

DIPLOMARBEIT

BIOGRAFISCHE ANGABEN



Thomas Liske

06.2001	Abitur in Dresden
seit 10.2001	Studium Informationssystemtechnik, TU Dresden
08.2005	Studienarbeit am IfN, TU Dresden
09.2006	Fachpraktikum beroNet GmbH Berlin

Thema: Adaption of Cluster-Tree Routing Protocol to IEEE 802.15.4/ZigBee Standard

Autor: Thomas Liske

Tag der Verteidigung: 11. Dezember 2007

Betreuer: Dipl.-Ing. Dimitri Marandin
Dipl.-Ing. Rico Radeke

Hochschullehrer: Prof. Dr.-Ing. Ralf Lehnert

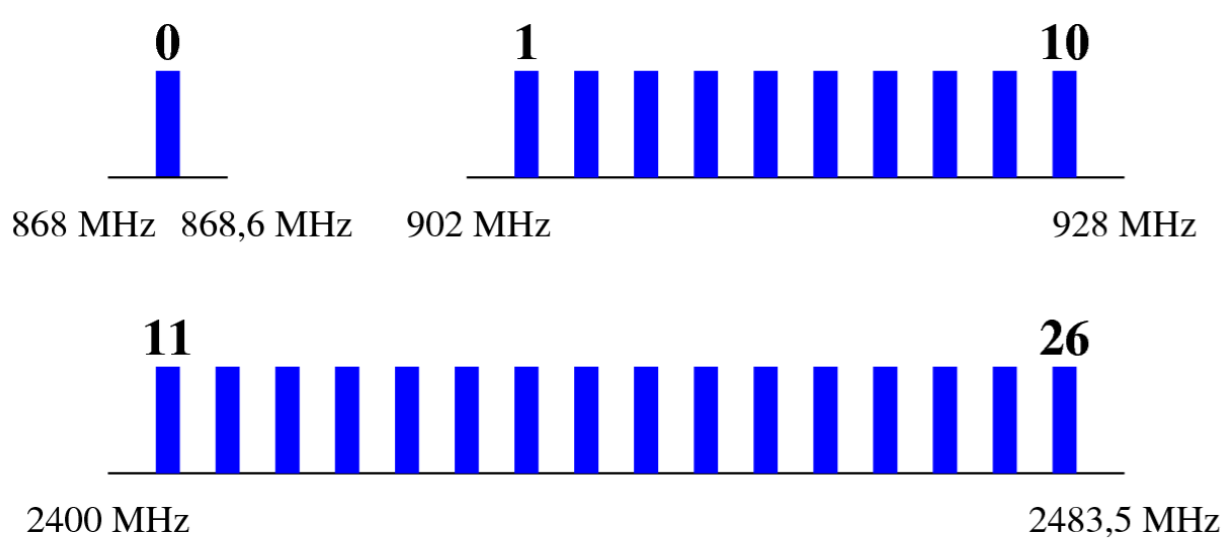
Einleitung

In dieser Arbeit wurde das Cluster-Tree-Routing-Protokoll auf den ZigBee-Protokollstapel unter Verwendung eines gesonderten Adressierungsschemas umgesetzt. Durch Verwendung des *beacon enabled mode* besitzen die Netzknoten definiert Wach- und Schlafzyklen um den Energieverbrauch zu minimieren.

IEEE 802.15.4 Standard

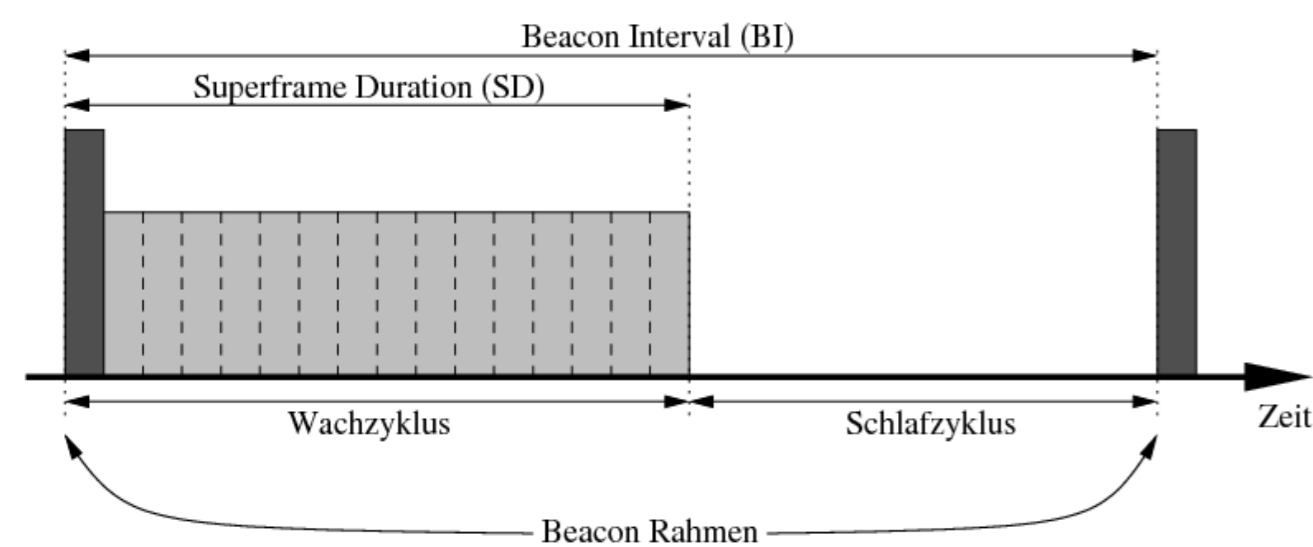
Der IEEE 802.15.4 Standard wurde für so genannte *low rate area personal networks* entwickelt. Er spezifiziert die Funktion der physikalischen und der MAC-Schicht.

Die 27 Kanäle sind dabei wie folgt auf drei Frequenzbänder verteilt:



Superframe Struktur

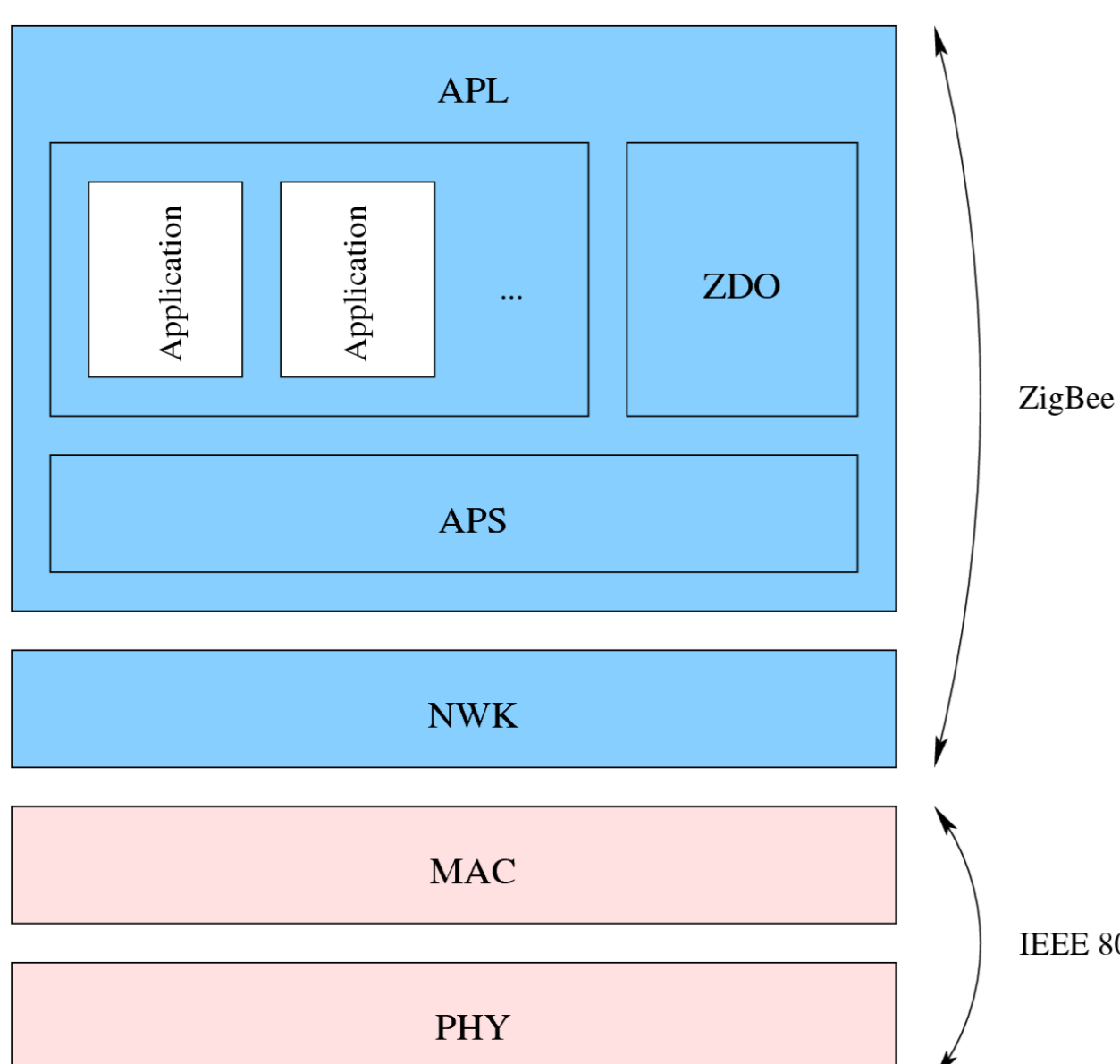
Der IEEE 802.15.4 Stapel wird in dieser Arbeit im so genannten *beacon enabled mode* betrieben. Koordinatoren senden dafür periodisch so genannte Beacons aus. Diese Beacons enthalten Informationen über den Koordinator und das Netz in dem sich der Koordinator befindet.



Mit dem Beacon beginnt außerdem die *Superframe Duration*. Nachdem der Beacon gesendet wurde können Kindknoten mit dem Koordinator Rahmen austauschen. Außerhalb der *Superframe Duration* kann die Empfangseinheit abgeschaltet werden.

ZigBee-Spezifikation

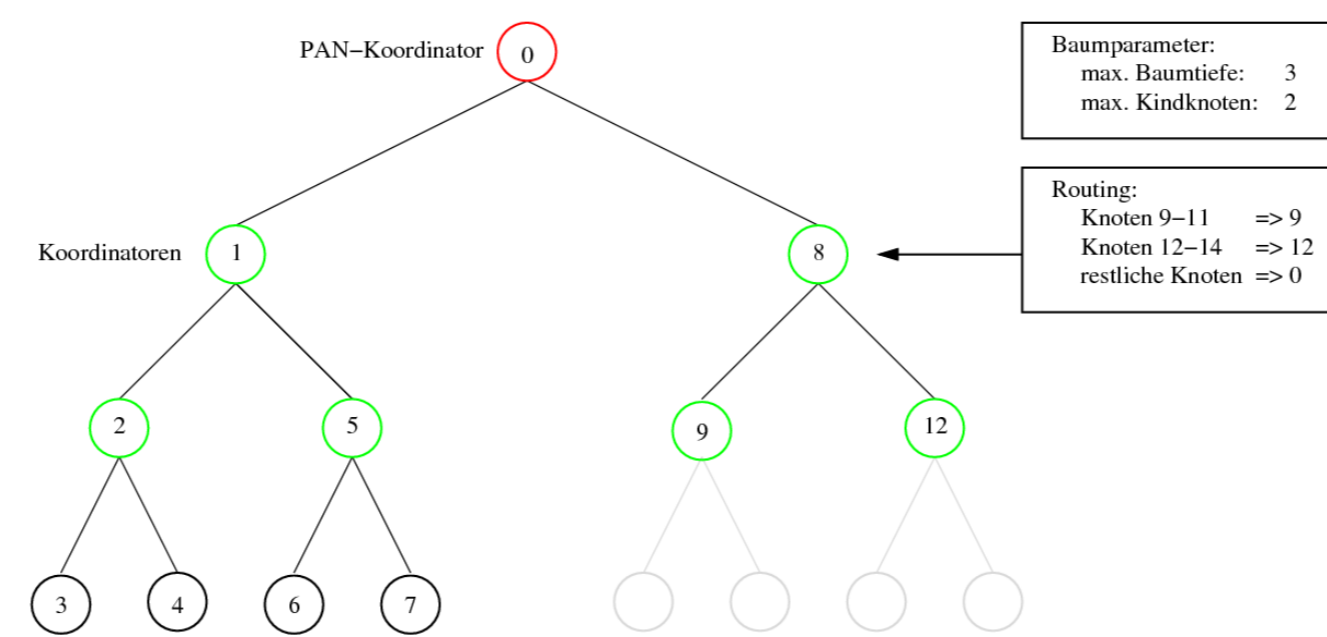
Die ZigBee-Allianz ist ein Zusammenschluss von mehreren Unternehmen, um einen offenen Netzwerkstandard für Funknetze zu schaffen. Die ZigBee-Spezifikation ist dabei ein auf IEEE 802.15.4 aufsetzender Protokollstapel.



Cluster-Tree-Routing

Cluster-Tree-Protokolle ermöglichen bei geschickter Adressierung ein sehr einfaches Routing.

Die Knoten sind in logischen Bäumen strukturiert. Diese Bäume sind durch eine maximale Baumtiefe und eine maximale Anzahl von Kindknoten pro Knoten begrenzt.



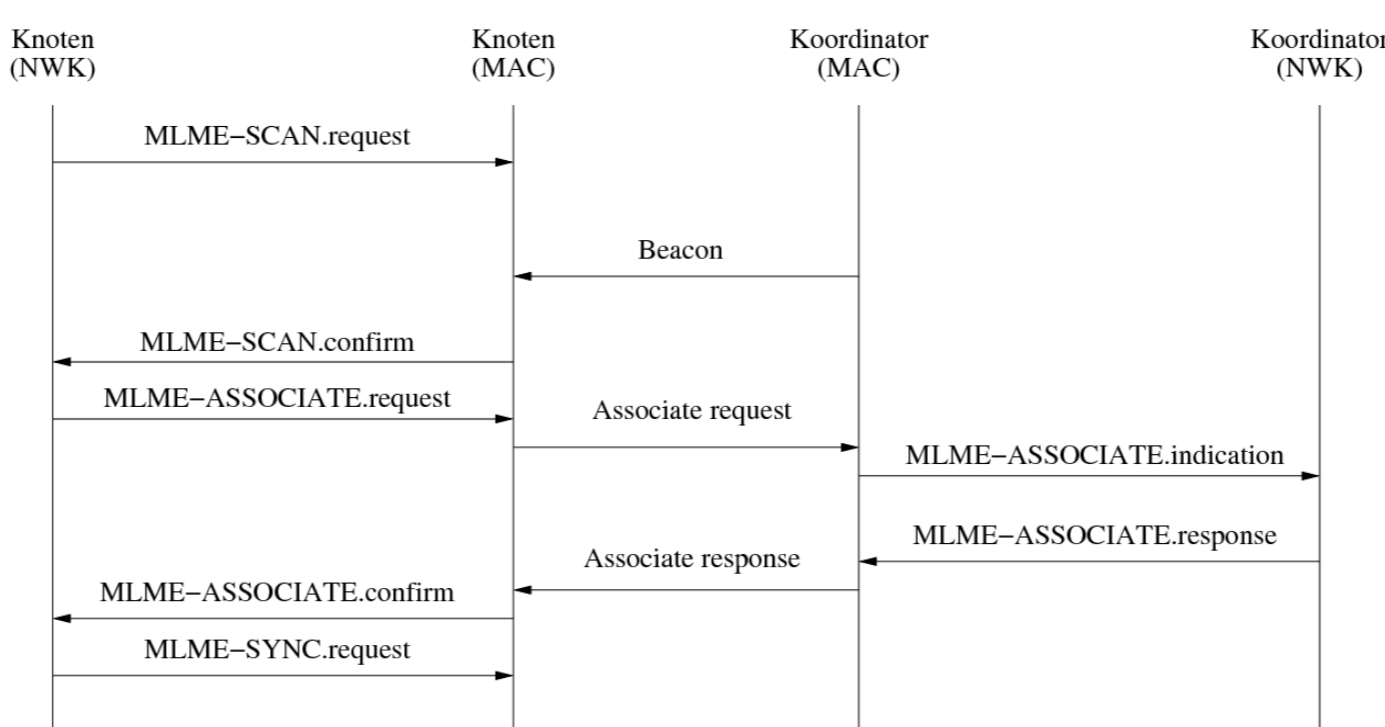
Die begrenzte Anzahl von Knoten lässt folgende Adressvergabe zu. Die Adressen der benachbarten Knoten an einem Koordinator liegen genau soweit entfernt, dass die kompletten Unterbäume im zwischen den Adressen Platz finden.

Damit sind sehr einfach Routingtabellen erstellen wie in der Abbildung für den Knoten 8 dargestellt.

Sowohl für die Adressvergabe als auch für das erstellen der Routingtabellen müssen keine extra Verwaltungsrahmen ausgetauscht werden.

Cluster-Beitritt

Im folgenden sind die ablaufenden Primitiven beim Beitritt eines Knotens zu einem Cluster dargestellt:



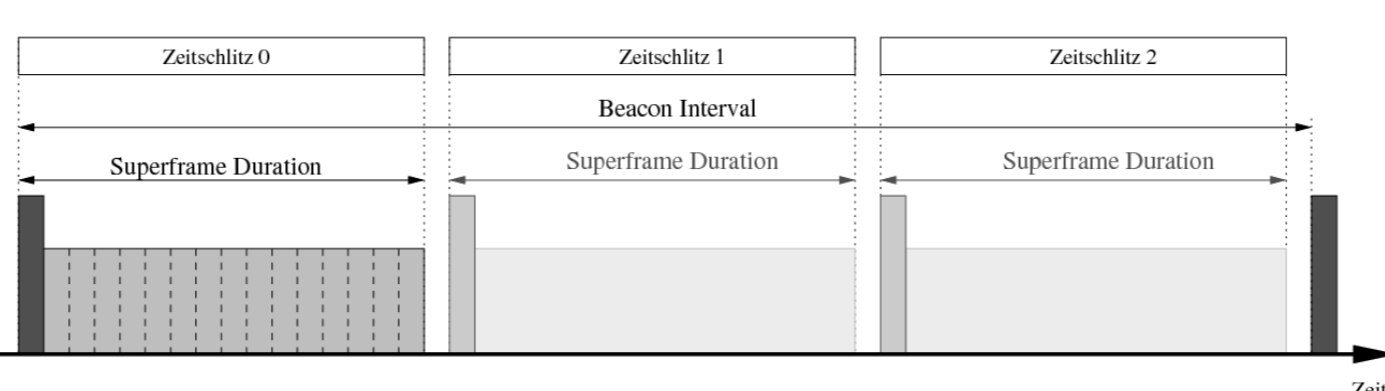
Der Knoten scannt die Kanäle auf Beacons. Aus der Liste der Beacons wird dann ein Koordinator ausgewählt und eine Assoziierung gestartet. Der Koordinator kann dann die Assoziierung annehmen und dem Knoten eine Adresse zuweisen oder ablehnen.

Als letzter Schritt synchronisiert sich der Knoten auf seinen Koordinator um zum Zeitpunkt des Beacons aufwachen zu können.

Beacon-Scheduling-Problem

Durch den Betrieb im *beacon enabled mode* und die nötige Synchronisierung laufen alle Knoten synchron zum Wurzelknoten. Da die Beacons ohne Zugriffsverfahren gesendet werden, führt dies zur Kollision von Beacons. Damit wird der Empfang von Beacons gestört und der Netzaufbau verhindert.

Deshalb ist es nötig das ein entsprechendes Scheduling-Verfahren eingesetzt wird um die Beacons der Koordinatoren im Cluster vor gegenseitiger Kollision zu schützen.



Dafür wird das *Beacon Interval* in mehrere Zeitschlitze von der Dauer einer *Superframe Duration* aufgeteilt.

Für die Verteilung der Beacons der Koordinatoren auf die Zeitschlitze wurden folgende Ansätze vorgeschlagen:

Gleichverteilung

Die Gleichverteilung der Beacons auf die Zeitschlitze kann keine Verhinderung von Beacon Kollisionen garantieren.

Zeitmultiplex

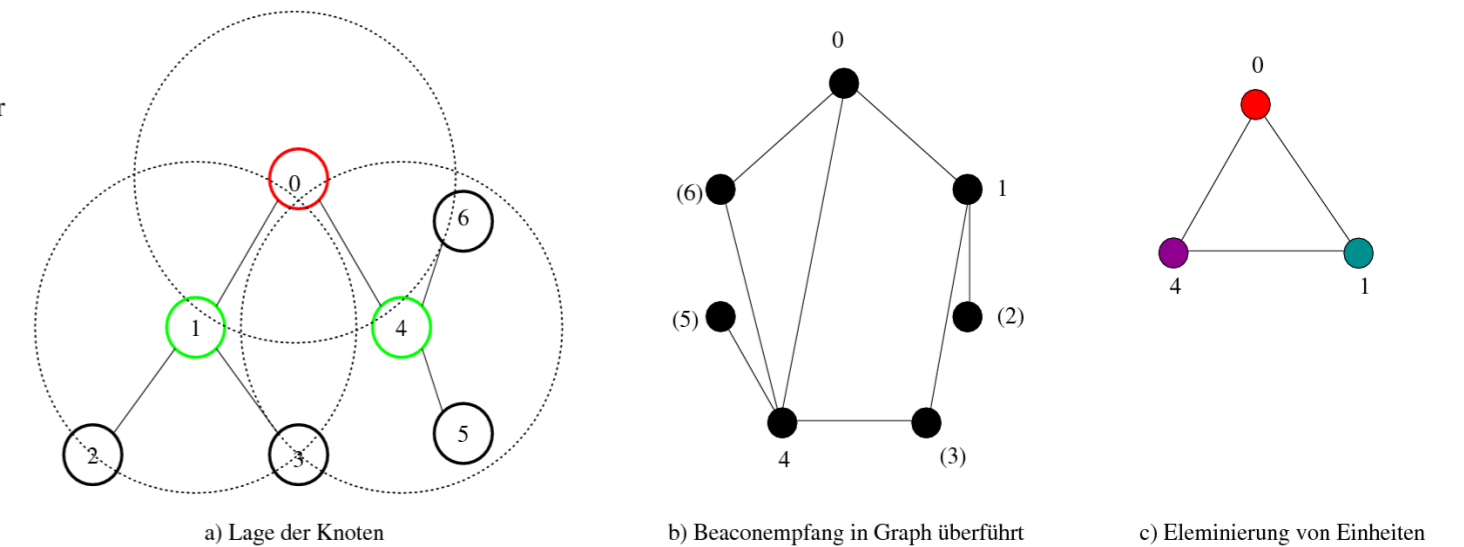
Beim reinen Zeitmultiplex erhält jeder Koordinator einen eigenen Zeitschlitz. Damit ist garantiert das keine Beacon-Kollisionen im Cluster entstehen. Allerdings muss das Verhältnis von *Superframe Duration* zu *Beacon Interval* für eine große Anzahl von Koordinatoren sehr gering gewählt werden.

Raum- und Zeitmultiplex

Beim Ansatz für Raum- und Zeitmultiplex wird die Reichweite der Beacons mit in Betracht gezogen. Sind zwei Koordinatoren weit genug entfernt, dürfen diese auch gleichzeitig Beacons senden.

Die Reichweite von Beacons wird über den Empfang der Beacons durch die Knoten abgeschätzt. Überführt man diese Information in einen Graphen, kann man ihn mit Methoden zum Lösen des *vertex coloring problems* behandeln und eine optimale Verteilung der Beacons erreichen.

Beim *vertex coloring problem* soll ein Graph so gefärbt werden, dass alle Knoten unterschiedliche Farben als ihre Nachbarn erhalten. Die Netzknoten sind auch Knoten im Graph, die Kanten entsprechen dem Empfang eines Beacons. Die Färbungen stellen die Zeitschlitze dar.



In der Abbildung a) ist die Lage der Knoten und die Reichweite der Beacons dargestellt. Daraus kann der Graph in Abbildung b) erstellt werden. Es erfolgt dann noch eine Reduzierung zu dem Graph c) in dem alle Knoten entfernt werden, die keine Beacons senden. Die Färbung des Graphen zeigt also, das hier drei unterschiedliche Zeitschlitze zu vergeben sind.

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Entwurf eines Cluster-Tree-Protokolls auf Basis der ZigBee-Spezifikation entworfen. Dabei wurde Gebrauch von den vorhandenen Cluster-Tree-Funktionen des IEEE 802.15.4 Standards gemacht um ein Protokoll mit geringem Energieverbrauch zu realisieren.

Für das durch den *beacon enabled mode* entstehende Beacon-Scheduling-Problem wurden verschiedene Lösungsansätze vorgestellt.

Das Protokoll wurde im Netzwerksimulator ns-2 implementiert.

