



ALBERT-LUDWIGS-  
UNIVERSITÄT FREIBURG

# Algorithmen für drahtlose Netzwerke

**Multicasting mit Netzwerk-Kodierung, COPE**

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



# Multicasting in Ad Hoc Networks

▶ **Wu, Chou, Sun-Yuan,**

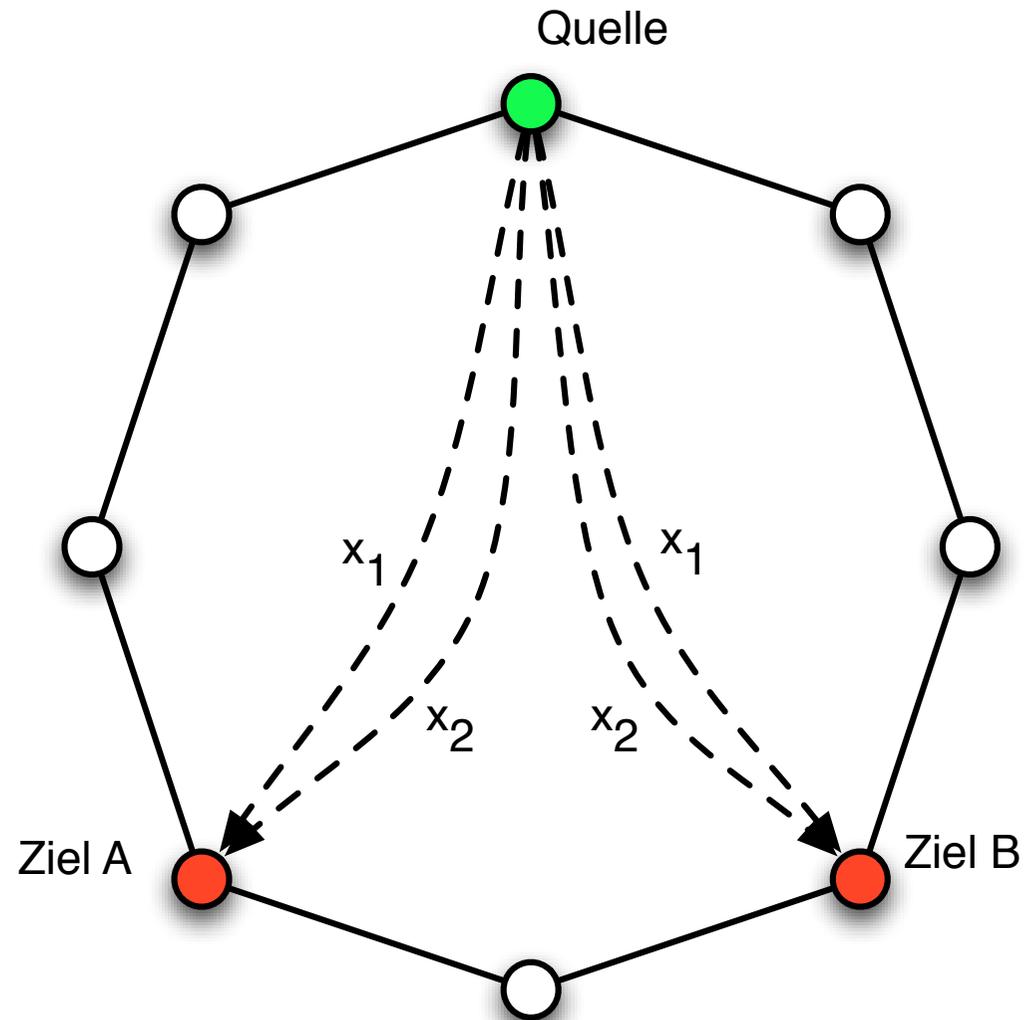
- Minimum-Energy Multicast in Mobile Ad hoc Networks using Network Coding, 2006

▶ **Multicast**

- Nachricht soll von einem Knoten an vorgegebene Menge von Knoten

▶ **Kostenmaß**

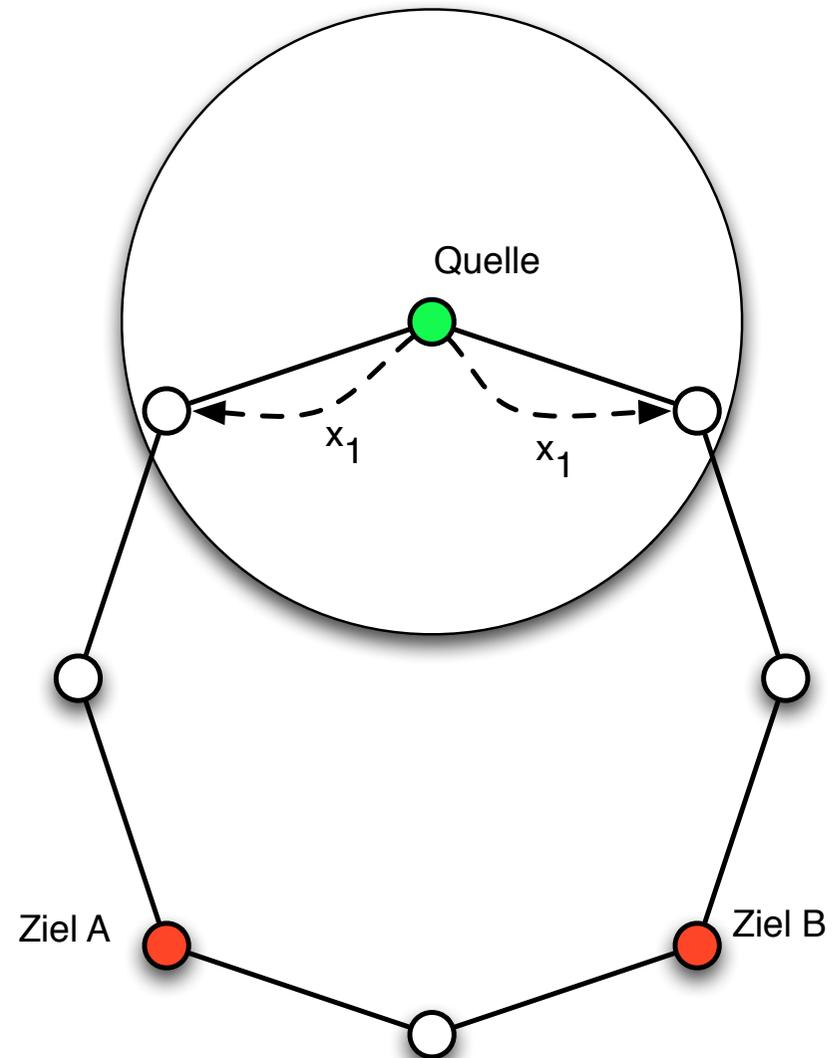
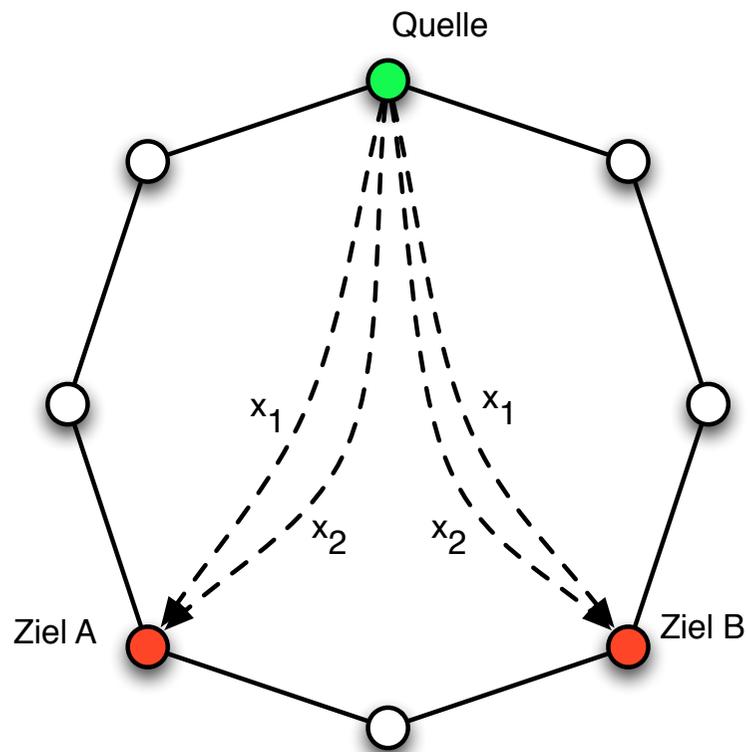
- Jeder 1-Hop-Broadcast kostet eine Energie-Einheit



# Beispiel

► **Traditionell:**

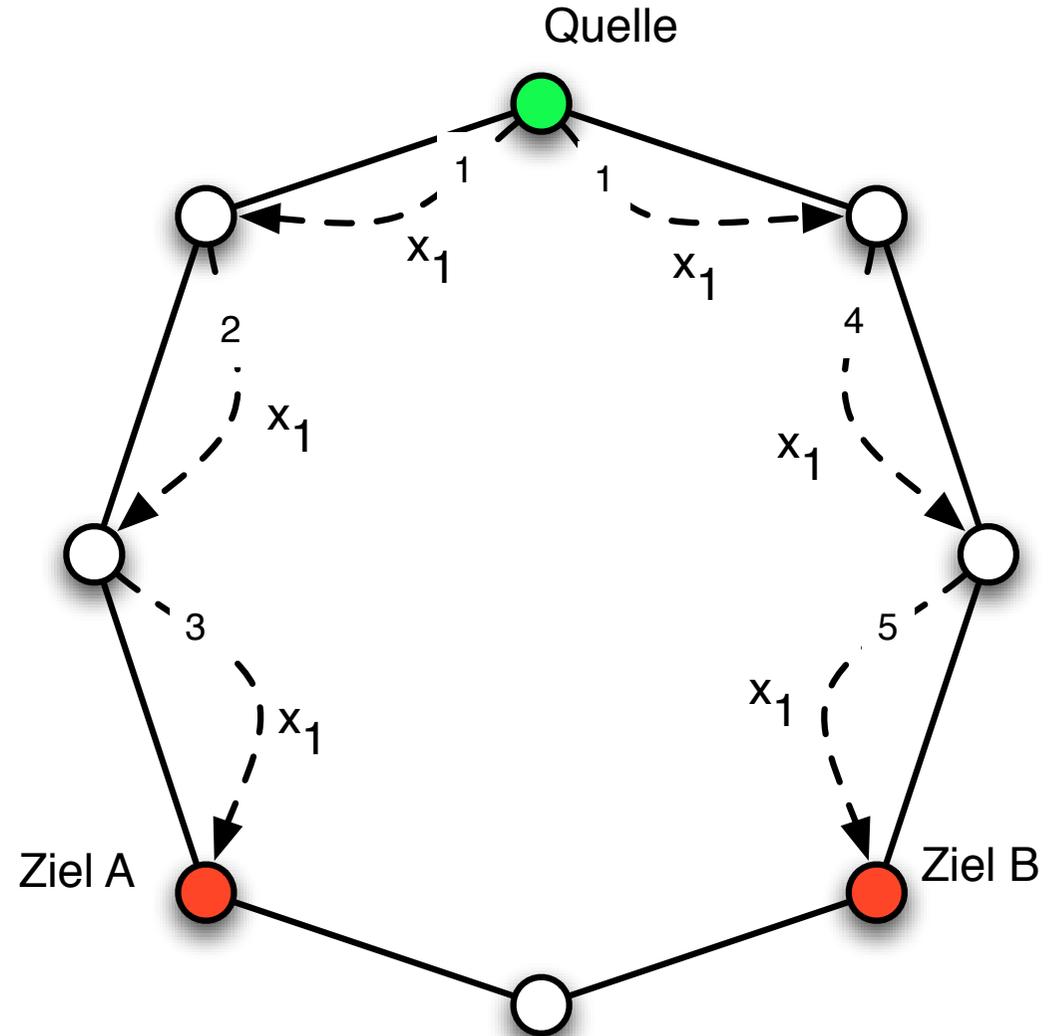
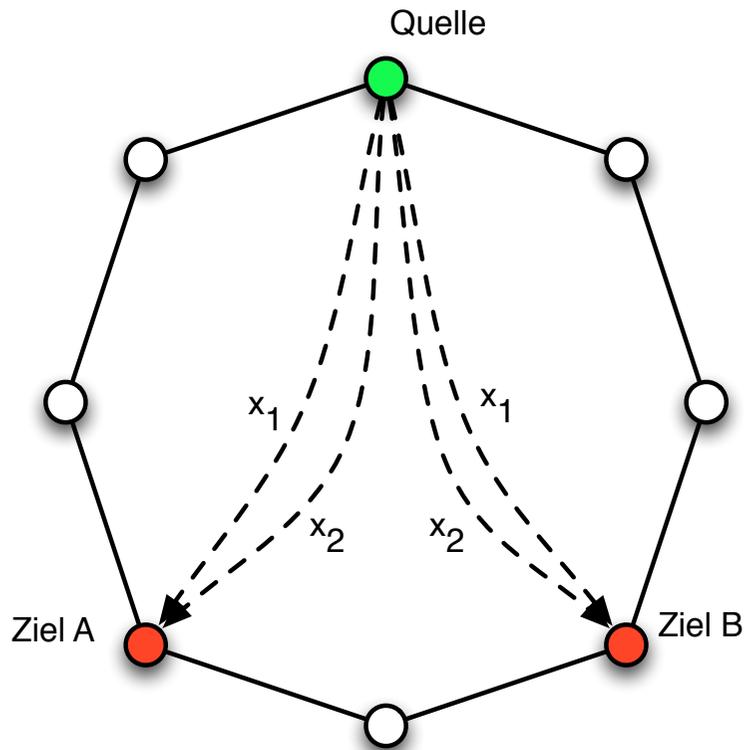
- Kosten 5 Energie-Einheiten für eine Nachricht



# Beispiel

► **Traditionell:**

- Kosten 5 Energie-Einheiten für eine Nachricht



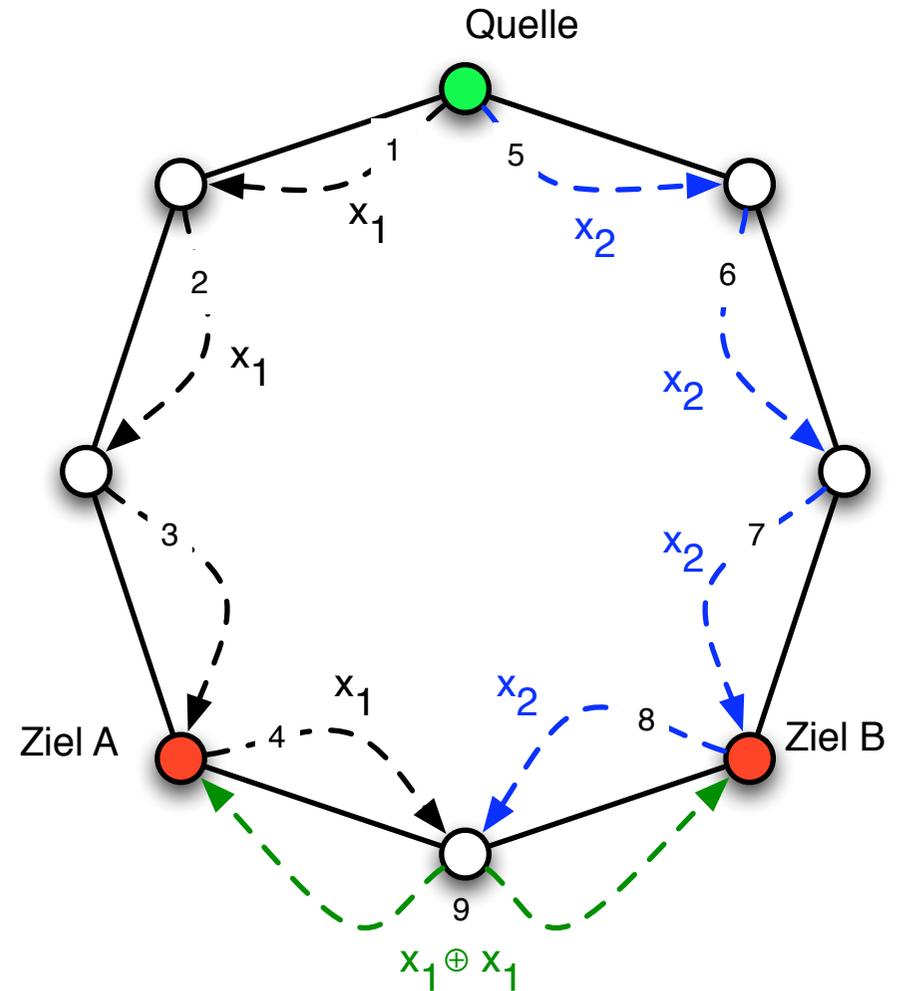
# Beispiel

## ► Netzwerk-Kodierung

- 9 Energie-Einheiten für 2 Nachrichten
- Durchschnitt 4,5

## ► Ohne Netzwerk-Kodierung

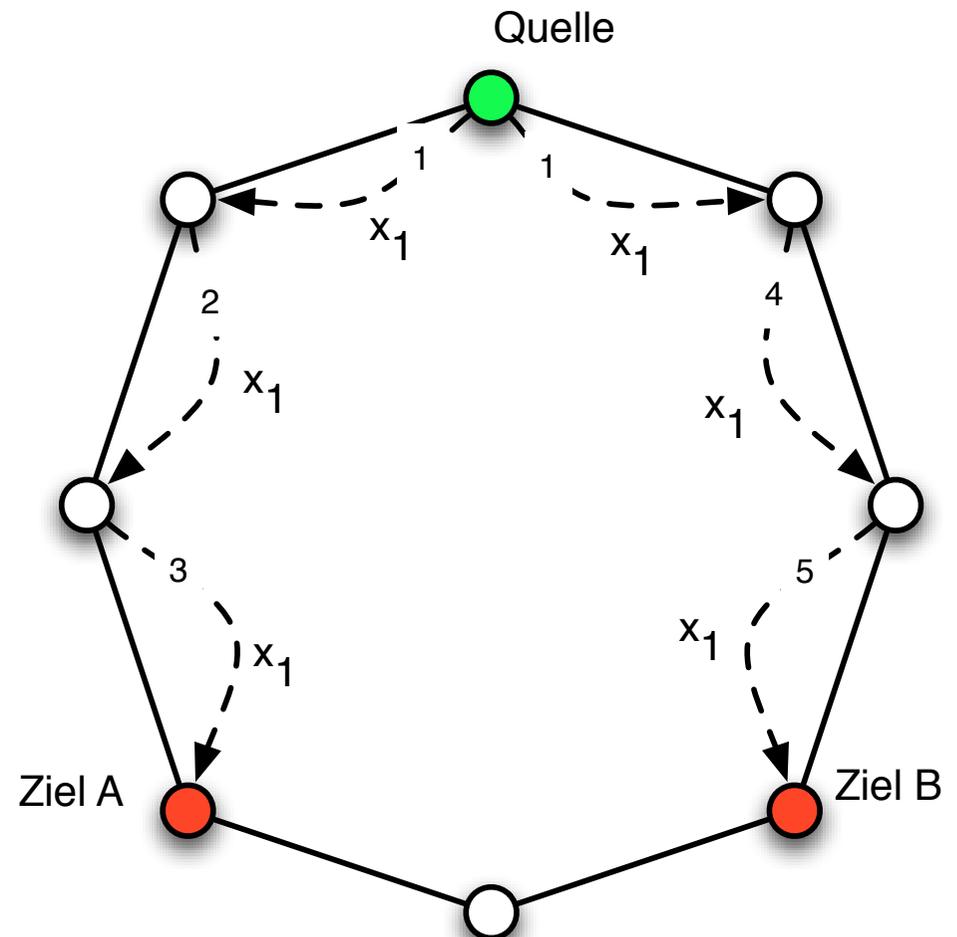
- 5 Einheiten für jede Nachricht



# Multicasting in Ad Hoc Networks

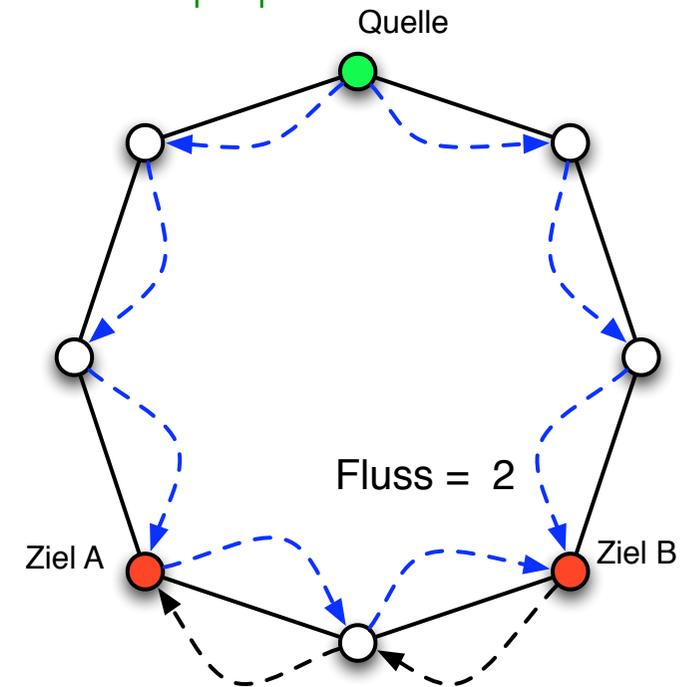
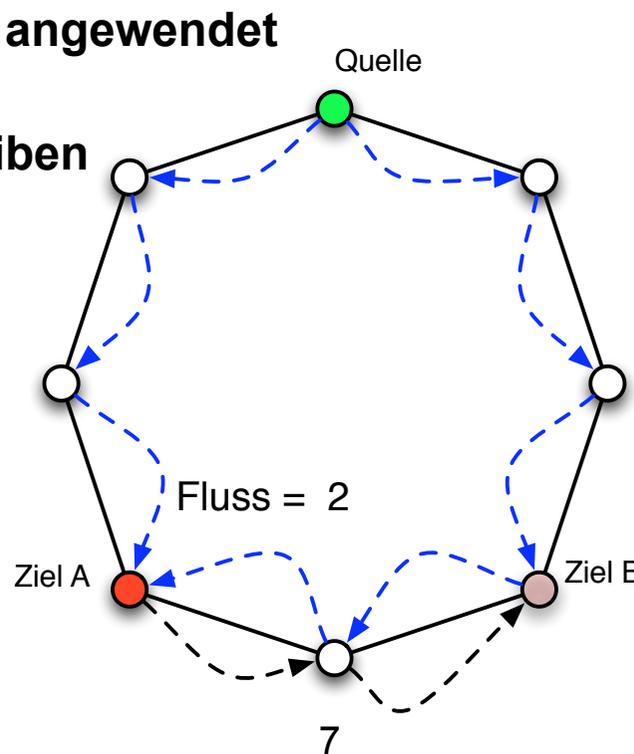
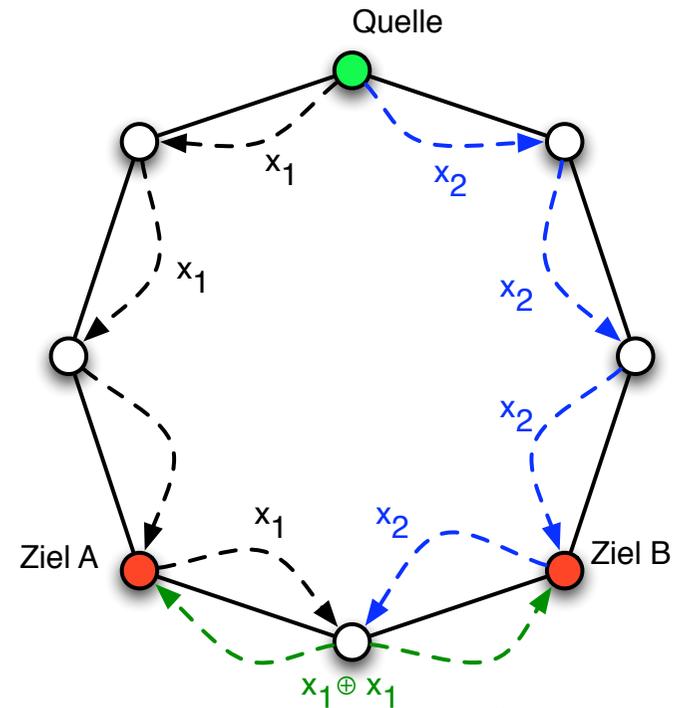
► Lösung des Minimalen Energie-Multicasting-Problems ohne Netzwerk-Kodierung ist NP-schwierig

- Approximation unter einem konstanten Faktor NP-schwierig
- Erfordert Berechnung des diskreten Steiner-Baums



# Bedingung für Netzwerk-Kodierung

- ▶ Nachrichten erlauben Fluss in der Größe der Anzahl der gewünschten Nachrichten
  - von den Quellen zu jeder einzelnen Senke
- ▶ Falls solche Flüsse gewährleistet sind, kann Netzwerk-Kodierung angewendet werden
- ▶ Größe der Flüsse beschreiben Energie-Verbrauch

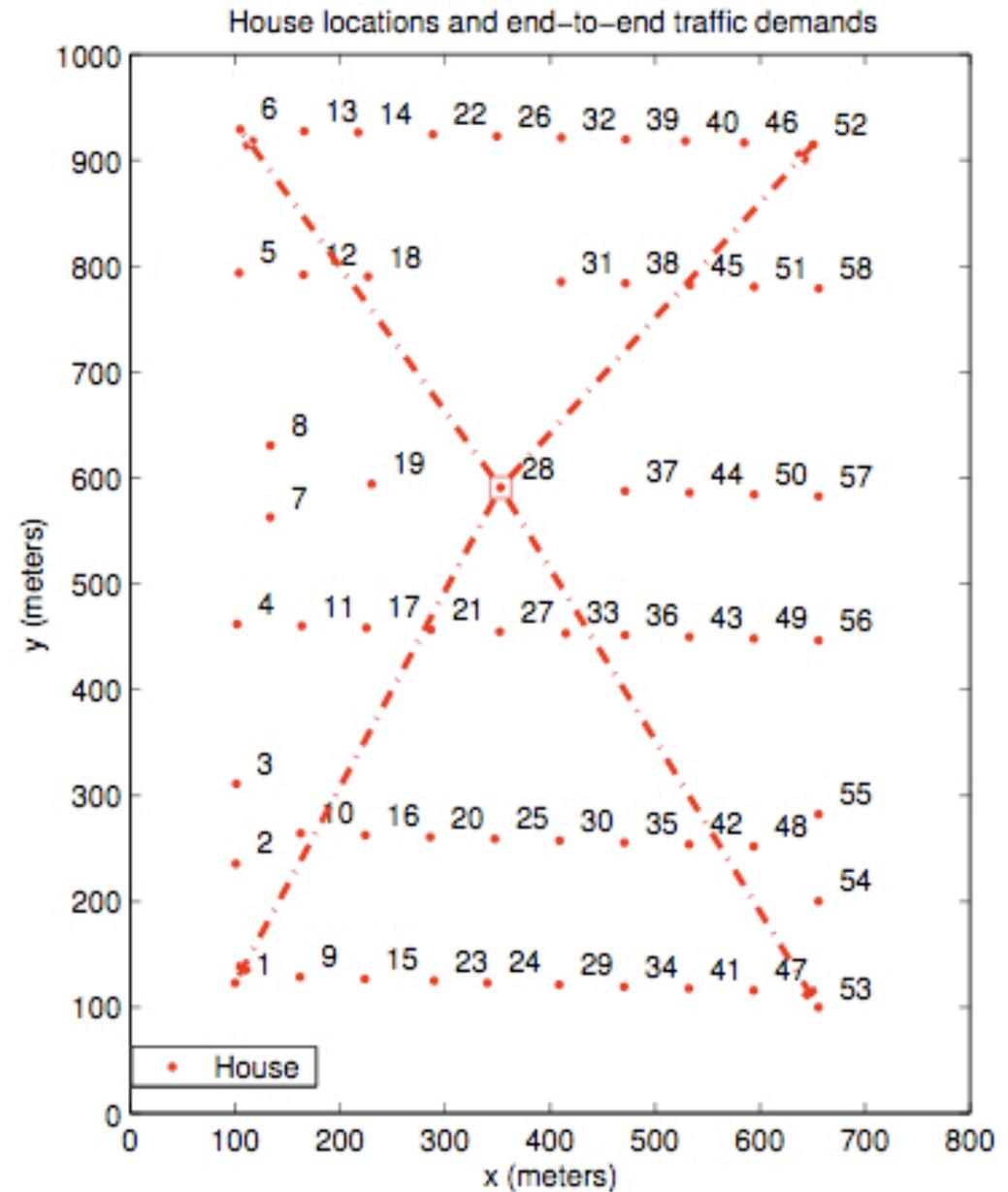


# Komplexität des Verfahrens

- ▶ **Algorithmus**
  - Sammle alle vorhanden Verbindungsinformation
  - Formulierung als lineares Programm
  - Approximierung der Lösung
- ▶ **Mit Hilfe von Netzwerk-Kodierung kann der maximale Durchsatz in polynomialer Zeit beliebig gut approximiert werden werden**

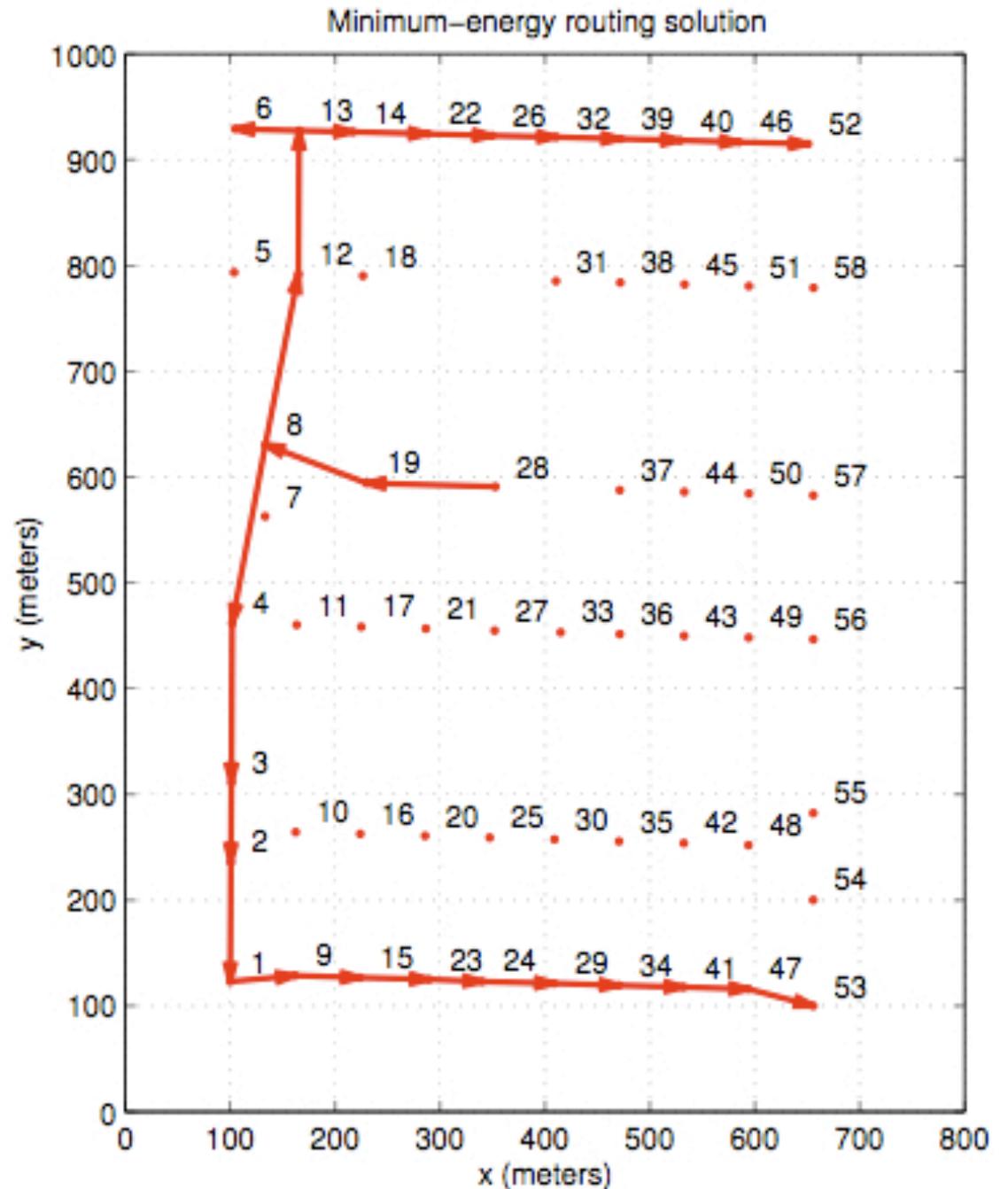
# Beispiel Bedarf

Wu, Chou, Sun-Yuan,  
Minimum-Energy Multicast in Mobile Ad hoc  
Networks using Network Coding, 2006



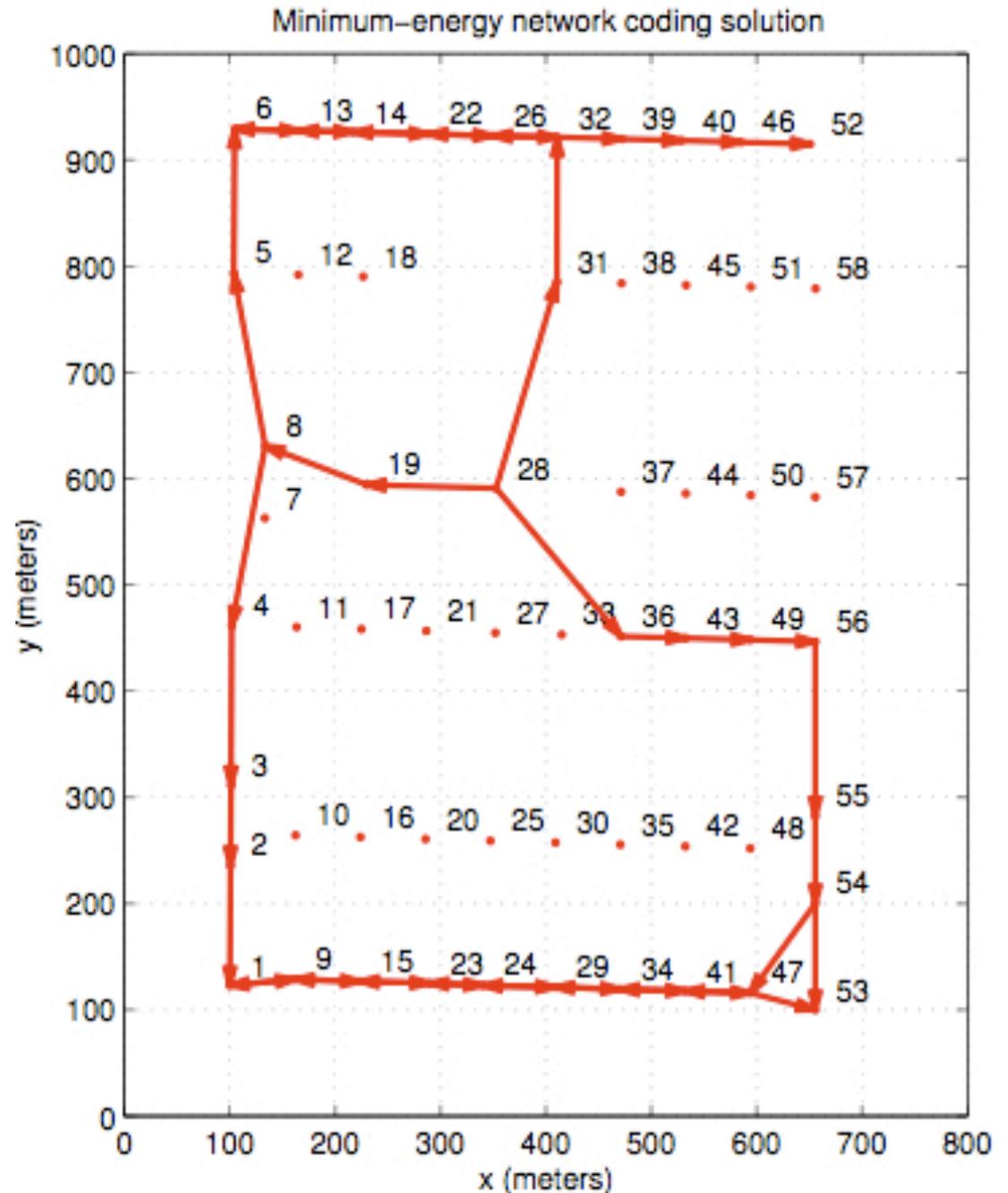
# Beispiel Multicasting mit minimaler Energie

Wu, Chou, Sun-Yuan,  
Minimum-Energy Multicast in Mobile Ad hoc  
Networks using Network Coding, 2006



# Multicasting mit Netzwerk- Kodierung

Wu, Chou, Sun-Yuan,  
Minimum-Energy Multicast in Mobile Ad hoc  
Networks using Network Coding, 2006



# Diskussion

## ▶ **Möglichkeiten**

- Energiemodell kann ersetzt werden durch ein angepasstes Modell

## ▶ **Grenzen**

- Netzwerk-Kodierung nicht beschrieben
- Zentraler Algorithmus
- Jede Änderung der Kommunikation erfordert Neuberechnung

# Xors in the Air

- ▶ **Katti, Hu, Katabi, Médard, Crowcroft**
  - XORs in the Air: Practical Wireless Network Coding
- ▶ **Problem**
  - Maximiere Durchsatz in Ad-Hoc-Netzwerk
  - Multihop-Nachrichten verursachen Interferenzen
- ▶ **Lösung**
  - Verwendet nur Xors von (mehreren Nachrichten)
  - Lokaler, opportunistischer Algorithmus

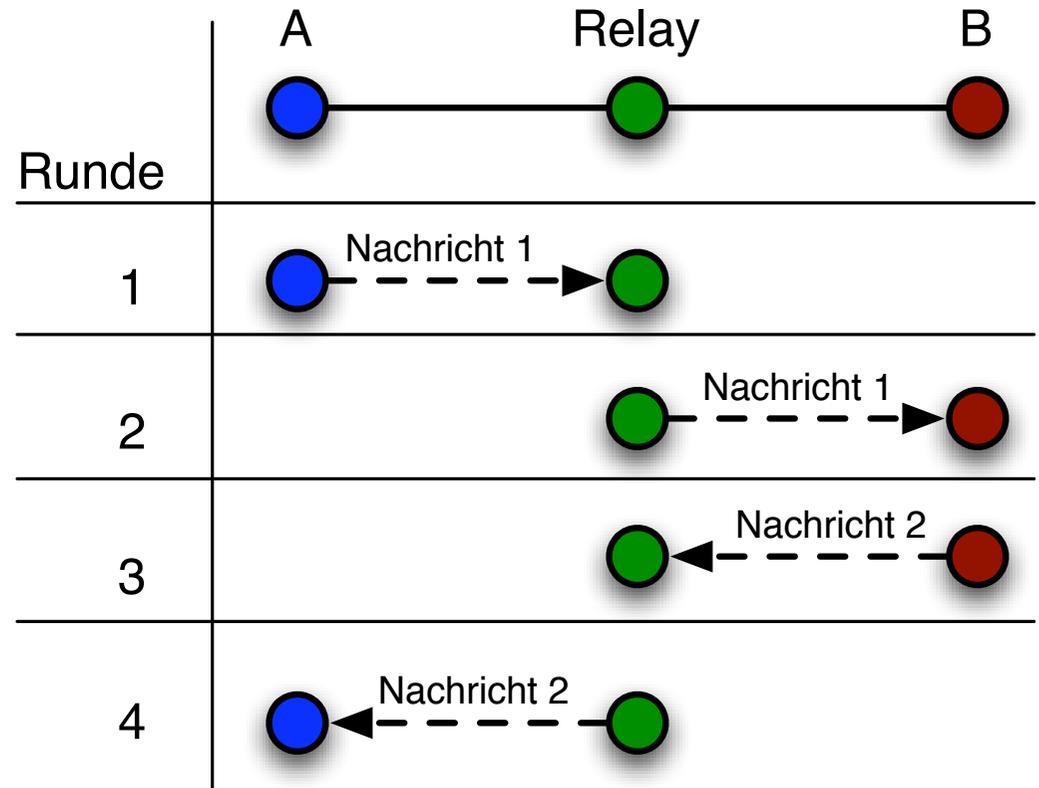
# Xors in the Air

## ► Problem

- Multihop-Nachrichten verursachen Interferenzen

## ► Beispiel

- Traditional: 4 Nachrichten um
  - eine Nachricht von A nach B
  - und eine Nachricht von B nach A
- zu verschicken



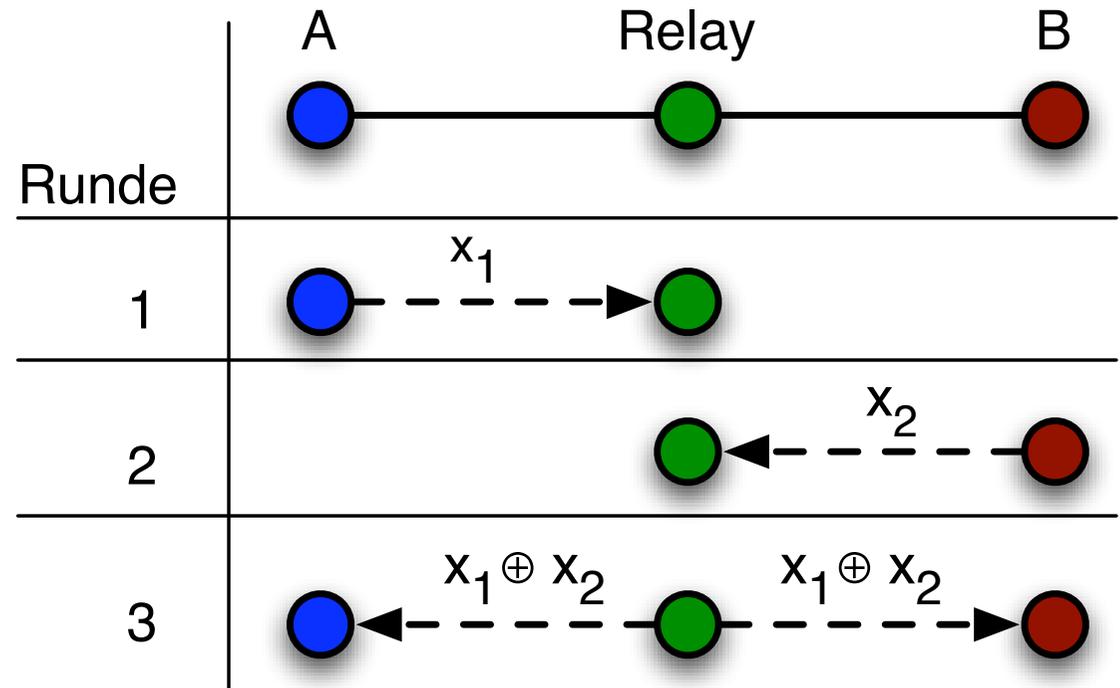
# Xors in the Air

## ► Problem

- Multihop-Nachrichten verursachen Interferenzen

## ► Beispiel

- Traditional: 4 Nachrichten um
  - eine Nachricht von A nach B
  - und eine Nachricht von B nach A zu verschicken
- Netzwerk-Kodierung:
  - drei Nachrichten genügen



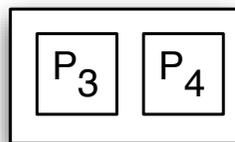
# Coding Opportunistically COPE

- ▶ **Betrachtung mehrerer Nachrichtenwege**
  - Opportunistische Kodierung von Nachrichten durch Xor
- ▶ **Ausnutzung des Broadcast-Mediums**
  - Abhören des Kanals
  - alle (fremde) Nachrichten werden gepuffert
  - werden verwendet für Dekodierung
- ▶ **Kontextnachrichten**
  - Veröffentlichung des eigenen Wissensstands
  - Nachbarn können daraufhin Codes generieren
- ▶ **Erraten des Wissensstands von Nachbarn**

# Opportunistic Coding



bekannte Pakete

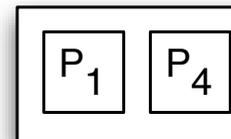


**A**



bekannte Pakete

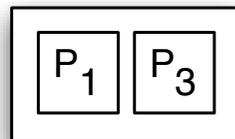
**C**



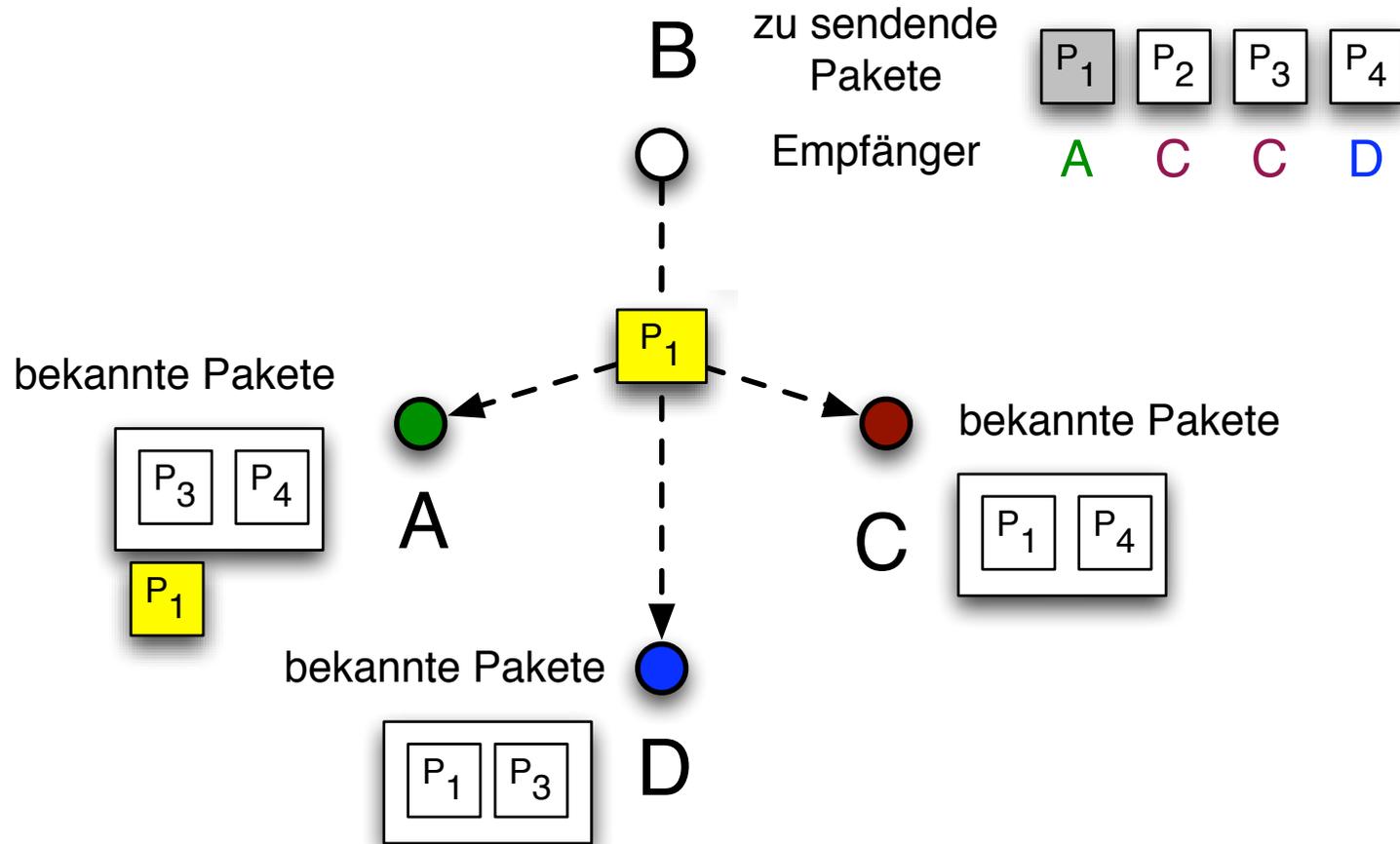
bekannte Pakete



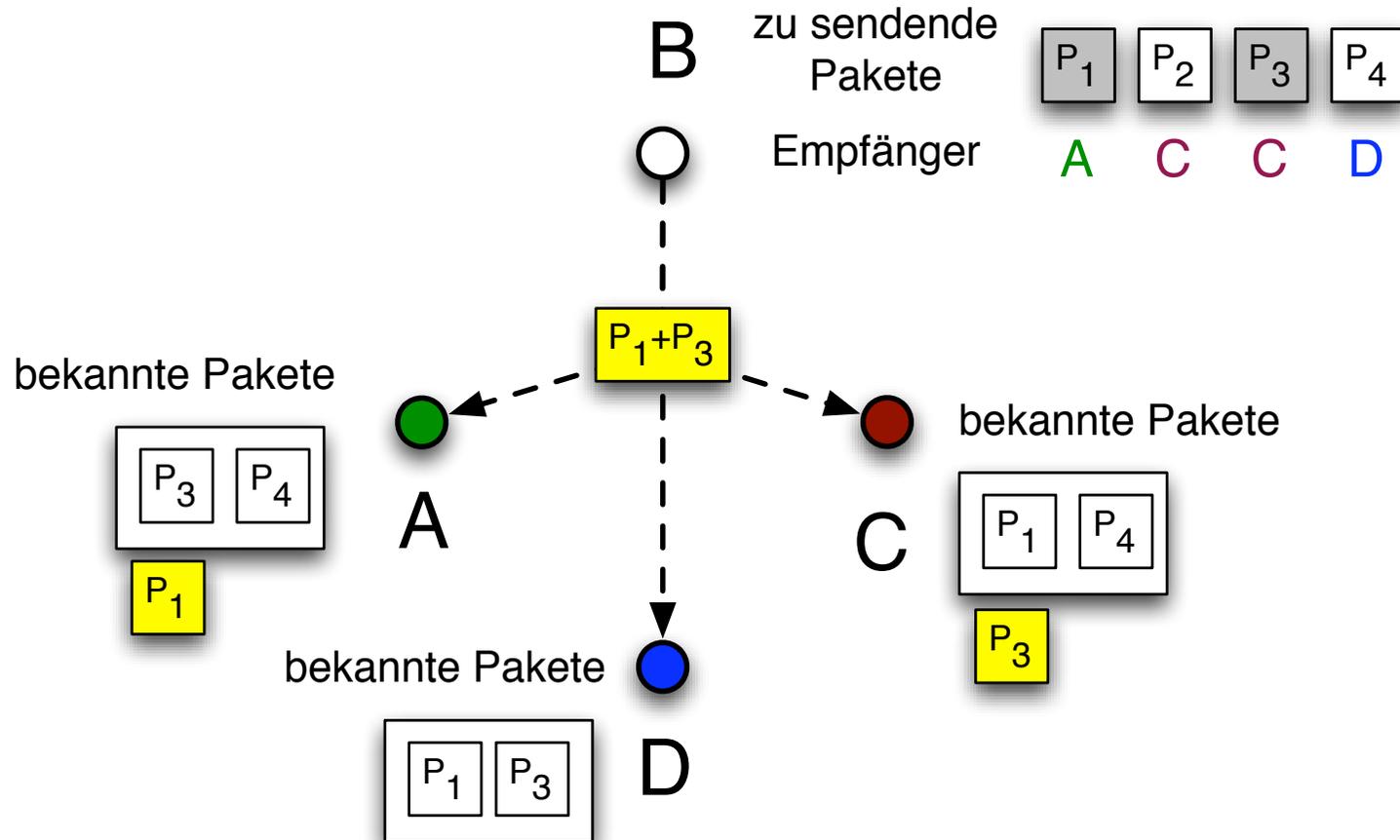
**D**



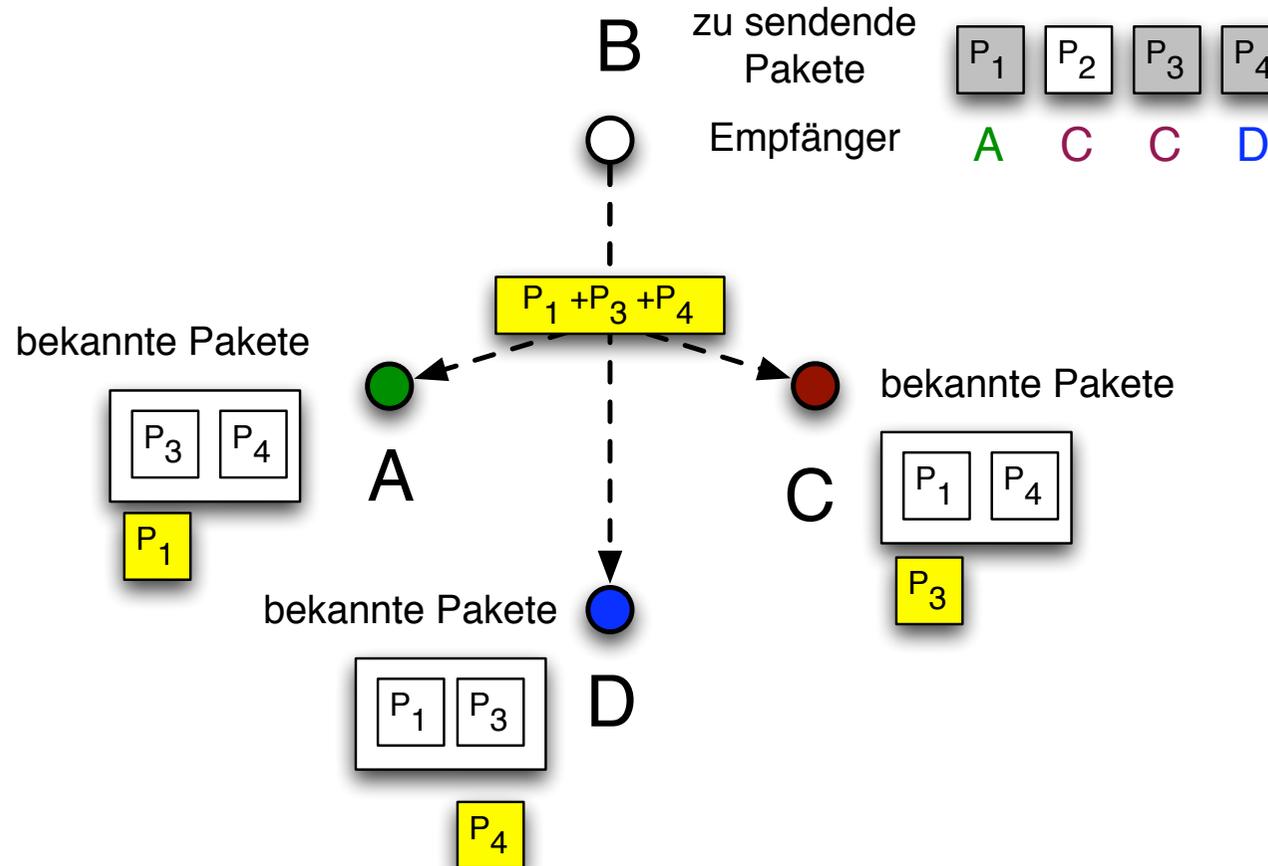
# Opportunistic Coding



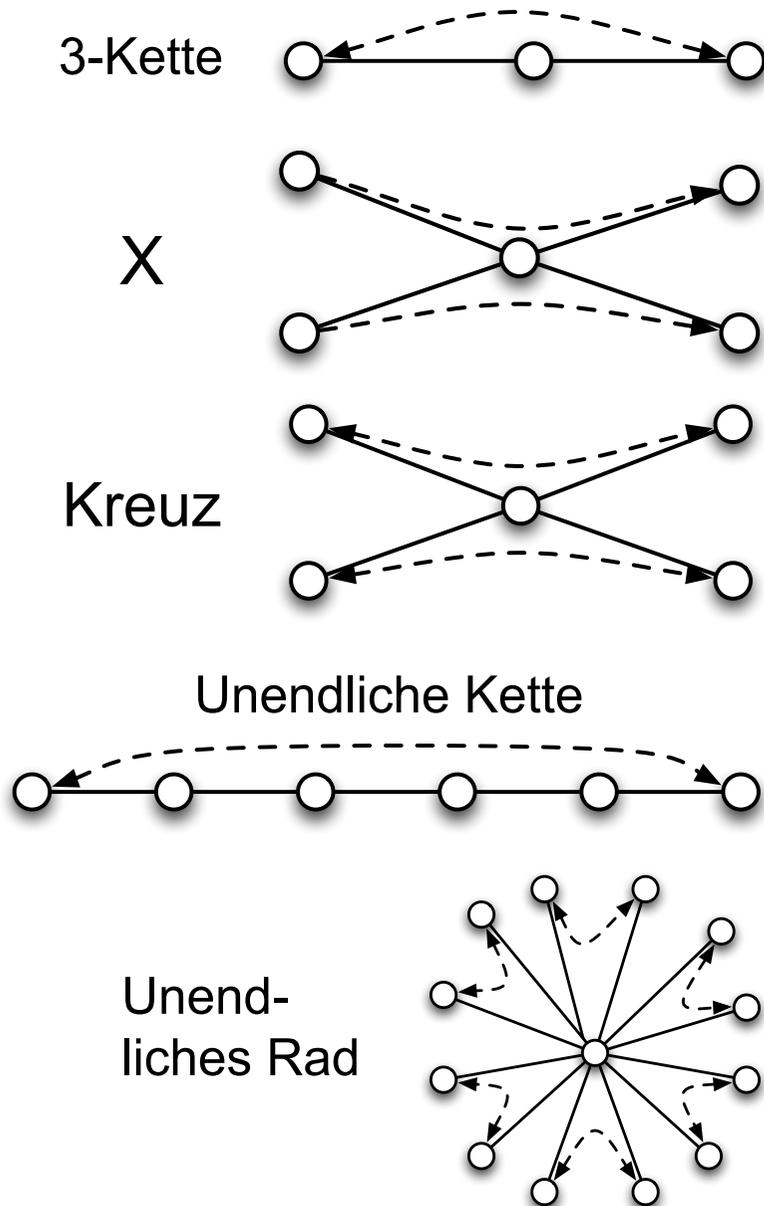
# Opportunistic Coding



# Opportunistic Coding

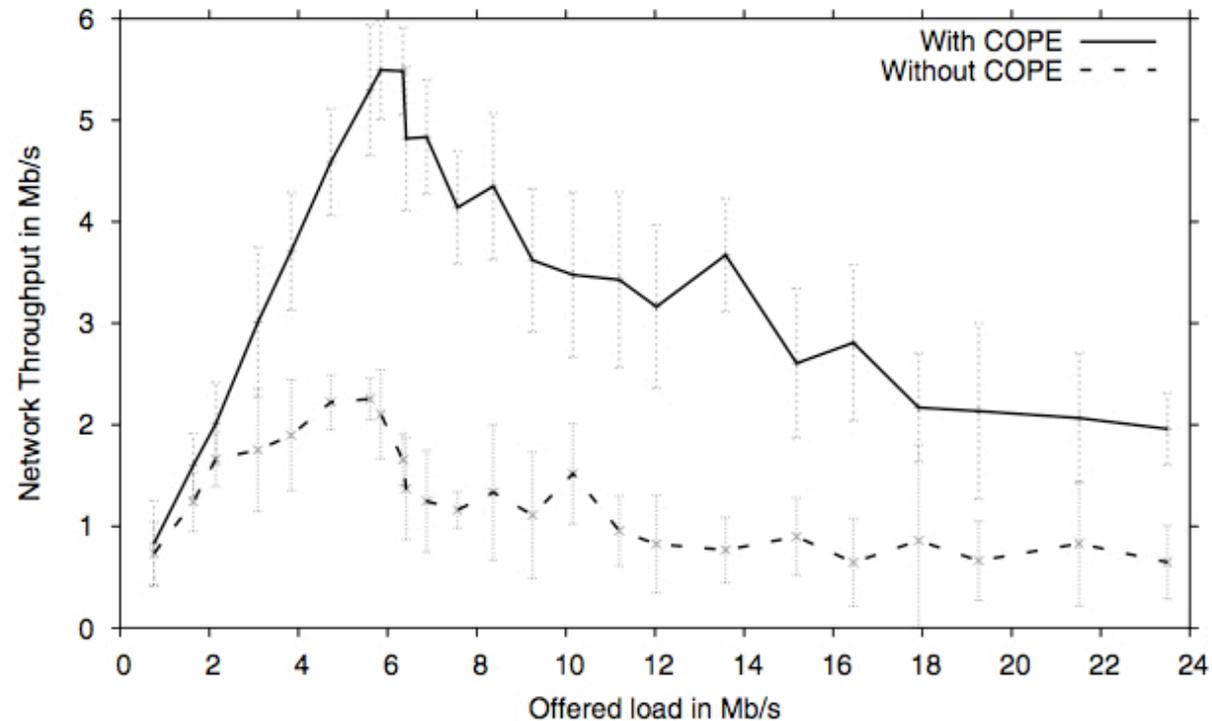


# Theoretische Gewinne



Topologie	Gewinn durch COPE
3-Kette	1,333...
X	1,333...
Kreuz	1,666...
Unendliche Kette	2
Unendliches Rad	2

# Summary Network Coding



**Figure 12—COPE can provide a several-fold (3-4x) increase in the throughput of wireless Ad hoc networks. Results are for UDP flows with randomly picked source-destination pairs, Poisson arrivals, and heavy-tail size distribution.**

Wu, Chou, Sun-Yuan, Minimum-Energy Multicast in Mobile Ad hoc Networks using Network Coding, 2006

# Netzwerk-Kodierung

## ▶ Nutzen

- Netzwerkdurchsatz kann erhöht werden
  - COPE
- Verringerung des Energieverbrauchs
- Höhere Robustheit, kleiner Fehlerrate
- Abwendungen in Peer-to-Peer-Netzwerken, drahtlose Sensor-Netze

## ▶ Probleme

- komplexe Kodierungen
- mitunter hoher Rechenaufwand
- schwierige Organisation



ALBERT-LUDWIGS-  
UNIVERSITÄT FREIBURG

# Algorithmen für drahtlose Netzwerke

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

