

# Seminar Informatik

Besonderheiten des mobilen Medienzugriffs

Björn Peters  
[wi4427@fh-wedel.de](mailto:wi4427@fh-wedel.de)

15.11.2004

## Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>Probleme drahtloser Netze</b> .....	<b>2</b>
Versteckte Endgeräte .....	3
Ausgelieferte Endgeräte .....	3
Nahe und ferne Endgeräte.....	4
<b>Raummultiplex</b> .....	<b>4</b>
<b>Frequenzmultiplex</b> .....	<b>5</b>
<b>Zeitmultiplex</b> .....	<b>6</b>
Statisches TDMA.....	7
Klassisches Aloha .....	8
Slotted Aloha .....	9
Carrier Sense Multiple Access.....	10
Demand Assigned Multiple Access / Reservation Aloha .....	10
Packet Reservation Multiple Access.....	11
TDMA mit Reservierung .....	12
Mehrfachzugriff mit Kollisionsvermeidung .....	13
Polling.....	14
Inhibit Sense Multiple Access .....	14
<b>Codemultiplex</b> .....	<b>14</b>
Spreaded Aloha Multiple Access.....	17
<b>Vergleich der Medienzugriffsverfahren</b> .....	<b>17</b>
<b>Referenzen</b> .....	<b>18</b>

# Einleitung

Die folgende Arbeit beschäftigt sich mit den Besonderheiten des mobilen Medienzugriffs. Im Besonderen beschäftigt sie sich mit der Frage, weshalb spezielle Medienzugriffsverfahren notwendig sind und welche Verfahren es gibt.

Das Medium der drahtlosen Kommunikation ist die Luft. Es ist kein exklusives Übertragungsmedium, weil jedermann die Möglichkeit hat, auf dieses zuzugreifen. Die Übertragung der Daten erfolgt in der drahtlosen Kommunikation durch elektromagnetische Wellen, welche sich grundsätzlich geradlinig im Raum ausbreiten.

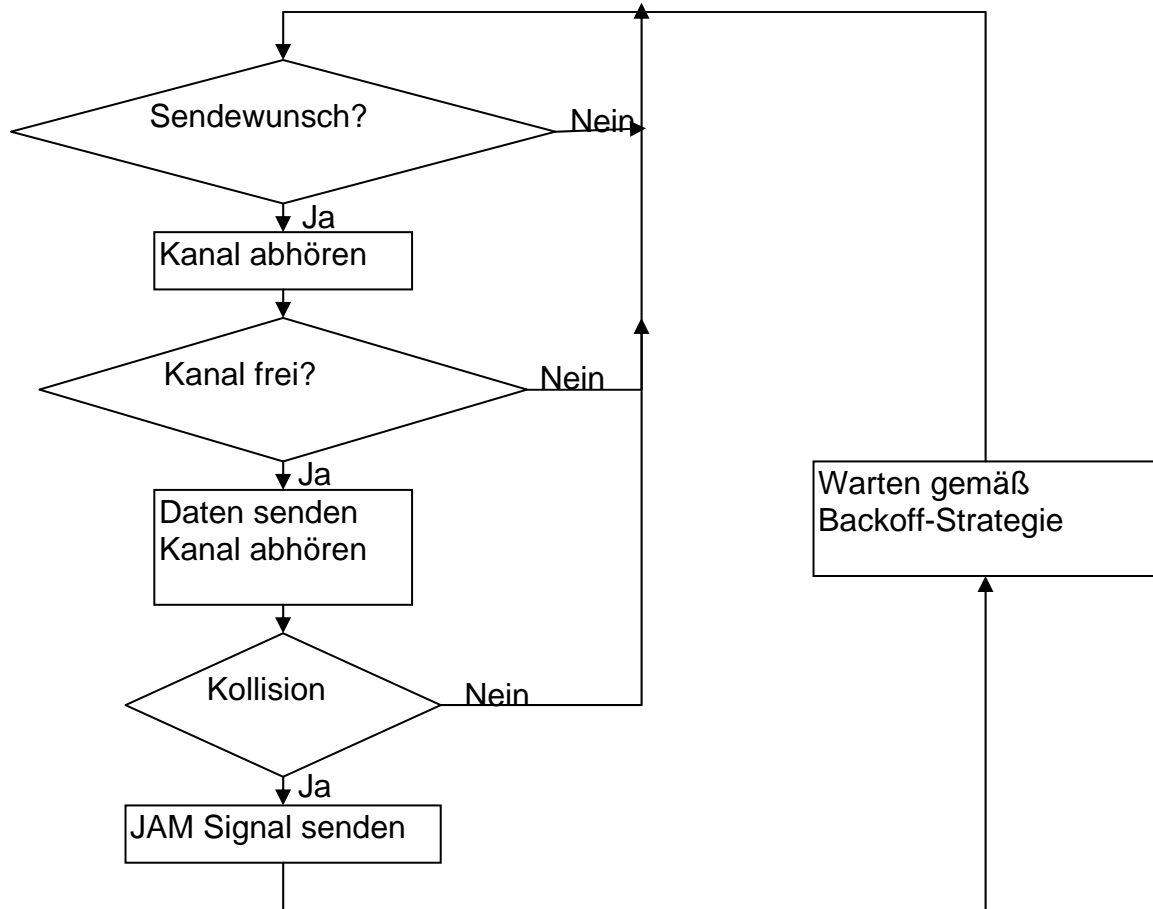
Das OSI-Modell (ISO „7498“) <sup>1</sup> hat die Zielsetzung mit Hilfe von einheitlichen, neutralen Protokollen eine herstellerneutrale Kommunikation zwischen den Anwendungen zu gewährleisten. Es verfolgt das Prinzip der Schichtenbildung, und lässt sich anhand des folgenden Beispiels veranschaulichen. Über einen Sender sollen Informationen zu einem Empfänger übertragen werden. Hierzu werden diese Informationen zunächst in Daten, dann in Signale umgewandelt. In einem Übertragungskanal werden die Signale daraufhin zum Empfänger übertragen. Der Empfänger extrahiert aus den Signalen zunächst die Daten und aus diesem wiederum die Informationen.

CSMA/CD (Carrier Sense with Multiple Access and Collision Detection) ist ein bewährtes und bekanntes Verfahren aus den drahtgebunden Netzen. Bei CSMA/CD haben alle Stationen gleichzeitig und gleichberechtigt Zugriff auf das Medium (Multiple Access). Hingegen hören sendewillige Stationen vor dem Senden das Medium nach bereits sendenden Stationen ab, ob nicht bereits andere Stationen Daten übertragen (Carrier Sense). Falls zwei Stationen gleichzeitig mit dem Senden beginnen, wird die

---

<sup>1</sup> Das OSI-Modell definiert insgesamt sieben Schichten, auf die ich nicht genauer eingehen werde. Die Medienzugriffsverfahren befinden sich auf der zweiten Schicht, und werden auch als Sicherungsschicht bezeichnet.

Kollision erkannt, ein JAM-Signal vom zuerst erkennenden Sender gesendet und die Datenübertragung abgebrochen.



## Probleme drahtloser Netze

Wie wir feststellen werden, liegt das Problem bei Anwendung von CSMA/CD in drahtlosen Netzen darin, dass Kollisionen nicht beim Empfänger festgestellt werden, sondern der Sender sie bei sich selbst erkennt. CSMA/CD wird in drahtgebundenen Netzen eingesetzt. Dieses Medium hat die Eigenschaft, dass die Signalstärke an jeder Stelle des Mediums, bei vorgegebener Maximallänge des Kabels, immer ein Minimum beträgt.

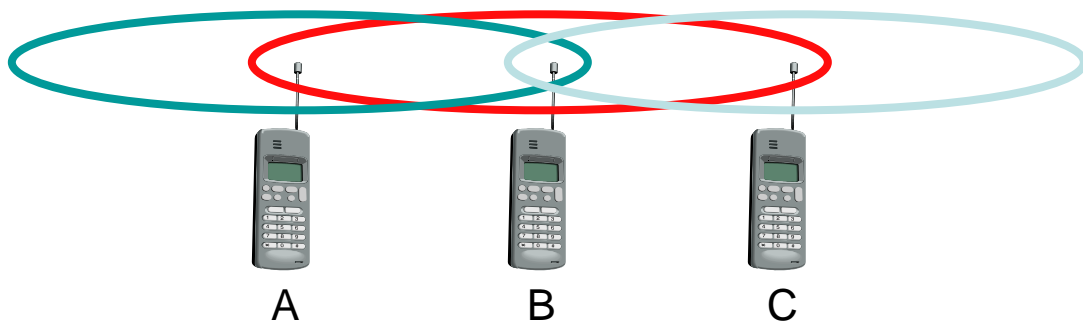
Bei drahtlosen Netzen jedoch kann nicht von einem Mindestniveau der Signalstärke an jeder Stelle des Mediums ausgegangen werden. Die Signalstärke nimmt im freien Raum bereits proportional zum Quadrat der Entfernung ab.

Wände oder andere Hindernisse sind weitere Faktoren, die die Signalstärke zusätzlich dämpfen.

### ***Versteckte Endgeräte***

Dieses Szenario ist dadurch geprägt, dass drei Stationen in folgender Konstellation zusammengestellt sind: Die sich in der „Mitte“ befindende Station B kann die Signale beider anderen Stationen empfangen, die beiden anderen Stationen d. h. A und C sich untereinander allerdings nicht.

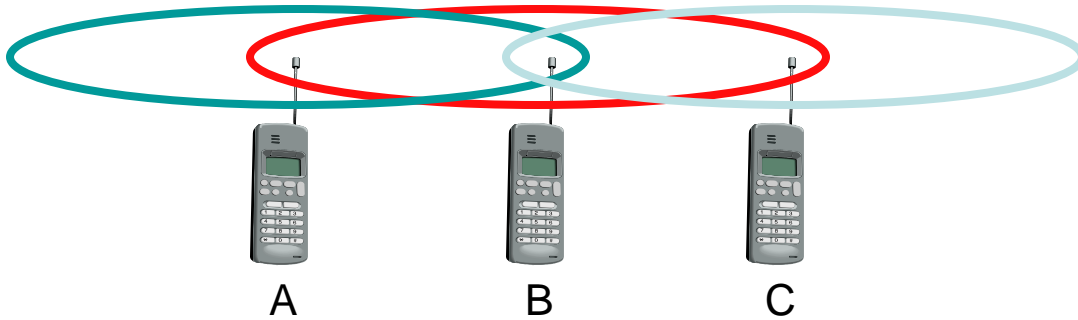
CSMA/CD als Medienzugriffsverfahren würde hier versagen, wenn beide „Außenstationen“ gleichzeitig senden würden. Sie könnten die Kollision nicht feststellen, da sie nicht im Empfangsbereich der jeweils anderen Sendestation liegen.



Quelle: Schiller, Jochen; Mobilkommunikation

### ***Ausgelieferte Endgeräte***

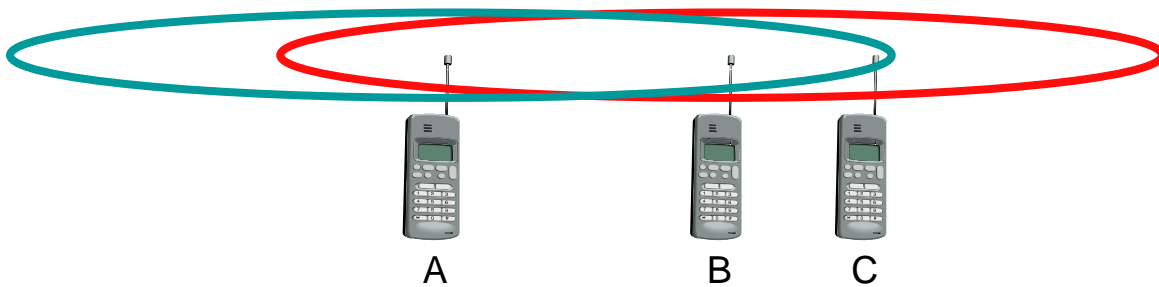
Wenn B Daten zu A sendet, würde C nicht zu einer anderen Station senden können, auch wenn die andere Station außerhalb der Reichweite von A und B liegen würde, weil B das Medium zu Ungunsten C blockiert und C somit B ausgeliefert ist.



Quelle: Schiller, Jochen; Mobilkommunikation

### ***Nahe und ferne Endgeräte***

Infolge des Umstandes, dass die Signalstärke mit der Entfernung abnimmt, besteht die Möglichkeit, dass ein weiter entfernter Sender von einem Sender, der sich dichter am Empfänger befindet, übertönt wird. Die Signalstärke des näheren Senders wäre so stark, dass der schwache Sender vom Empfänger nicht wahrgenommen würde.



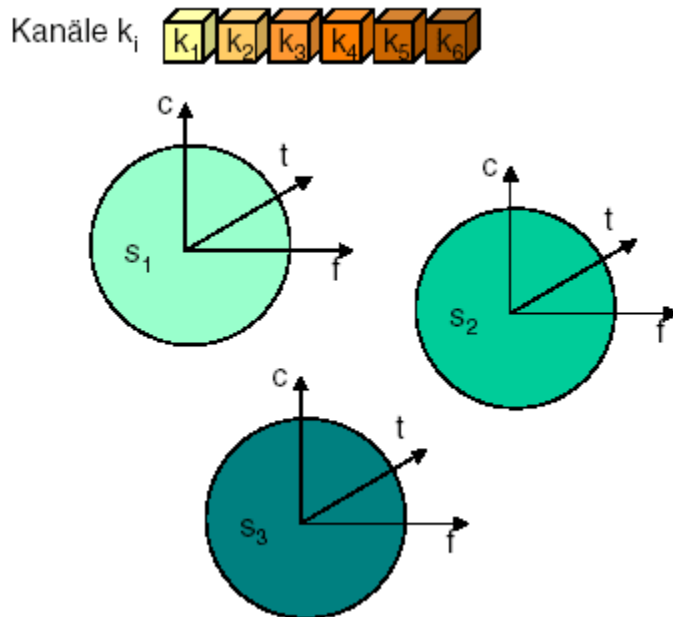
Quelle: Schiller, Jochen; Mobilkommunikation

### **Raummultiplex**

SDMA (Space Division Multiple Access)

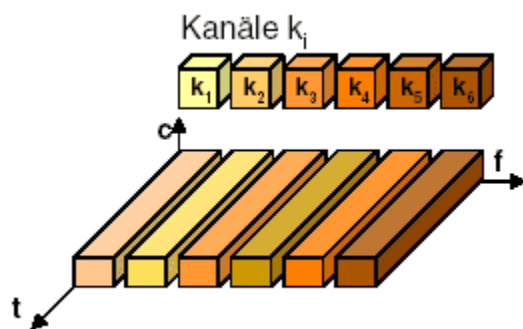
Die unter dem Kapitel „Probleme drahtloser Netze“ beschriebene Ausbreitung der Wellen bei der drahtlosen Kommunikation ist die Grundlage für das Raummultiplex. Wenn mehrere Basisstationen so weit voneinander entfernt sind, dass eine Überlappung nur sehr gering oder überhaupt nicht mehr stattfindet, führt dies zu einer zellularen Aufteilung, in so genannte Funkzellen. Innerhalb eines bestimmten regionalen Bereiches können Endgeräte so einer optimalen Basisstation zugeteilt werden. Damit eine

Funkzelle, in der sich zwei Endgeräte befinden, nicht überbeansprucht wird, wird das Raummultiplex mit den folgenden Multiplexverfahren in Kombination als Mischform eingesetzt.



## Frequenzmultiplex

FDMA (Frequency Division Multiple Access)



Ein weiteres Verfahren, um einen Mehrfachzugriff zu ermöglichen, ist das Frequenzmultiplex. Ein verfügbares Frequenzband kann in Abhängigkeit von dem Übertragungsverfahren in eine bestimmte Anzahl von Kanälen aufgeteilt werden. Beliebige viele Kanäle sind allerdings nicht möglich, weil zwischen den einzelnen Kanälen eine bestimmte Bandbreite als Puffer verbleiben muss, um Störungen

benachbarter Kanäle zu vermeiden. Die Zuweisung kann dabei statisch oder dynamisch erfolgen. Reines FDMA würde bedeuten, dass einem Kanal dauerhaft eine Frequenz zugeteilt würde.

In Kombination mit TDMA entspricht dies einer Folge von Frequenzen nach einem fest bestimmten Muster, welches vorgegeben oder vorab verhandelt werden muss. Duplexkanäle gewährleisten gleichzeitiges Senden und Empfangen und können beispielsweise aus zwei Frequenzen, einem Uplink (Verbindung vom Endgerät zur Basisstation) und einem Downlink (Verbindung von der Basisstation zum Endgerät) bestehen. Dieses Verfahren wird auch als Frequency Division Duplex (FDD) bezeichnet.

Der GSM-Standard für 900 Mhz ist eine Kombination von FDM und FDD. Der Uplink liegt zwischen 890,2 und 915 Mhz und der Downlink zwischen 935,2 und 960 Mhz. Die Anzahl der Kanäle berechnet sich wie folgt:

$$(915-890,2)/0,2=124$$

Ist der Kanal bekannt, können die Frequenzen nach den folgenden Formeln berechnet werden:

$$F_n=890+i*0,2$$

$$F_u=935+i*0,2$$

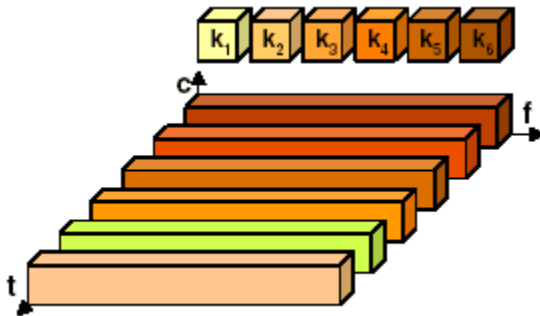
## **Zeitmultiplex**

TDMA (Time Division Multiple Access)

Alle Verfahren, die einem Sender eine gewisse Sendezeit bereitstellen, sind dem so genannten Zeitmultiplex zuzurechnen. MAC –Verfahren in Festnetzen arbeiten auf diese Weise, da das Verwenden der gleichen Frequenz auf allen Kanälen das Abhören wesentlich vereinfacht. Die Synchronisation zwischen Sender und Empfänger erfolgt über zugewiesene Zeitbereiche. Diese können statisch oder dynamisch erfolgen. Bestimmte Zeitabschnitte für ein Sender–Empfängerpaar zu reservieren wäre eine statische Variante. Der Zeitpunkt für den Beginn und das Ende des Sendens einer Station ist dabei bereits im voraus bestimmt.

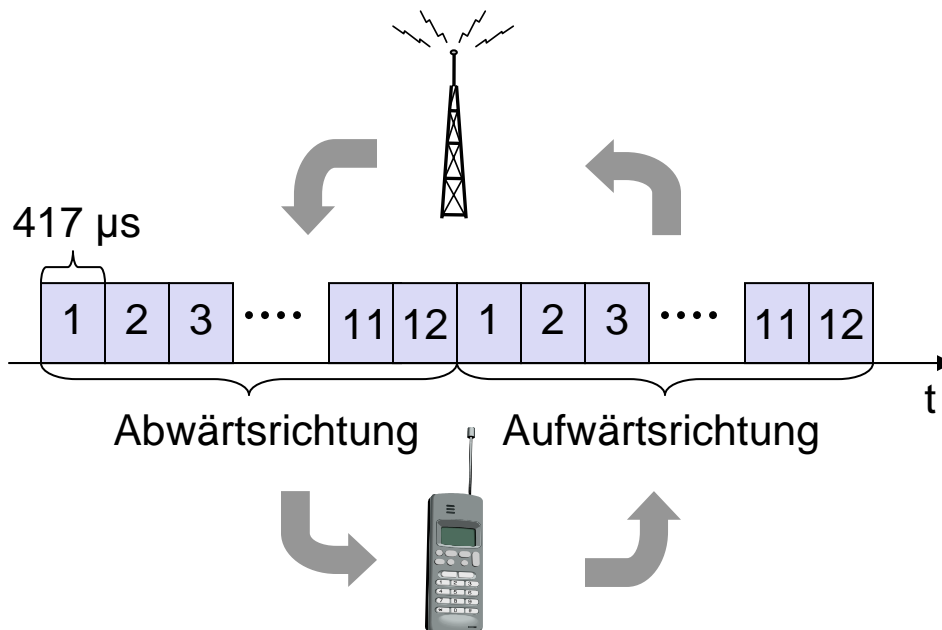


Bei dynamischen Verfahren dagegen muss der Beginnzeitpunkt des Sendens dem Empfänger vorher bekannt gegeben werden, da eine Anforderungsmotivation vorausgesetzt wird. Zumeist wird dies über die MAC- Adresse realisiert.



### Statisches TDMA

Hierbei handelt es sich um das einfachste Zeitmultiplexverfahren, bei dem jedem Kommunikationskanal ein fester Zeitschlitz zugewiesen wird. Hierdurch kann eine konstante Bandbreite garantiert werden, allerdings geschieht dies zu Lasten des Ausnutzungsgrades beim Mehrfachzugriff. Der vorgegebene Zeitpunkt des Starts und Endes des Sendens macht das statische TDMA jedoch sehr einfach.



Sobald alle Stationen ihren zugewiesenen Zeitschlitz kennen, können keine Kollisionen mehr auftreten, vorausgesetzt, die vorgegebenen Sendezeiten werden eingehalten. Die Zuweisung der Zeitschlitz wird bei statischen TDMA Verfahren im Mobilfunkbereich von der Basisstation durchgeführt. Dieses Verfahren eignet sich sehr gut, wenn eine feste Bandbreite oder feste Zugriffsverzögerung garantiert werden soll.

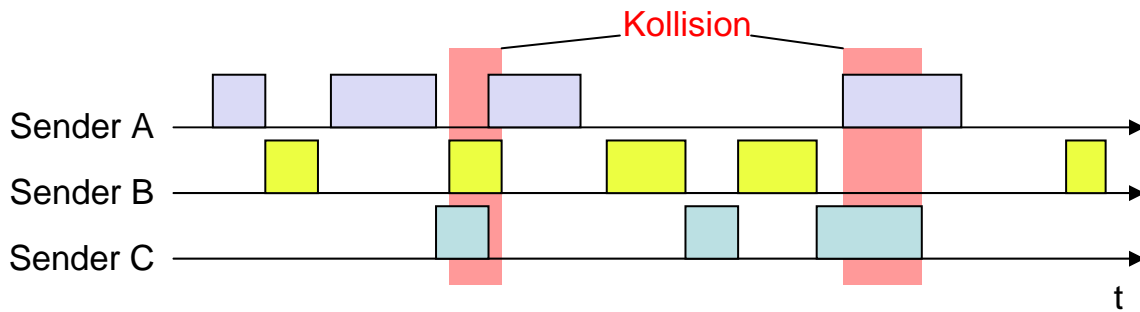
Wie jedoch soll man bei diesem Verfahren einen Duplex-Kanal realisieren? Beim FDMA wird das Duplexing über zwei Frequenzen realisiert, TDMA verwirklicht das Time Division Duplex über mehrere Zeitschlitz. Beim Mobilfunk könnte dies so dargestellt werden, dass zehn ms in 12 Zeitschlitz aufgeteilt würden. Die Basisstation bekommt 12 Kanäle für den Downlink und 12 weitere Kanäle würden auf 12 Endgeräte verteilt werden. So könnten insgesamt 12 Endgeräte auf einer Frequenz gleichzeitig per Multiplex auf das Medium zugreifen. Man erkennt, dass kein „tatsächliches“ gleichzeitiges Senden und Empfangen ist, sondern die Duplexfähigkeit durch jeweils zwei Zeitschlitz erreicht wird.

Statische Verfahren sind gut geeignet für Kommunikationsbeziehungen mit fester, symmetrischer Bandbreite. Andererseits eignen sie sich nicht für asymmetrische Kommunikationsbeziehungen und stoßartigen Datenverkehr, wie er beispielsweise im „WWW“ vorkommt. Die Nutzer fordern die Internetseiten nicht symmetrisch ab, sondern anforderungsorientiert. Wenn der Nutzer eine Seite öffnen möchte, dann fordert er sie an. Für solche Sachverhalte werden anforderungsgesteuerte TDMA Verfahren benötigt.

### ***Klassisches Aloha***

Beim statischen TDMA werden die Zugriffe auf das Medium individuell gesteuert. Klassisches Aloha arbeitet ohne Steuerung. Jede Station kann daher zu einem beliebigen Zeitpunkt und ohne Absprache mit anderen Stationen das Medium belegen. Die Zugriffe

erfolgen zufällig. Treten Kollisionen auf, hat dies den Verlust der gesendeten Daten zur Folge. Im Falle einer Kollision ist deren Korrektur bzw. deren Behandlung nach dem OSI-Modell den höheren Schichten überlassen. Dieses Verfahren eignet sich sehr gut für leichte Last.

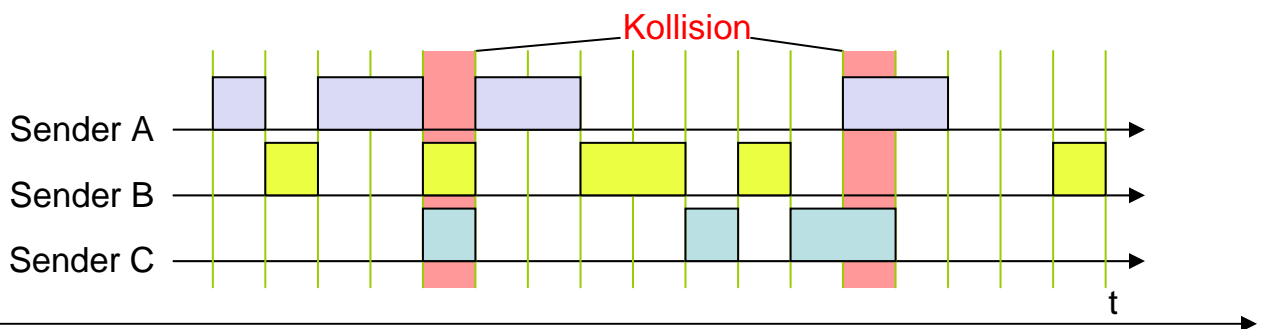


Quelle: Schiller, Jochen; Mobilkommunikation

### **Slotted Aloha**

Die Einführung von Zeitschlitzten führt zu einem höheren Durchsatz. Ein Sender darf bei Sendewunsch nur zu Beginn eines Zeitschlitzes senden.

Das klassische Aloha und das Slotted Aloha sind die beiden grundlegenden Verfahren, die beim verteilten Zugriff auf ein Medium in abgewandelter Form auftauchen.



Quelle: Schiller, Jochen; Mobilkommunikation

## ***Carrier Sense Multiple Access***

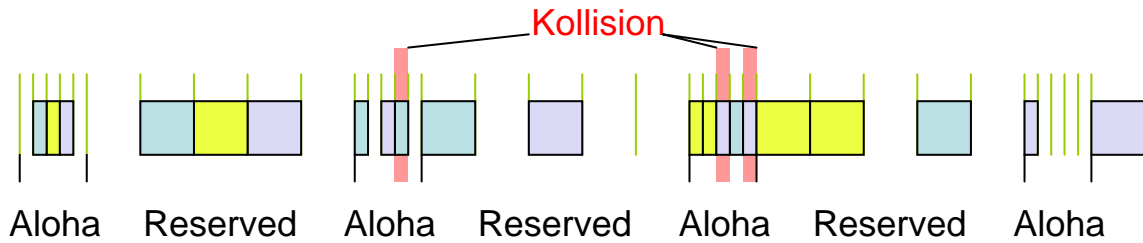
Das aus dem CSMA bekannte Abhören des Mediums vor dem Senden kann Kollisionen vorbeugen, vorausgesetzt jedoch, dass jede Station alle anderen Stationen empfangen kann.

Versteckte Endgeräte können, wie bereits behandelt, in diesen Fällen zu unentdeckten Kollisionen führen. Für die drahtlose Kommunikation wurde eine weitere Art des CSMA entwickelt. Das Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance wird auch als MACA (Multiple Access with Collision Avoidance) bezeichnet, und findet später Behandlung. Es besteht hierbei die Möglichkeit, die Wartezeiten einzelner Stationen lastabhängig zu verteilen.

## ***Demand Assigned Multiple Access / Reservation Aloha***

Kombiniert man die Vorabreservierung aus CSMA und das feste TDM, kann man die Leistungsfähigkeit von Aloha-Verfahren verbessern. Das Medienzugriffsverfahren wird in zwei Phasen eingeteilt: Eine Reservierungsphase und eine Datenübertragungsphase wechseln sich jeweils ab. Stationen mit Sendewunsch können sich in der Reservierungsphase Zeitschlitz reservieren. Zwar können während der Reservierungsphase Kollisionen auftreten, dies ist jedoch in der Datenübertragungsphase ausgeschlossen.

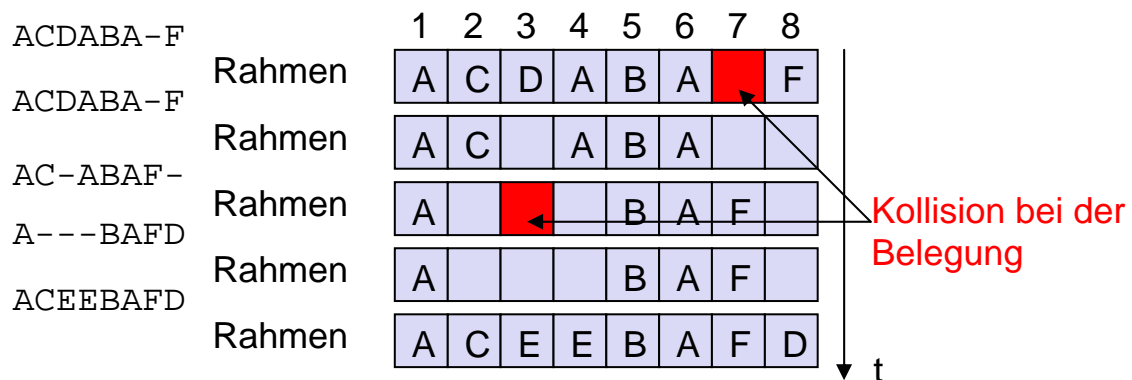
In der Reservierungsphase arbeitet der Medienzugriff nach dem Slotted Aloha Verfahren. Es ist ein explizites Reservierungsschema, weil jeder Zeitschlitz zum Senden von Nutzdaten explizit reserviert werden muss.



Quelle: Schiller, Jochen; Mobilkommunikation

### ***Packet Reservation Multiple Access***

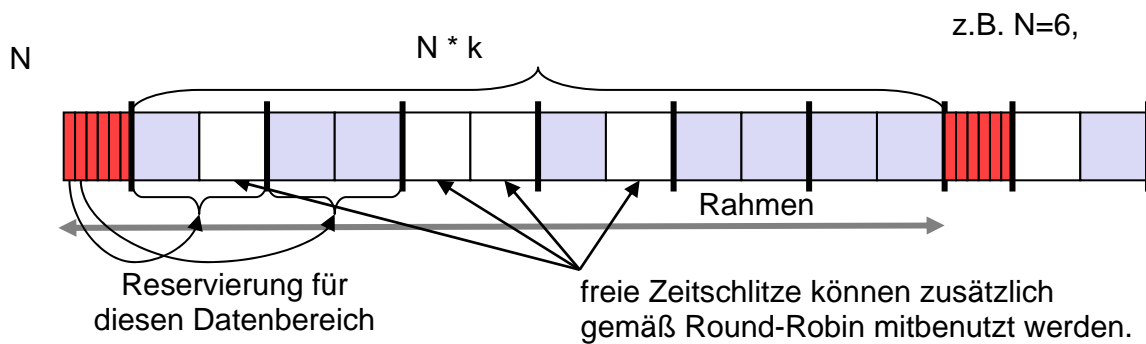
Beim PRMA, welches zu den impliziten Reservierungsverfahren gehört, wird eine bestimmte Anzahl an Zeitschlitzten gebildet, die von den Stationen besetzt werden können und somit einen Belegungsvektor ergeben. Dieser Belegungsvektor wird periodisch an alle Stationen gesendet, die dann wissen, welche Zeitschlitzte frei und welche belegt sind. Sendewillige Stationen können sich nun um die freien Zeitschlitzte nach dem Aloha Verfahren bewerben. Wenn zwei Stationen sich um einen freien Zeitschlitz bewerben, kollidieren die Bewerbungen. Die Basisstation erkennt die Kollision und sendet den alten Belegungsvektor, um anzuzeigen, dass kein Reservierungswunsch berücksichtigt wird. PRMA verbindet also koordinierte und zufällige Zugriffe nach dem TDM-Schema in Kombination mit einer Reservierung.



Quelle: Schiller, Jochen; Mobilkommunikation

PRMA arbeitet mit FDD, d.h. für den Sende- und den Empfangsverkehr werden unterschiedliche Frequenzbänder genutzt. Außerdem kann PRMA Sprachübertragungen eine höhere Priorität zuweisen als Datenübertragungen.

### ***TDMA mit Reservierung***



Quelle: Schiller, Jochen; Mobilkommunikation

Auch bei diesem Verfahren wird mit einer Reservierungsphase und einer Datenübertragungsphase gearbeitet. Zusätzlich gibt es eine Phase, in der ein spontaner Zugriff erlaubt ist. Jede Station bekommt einen Zeitschlitz für die Reservierungsphase und Datenübertragungsphase. Hat eine Station keinen Sendewunsch, können die anderen Stationen die nicht verwendeten Zeitschlitz per Round Robin oder Aloha Verfahren mitbenutzen.

Durch die mögliche Reservierung mindestens eines Zeitschlitzes, kann eine garantierte Mindestbandbreite gewährleistet werden. Mit diesem Verfahren können isochrone Datenströme mit festen Bandbreitenanforderungen übertragen werden.

## ***Mehrfachzugriff mit Kollisionsvermeidung***

Bei einem TDM (Time Division Multiplexing) Schema und einer festen Basisstation stellen versteckte Endgeräte kein Problem dar, weil die Basisstation die Verteilung der freien Zeitschlitzte organisiert.

Das MACA Verfahren löst das Problem der versteckten Endgeräte, indem die Empfängerstation eine Bestätigung versendet.

Wenn Station A Station C Daten senden will, sendet sie zunächst einen Sendewunsch (RTS – Request to Send), welches eine eindeutige Kennung des Senders und die gewünschte Sendedauer beinhaltet. C empfängt dieses Paket und sendet A die Empfangsbereitschaft (CTS – Clear to Send). Empfängt A das CTS nicht innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls, wiederholt es das Senden des RTS – Paketes. Das CTS - Paket enthält die Daten des RTS Paketes und zusätzlich die Kennung von C. Wenn ein verstecktes Endgerät das RTS nicht wahrnimmt, hat es dennoch die Möglichkeit das CTS Paket von B zu empfangen. Kollisionen können hier nur noch beim Senden des RTS Paketes auftauchen. Die Wahrscheinlichkeit ist aber aufgrund der geringen Größe des RTS-Paketes kleiner als bei größeren Paketen. Ohne CTS darf keine Station senden, um Kollisionen in der Datenübertragungsphase zu vermeiden.

Das Problem versteckter Endgeräte wird hiermit ebenfalls gelöst: Sendet B ein RTS, welches von A und C empfangen wird, das einen Sendewunsch von B an A und die gewünschte Sendedauer enthält, dann würde A ein CTS senden. C empfängt das CTS nicht und schließt daraus, dass es außerhalb der Erkennungsreichweite von A liegt. Der zusätzliche Datenverkehr durch die RTS und CTS Pakete darf bei zeitkritischen Datenpaketen nicht vernachlässigt werden und stellt ein Problem dar. Ein weiteres Problem ist, dass das MACA von weitgehend symmetrischen Sende- und Empfangsverhältnissen ausgeht.

Wenn die Daten übertragen wurden, erwartet der Sender eine Empfangsbestätigung innerhalb einer gewissen Zeit. Sendet der Empfänger eine positive, oder empfängt der

Sender keine Empfangsbestätigung, kehrt er in den Ruhezustand zurück, weil er davon ausgeht, dass die Daten erfolgreich angekommen sind. Bei negativer Empfangsbestätigung sendet er erneut das RTS, um die Daten erneut zu versenden.

## ***Polling***

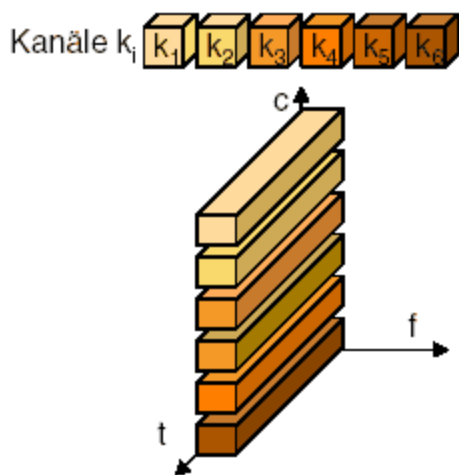
Sobald eine Station existiert, die von allen anderen Stationen empfangen werden kann, übernimmt diese die Funktion der Basisstation. Die Basisstation übernimmt die Organisation der Sendewünsche, indem sie die Endgeräte nach einem Sendewunsch abfragt. Die Abfrage kann wiederum mit mehreren Verfahren realisiert werden.

## ***Inhibit Sense Multiple Access***

ISMA / DSMA (Digital Sense Multiple Access) ist ein Verfahren, bei dem die Basisstation ein „Besetzt-Zeichen“ sendet, um zu signalisieren, dass das Medium momentan belegt ist. Wird kein „Besetzt-Zeichen“ gesendet, findet der Medienzugriff unregelt statt.

## **Codemultiplex**

CDMA (Code Division Multiple Access)





Das Codemultiplexverfahren hingegen ist ein Verfahren, bei dem durch Zuweisung eines binären Codemusters und auf der gleichen, durch Bandspreiztechnik erweiterten Frequenz, übertragen wird. Die Daten werden somit verschlüsselt übertragen. Nur Sender und Empfänger, die das Codemuster kennen, sind in der Lage, die Daten zu extrahieren. Eine gegenseitige Beeinflussung der Signale wird dadurch verhindert, dass solche Codes gewählt werden, die unabhängig voneinander sind. Diese Codes werden dann auch als orthogonal bezeichnet. Orthogonalität lässt sich leicht anhand von Vektoren erklären. Zwei Vektoren eines n-dimensionalen Raumes sind orthogonal, wenn ihr inneres Produkt gleich null ist. Ein Beispiel wären die beiden Vektoren (4, 5, 0) und (0, 0, 3), da die ergebenden Vektorwerte summiert null ergeben.

Sender A und B wollen gleichzeitig auf das Medium über das CDM Verfahren zugreifen. A bekommt den Code 010011 und B den Code 110101. Vereinfachend müsste man jetzt annehmen, dass 0=-1 und 1=1 wäre. Jeder Sender spreizt nun seine Daten, indem er seine zu sendenden Daten mit dem Code multipliziert. Wenn Sender A das Bit 1 senden will, wird daraus  $1 * (-1, 1, -1, -1, 1, 1) = (-1, 1, -1, -1, 1, 1)$ . Sendet B das Bit 0, wird daraus  $-1 * (1, 1, -1, 1, -1, 1) = (-1, -1, 1, -1, 1, -1)$ . Vorausgesetzt man vernachlässigt das Hintergrundrauschen und die Signale sind beim Empfänger gleich stark, so findet eine Überlagerung statt und er erhält die Summe der Daten  $(-2, 0, 0, -2, +2, 0)$ . Der Empfänger muss jetzt, um die Daten von A zu rekonstruieren, die Summe mit seinem Code entspreizen.

$$(-2, 0, 0, -2, +2, 0) * (-1, 1, -1, -1, 1, 1) = (2, 0, 0, 2, 2, 0)$$

Die sich daraus ergebende Summe ist sechs und wesentlich größer als null. Daraus kann der Empfänger erkennen, dass A eine 1 gesendet hat.

Entsprechend wird mit den Daten von B vorgegangen.

$$(-2, 0, 0, -2, +2, 0) * (1, 1, -1, 1, -1, 1) = (-2, 0, 0, -2, -2, 0) ; -2 + -2 + -2 = -6$$

Eine Zahl wesentlich kleiner als Null deutet darauf, dass eine Null übertragen wurde.

Früher wurde davon ausgegangen, dass die Bedingungen für die drahtlose Kommunikation optimal sind, was in der Realität jedoch sehr selten vorkommt. Wie wirken sich Signalstärkeunterschiede in den übertragenden Daten aus? Für den Empfänger wäre es einfach herauszufinden, was der Sender mit der stärkeren Sendeleistung gesendet hat. Schwerer wird es, die Daten der schwächeren Station zu entspreizen. Anhand eines weiteren Beispieles wird dies deutlich. Es ist davon auszugehen, dass Station B fünfmal so stark sendet wie Station A. Folgender Code würde dann übertragen.

$$(-1, 1, -1, -1, 1, 1) + (-5, -5, 5, -5, 5, -5) = (-6, -4, 4, -6, 6, -4)$$

$$(-6, -4, 4, -6, 6, -4) * (1, 1, -1, 1, -1, 1) = (-6, -4, -4, -6, -6, -4); -6 - 4 - 4 - 6 - 6 - 4 = -30$$

$$(-6, -4, 4, -6, 6, -4) * (-1, 1, -1, -1, 1, 1) = (6, -4, -4, 6, 6, -4); 6 - 4 - 4 + 6 + 6 - 4 = 6$$

Sechs ist wesentlich dichter an der Null als die -30. Deshalb würde das von Sender A Gesendete als Hintergrundrauschen interpretiert werden. Hieraus ist ersichtlich, dass eine genaue Leistungssteuerung sehr wichtig für dieses Verfahren ist.

Ein weiteres Beispiel soll das CDMA in Kombination mit dem DSSS-Verfahren als Bandspreiztechnik zeigen. Beim DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) werden die Nutzdaten per XOR mit dem Code verknüpft und anschließend auf die Bandbreite moduliert. Will A 101 senden und B 100, werden sie mit dem Spreizcode XOR verknüpft. Wichtig an dieser Stelle ist zu erwähnen, dass nicht der gesamte Code mit einem Bit verknüpft wird, sondern nur ein Teil. Senden A und B wieder gleichzeitig, werden sich die codierten Daten überlagern. Um die Daten von A zu rekonstruieren, muss der Empfänger die Summe mit dem Code von A multiplizieren und die erhaltenen Ergebnisse der einzelnen Teilprodukte addieren. Grundvoraussetzung für das Funktionieren des Verfahrens sind also exakt orthogonale Codes und das Nichtvorliegen von Rauschen. Theoretisch funktioniert dies sogar bei unterschiedlicher Signalstärke.

## ***Spreaded Aloha Multiple Access***

Die Kombination aus Bandspreiztechnik und Codemultiplex ist zwar ein sehr leistungsfähiges Verfahren, dafür aber sehr aufwendig in seiner Realisierung. Ein Empfänger muss beispielsweise alle Codes seiner Sender kennen. Kommunizieren die Teilnehmer nur mit einer Basisstation, ist es das ideale Verfahren. Will man aber zufällige und spontane Kommunikation gewährleisten, ist das CDMA mit DSSS zu aufwendig. Ad hoc-Verfahren stellen diese zufälligen und spontanen Zugriffe zur Verfügung. Stellt sich aber unter Volllast wegen häufig auftretender Kollisionen als nicht besonders leistungsfähig dar. SAMA (Spreaded Aloha Multiple Access) ist eine Kombination aus CDMA- und TDMA-Techniken. Hierbei verwendet jeder Sender zum Spreizen denselben Code.

## **Vergleich der Medienzugriffsverfahren**

<b>Verfahren</b>	<b>SDMA</b>	<b>TDMA</b>	<b>FDMA</b>	<b>CDMA</b>
<b>Ide</b>	Einteilung des Raums in Zellen/Sektoren	Aufteilen der Sendezeiten in disjunkte Schlitze, anforderungsgesteuert oder fest	Einteilung des Frequenzbereichs in disjunkte Bänder	Bandspreizen durch individuelle Codes
<b>Teilnehmer</b>	nur ein Teilnehmer kann in einem Sektor ununterbrochen aktiv sein	Teilnehmer sind nacheinander für kurze Zeit aktiv	jeder Teilnehmer hat sein Frequenzband, ununterbrochen	alle Teilnehmer können gleichzeitig am gleichen Ort ununterbrochen aktiv sein
<b>Signal trennung</b>	Zellenstruktur, Richtantennen	im Zeitbereich durch Synchronisation	im Frequenzbereich durch Filter	Code plus spezielle Empfänger
<b>Vorteil</b>	sehr einfach hinsichtlich Planung, Technik, Kapazitätserhöhung	etabliert, voll digital, vielfältig einsetzbar	einfach, etabliert, robust, planbar	flexibel, benötigt weniger Frequenzplanung, weicher handover
<b>Nachteil</b>	unflexibel, da meist baulich festgelegt	Schutzzeiten wegen Mehrwegausbreitung nötig, Synchronisation	geringe Flexibilität, Frequenzen Mangelware	komplexe Empfänger, benötigt exakte Steuerung der Sendeleistung
<b>Bemerkung</b>	nur in Kombination mit TDMA, FDMA oder CDMA sinnvoll	Standard in Festnetzen, im Mobilfunk oft kombiniert mit FDMA	heute kombiniert mit TDMA, in z.B. GSM, und SDMA	einige Probleme in der Realität, geringere Erwartungen, integriert in alle neuen Systeme

Quelle: Schiller, Jochen; Mobilkommunikation

## Referenzen

- (1) Jochen Schiller: *Mobilkommunikation*, Pearson 2003, ISBN 3-8273-7060-4
- (2) Jörg Roth: *Mobile Computing*, dPunkt-Verlag 2002, ISBN 3-89864-165-1
- (3) <http://porta.informatik.uni-freiburg.de/lectures/MobileComputing/2003SS/Misc/Papers/01-physics-rep.pdf>
- (4) <http://www.fh-karlsruhe.de/servlet/PB/show/1003492/fbi-mobile3.pdf>
- (5) [http://www3.tu-ilmeneau.de/site/telematik/fileadmin/template/startIA/telematik/lehre/hlk/Mobilkommunikation\\_SS2004.pdf](http://www3.tu-ilmeneau.de/site/telematik/fileadmin/template/startIA/telematik/lehre/hlk/Mobilkommunikation_SS2004.pdf)