



ALBERT-LUDWIGS-  
UNIVERSITÄT FREIBURG

# Algorithmen für drahtlose Netzwerke

**Drahtlose Sensornetze: Lebensdauer**

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Institut für Informatik  
Rechnernetze und Telematik  
Prof. Dr. Christian Schindelhauer



# Methoden zur Energieeinsparung

- ▶ **Zeitplan für Schlafzyklen (Schedule)**
  - MAC, Routing-Protokoll, Messungen
- ▶ **Minimale Übertragungsrouten**
  - Viele Hops, wenig Hops
- ▶ **Auswahl von Knoten anhand ihres Ladezustands**
  - Messwerverfassung
  - Wechsel eines Cluster-Heads
  - Routenwahl berücksichtigt Ladezustand
- ▶ **Reduzierung der Datenmenge**
  - Datenaggregation
  - Kompression
  - Filtern

# Lebensdauer eines Sensornetzes

- ▶ **Drahtlose Sensornetze (WSN)**
  - günstige, energie-beschränkte Sensoren
  - senden Daten zu einer Senke
- ▶ **Lifetime (Lebensdauer) des Netzes**
  - Analytischer Ansatz ist schwierig
- ▶ **Abhängig von**
  - Netzwerkarchitektur, Protokolle
  - Ereignis/Input-Verhalten
  - Definition der Lebensdauer
  - Hardware, Kanalcharakteristi

# Lebensdauer

## ▶ On the Lifetime of Wireless Sensor Networks

- Yunxia Chen, Qing Zhao, Communication Letters, Vol. 9, No. 11, Nov. 2005

## ▶ Theorem

- Für ein WSN mit
- $E_0$ : nicht-wiederaufladbarer Anfangsenergie  $E_0$
- $P_c$ : konstanter kontinuierlicher Energieverbrauch im Gesamtnetzwerk
- $E[E_w]$ : erwartete Energieverschwendung
- $\lambda$ : durchschnittliche Anzahl von berichteten Ereignissen
- $E[E_r]$ : erwartete Energie zur Beförderung eines Ereignisses

$$E[\mathcal{L}] = \frac{E_0 - E[E_w]}{P_c + \lambda E[E_r]}$$

# Greedy Lifetime-Maximierung

## ▶ Frage:

- Welche Sensoren sollten die Datensammlung durchführen

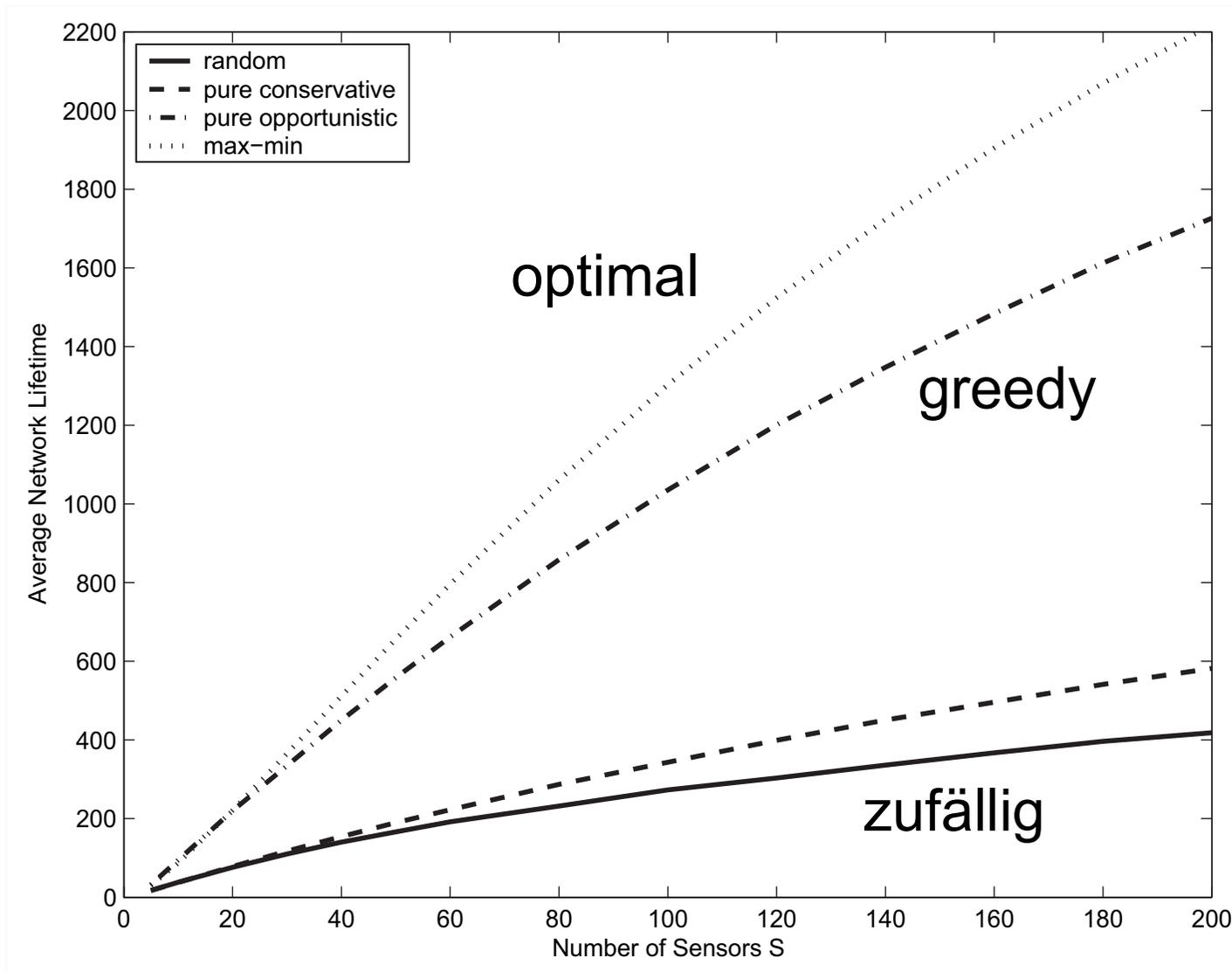
## ▶ Greedy Algorithmus

- Wähle den Sensor mit dem maximalen Energie-Effizienz-Index  $\gamma_i$ :

$$\gamma_i = e_i - E_r(c_i)$$

- $E_r(c_i)$ : Energie für den Transport einer Nachricht
- $e_i$ : Restenergie des Knoten

# Performanz Greedy-Algorithms



On the Lifetime of Wireless Sensor Networks  
Yunxia Chen, Qing Zhao,  
Communication Letters, Vol. 9,  
No. 11, Nov. 2005

# Lebenszeitverlängerung durch Scheduling

## ▶ Cardei, Du

- *Improving Wireless Sensor Network Lifetime through Power Aware Organization*, *Wireless Networks* 11, 333–340, 2005

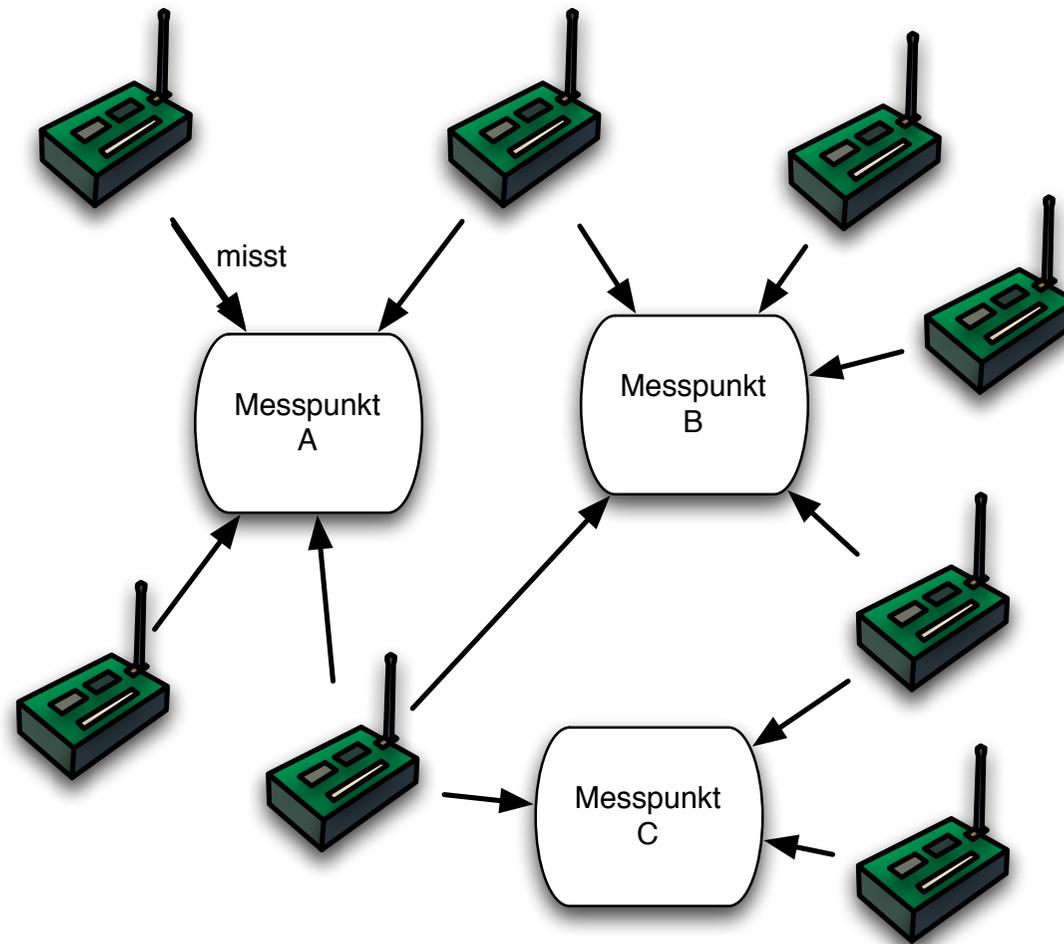
## ▶ Problem

- Messstationen werden durch Sensoren mehrfach überdeckt
- Dadurch entstehen Energieverluste

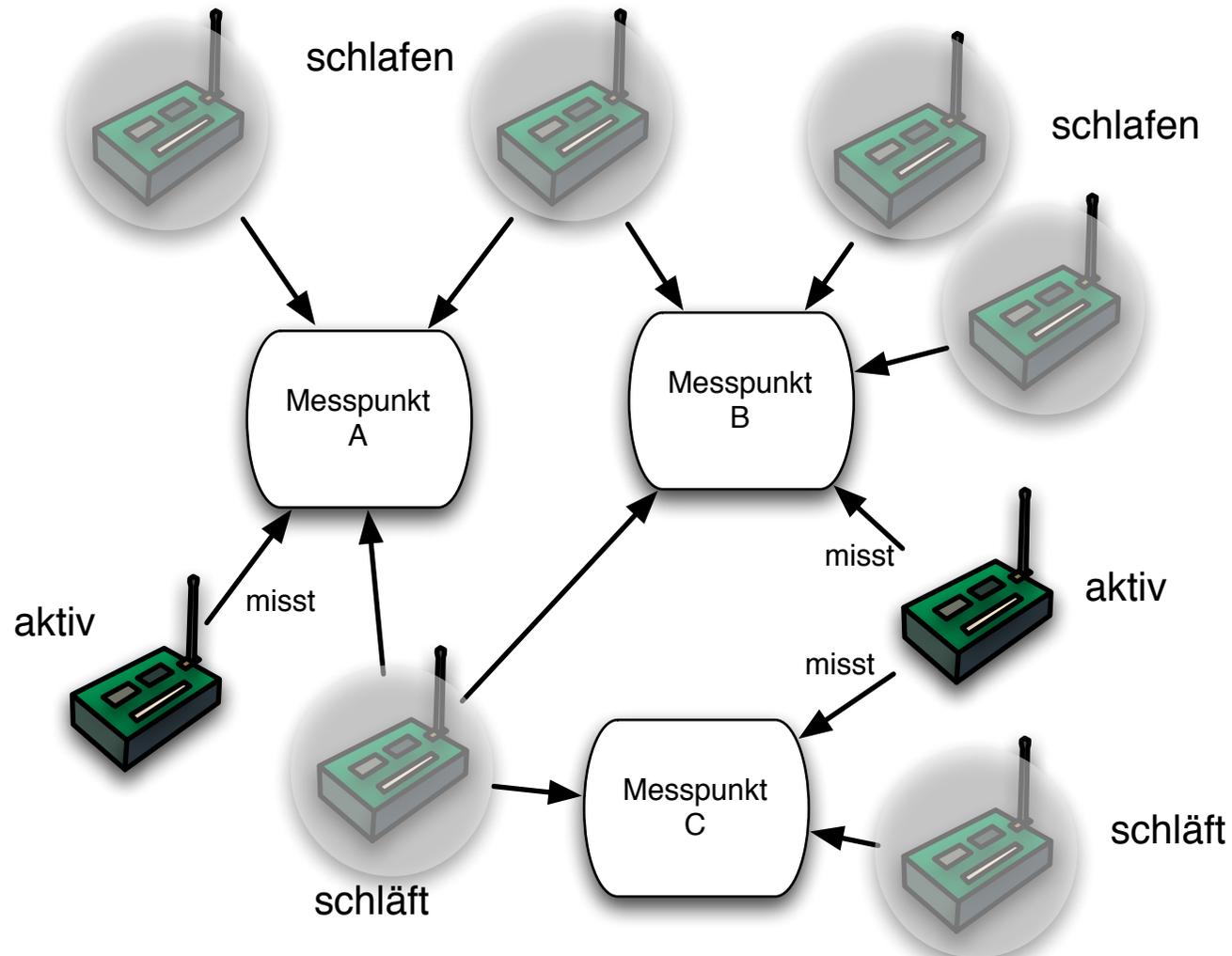
## ▶ Lösung

- Durch Aktivierung einer minimalen überdeckenden Menge wird der Energieverbrauch minimiert

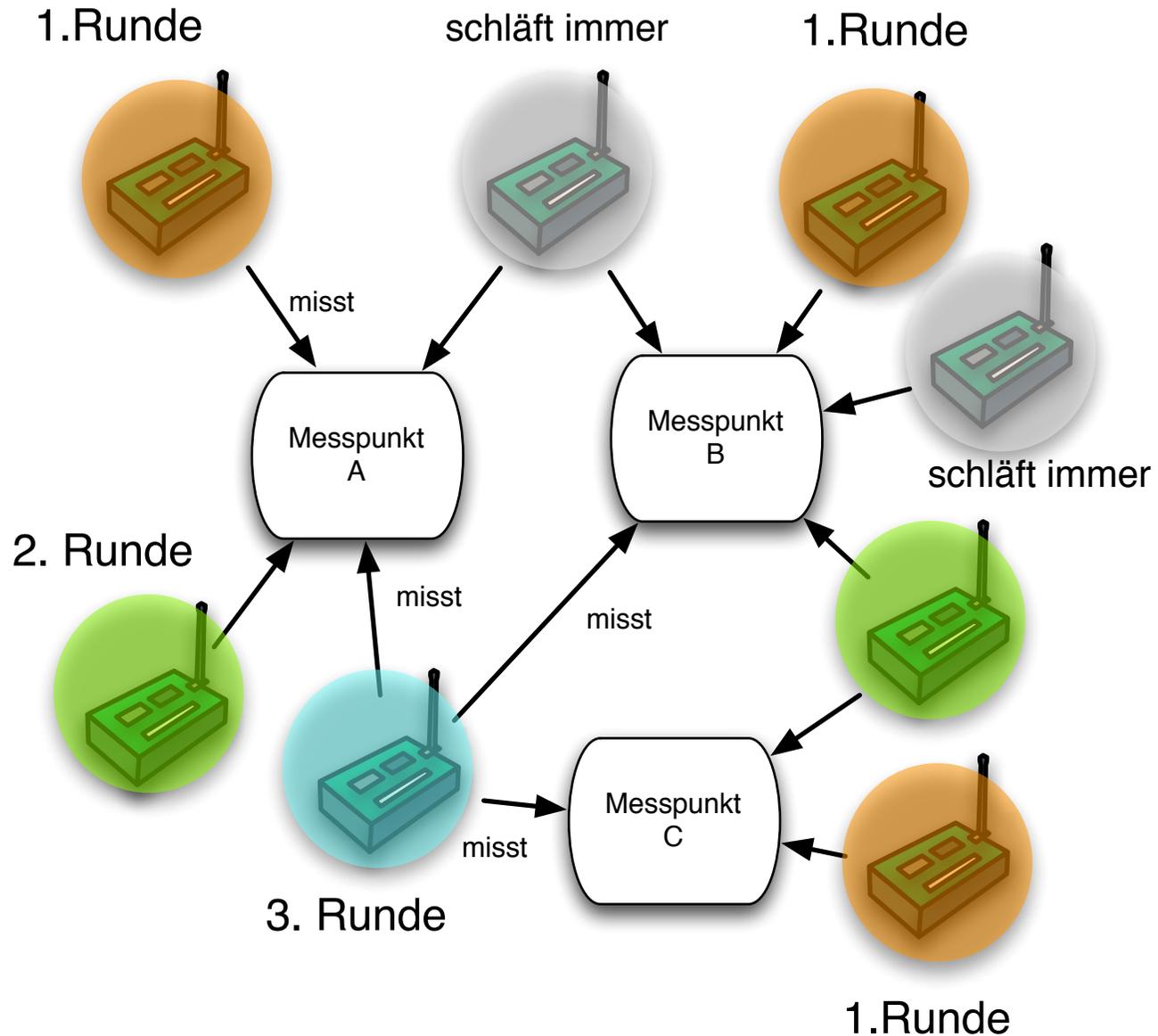
# Mehrfachüberdeckung durch Sensoren



# Überdeckende Menge



# Disjoint Set-Cover



# Definition Disjoint Set-Cover (DSC)

## ▶ Gegeben

- $n$  Sensoren  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$
- $m$  Messpunkte  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_m\}$
- Sensorabdeckungen  $S_i \subseteq T$

## ▶ Suche

- Maximale Menge von disjunkten Überdeckungen, d.h.
- Disjunkte Mengen  $M_1, \dots, M_k$  aus  $S$ , so dass die Sensorabdeckungen von  $M_1, \dots, M_k$  die Menge  $T$  ergeben

## ▶ Motivation:

- Dann lässt sich das Netzwerk  $k$  mal länger betreiben

# Komplexität von Disjoint Set-Cover (DSC)

## ▶ Theorem

- DSC ist für zwei Mengen NP-schwierig
- DSC ist im allgemeinen NP-schwierig
- DSC lässt sich nicht mit Faktor 2 approximieren ohne ein NP-schwieriges Problem zu lösen

## ▶ Verschiedene Heuristiken bekannt

# Heuristiken für DSC

## ▶ Slijepcevic Potkonjak 2001

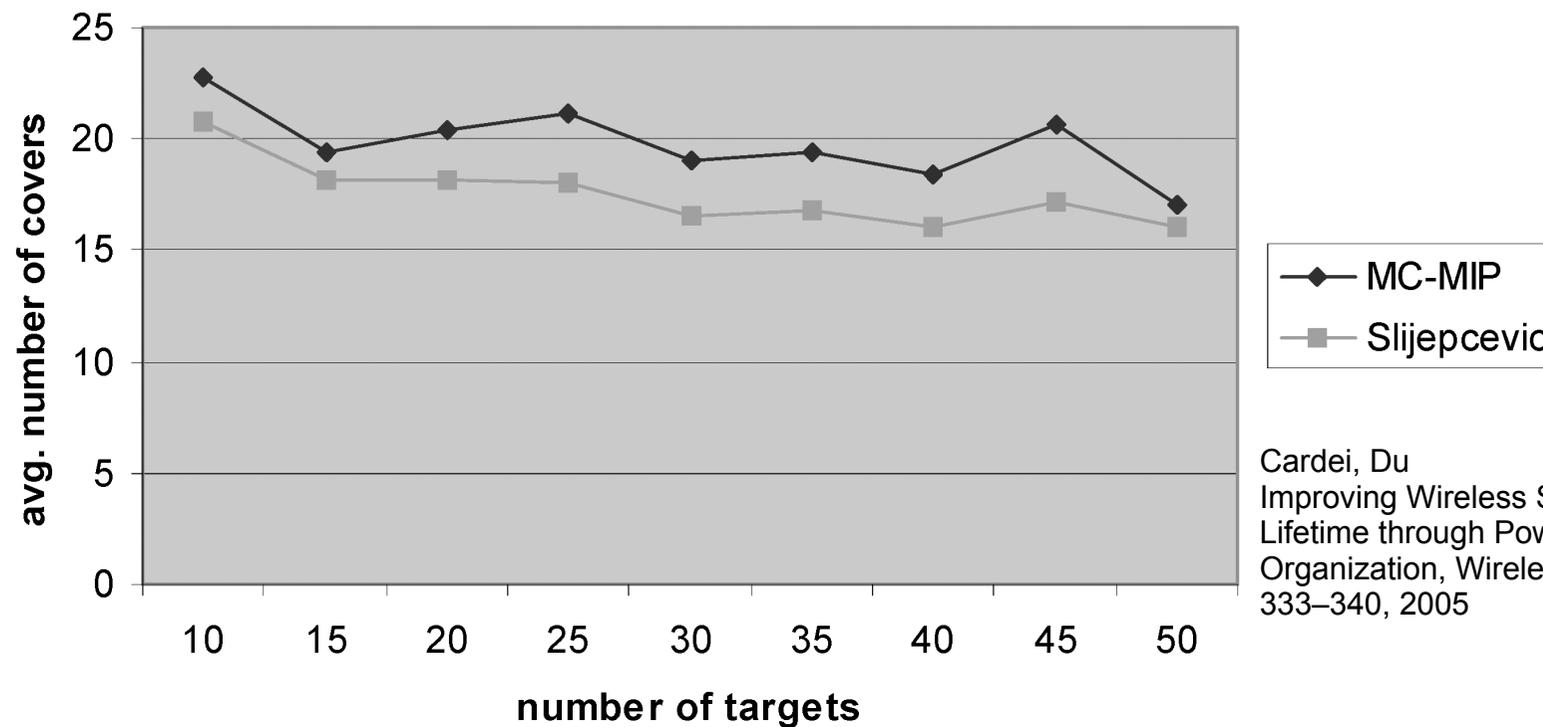
- *Power Efficient Organization of Wireless Sensor Networks*, IEEE International Conference on Communications
- Greedy Algorithmus
  - Wählt gierig minimale überdeckende Menge
  - Entfernt diese und wiederholt, bis keine überdeckende Menge mehr gefunden wird

## ▶ Cardei, Du 2006

- Problem als Flussproblem dargestellt
- Dieses wird als lineares Programm gelöst
- Die Lösung liefert eine Approximierung des Disjoint-Set-Cover-Problems

# Vergleich der Verfahren

- ▶ **Slijepcevic Potkonjak 2001**
  - einfacher verteiltes Greedy-Verfahren
- ▶ **Cardei, Du 2006**
  - MC-MIP komplizierter zentraler Prozess

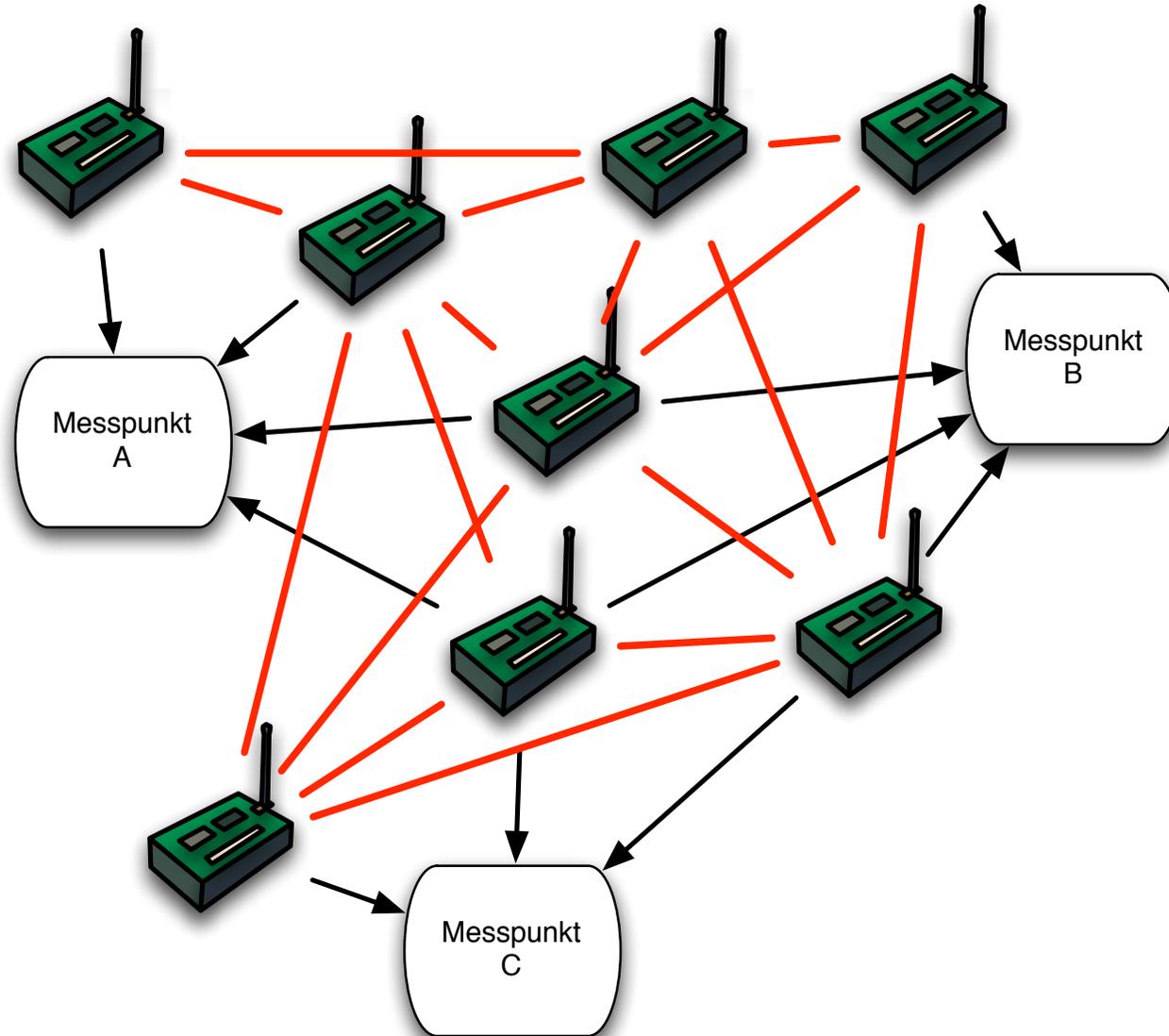


Cardei, Du  
Improving Wireless Sensor Network  
Lifetime through Power Aware  
Organization, Wireless Networks 11,  
333–340, 2005

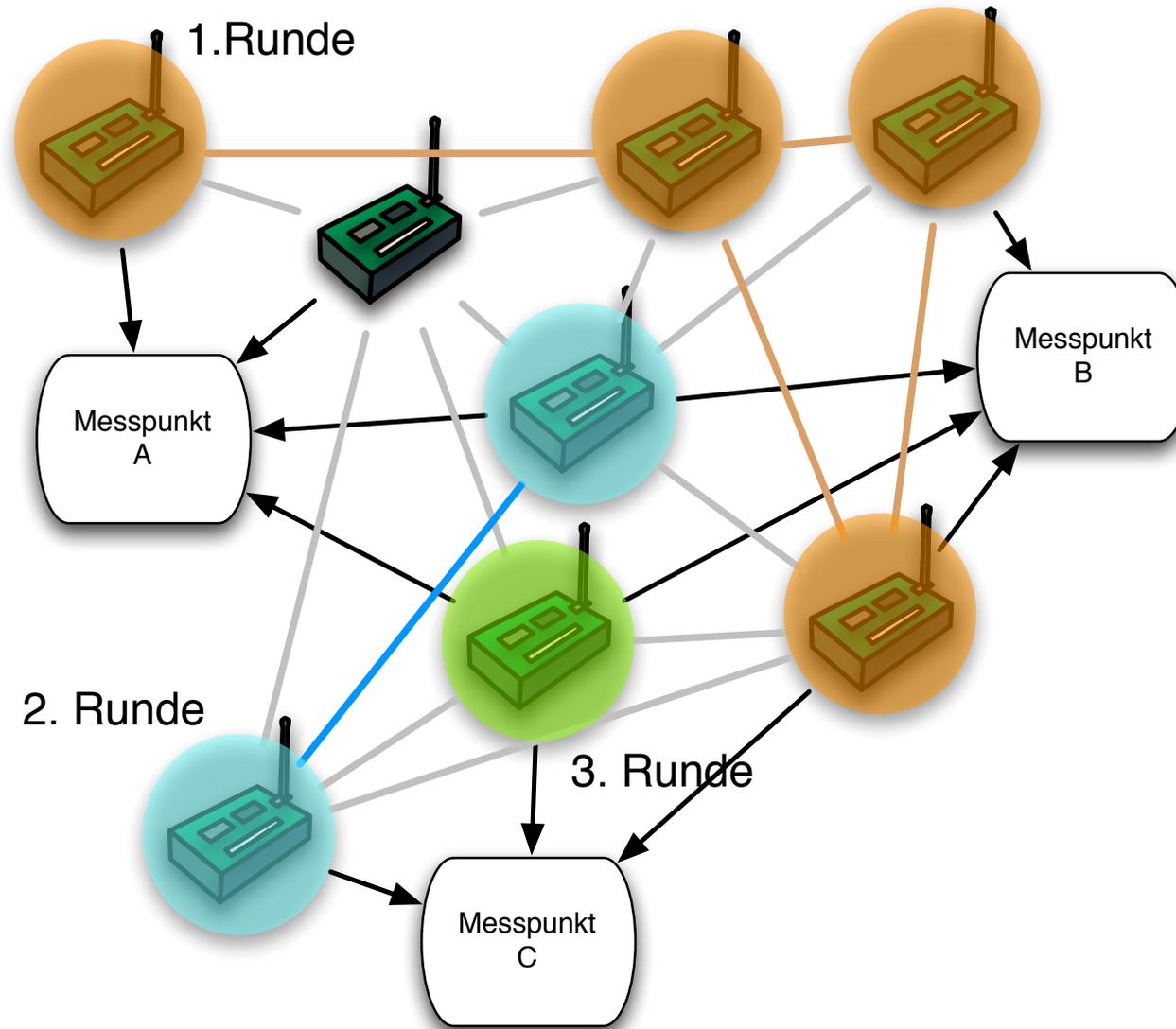
# Ausblick

- ▶ **Disjunkte Mengen evtl. als Knoten für Netzwerk nicht brauchbar**
  - könnten zu weit von einander entfernt sein
  - wichtige Zwischenknoten werden nicht aktiviert
- ▶ **Erweiterung**
  - Disjoint Connected Set Problem:
    - Suche zusammenhängende knotendisjunkte Teilgraphen
  - Ebenfalls NP-schwierig
  - ähnliche Heuristiken existieren

# Disjoint Connected Set Problem



# Disjoint Connected Set Problem





ALBERT-LUDWIGS-  
UNIVERSITÄT FREIBURG

# Algorithmen für drahtlose Netzwerke

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Institut für Informatik  
Rechnernetze und Telematik  
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

