

## **Ausarbeitung**

zum Seminar

## **Serviceorientierte Softwarearchitektur**

Thema:

## **Grundlegende Routingstrategien in AdHoc- Netzwerken**



---

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung.....	1
1.1 AdHoc vs. Infrastrukturell.....	1
1.2 Mögliche Szenarien für die Verwendung.....	3
1.3 Notwendigkeit von Routingprotokollen.....	4
2 Generelle Unterscheidungsmerkmale.....	7
3 Routingstrategien.....	8
3.1 Fluten des Netzes.....	8
3.2 Positionsgestützte Strategien.....	10
3.3 Bewegungsgestützte Strategien.....	12
3.4 Wegpunktgestützte Strategien.....	14
3.5 Energiesparende Strategien.....	15
3.5.1 Verringerung der Betriebskosten.....	18
3.5.2 Verringerung der Strahlenbelastung.....	18
3.5.3 Verringerung der Netzlast.....	18
3.5.4 Erhöhung der Sicherheit.....	20
Literaturverzeichnis.....	22

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Infrastrukturelles Netzwerk.....	2
Abbildung 2: AdHoc-Netzwerk.....	2
Abbildung 3: Direkte Kommunikation im Senderadius.....	4
Abbildung 4: Ausdehnung des Netzes größer als der Senderadius.....	5
Abbildung 5: Indirekte Kommunikation.....	5
Abbildung 6: Weiterleiten der Datenpakete im Netzwerk.....	8
Abbildung 7: Weiterleiten der Datenpakete zum Empfänger.....	9
Abbildung 8: Errichtung eines Korridors.....	10
Abbildung 9: Fluten des Korridors.....	11
Abbildung 10: Korridor zu voraussichtlicher Position.....	12
Abbildung 11: Gefluteter Korridor bei Erreichen der Zielposition.....	13
Abbildung 12: Hindernisse für die Datenübertragung.....	14
Abbildung 13: Kommunikation unter Verwendung von Wegpunkten.....	15
Abbildung 14: Energiebedarf für direktes Senden.....	16
Abbildung 15: Auftrennung der Übertragung in Teilstrecken.....	17
Abbildung 16: Vergleich des Energiebedarfs.....	17
Abbildung 17: Störungen durch gleichzeitiges Senden.....	19
Abbildung 18: Gleichzeitiges Senden bei geringer Leistung.....	19
Abbildung 19: Angreifer innerhalb des Senderadius.....	20
Abbildung 20: Angreifer außerhalb des Senderadius.....	21

---

# Abkürzungsverzeichnis

MANET                      Mobile AdHoc Network

---

# 1 Einleitung

In der Datenkommunikation ergeben sich zunehmend neue Anwendungsgebiete, in denen der AdHoc-Modus für kabellose Netzwerke Verwendung findet.

Diese neuen Anwendungsfälle bringen aber auch neue Anforderungen an die Datenübertragung mit sich, so dass ein einfaches Senden der Informationen nicht mehr ausreicht. Eine dieser Anforderungen ist das Routing von Datenpaketen in einem sowohl von der Anzahl der Teilnehmer, als auch von der räumlichen Ausdehnung her großen Netzwerk.

Diese Seminararbeit soll zunächst diese Anforderung erläutern und anschließend anhand beispielhafter Szenarien mögliche Wege aufzeigen, dieser Anforderung zu begegnen.

## 1.1 AdHoc vs. Infrastrukturell

Infrastrukturelle Netzwerke sind Netzwerke, die über eine zentrale Einheit zur Kontrolle des Netzverkehrs verfügen. Beispiele hierfür sind zum Beispiel WLAN unter Verwendung eines Accesspoints oder Mobilfunknetze mit den Funkzellen.

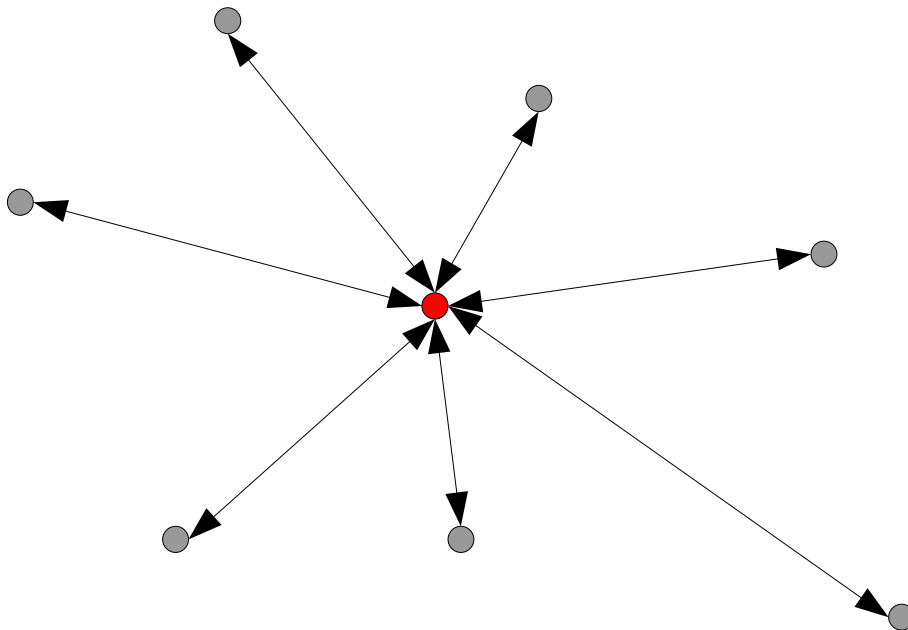


Abbildung 1: Infrastrukturelles Netzwerk

Im Gegensatz dazu findet in AdHoc-Netzwerken die Kommunikation ohne eine solche Kontrolleinheit, also immer direkt zwischen den einzelnen Netzteilnehmern, statt.

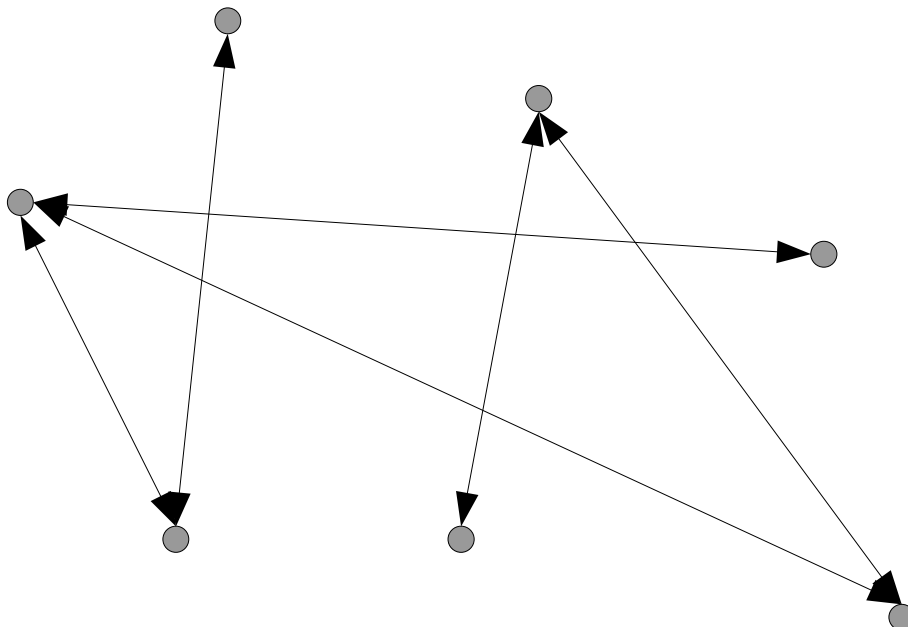


Abbildung 2: AdHoc-Netzwerk



## **1.2 Mögliche Szenarien für die Verwendung**

Aus der Möglichkeit der Kommunikation ohne eine zentrale Kontrolleinheit ergeben sich auch die wesentlichen Szenarien für die Verwendung von AdHoc-Netzwerken.

Der wesentliche Grund, der für eine Verwendung eines solchen Netzwerkes spricht, ist das Fehlen einer entsprechenden Infrastruktur. Gerade in ländlichen Gegenden gibt es zum Beispiel noch Gebiete, die nicht durch Mobilfunkbetreiber erschlossen wurden.

Allerdings kann eine vorhandene Infrastruktur auch unbrauchbar sein, da sie zum Beispiel durch eine Naturkatastrophe oder Sabotage aus technischer Sicht in Mitleidenschaft gezogen wurde. Aber auch durch die Nutzungsbedingungen kann eine Infrastruktur unbrauchbar sein, wenn die Nutzung zum Beispiel entgeltlich ist, oder die Zugangsmechanismen den Aufwand nicht rechtfertigen.

Einige Anwendungsfälle sind zum Beispiel der Austausch von Daten in einem Straßencafe oder die Koordination von Rettungstrupps in einem Unglücksgebiet.

Ein weiteres Anwendungsgebiet, welches sich mehr und mehr durchsetzt, ist die Entlastung einer bestehenden Infrastruktur. Es existieren Forschungsvorhaben, die bestehende UMTS-Netze durch die Erweiterung um einen AdHoc-Modus entlasten sollen. So sollen die Endgeräte von Benutzern, die sich in unmittelbarer Umgebung zueinander befinden, direkt miteinander kommunizieren, um die Infrastruktur für die Kommunikation freizuhalten, die über eine weitere Entfernung stattfinden soll.

Besonderes Augenmerk soll im folgenden allerdings auf die Koordinierung von Fahrzeugen im Straßenverkehr gelegt werden. Ein Ansatz zur Verbesserung von Routenplanungen ist es, Informationen über die Verkehrslage, die Fahrbahnbeschaffenheit, Witterungseinflüsse und

## Mögliche Szenarien für die Verwendung

---

ähnliches direkt in den Fahrzeugen zu speichern und bei Bedarf an andere Fahrzeuge zu übertragen. Für die Realisierung dieser Datenübertragung auf Basis eines AdHoc-Netzwerkes spricht unter anderem, dass keine neue Infrastruktur aufgebaut werden muß, und dass keine weiteren laufenden Kosten entstehen. Die Größe des Netzwerkes macht allerdings ein Routingprotokoll notwendig.

Die einzelnen Übertragungen können unterschiedlicher Natur sein. Wichtige, sicherheitsrelevante Informationen sollten per Broadcast an alle Verkehrsteilnehmer gesendet werden, einzelne Verkehrsteilnehmer sollten per Multicast Anfragen an eine Gruppe anderer Teilnehmer stellen können, um so Informationen über das geplante Zielgebiet zu erhalten. Solche Anfragen sollten per Unicast direkt an den Initiator der Anfrage beantwortet werden können.

### 1.3 Notwendigkeit von Routingprotokollen

Die möglichen Szenarien für die Verwendung von AdHoc-Netzwerken erzwingen immer öfter einen räumlichen Umfang von Netzwerken, die über den Senderadius der einzelnen Netzteilnehmer hinausgehen.

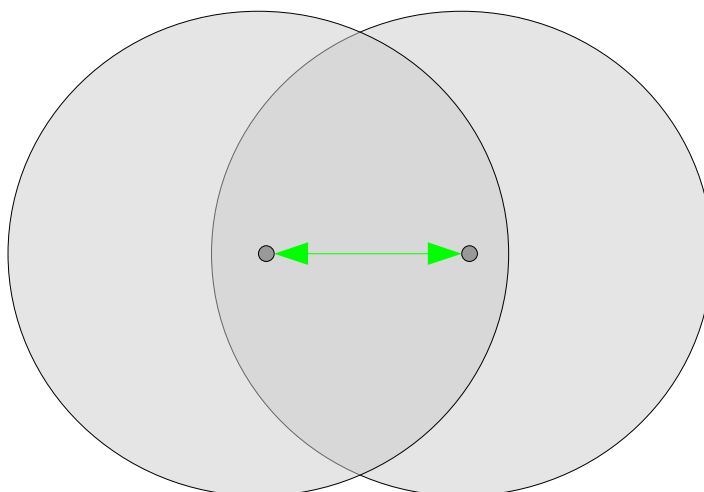


Abbildung 3: Direkte Kommunikation im Senderadius

In kleinen Netzen, in denen die Senderadien der Netzteilnehmer

entsprechend groß sind, ist es möglich, dass jeder Teilnehmer jeden anderen direkt erreicht.

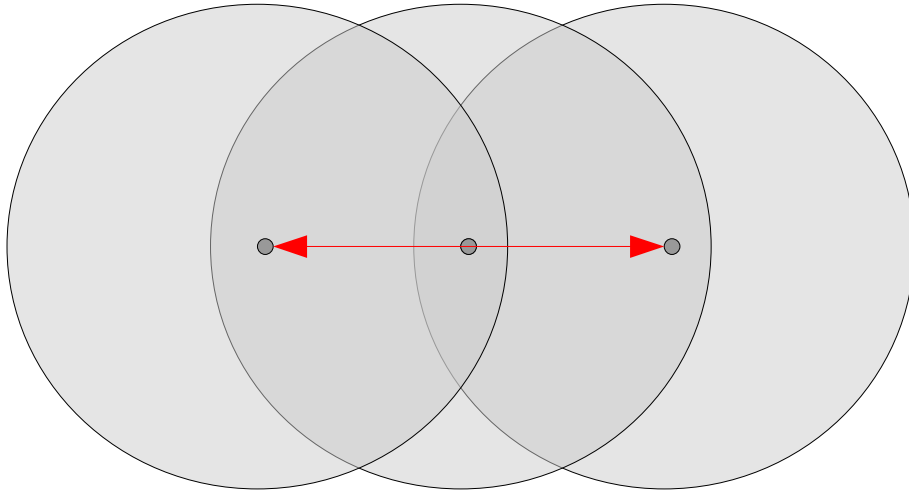


Abbildung 4: Ausdehnung des Netzes größer als der Senderadius

Sobald allerdings die Ausdehnung des Netzes den Senderadius übersteigt, ist eine direkte Kommunikation zwischen allen Netzteilnehmern nicht mehr möglich. In diesen Fällen benötigt man für die Kommunikation innerhalb des Netzes ein geeignetes Routingprotokoll, so dass die Informationen durch andere Netzteilnehmer weitergeleitet werden.

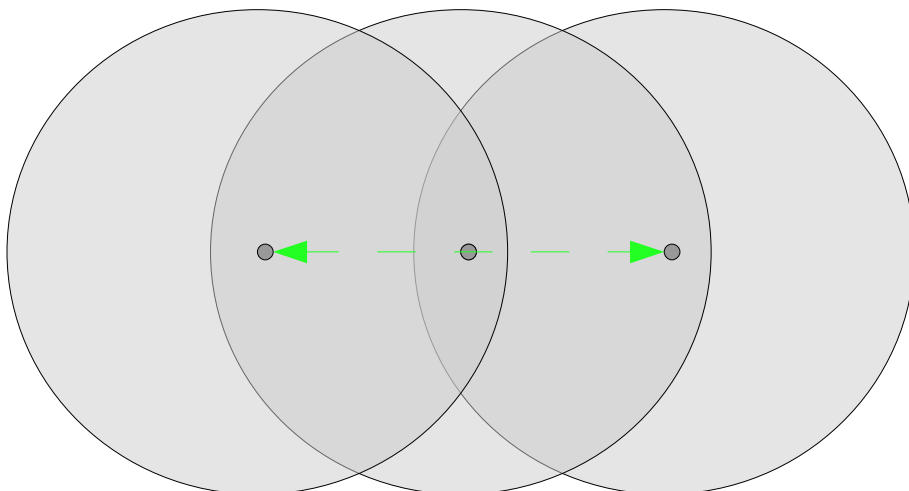


Abbildung 5: Indirekte Kommunikation

Durch diese Protokolle wird also eine indirekte Kommunikation weit über

## Notwendigkeit von Routingprotokollen

---

den Senderadius hinaus ermöglicht, so dass auch wesentlich größere Netzwerke entstehen können.

## 2 Generelle Unterscheidungsmerkmale

Routingprotokolle lassen sich, unabhängig von der verwendeten Strategie, in zwei Klassen unterteilen.

Proaktive, oder auch tabledriven, Protokolle sind Protokolle, die die zugrundeliegende Strategie im Vorfeld verwenden, um die Topologie des Netzes zu bestimmen. Dieses kann einmal während des Netzaufbaus geschehen oder aber in regelmäßigen Abständen während des eigentlichen Betriebes. Die so gewonnenen Informationen werden in geeigneten Datenstrukturen gehalten und können sofort für das Routing eingehender Pakete verwendet werden.

Reaktive Verfahren hingegen wenden die Strategien in dem Moment an, in dem eine konkrete Route durch das Netzwerk benötigt wird. So kann zum Beispiel bereits das erste Datenpaket verwendet werden, um mit ihm die Route durch das Netz zu bestimmen. Die so gewonnenen Informationen werden im Gegensatz zu den proaktiven Verfahren allerdings nach einer gewissen Zeit wieder verworfen und müssen nach einer längeren Übertragungspause zunächst neu bestimmt werden.

Handelt es sich um ein Szenario mit einer längerfristigen Netzstruktur, ist es sinnvoll ein proaktives Protokoll zu verwenden, da dieses das Routing im Netzwerk beschleunigt. Wenn die Routen in einem solchen Netzwerk beständig sind, kann auf das Anwenden einer Suchstrategie zur Findung der aktuellen Route verzichtet werden, sofern eine entsprechende Route in der Datenstruktur vorhanden ist.

Handelt es sich jedoch um eine schwimmende Netzstruktur, zum Beispiel durch Bewegungen von Teilnehmern, ist es sinnvoll ein reaktives Verfahren zu wählen, da die Routen in einem solchen Netz nicht beständig sind. Wenn die Wahrscheinlichkeit eines Routenausfalles hoch ist, kann man die Mechanismen zur Feststellung von Fehlrouuten einsparen und stattdessen bei Bedarf die aktuelle Route ermitteln.

## 3 Routingstrategien

Als Routingstrategie versteht man im Allgemeinen die Methoden und Mechanismen, anhand derer der Weg, den die Datenpakete im Verlauf der Kommunikation nehmen werden, bestimmt wird.

Diese Strategien entstehen in der Regel durch Optimierungen und Verbesserungen für ein konkretes Szenario und bauen daher oftmals aufeinander auf oder lassen sich kombinieren.

Im Folgenden wird am Beispiel einer simplen Strategie gezeigt, wie diese für Anwendungsbeispiele optimiert werden kann.

### 3.1 Fluten des Netzes

Das Fluten des Netzes ist eine der einfachsten Routingstrategien und basiert auf dem einfachen Prinzip, dass alle Netzteilnehmer ein Datenpaket nach dem ersten Empfang im Netzwerk weiter verteilen.

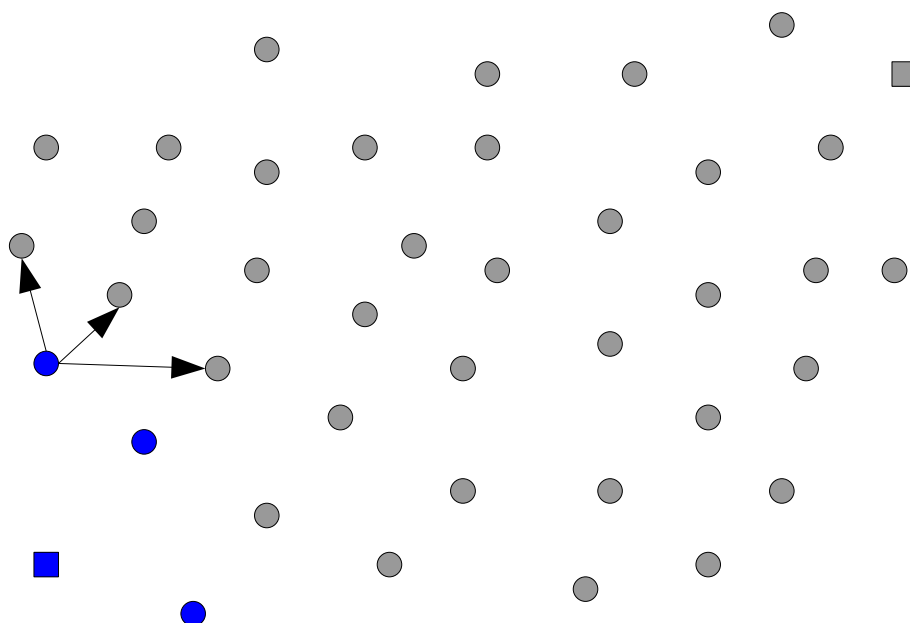


Abbildung 6: Weiterleiten der Datenpakete im Netzwerk

Auf diese Weise erlangen alle Netzteilnehmer Kenntnis über die Daten,

also auch der eigentliche Empfänger.

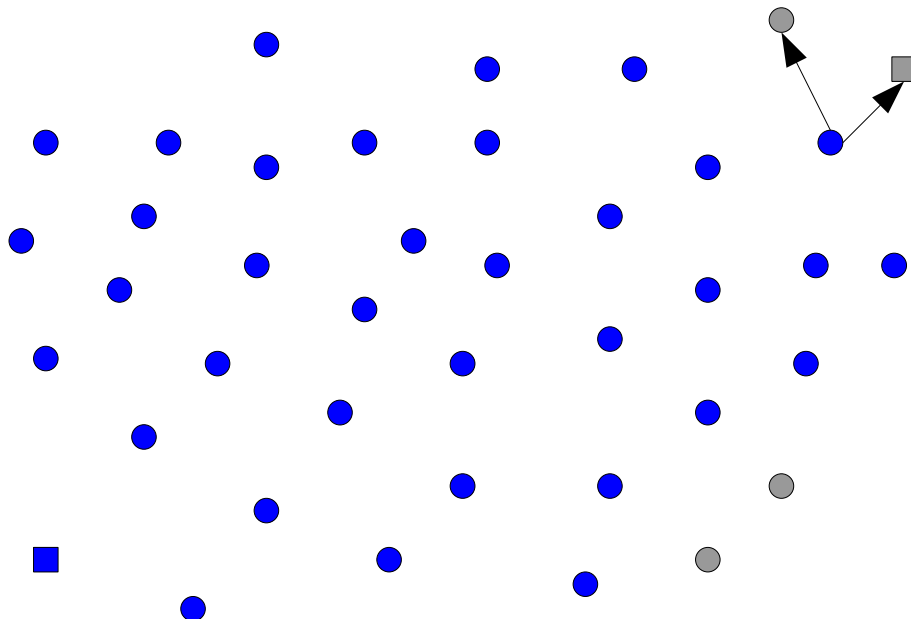


Abbildung 7: Weiterleiten der Datenpakete zum Empfänger

Da prinzipiell jeder Netzteilnehmer die gesendeten Daten empfängt, kann diese Strategie neben der Adressierung als Unicast und Multicast auch für die Adressierung als Broadcast verwendet werden.

Dieses Prinzip ist vergleichbar mit dem Klatsch und Tratsch in einer Kleinstadt, in der alle Hausfrauen die letzten Nachrichten in ihrem sozialen Netzwerk weiterverbreiten, solange es sich um eine neue Nachricht handelt.

Für die Übertragung von wichtigen Verkehrsinformationen an alle Teilnehmer des Netzes ist diese Strategie sehr gut geeignet, da sie sicherstellt, dass jeder Teilnehmer eines zusammenhängenden Netzes erreicht wird. Für die Übertragung der Informationen an wenige Teilnehmer oder einen einzelnen bedeutet diese Strategie allerdings eine enorme Belastung des Netzwerkes und ist hier weniger geeignet.

## 3.2 Positionsgestützte Strategien

Erweitert man das Netzwerk um eine Ortskomponente in Form von Koordinaten oder Raumnummern, so ist es möglich die Datenpakete in die Zielrichtung zu routen.

Für die Umsetzung der Strategie ist es nun notwendig, dass jeder Netzteilnehmer zumindest seine eigene Position kennt, die an zentraler Stelle hinterlegt werden kann. Der Sender eines Datenpaketes kann nun die Position des Empfängers abfragen und das Paket entsprechend adressieren. Eine andere Möglichkeit zur Gewinnung der Position des Empfängers ist es, für den Aufbau der eigentlichen Kommunikation das Netzwerk zu fluten und als Absender die eigenen Koordinaten zu verwenden. So kann der Empfänger bereits für die erste Rückkommunikation die Koordinaten verwenden und selbst seine Position als Absender setzen.

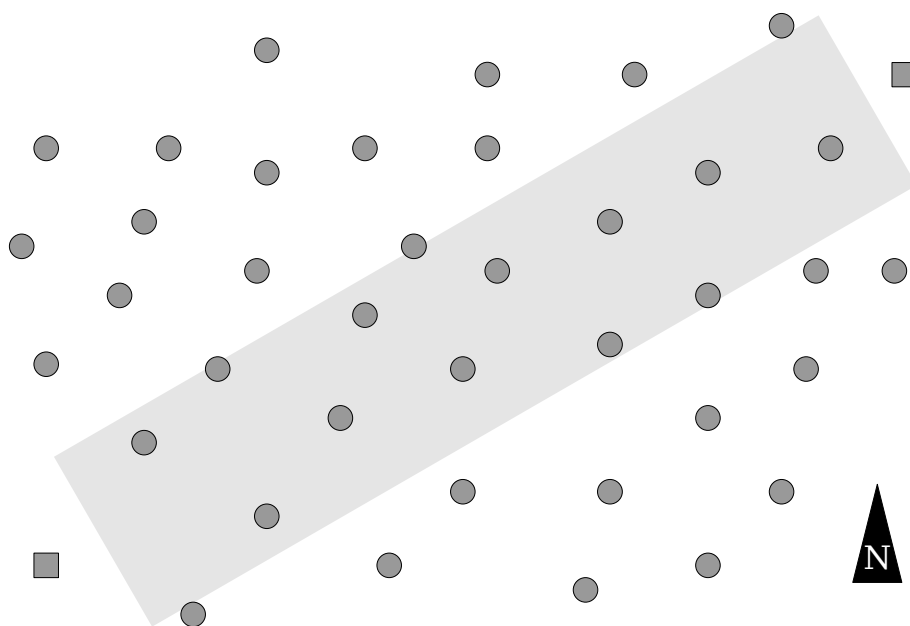


Abbildung 8: Errichtung eines Korridors

Zu diesem Zweck wird innerhalb des Netzes ein Korridor aufgespannt, der vom Sender der Daten zum Empfänger reicht. Die Breite dieses Korridors hängt von der Nutzerdichte des Netzwerkes und der Sendeleistung der



zugrundeliegenden Technik ab. Je größer der Senderadius der Teilnehmer und die Teilnehmerdichte sind, um so schmäler kann der Korridor gewählt werden.

Auch innerhalb dieser Strategie wird jedes Datenpaket einmal weitergeleitet, im Gegensatz zum Fluten des Netzwerkes allerdings nur von den Teilnehmern, die sich innerhalb des Korridors befinden. Alle Teilnehmer des Netzes außerhalb des Korridors verwerfen die eingehenden Nachrichten. Die Zugehörigkeit zu diesem Korridor kann anhand der eigenen Position und der Adressen des Datenpaketes überprüft werden.

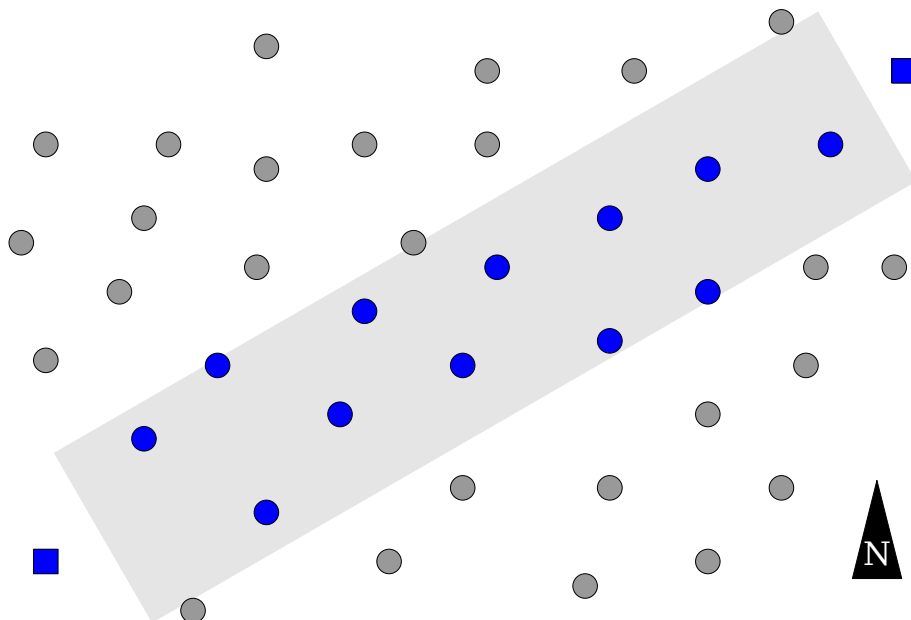


Abbildung 9: Fluten des Korridors

Auf diese Weise wird für die Übertragung eines Datenpaketes, abhängig von der Breite des Korridors, nur ein Teil des Netzes belastet.

Die Verwendung von Koordinaten ermöglicht überdies nun die Adressierung von Teilnehmern anhand einer Position. Die sogenannten Geocasts richten sich an alle Empfänger, die sich innerhalb des adressierten Bereiches befinden.

In dem Szenario der Verbreitung von Verkehrsinformationen ist diese

Form der Adressierung besonders gut geeignet, um Anfragen an ein konkretes Zielgebiet zu senden.

Allerdings besteht die Gefahr, dass gerade bei diesen so genannten Mobile AdHoc Networks (MANETs) der Empfänger seine Position während des Routingvorganges so weit verändert, dass eine Auslieferung der Informationen nicht möglich ist. Für solche Fälle ist dem Routingprotokoll ein Verfahren für den Notfall hinzuzufügen, so dass zum Beispiel nach Ablauf einer Frist auf das Fluten des Netzes zurückgegriffen werden kann.

### 3.3 Bewegungsgestützte Strategien

Erweitert man die Ortskomponente der Adresse um eine Bewegungsrichtung und die zugehörige Geschwindigkeit, so kann man den Korridor der Übertragung so wählen, dass er an der Stelle endet, an der sich der Empfänger nach der Dauer der Übertragung voraussichtlich befinden wird.

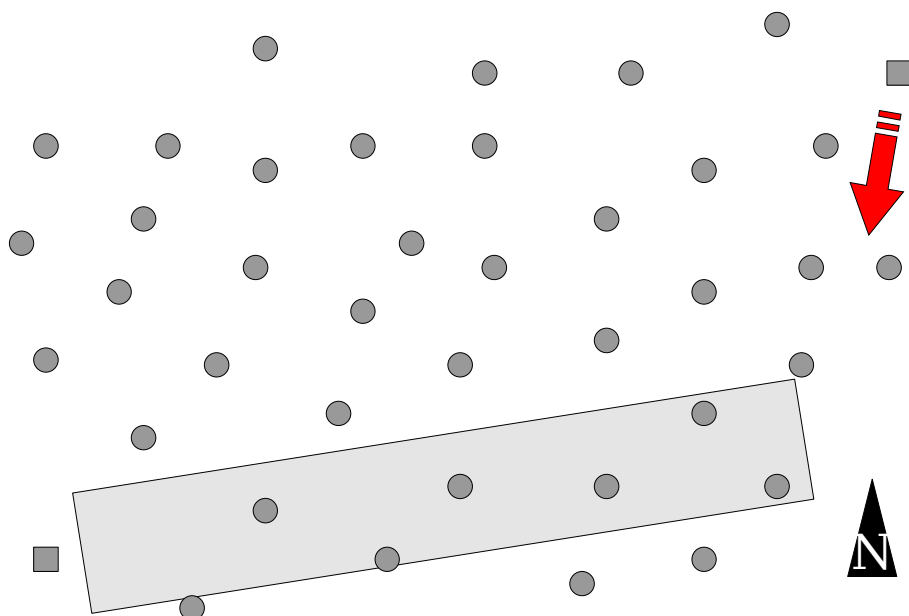


Abbildung 10: Korridor zu voraussichtlicher Position

Auf diese Weise lassen sich Bewegungen der Teilnehmer innerhalb des Netzwerkes ausgleichen, da der Empfänger das Ende des Korridors

zeitgleich mit den Informationen erreicht.

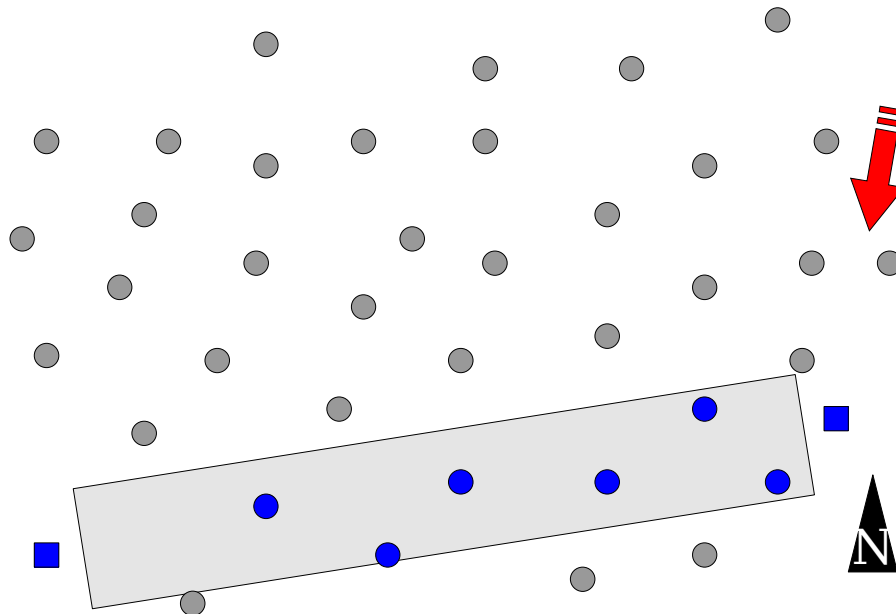


Abbildung 11: Gefluteter Korridor bei Erreichen der Zielposition

In Abhängigkeit der Bewegungsmuster der Netzwerkteilnehmer kann natürlich auch die Form des Korridors angepasst werden. Leichte Unschärfen in der Position des Empfängers lassen sich zum Beispiel durch die Wahl einer Trichterform für den Korridor umgehen, da so das Zielgebiet vergrößert wird.

Allerdings gilt auch hier, dass eine geeignete Ausweichstrategie für den Fall existieren sollte, dass der Empfänger von seiner zuvor veröffentlichten Bewegungsrichtung abweicht.

In dem Szenario der Routenoptimierung wäre diese Strategie vor allem für Fahrzeuge zu verwenden, die eine weite Strecke zurücklegen, und sich damit voraussichtlich längere Zeit in einer Richtung bewegen, wie zum Beispiel bei Autobahnfahrten.

Denkbar wäre hier auch, die Richtungsinformation durch Informationen über die geplante Fahrzeugroute zu ersetzen, so dass die potentielle Position des Empfängers noch genauer zu bestimmen ist. So wäre es auch möglich, als Ausweichstrategie dem geplanten Routenverlauf zu

folgen, um so den Empfänger wieder einzuholen.

### 3.4 Wegpunktgestützte Strategien

Problematisch bei Netzwerken mit einer großen räumlichen Ausdehnung ist, dass es Hindernisse für die Übertragung geben kann. Diese Hindernisse können natürlich materielle Hindernisse in Form von Wänden oder Häusern sein, aber auch Regionen, in denen sich zum Beispiel aus topologischen Gründen keine Netzteilnehmer aufhalten. So zum Beispiel sind Berge, Seen oder dünn besiedelte Gebiete für die Datenübertragung kaum geeignet.

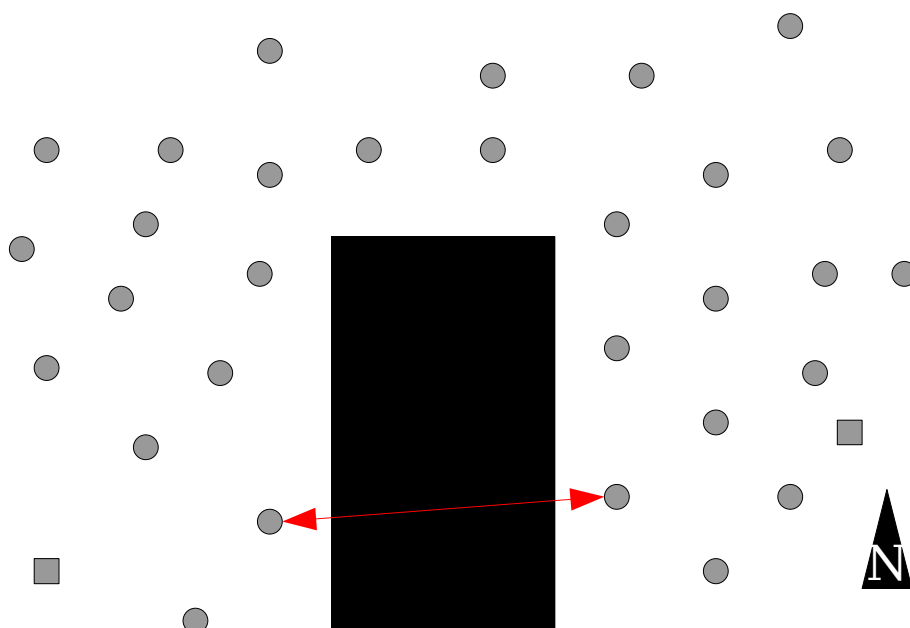


Abbildung 12: Hindernisse für die Datenübertragung

Sofern diese Hindernisse bekannt sind, können für die Übertragung zusätzliche Wegpunkte gewählt werden, die für die Routenfindung berücksichtigt werden. Diese Wegpunkte müssen hierbei keine konkreten Knoten des Netzwerkes sein, sondern können auch durch die Koordinaten eines Ortes repräsentiert werden, die mit einem Sicherheitsabstand zum Hindernis gewählt werden.

Der Korridor für die Datenübertragung wird unter Berücksichtigung dieser

Wegpunkte um das Hindernis gebildet, so dass die Kommunikation nicht gestört wird.

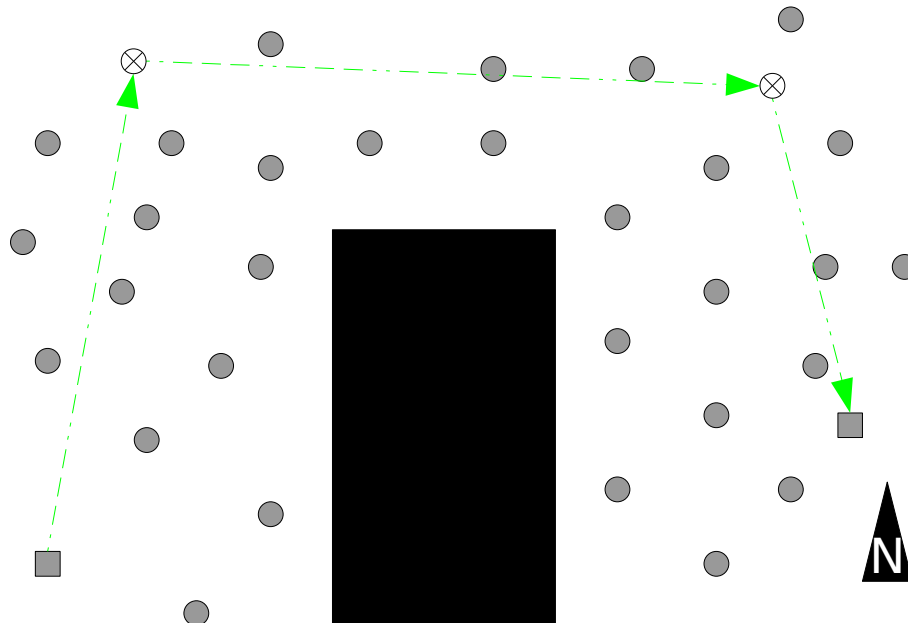


Abbildung 13: Kommunikation unter Verwendung von Wegpunkten

Für das Szenario der Kommunikation zwischen Kraftfahrzeugen bietet es sich an, die Basisdaten der Fahrzeugnavigation für die Bestimmung der Wegpunkte zu verwenden. Da sich die an der Kommunikation teilnehmenden Fahrzeuge in der Regel auf den durch die Navigation erfassten Strassen befinden, könnte man einen durch das Navigationssystem bestimmten Routenverlauf zum Empfänger als Korridor für die Datenübertragung verwenden.

### 3.5 Energiesparende Strategien

Gerade im Bereich der mobilen Netzwerke ist es wichtig, mit der zur Verfügung stehenden Energie sparsam umzugehen und eine hohe Laufzeit zu erreichen.

Ein Weg dieses zu erreichen, ist das Auftrennen einer direkten Kommunikation in mehrere Teilkommunikationen. Wenn ein Teilnehmer des Netzes über seinen Senderadius den Empfänger der Übertragung

direkt erreichen kann, benötigt er eine gewisse Energie.

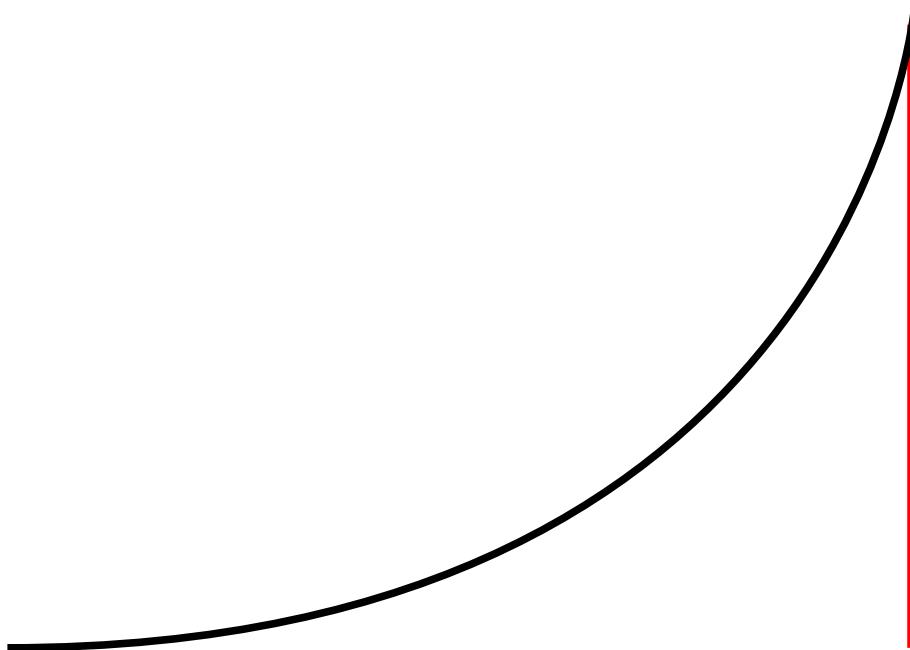


Abbildung 14: Energiebedarf für direktes Senden

Da der Verlauf der benötigten Energie nicht linear, sondern exponentiell wächst, wäre bei einer Unterteilung der Übertragung in mehrere Teilschritte der Energiebedarf deutlich geringer.

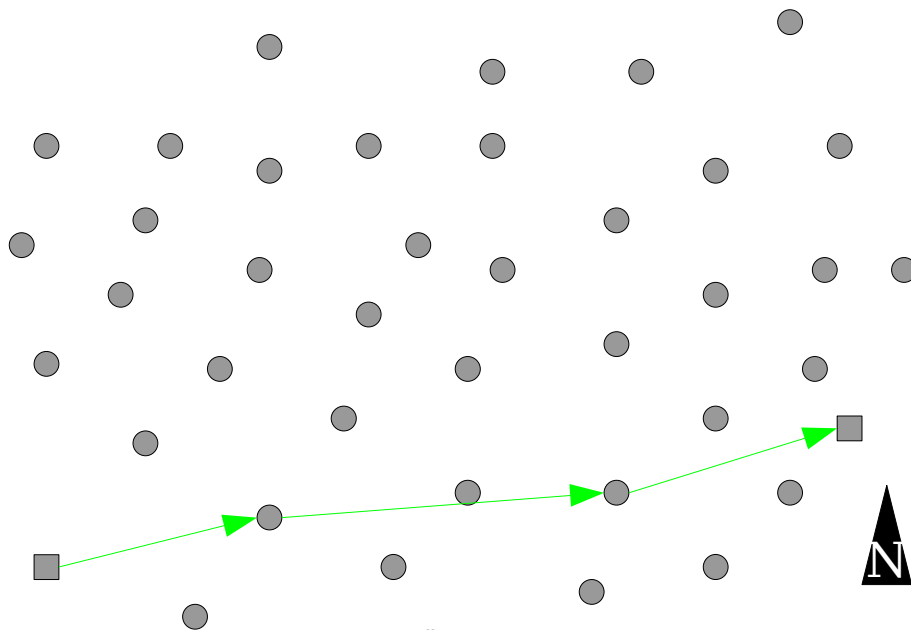


Abbildung 15: Auftrennung der Übertragung in Teilstrecken

Sofern es möglich ist die verwendete Sendeleistung und damit den Energiebedarf zu beeinflussen, kann man den Senderadius so weit verkleinern, dass er noch für die Teilübertragungen ausreicht.

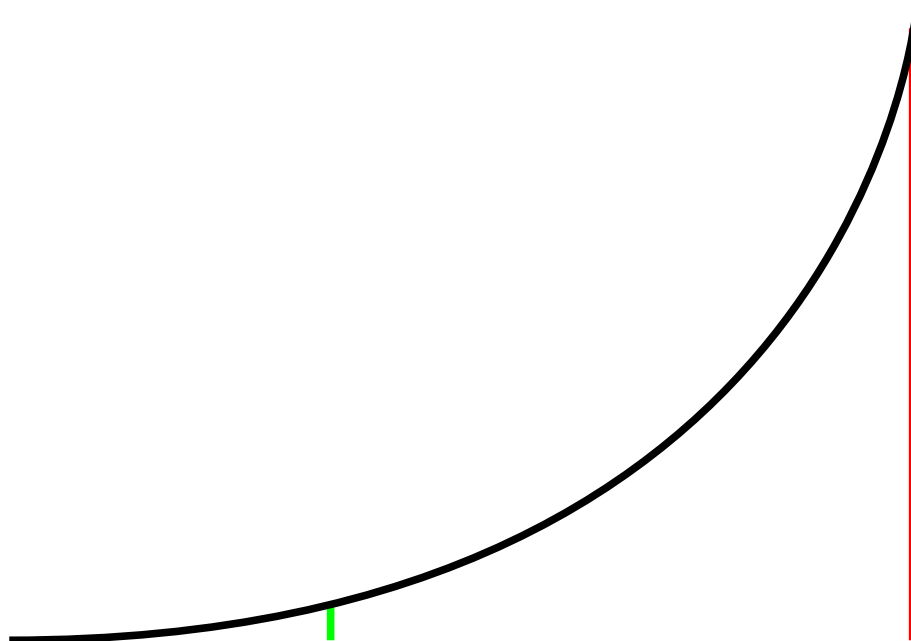


Abbildung 16: Vergleich des Energiebedarfs

### **3.5.1 Verringerung der Betriebskosten**

Durch die Verringerung der Sendeleistung und die damit einhergehende Verringerung des Energiebedarfes lassen sich die Betriebskosten für den einzelnen Netzteilnehmer verringern.

Zwar müssen hier die einzelnen Netzteilnehmer nun auch an zusätzlicher Kommunikation teilnehmen, in einer günstigen Konstellation kann aber weitaus mehr Energie bei der selbst initiierten Kommunikation gespart werden, als für die Weiterleitung der fremden Kommunikation investiert werden muß.

### **3.5.2 Verringerung der Strahlenbelastung**

Ebenso wie die Betriebskosten ließe sich so auch die Strahlenbelastung der unmittelbaren Umgebung eines Netzteilnehmers senken.

Zwar würde die Strahlenbelastung durch das erhöhte Kommunikationsaufkommen kontinuierlicher werden, aber ebenso wie der Energiebedarf würde auch die Strahlungsintensität stark abnehmen.

### **3.5.3 Verringerung der Netzlast**

Bei gleichzeitigem Senden mehrerer Netzteilnehmer würden sich die Funkwellen der jeweiligen Kommunikationen überlagern und so zu Kollisionen führen. Solange der Senderadius eines Netzteilnehmers das gesamte Netzwerk abdeckt, ist es nur einem Teilnehmer zur Zeit möglich zu senden, ohne dass es zu Störungen in der Kommunikation kommt.



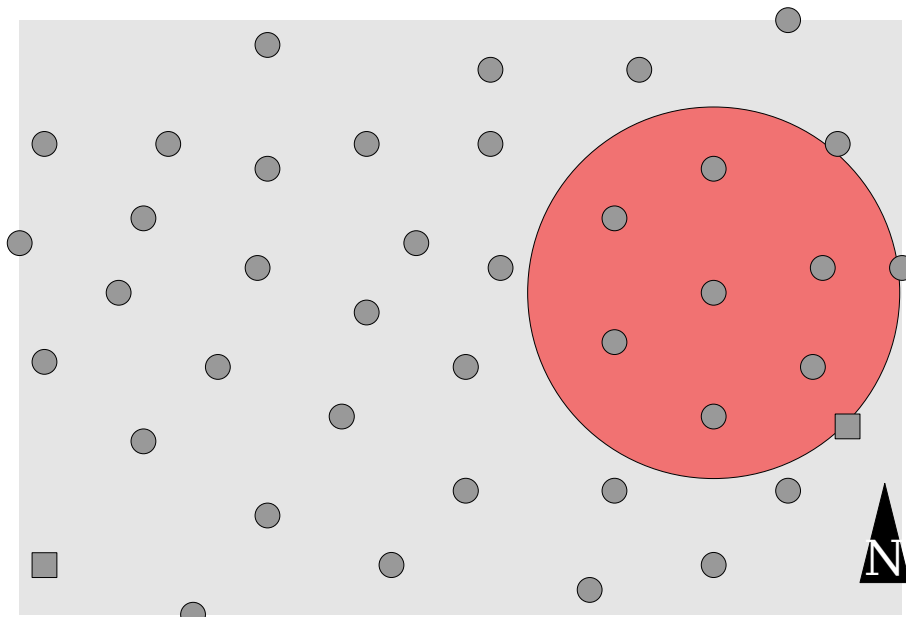


Abbildung 17: Störungen durch gleichzeitiges Senden

Senden alle Teilnehmer des Netzes mit einer verringerten Leistung, wäre oftmals ein gleichzeitiges Senden mehrerer Netzteilnehmer möglich, so dass das Netzwerk entlastet, bzw. Die Kapazität erhöht wird.

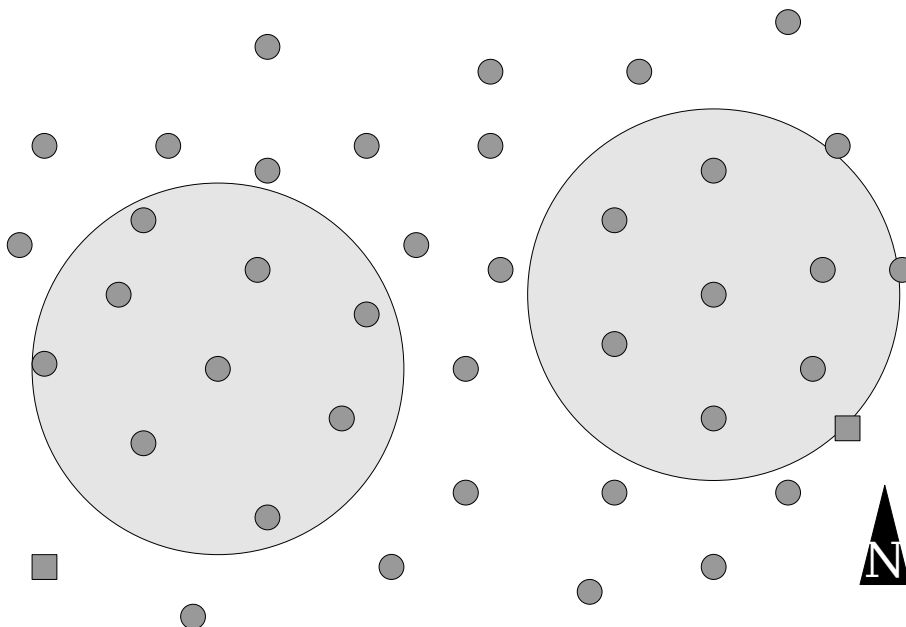


Abbildung 18: Gleichzeitiges Senden bei geringer Leistung

### 3.5.4 Erhöhung der Sicherheit

In einigen Szenarien ist es auch denkbar auf diese Weise die Sicherheit des Netzwerkes zu erhöhen.

Sendet ein Netzteilnehmer in einem Radius, der das gesamte Netzwerk abdeckt, so ist es potentiellen Angreifern in der Regel möglich, sich am Rand des Netzwerkes zu positionieren und so Informationen abzufangen und auszuwerten.

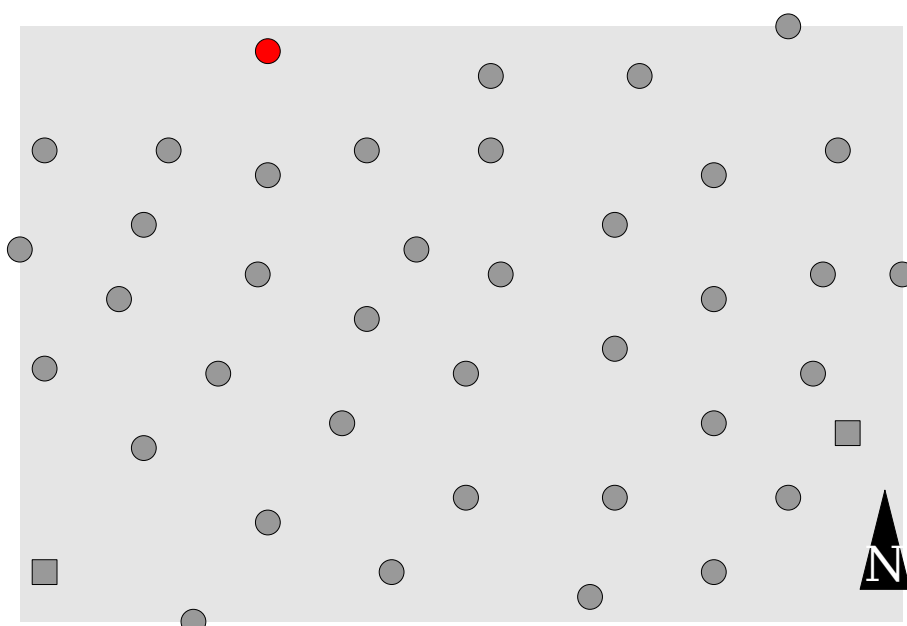


Abbildung 19: Angreifer innerhalb des Senderadius

Senden die Netzteilnehmer allerdings mit einer Leistung, die den Senderadius auf ein übersichtliches Umfeld beschränkt, so lassen sich alle Teilnehmer im direkten Einflussbereich des jeweiligen Senders einfacher als vertrauenswürdig klassifizieren. Verringert man die Anzahl der Informationsträger im Netzwerk, so verringert man auch die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein potentieller Angreifer unter diesen befindet.

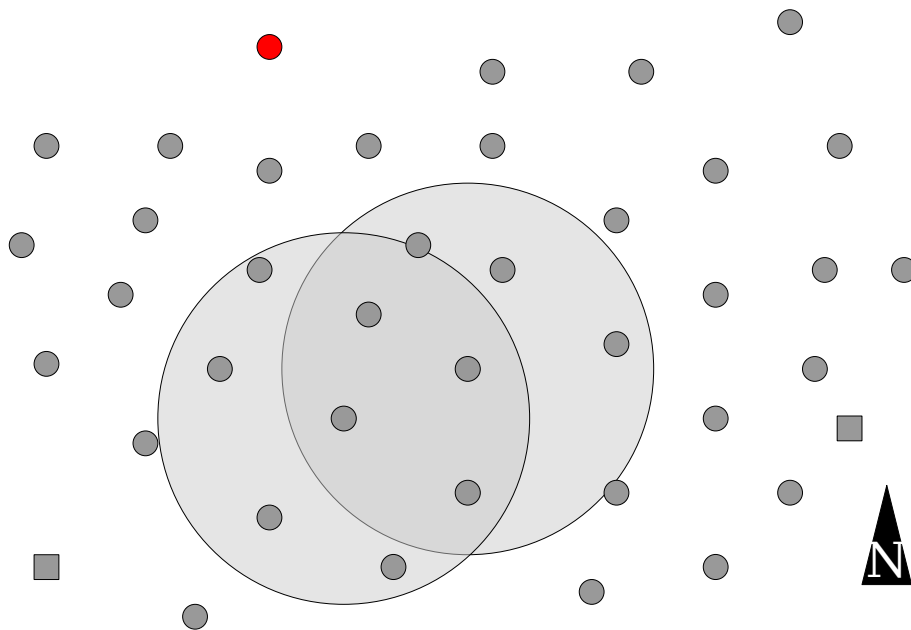


Abbildung 20: Angreifer außerhalb des Senderradius

Gelingt es auf diese Weise zum Beispiel ein Netzwerk auf ein Gebäude zu beschränken, wären so genannte Parking Lot Attacks, in denen ein Angreifer einfach mit dem Laptop auf dem Parkplatz die Kommunikation mitliest, nicht mehr möglich.

---

## Literaturverzeichnis

Ljubica Blazevic, Jean-Yves Le Boudec, Silvia Giordano (03/2003): A  
Location Based Routing Method for Irregular Mobile Ad Hoc Networks

-

[http://icwww.epfl.ch/publications/documents/IC\\_TECH\\_REPORT\\_2003\\_30.pdf](http://icwww.epfl.ch/publications/documents/IC_TECH_REPORT_2003_30.pdf)

Young-Bae Ko, Nitin H. Vaidya (1998): Geocasting in Mobile Ad Hoc  
Networks: Location-Based Multicast Algorithms -

[http://dmc.ajou.ac.kr/paper/CONF\\_WMCSA\\_9902\\_KYB.pdf](http://dmc.ajou.ac.kr/paper/CONF_WMCSA_9902_KYB.pdf)

Prof. Dr.-Ing. Habil. Klaus Irmischer (31/10/2004): Scriptum zur  
Lehrveranstaltung Mobilkommunikation (Systeme, Standards,  
Entwicklungen, Anwendungen) - <http://www.informatik.uni-leipzig.de/rnvs/irmscher/MobKomScriptum.pdf>