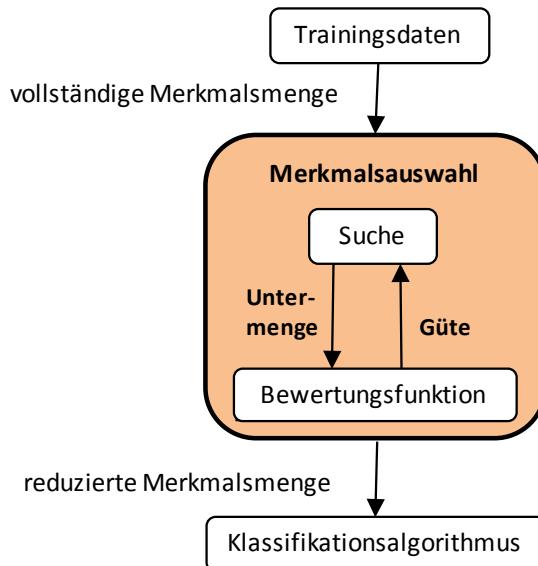
# Zurückweisung

- Zurückweisung falscher Anordnungen
- Distanzzurückweisung: Zurückweisungsgrenze ist die Entfernung vom Referenzpunkt zum am weitesten entfernten Trainingspunkt



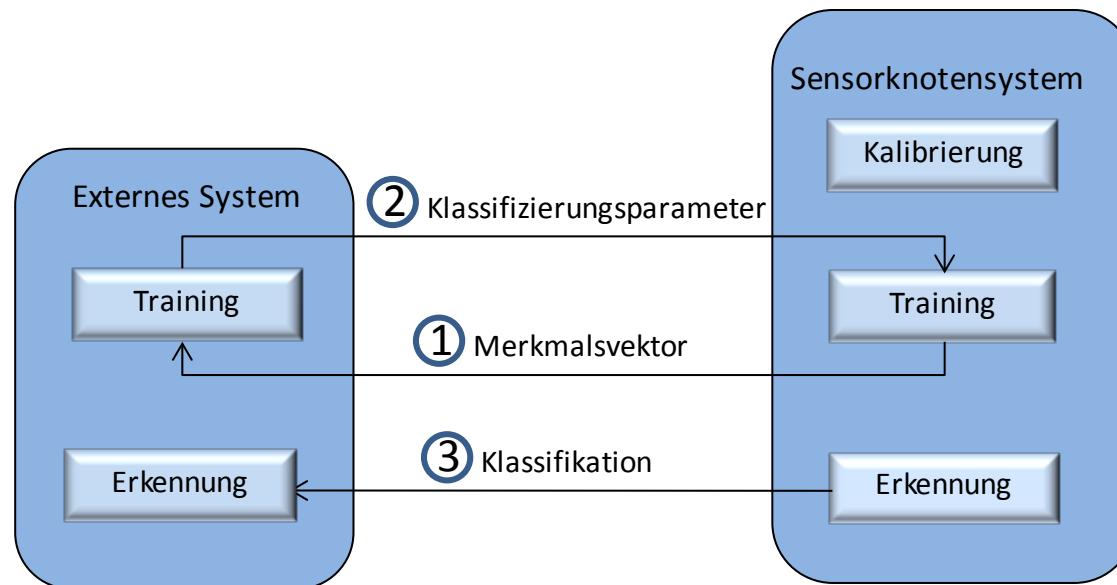
# Merkmalsauswahl

- Verwendung der Referenzvektoren vieler Knoten mit allen Merkmalen überschreitet Speichergrenze und Rechenleistung der Sensorknoten
- Automatische Merkmalsauswahl zum Finden einer möglichst guten Merkmalsmenge



# Systemarchitektur

- Sensorknoten können Anforderungen nicht allein bewältigen
- Einführung eines externen Systems zur Verwendung während des Trainings und Anzeige und Evaluierung von Klassifikationsergebnissen durch eine Klassifikationsfusion



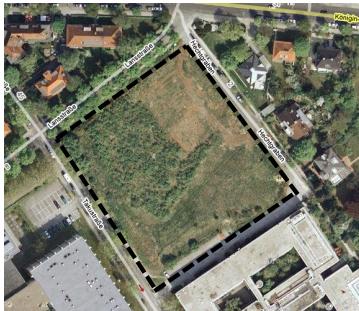
## Beschreibung des Anwendungsfalls

- Erkennung sicherheitsrelevanter Ereignisse an einem Bauzaun
- Ein Sensorknoten an jedem Bauzaunelement befestigt
- Schwankung überträgt sich gedämpft auf andere Bauzaunelemente



# Auswertung

- Feldversuch an Hotelbaustelle mit 100 Sensorknoten
- 120 Muster (60 ortsabhängig, 60 ortsunabhängig)
- Untersucht wird in Verbindung mit Distanzzurückweisung:
  - Merkmalsfusion im Sensornetz auf dem zentralen Knoten
  - Merkmalsfusion im Sensornetz und Klassifikationsfusion auf dem externen System



© 2008 Google

# Ereignisse



**Langes Schütteln**



**Treten**



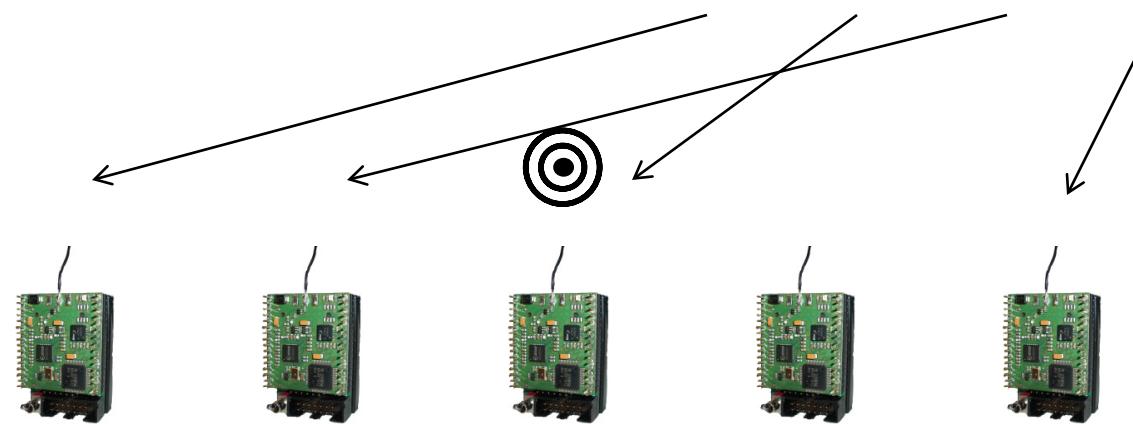
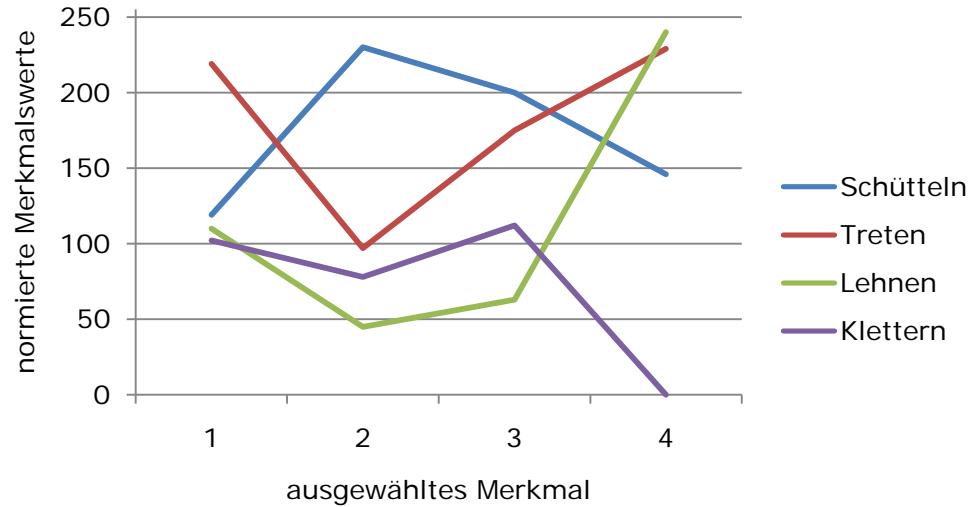
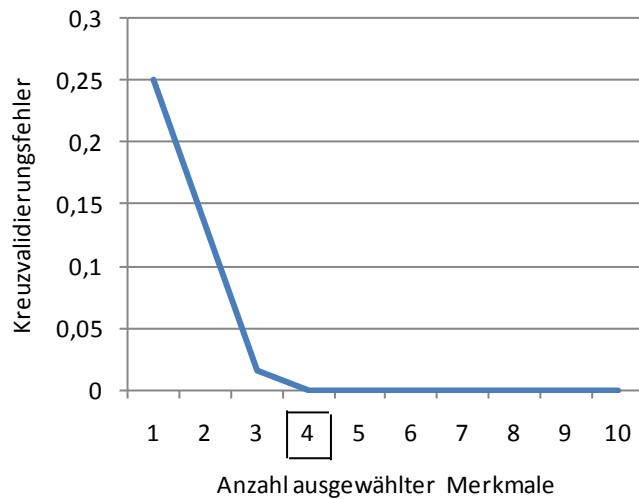
**Lehnen**



**Klettern**

# Training

- Ausgewählte Merkmale bei der Kreuzvalidierung

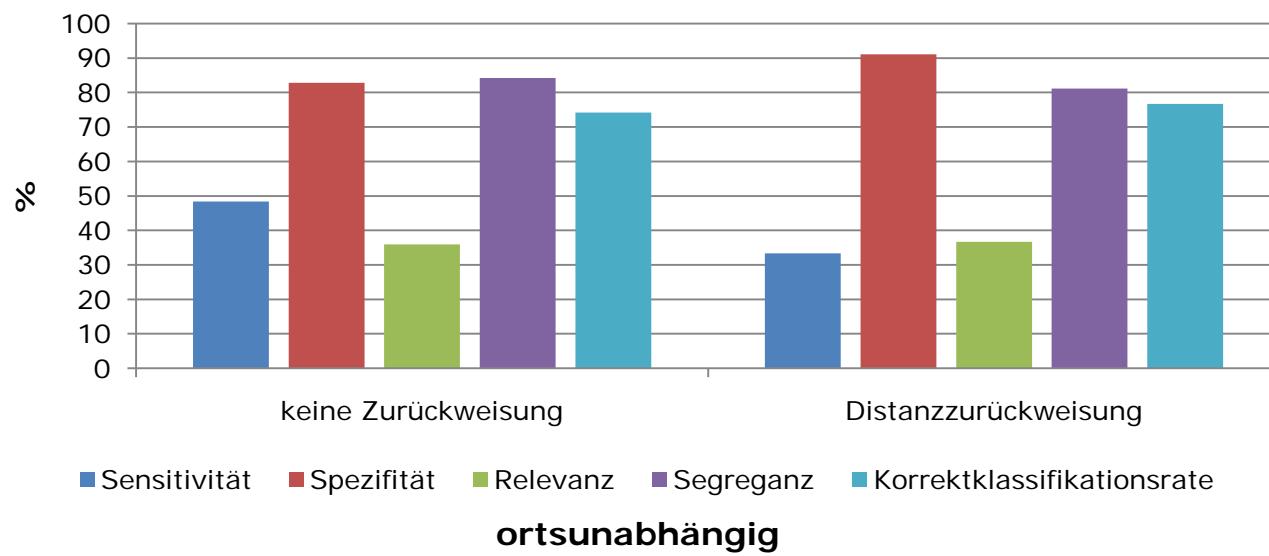
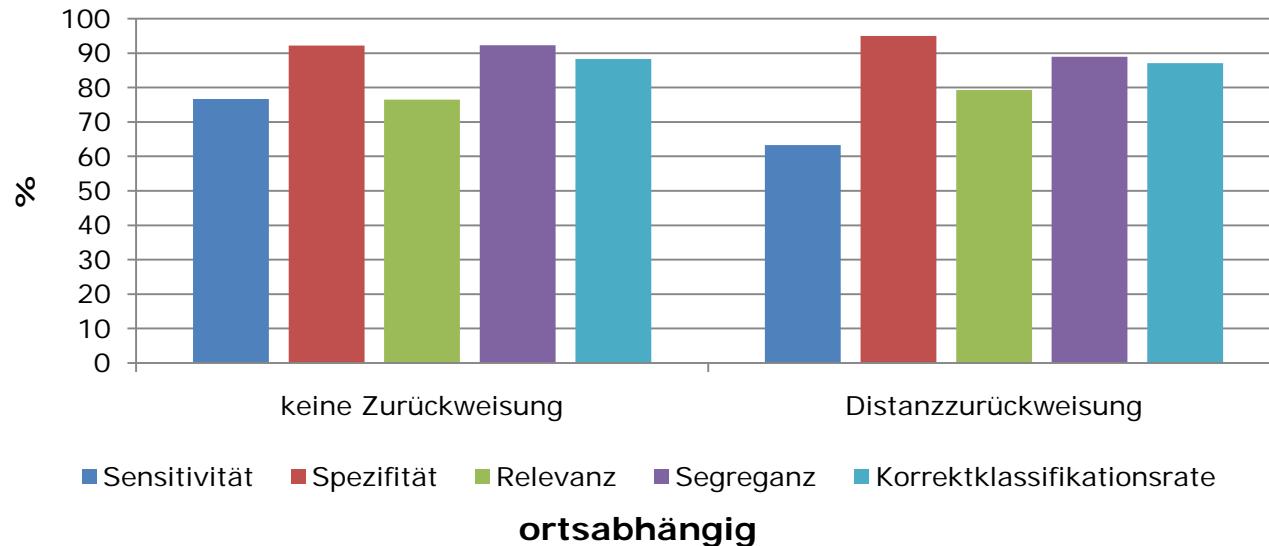




## Kennwerte

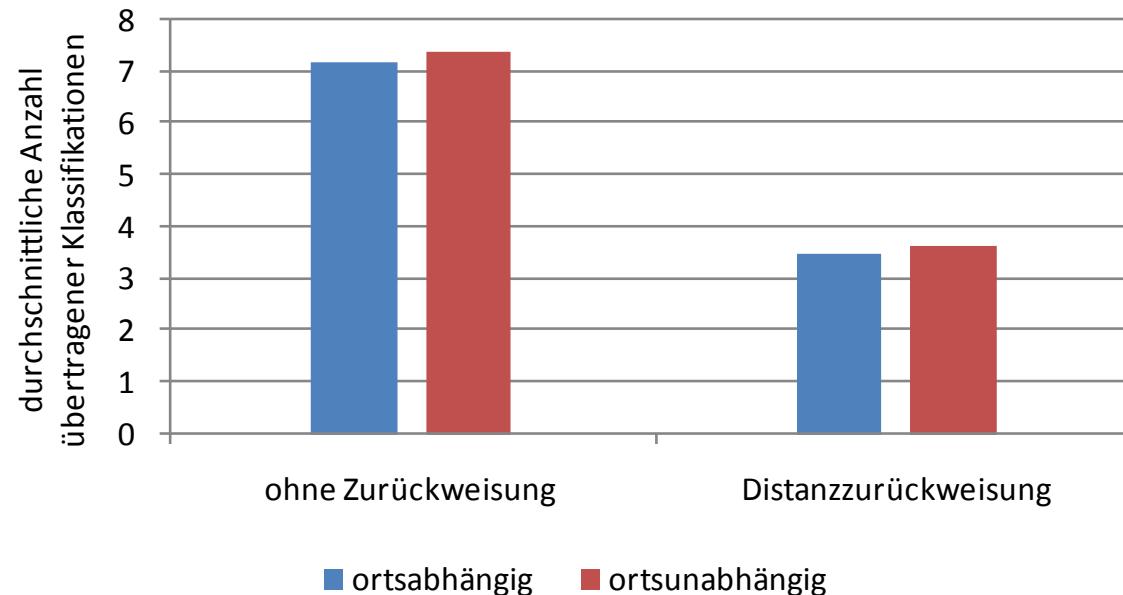
- Sensitivität
    - Wahrscheinlichkeit, dass ein gesuchtes Ereignis richtig erkannt wird
  - Spezifität
    - Wahrscheinlichkeit, dass es keinen Fehlalarm gibt
  - Relevanz
    - Wahrscheinlichkeit, dass ein gesuchtes Ereignis richtig erkannt wird
  - Segreganz
    - Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis korrekt nicht richtig erkannt wird
  - Korrektklassifikationsrate
    - Aussagen der vorherigen Kennwerte zusammengefasst
    - Wahrscheinlichkeit für eine richtige Erkennung (erkannt oder ignoriert)

# Erkennung zentraler Knoten

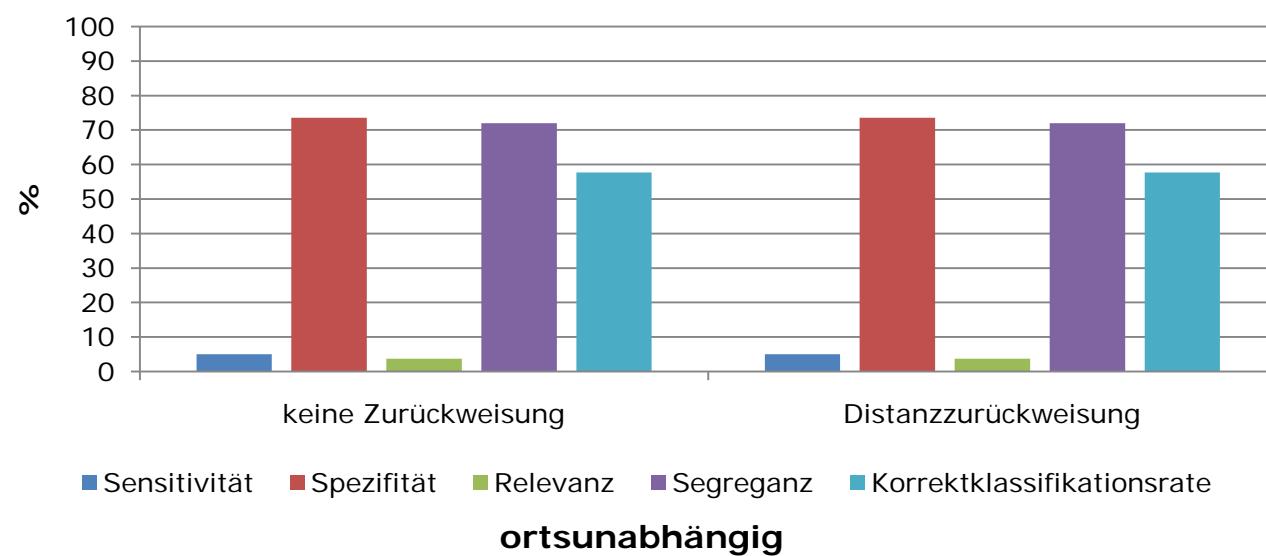
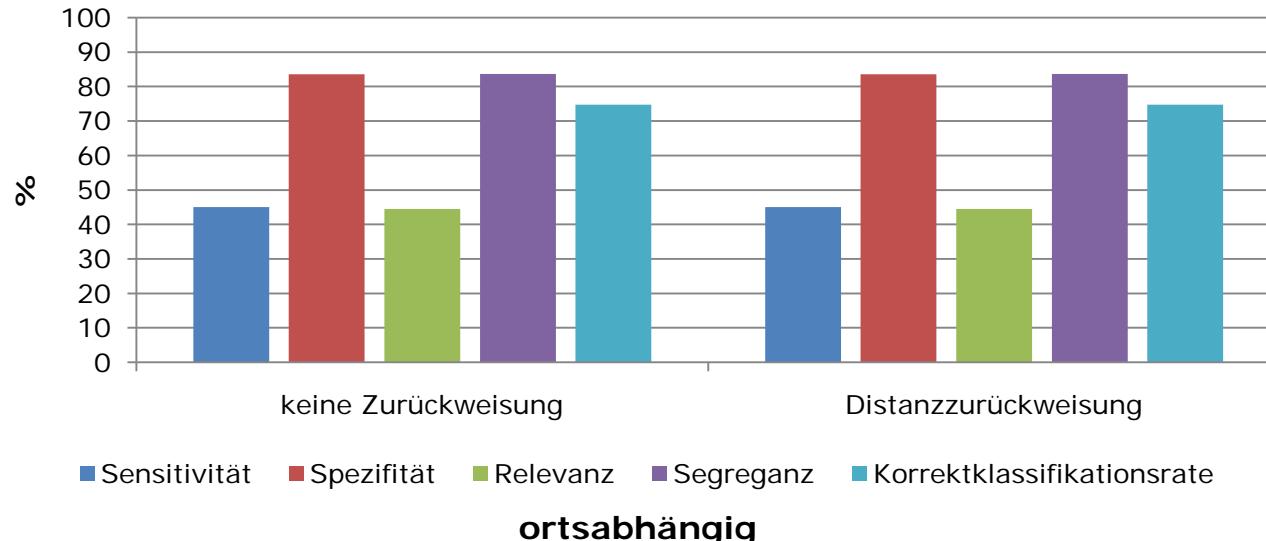


## Zurückweisung über alle Sensorknoten

- Im optimalen Fall sollte durch Zurückweisung nur eine Klassifikation an das externe System übermittelt werden



# Erkennung externes System

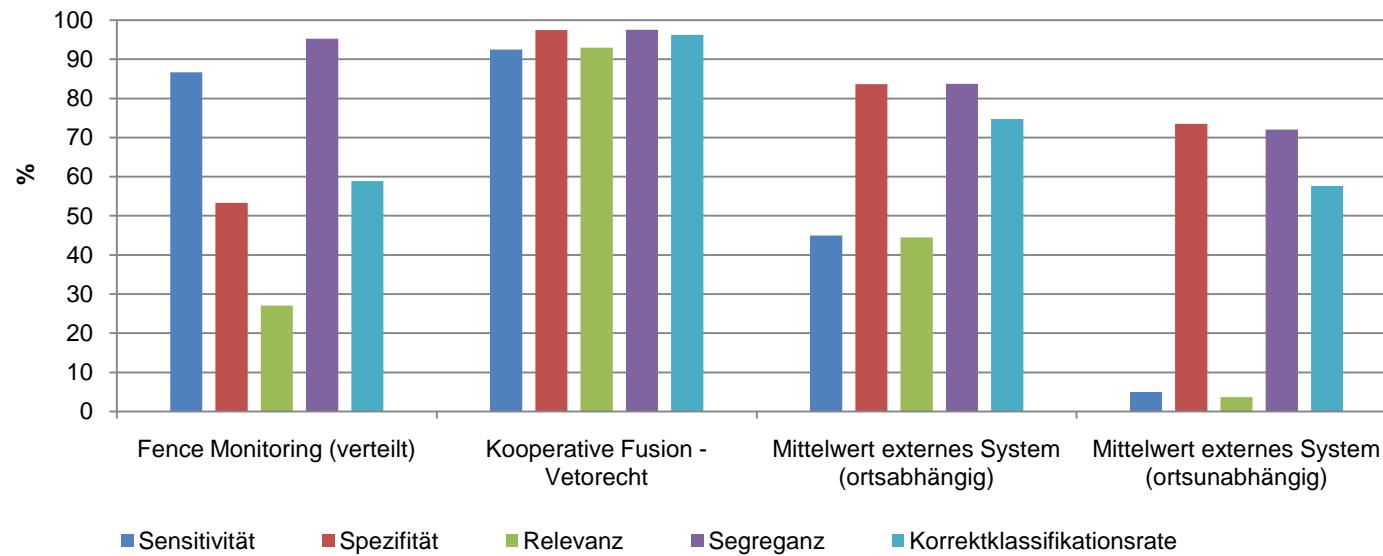


# Evaluation

- Ortsabhängige Erkennung
  - Korrektklassifikationsrate auf dem zentralen Knoten von über 84%
  - Korrektklassifikationsrate auf dem externen System von 74%
  - Rückgang durch gute Klassifikationen nicht-zentraler Knoten
- Ortsunabhängige Erkennung
  - Korrektklassifikationsrate auf dem zentralen Knoten von 74%
  - Korrektklassifikationsrate auf dem externen System von 57%
  - Geringe Sensitivität und Relevanz durch veränderte äußere Bedingungen gegenüber dem Ort des Trainings

## Vergleich mit anderen Arbeiten

- Fence Monitoring (90 Versuche, Überklettern löst Alarm aus)
- Verteile Ereigniserkennung in Sensornetzen (160 Versuche)
- Feldversuch Hotelbaustelle (120 Versuche)





## Zusammenfassung

- Verteilte Ereigniserkennung in der Praxis unter Einsatz eines externen Systems ist möglich
- Komplexer Versuchsaufbau und Auswirkungen der realen Umwelt verhindern Ergebnisse wie unter Laborbedingungen für ortsabhängige Erkennung
- Ortsunabhängige Erkennung zeigt Verschlechterung der Kennwerte
- Erkennung ist nicht robust gegen inkonsistente äußere Bedingungen, die sich von denen des Trainings unterscheiden



## Ausblick

- Testen der Auswirkungen eines umfangreicheren Trainings
- Stärkere Sicherung und Routing von Übertragungen
- Verbesserung der ortsunabhängigen Erkennung
- Evaluation des Energieverbrauchs auf lange Zeit



---

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?