



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

Algorithmen für drahtlose Netzwerke

Drahtlose Sensornetze: Datenaggregation

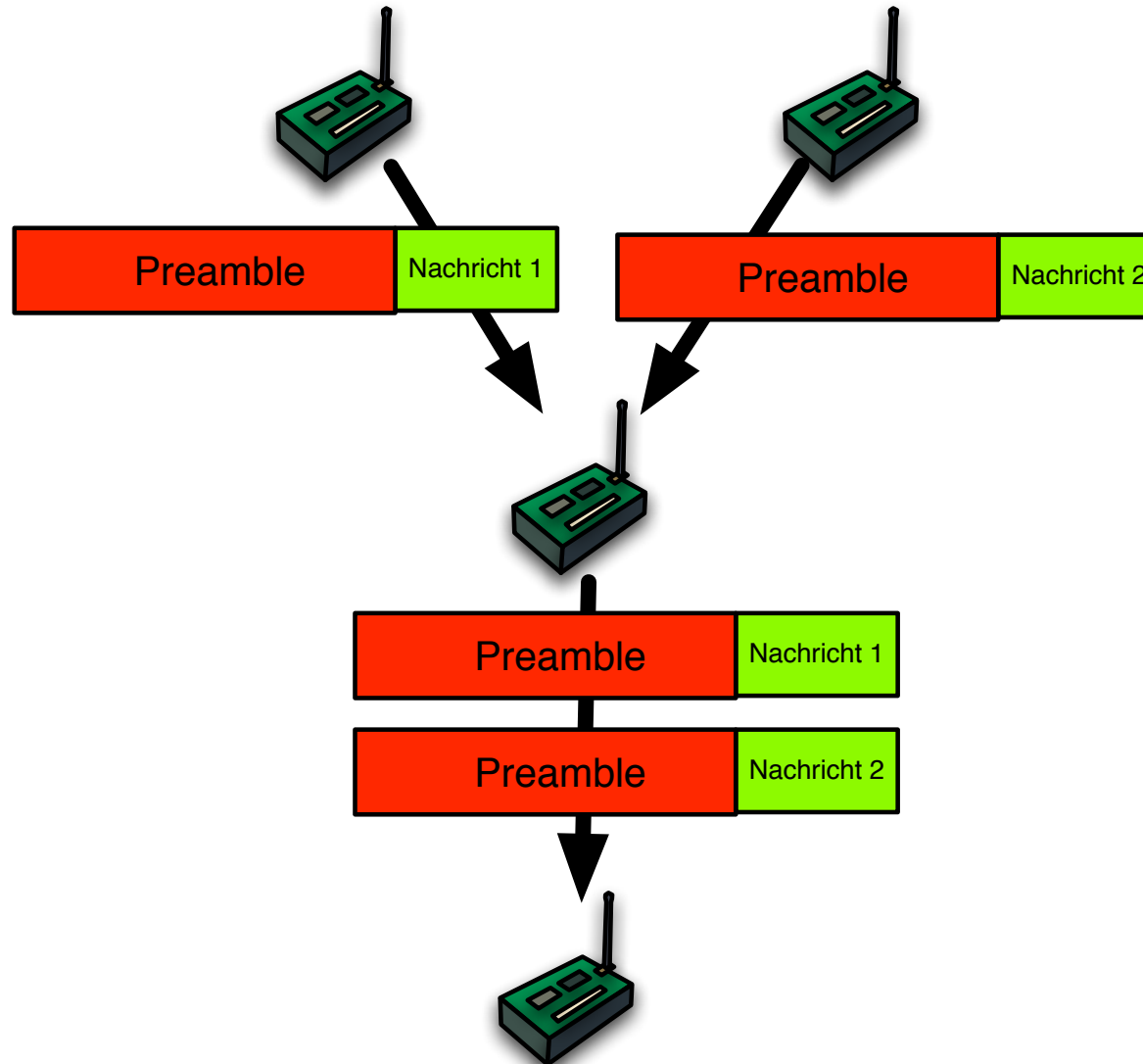
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer



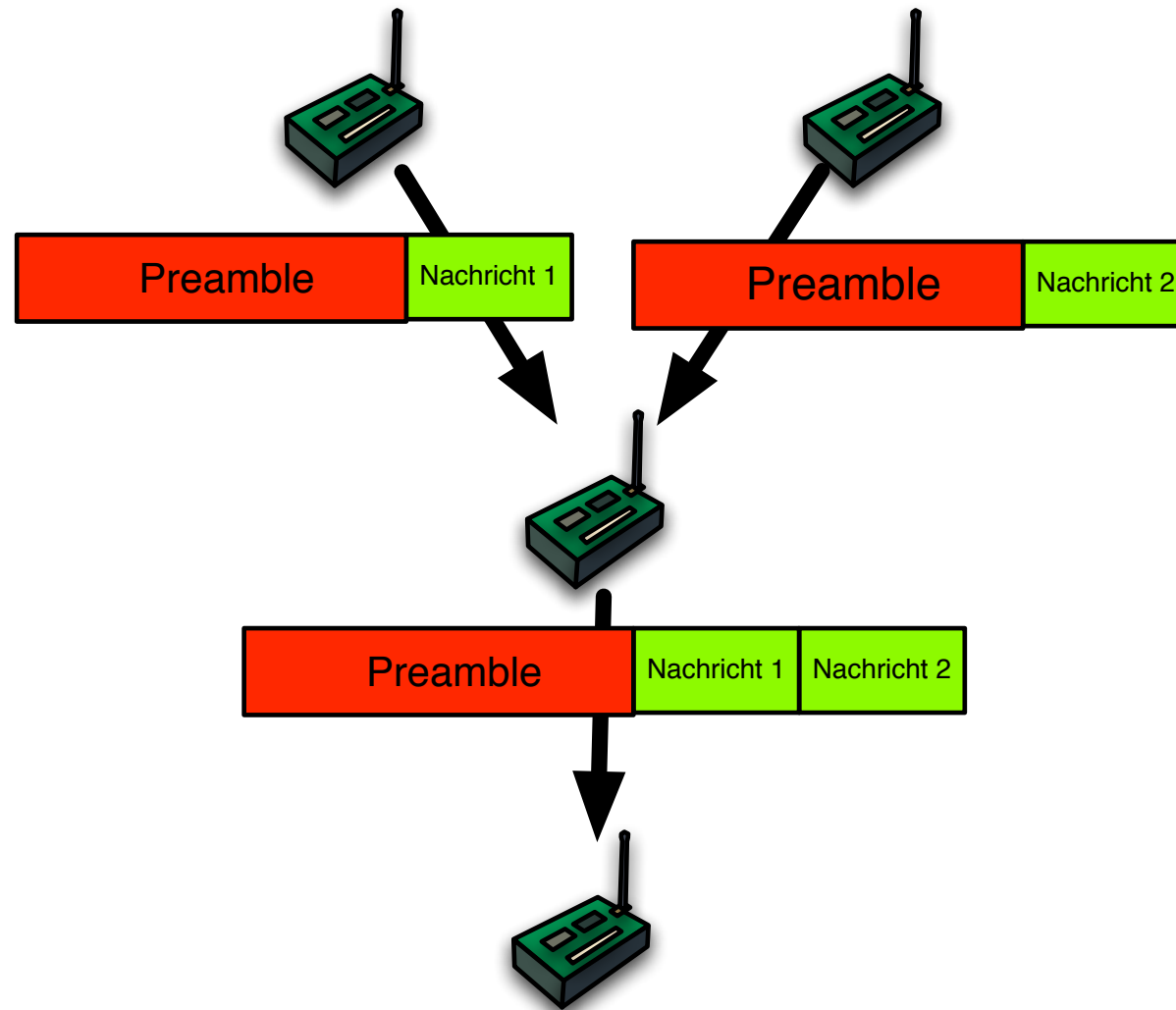
Datenaggregation

- ▶ **In Multi-Hop-Netzwerken kann die Kombination von Nachrichten das Netzwerkverhalten verbessern:**
- ▶ **Zusammenfassung (Konkatenation) von Nachrichten**
 - Header-Länge wird relativ zur Nachricht kürzer
 - insbesondere bei Preamble Sampling
 - Zusatzaufwand für Kollisionsvermeidung geringer
- ▶ **Neuberechnung der Inhalte**
 - z.B. Wenn die Minimaltemperatur gefragt ist, dann genügt es einen (den kleineren) Wert weiterzuleiten
 - Hierzu werden die Messwerte über Zeitraum gesammelt

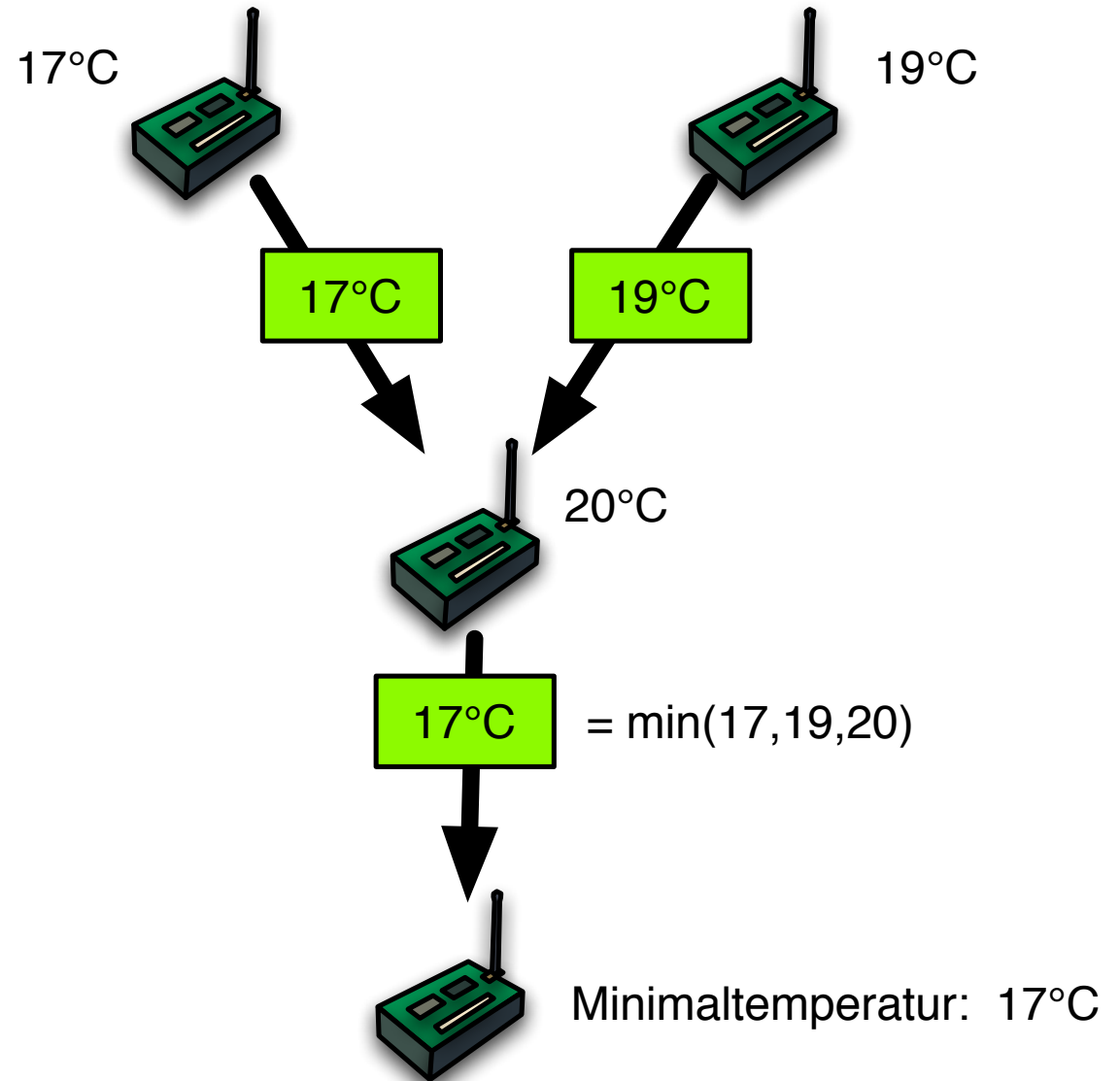
Keine Datenaggregation durch Konkatenation



Datenaggregation durch Konkatenation



Echte Daten- aggregation durch interne Neuberechnung



Einfache Funktionen der Datenaggregation

- ▶ **Minimum**
 - Interner Knoten berechnet das Minimum der eingehenden Werte
- ▶ **Maximum**
 - wie Minimum
- ▶ **Anzahl Quellen**
 - Interner Knoten addiert die eingehenden Werte
- ▶ **Summe**
 - Addition in internen Knoten

Aggregierbare Funktionen

▶ **Durchschnitt der Messwerte**

- Übergebe Anzahl Messstationen n und die Summe aller Messwerte S
- Durchschnitt = S/n

▶ **Varianz der Messwerte**

- Berechne Durchschnitt und den Durchschnitt der Quadrate der Messwerte
- $V(X) = E(X^2) - E(X)^2$

Nichtaggregierbare Funktionen

- ▶ **Für folgende Funktionen ist keine effiziente Aggregation bekannt oder möglich**
 - Median
 - p-Quantile
 - wenn p nicht sehr klein oder groß ist
 - Anzahl unterschiedlicher Werte
 - nur mit größeren Datenmengen ist eine Approximation möglich

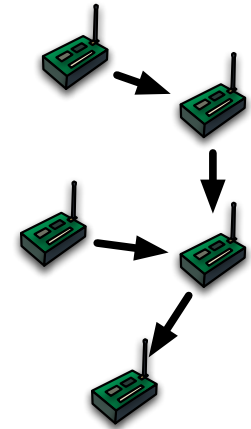
Routing-Modelle für Datenaggregation

- ▶ **Adress-zentriertes Protokoll**
 - Jeder Sensor sendet unabhängig zur Senke
 - Für (echte) Aggregation nicht nutzbar.
- ▶ **Daten-zentriertes Protokoll**
 - Die weiterleitenden Knoten können Nachrichteninhalte lesen und verändern

Kommunikationsstrukturen

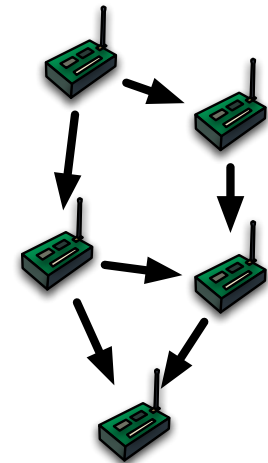
▶ Baumstruktur

- Wenn es nur eine Senke gibt und jeder Quelle nur einen Pfad zur Senke verwendet, dann ist jeder Kommunikationsgraph in WSN ein Baum



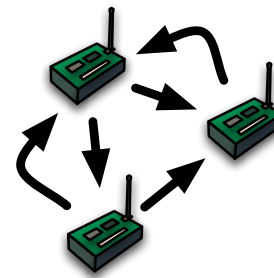
▶ DAG (gerichteter azyklischer Graph)

- Allgemeinerer Fall
- Kann entstehen wenn die Pfade zur Senke sich ändern
- Evtl. schwierig Datenaggregation durchzuführen
 - z.B. Summe



▶ Allgemeiner Graph

- Population Protocols
- werden nicht in WSN verwendet



Energieoptimale Baumstruktur

▶ **Gegeben:**

- Menge von Datenquellen und eine Senke
- Kommunikationsgraph G

▶ **Gesucht:**

- Steiner-Baum T
 - Teilgraph von G
 - verbindet alle Quellen und die Senke
 - Anzahl der Kanten wird minimiert

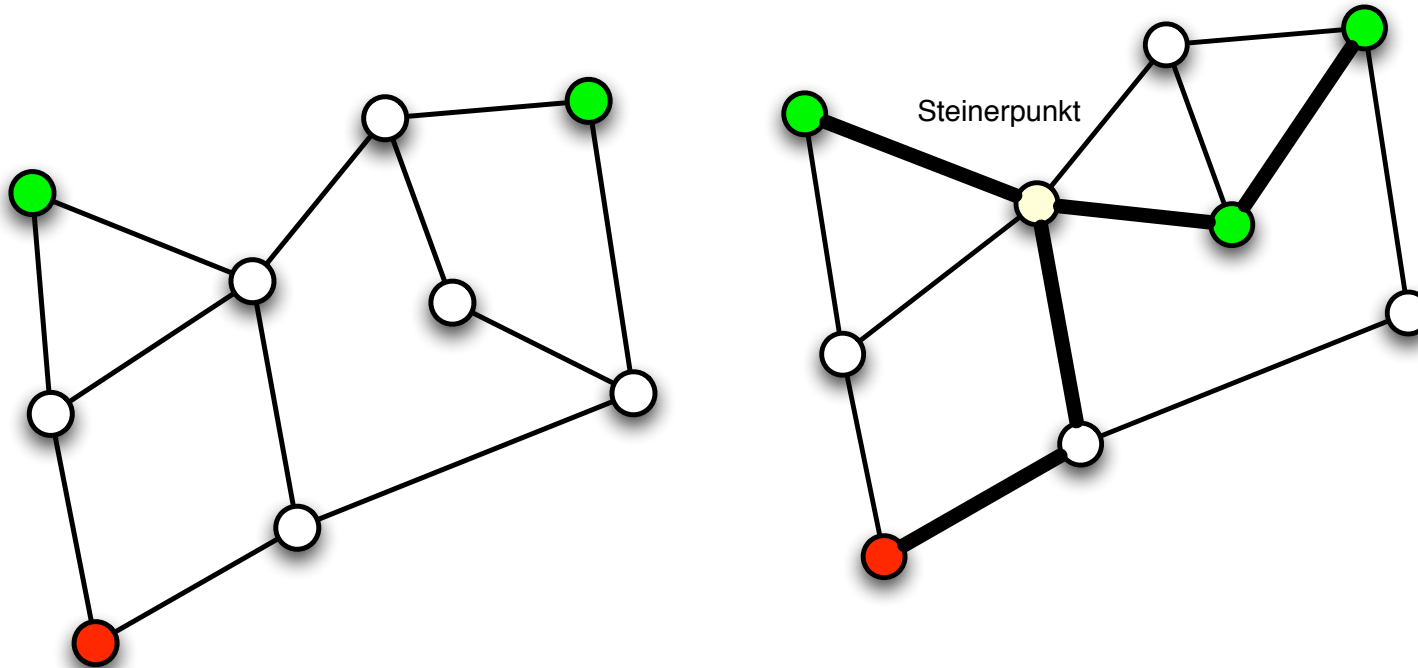
▶ **Alternativ:**

- Kanten haben ein (Energie-) Gewicht
- Minimiere die Summe der Kantengewichte im Baum

Steinerbaum-Problem

► **Beobachtung:**

- Quellen und Senken können gleich behandelt werden (Terminale/Endknoten)



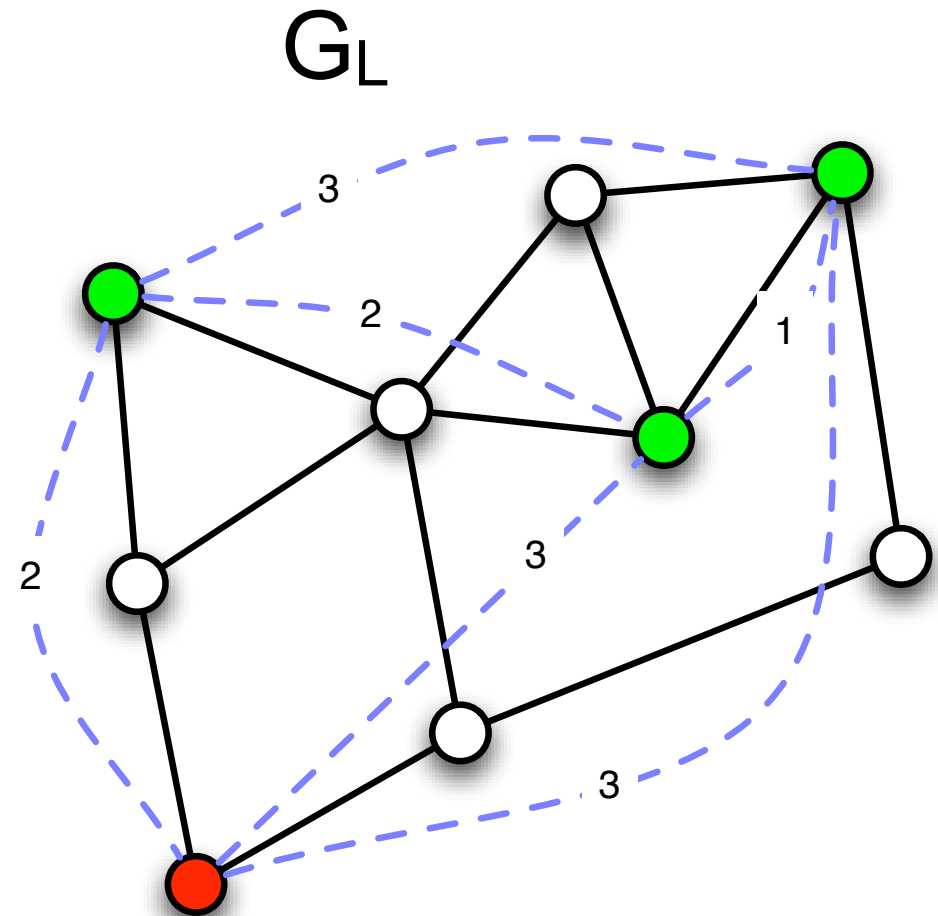
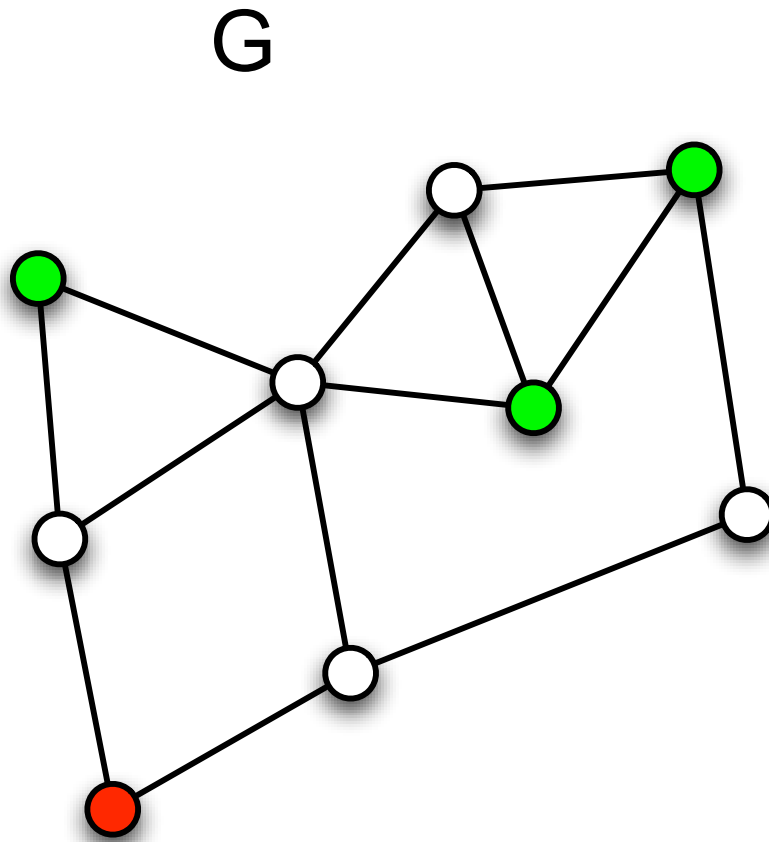
Optimale Wahl zur Datenaggregation

- ▶ **Steiner-Baum**
 - minimaler Baum, der alle Datenquellen mit der Senke verbindet
- ▶ **Berechnung des Steiner-Baums ist NP-schwierig**
- ▶ **Approximation**
 - Das Steiner-Baum-Problem kann in polynomineller Zeit mit dem Faktor 2 approximiert werden
 - Bester bekannter Approximationsfaktor für Algorithmen in polynomineller Zeit: 1,55
 - Zelikovsky, Robins 2006

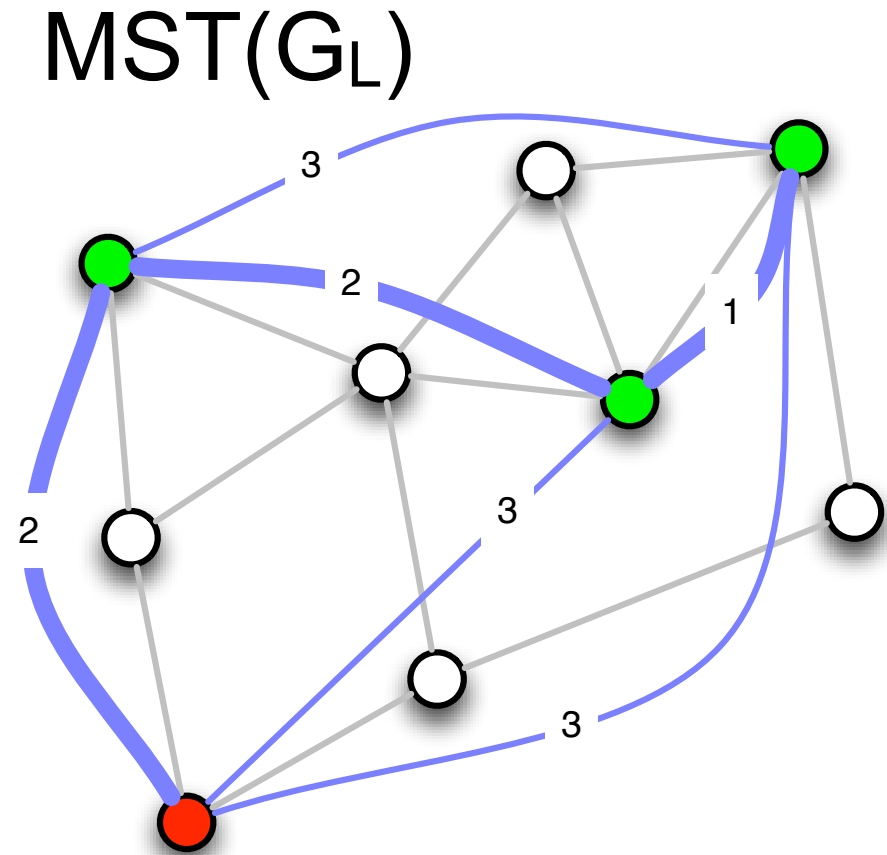
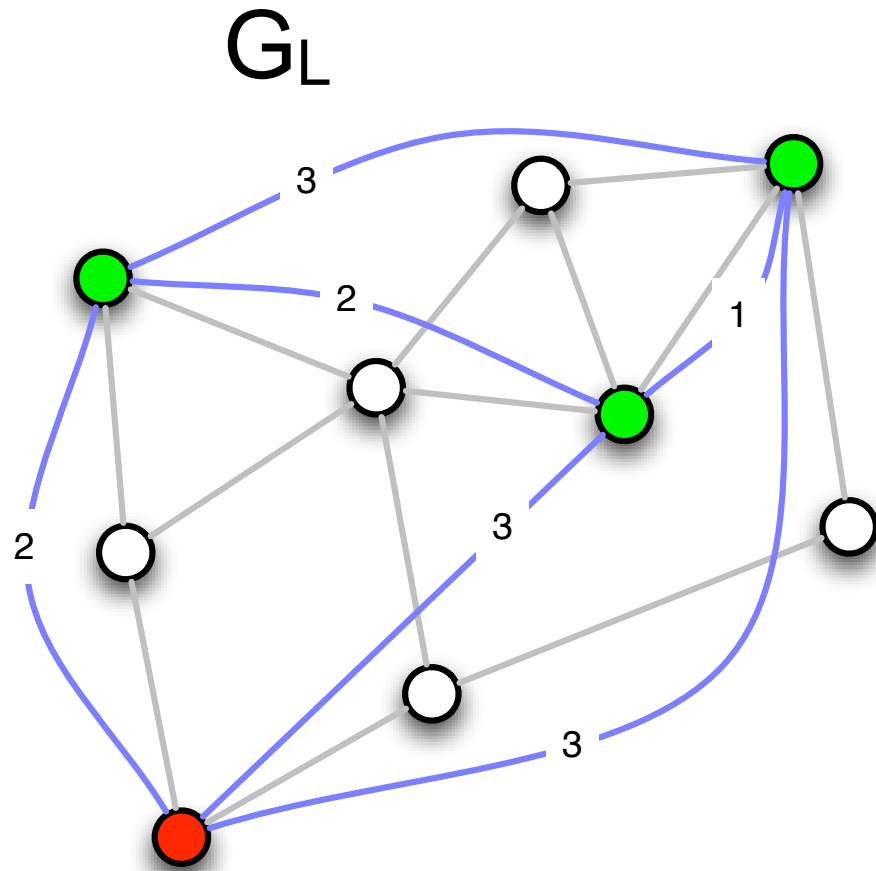
Approximation mit Hilfe von MST

- ▶ Berechne zwischen allen Endknoten E den Abstand im Graph G
 - Definiere vollständigen Graph G_L mit Endknoten E und Kantengewicht gemäß dem Abstand in G
- ▶ Berechne **minimal spannenden Baum MST** in G_L
- ▶ Initialisiere Baum T mit leerer Menge
- ▶ Für jede Kante $e=(u,v)$ aus **MST**
 - Finde kürzesten Pfad P von u nach v in G
 - Falls von P weniger als zwei Knoten in T sind
 - Füge P in T ein
 - Sonst
 - Seien p und q der erste und der letzte Knoten von P in T
 - Füge Teilpfad (u,p) und Teilpfad (q,v) von P in T ein
- ▶ **Ausgabe: Steiner-Baum-Approximation T**

MST-Steiner-Approximation Beispiel

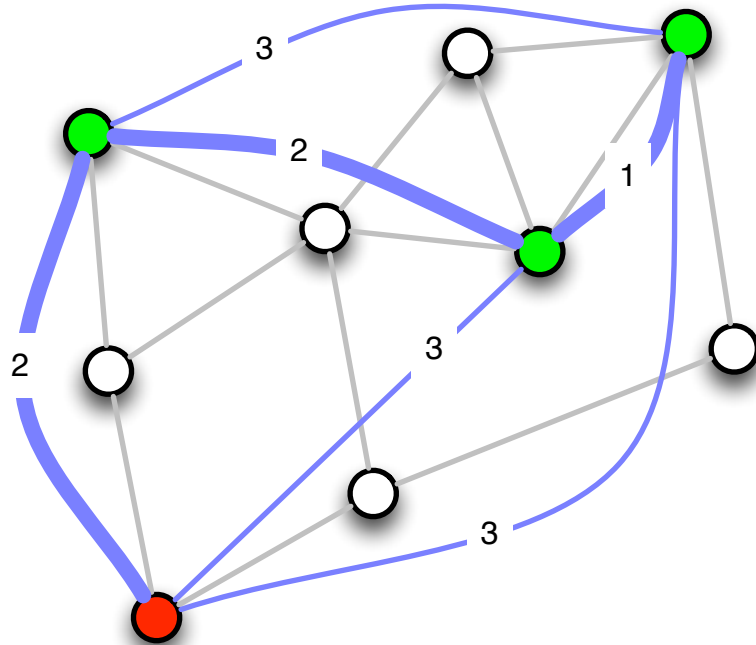


MST-Steiner-Approximation Beispiel

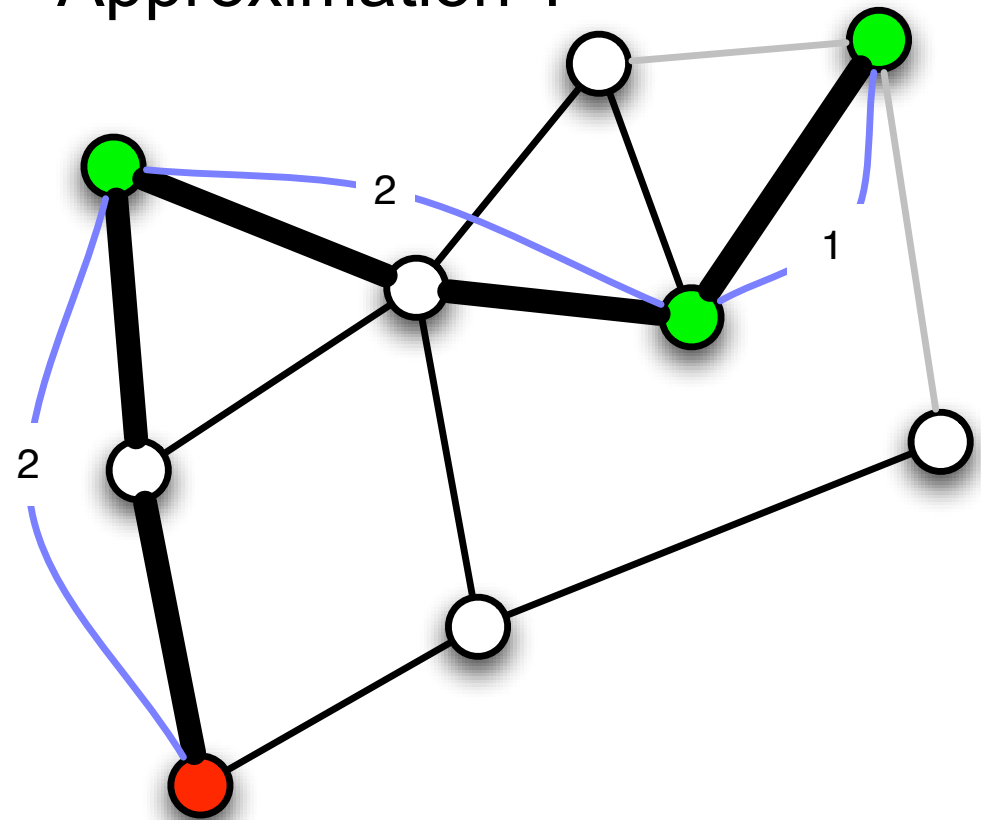


MST-Steiner-Approximation Beispiel

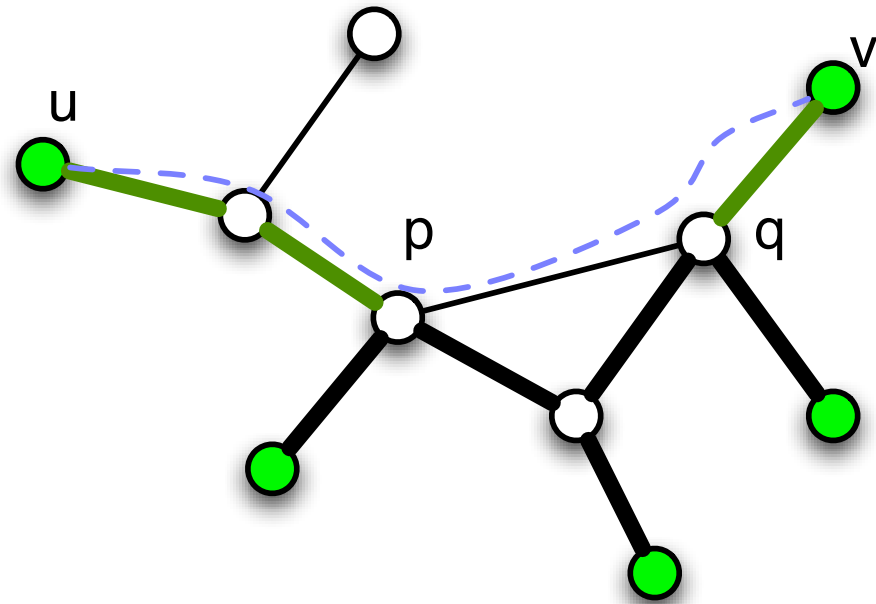
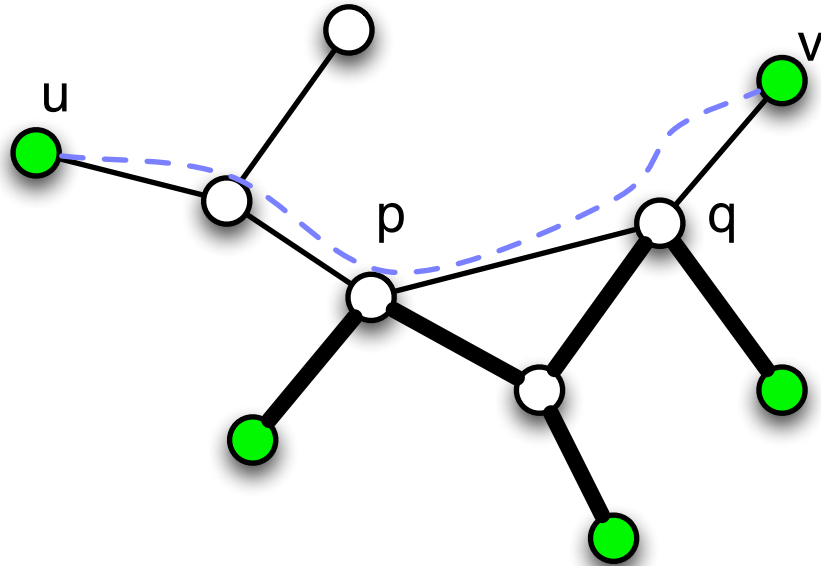
MST(G_L)



Steinerbaum- Approximation T



Verhindern von Kreisen



Güte der MST-Approximation

▶ **Satz**

- Die MST-Approximation konstruiert in polynomieller Zeit einen Baum, dessen Kantensumme höchstens doppelt so groß ist wie der Steiner-Baum

▶ **Beweisidee:**

- Gewicht von T
 - \leq Länge Hamiltonscher Rundweg in G_L
 - \leq Länge Euklidischer Rundweg in doppelten Steinerbaum
 - = zweimal Gewicht des Steinerbaums
- Ergibt Approximationsalgorithmus mit Güte 2



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

Algorithmen für drahtlose Netzwerke

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

