

Mobilkommunikation

Kapitel 3 : Medienzugriff

- ❑ Motivation
- ❑ SDMA, TDMA, FDMA
- ❑ Aloha
- ❑ Reservierungsverfahren
- ❑ Kollisionsvermeidung, MACA
- ❑ Polling
- ❑ CDMA im Detail
- ❑ SAMA
- ❑ Vergleich



Können Medienzugriffsverfahren von Festnetzen übernommen werden?

Beispiel CSMA/CD

- ❑ **C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess with **C**ollision **D**etection
- ❑ Senden, sobald das Medium frei ist, hören, ob eine Kollision stattfand (ursprüngliches Verfahren im Ethernet IEEE802.3)

Probleme in drahtlosen Netzen

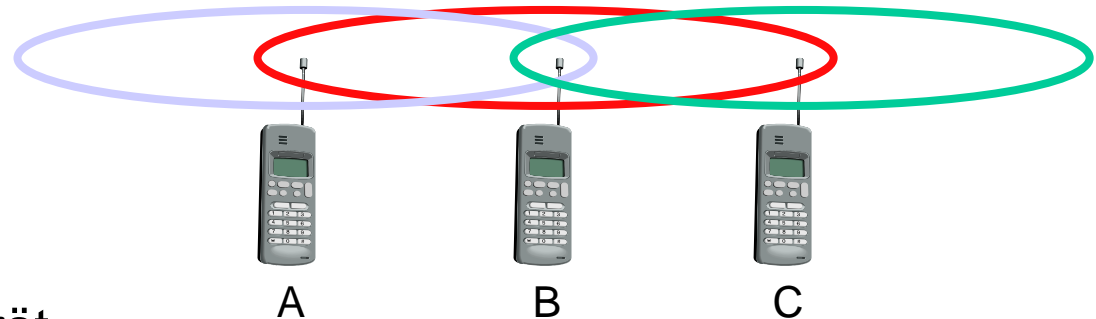
- ❑ Signalstärke nimmt quadratisch mit der Entfernung ab
- ❑ CS und CD würden beim Sender eingesetzt, aber Kollision geschieht beim Empfänger
- ❑ Kollision ist dadurch unter Umständen nicht mehr beim Sender hörbar, d.h. CD versagt
- ❑ weiterhin kann auch CS falsche Ergebnisse liefern, z.B. wenn ein Endgerät „versteckt“ ist



Motivation - Versteckte und „ausgelieferte“ Endgeräte

Verstecktes Endgerät

- ❑ A sendet zu B, C empfängt A nicht mehr
- ❑ C will zu B senden, Medium ist für C frei (CS versagt)
- ❑ Kollision bei B, A sieht dies nicht (CD versagt)
- ❑ A ist „versteckt“ für C



„Ausgeliefertes“ Endgerät

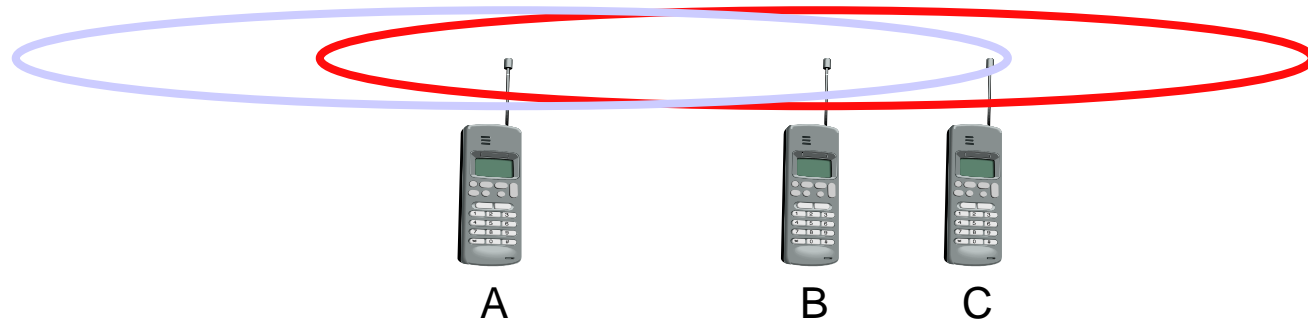
- ❑ B sendet zu A, C will zu irgendeinem Gerät senden (nicht A oder B)
- ❑ C muss warten, da CS ein „besetztes“ Medium signalisiert
- ❑ da A aber außerhalb der Reichweite von C ist, ist dies unnötig
- ❑ C ist B „ausgeliefert“



Motivation - Nahe und ferne Endgeräte

Endgeräte A und B senden, C soll empfangen

- ❑ die Signalstärke nimmt quadratisch mit der Entfernung ab
- ❑ daher „übertönt“ das Signal von Gerät B das von Gerät A
- ❑ C kann A nicht hören



Würde beispielsweise C Senderechte vergeben, so könnte B die Station A rein physikalisch überstimmen

Auch ein großes Problem für CDMA-Netzwerke - exakte Leistungskontrolle notwendig!



Zugriffsverfahren SDMA/FDMA/TDMA

SDMA (Space Division Multiple Access)

- ❑ Einteilung des Raums in Sektoren, gerichtete Antennen
- ❑ vgl. Zellenstruktur

FDMA (Frequency Division Multiple Access)

- ❑ zeitlich gesteuerte Zuordnung eines Übertragungskanals zu einer Frequenz
- ❑ permanent (z.B. Rundfunk), langsames Springen (z.B. GSM), schnelles Springen (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum)

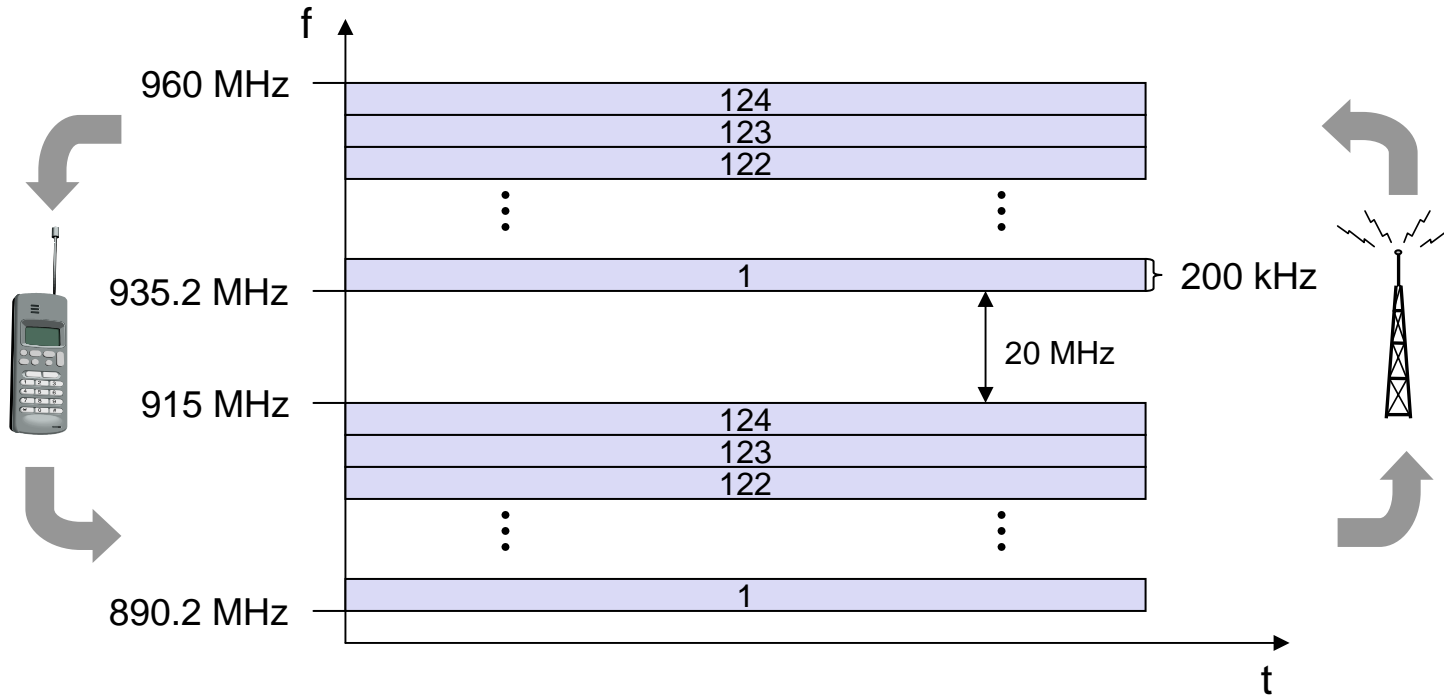
TDMA (Time Division Multiple Access)

- ❑ zeitlich gesteuertes Zugriffsrecht eines Übertragungskanals auf eine feste Frequenz

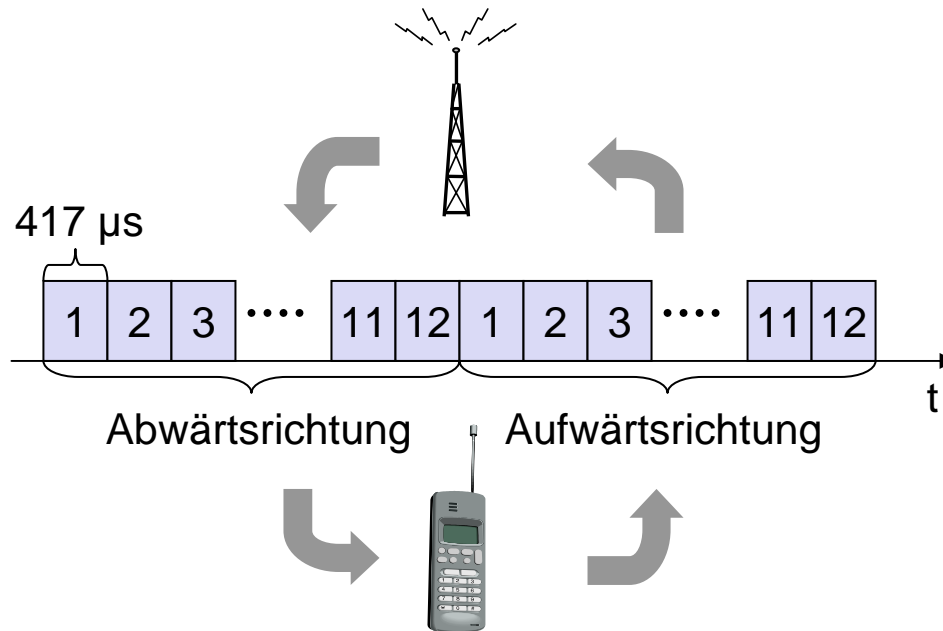
Die bereits vorgestellten Multiplexverfahren werden hier also zur Steuerung des Medienzugriffs eingesetzt!



FDD/FDMA - hier am Beispiel GSM



TDD/TDMA - am Beispiel DECT

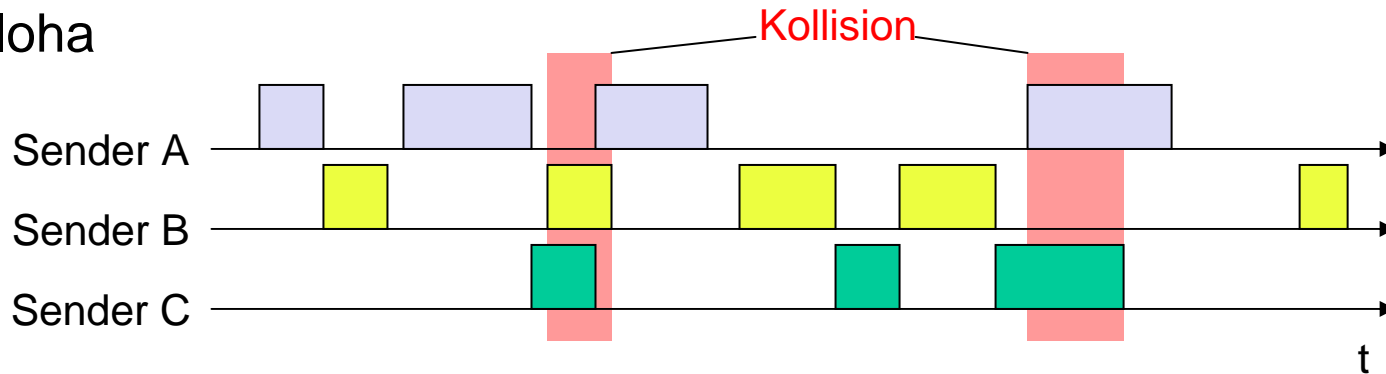


Aloha/Slotted Aloha

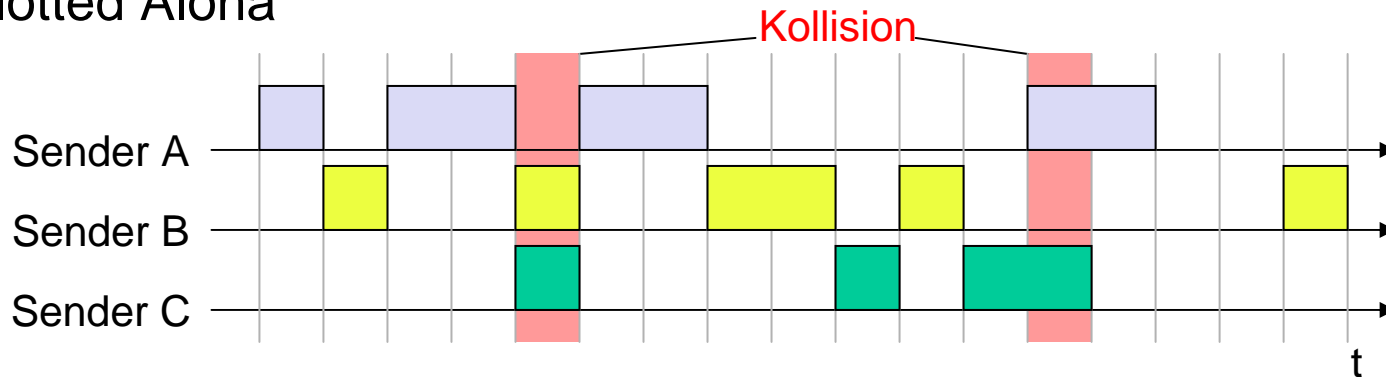
Verfahren

- ❑ zufällig, nicht zentral gesteuert, Zeitmultiplex
- ❑ Slotted Aloha führt zusätzlich gewisse Zeitschlitze ein, in denen ausschließlich gesendet werden darf.

Aloha



Slotted Aloha



DAMA - Demand Assigned Multiple Access

Ausnutzung des Kanals bei Aloha (18%) und Slotted Aloha (36%) nur sehr gering (Annahme von Poisson-Verkehr).

Mit Hilfe von Vorabreservierung kann dies auf 80% erhöht werden.

- ❑ Sender *reserviert* einen zukünftigen Zeitschlitz
- ❑ innerhalb dieses Zeitschlitzes kann dann ohne Kollision sofort gesendet werden
- ❑ dadurch entsteht aber auch eine höhere Gesamtverzögerung
- ❑ typisch für Satellitenstrecken

Beispiele für Reservierungsalgorithmen:

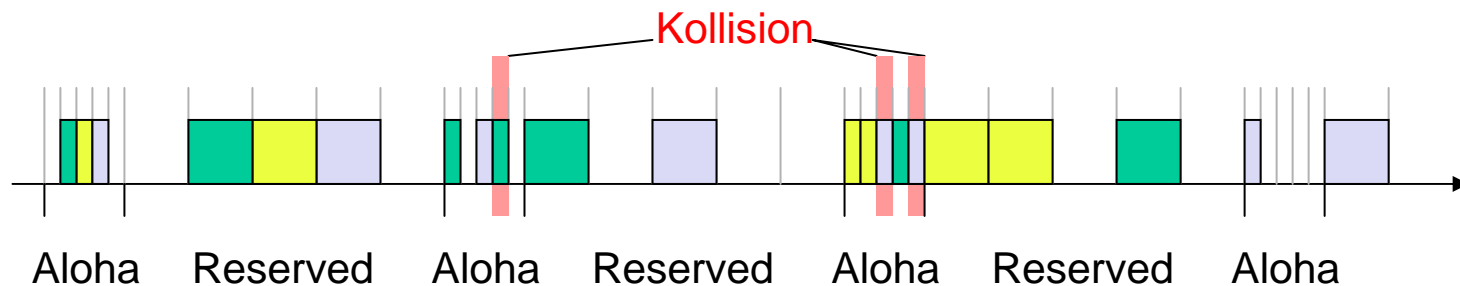
- ❑ *Explizite Reservierung nach Roberts*
- ❑ *Implizite Reservierung (Reservation-ALOHA)*
- ❑ *Reservation-TDMA*



Zugriffsverfahren DAMA: Explizite Reservierung

Explizite Reservierung:

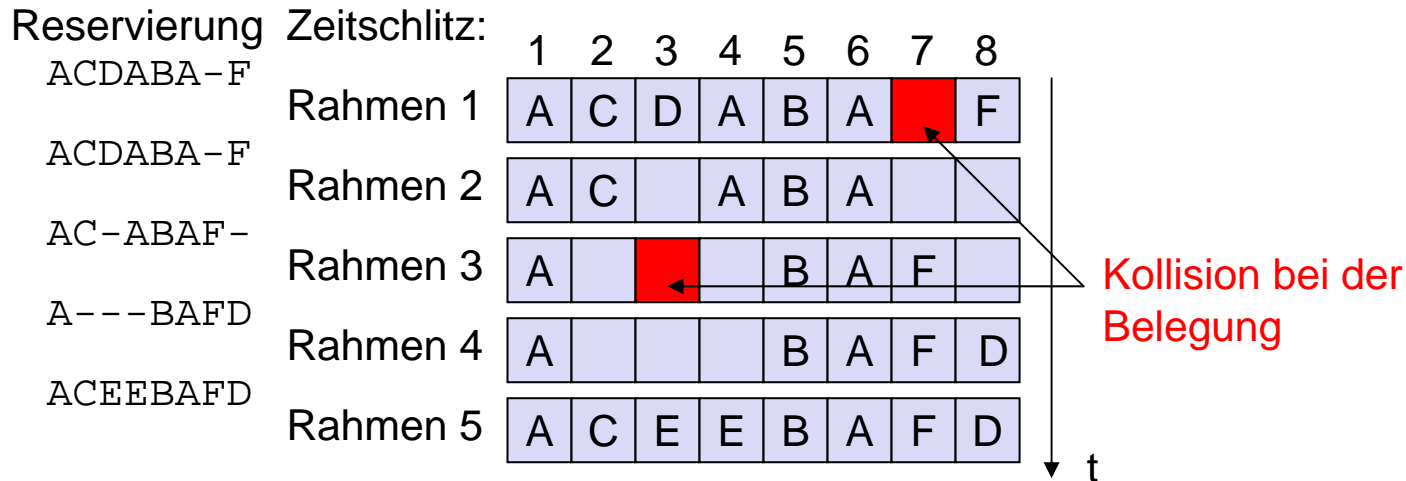
- Zwei Modi:
 - *ALOHA-Modus* für die Reservierung:
In einem weiter aufgegliederten Zeitschlitz kann eine Station Zeitschlitz reservieren.
 - *Reserved-Modus* für die Übertragung von Daten in erfolgreich reservierten Zeitschlitz (keine Kollision mehr möglich).
- Wesentlich ist, dass die in den einzelnen Stationen geführten Listen über Reservierungen miteinander zu jedem Punkt übereinstimmen, daher muss mitunter synchronisiert werden.



Zugriffsverfahren DAMA: PRMA

Implizite Reservierung (PRMA - Packet Reservation MA):

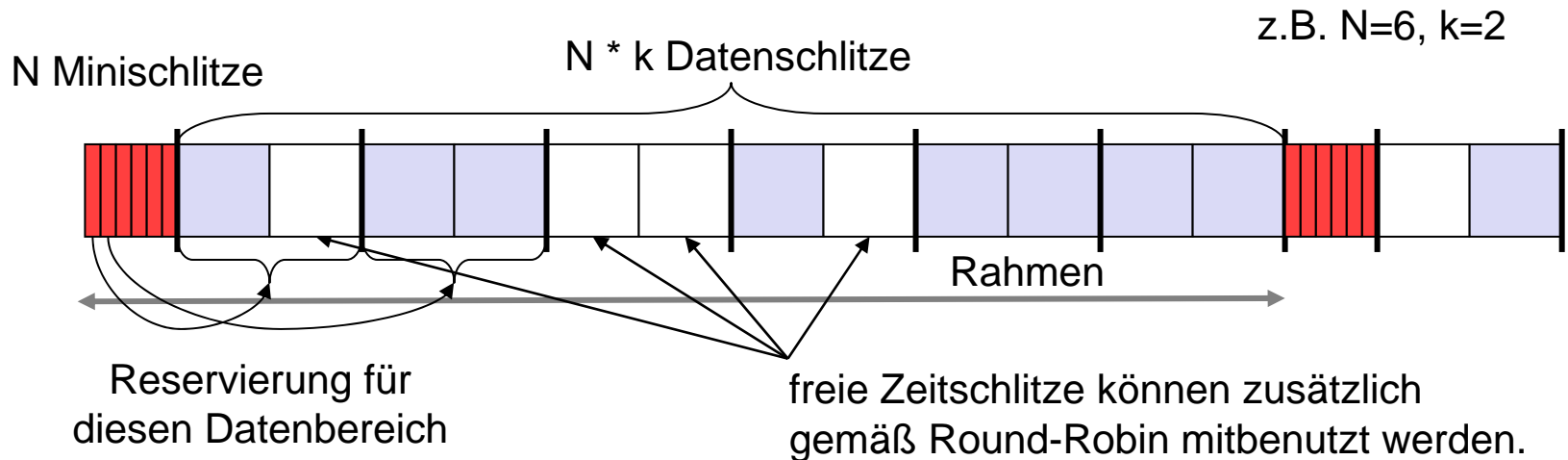
- ❑ Eine bestimmte Anzahl von Zeitschlitzten bilden einen Übertragungsrahmen, der sich zyklisch wiederholt.
- ❑ Stationen belegen einen (leeren) Zeitschlitz gemäß dem "Slotted ALOHA"-Prinzip.
- ❑ Ein einmal erfolgreich belegter Zeitschlitz bleibt in allen darauffolgenden Übertragungsrahmen der erfolgreichen Station zugewiesen, aber nur solange, bis diese den Zeitschlitz nicht mehr benötigt und dieser somit leer bleibt.



Zugriffsverfahren DAMA: Reservation-TDMA

Reservation Time Division Multiple Access

- Ein Rahmen besteht aus N Minizeitschlitz und x Datenzeitschlitz.
- Jede Station hat ihren Minizeitschlitz und kann darin bis zu k Datenzeitschlitz reservieren (d.h. $x = N * k$).
- Im Daten-Teil des Rahmens können nicht benutzte Zeitschlitz gemäß Round-Robin-Methode von anderen Stationen mitverwendet werden.



MACA - Kollisionsvermeidung

MACA (Multiple Access with Collision Avoidance) setzt kurze Signalisierungspakete zur Kollisionsvermeidung ein

- ❑ RTS (request to send): Anfrage eines Senders an einen Empfänger bevor ein Paket gesendet werden kann
- ❑ CTS (clear to send): Bestätigung des Empfängers sobald er empfangsbereit ist

Signalisierungspakete beinhalten:

- ❑ Senderadresse
- ❑ Empfängeradresse
- ❑ Paketgröße

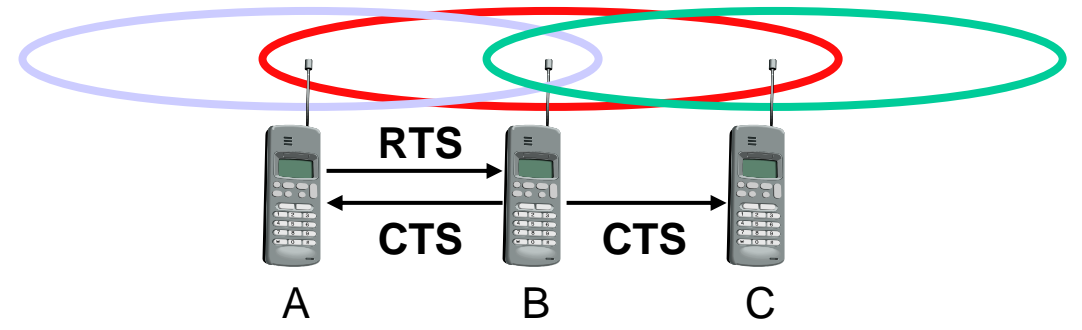
Varianten dieses Verfahrens finden in IEEE802.11 als DFWMAC (Distributed Foundation Wireless MAC) Einsatz



MACA - Beispiele

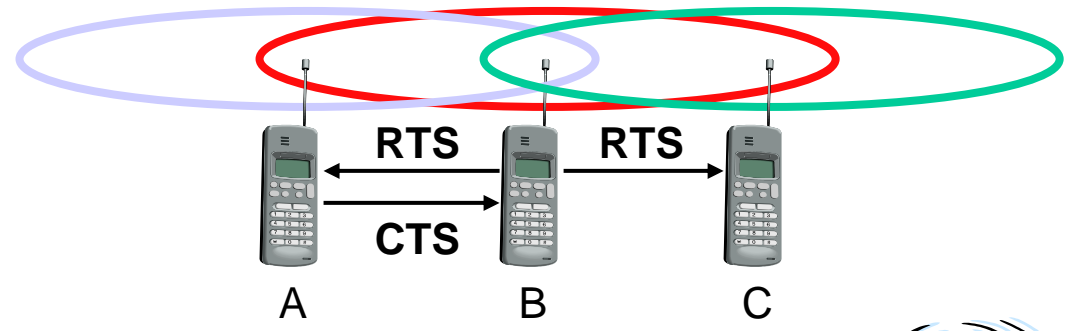
Vermeidung des Problems versteckter Endgeräte

- ❑ A und C wollen zu B senden
- ❑ A sendet zuerst RTS
- ❑ C wartet, da es das CTS von B hört

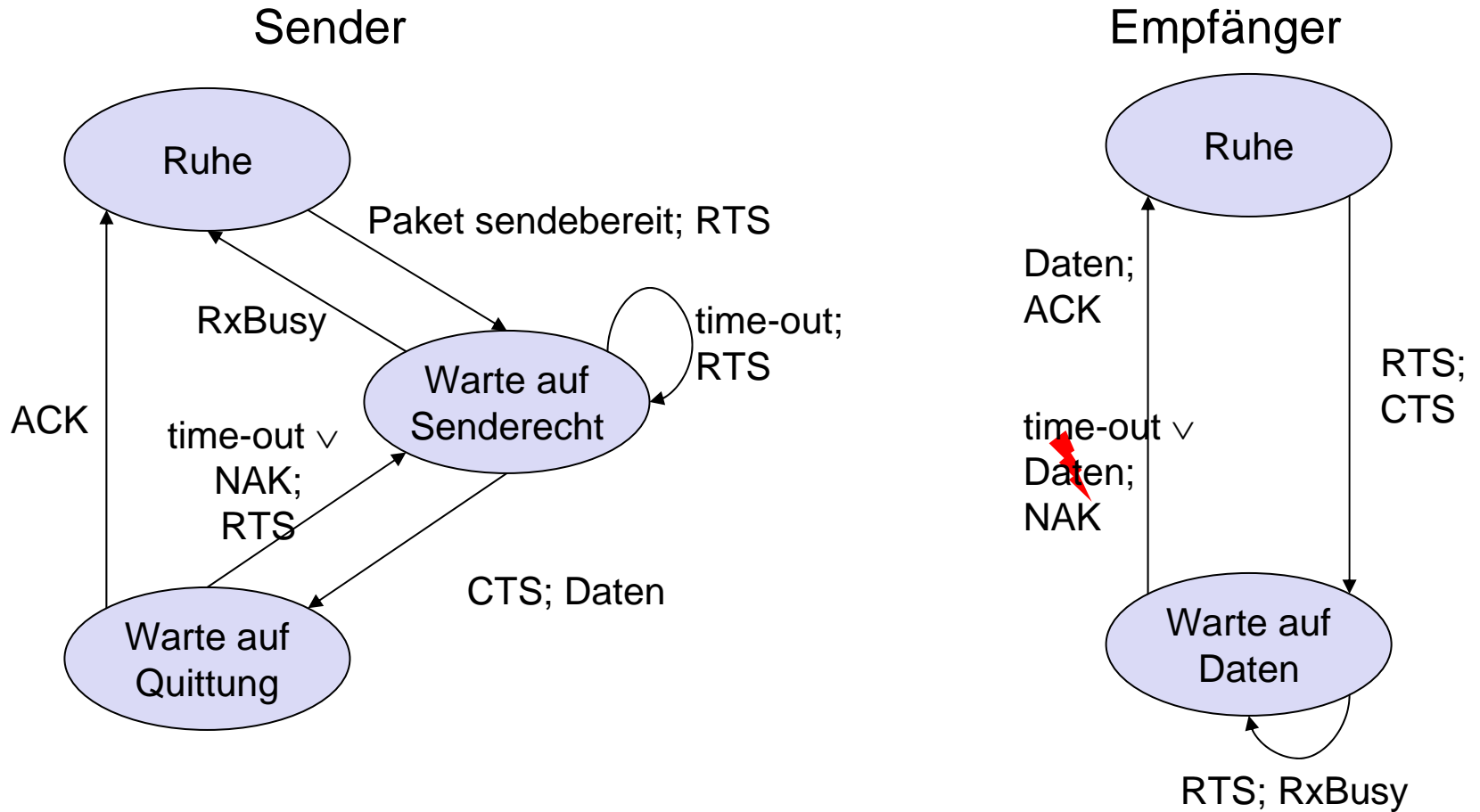


Vermeidung des Problems „ausgelieferter“ Endgeräte

- ❑ B will zu A, C irgendwohin senden
- ❑ C wartet nun nicht mehr unnötig, da es nicht das CTS von A empfängt



MACA-Variante: DFWMAC in IEEE802.11



ACK: positive Empfangsbestätigung
 NAK: negative Empfangsbestätigung

RxBusy: Empfänger beschäftigt



Pollingverfahren

Falls empfangstechnisch möglich können mobile Endgeräte von einer Zentralstation nach einem bestimmten Schema nacheinander abgefragt werden (polling)

- ❑ hier können prinzipiell die gleichen Techniken wie in Festnetzen eingesetzt werden (vgl. Zentralrechner - Terminals).

Beispiel: Randomly Addressed Polling

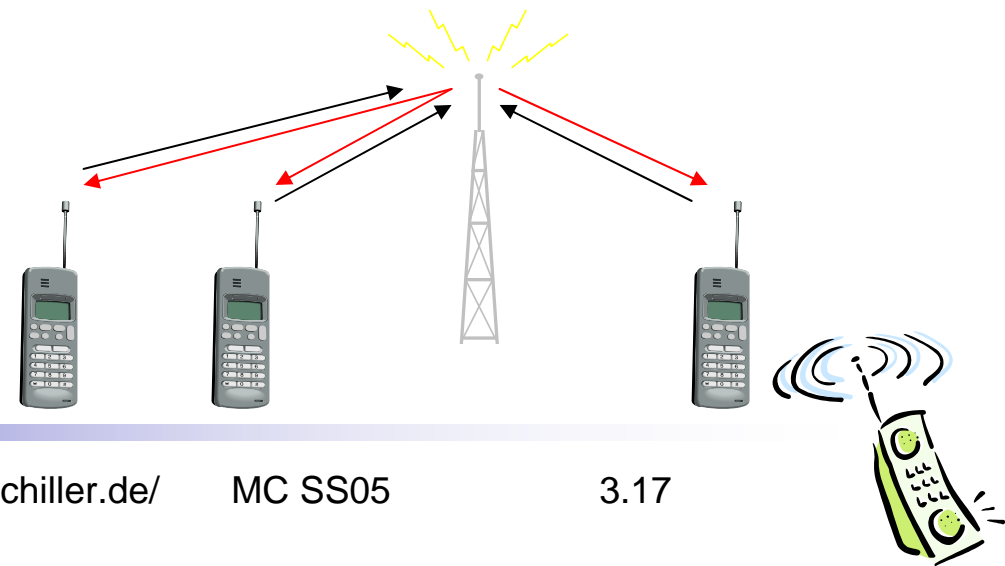
- ❑ Basisstation signalisiert Empfangsbereitschaft an alle mobilen Endgeräte
- ❑ sendebereite Endgeräte übertragen gleichzeitig kollisionsfrei eine Zufallszahl („dynamische Adresse“) mit Hilfe von CDMA oder FDMA
- ❑ Basisstation wählt eine Adresse zur Abfrage der Mobilstation (Kollision möglich bei zufälliger Wahl der gleichen Adresse)
- ❑ Basisstation bestätigt den korrekten bzw. gestörten Empfang und fragt sofort nächste Station ab
- ❑ wurden alle Adressen bedient, so beginnt der Zyklus von neuem



ISMA (Inhibit Sense Multiple Access)

Aktuelle Belegung des Mediums wird durch einen „Besetztton“ angezeigt

- ❑ auf der Verbindung von der Basisstation zu den mobilen Endgeräten zeigt die Basisstation an, ob das Medium frei ist oder nicht
- ❑ Endgeräte dürfen bei belegtem Medium nicht senden
- ❑ sobald der „Besetztton“ aufhört, können die Endgeräte auf das Medium zugreifen
- ❑ Kollisionen bei diesem unkoordinierten Zugriff werden wiederum von der Basisstation über Bestätigungspakete und das Besetztsymbol an die Endgeräte gemeldet
- ❑ Verfahren wird beim Datendienst CDPD eingesetzt (USA, in AMPS integriert)



Zugriffsverfahren CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access)

- ❑ alle Stationen operieren auf derselben Frequenz und nutzen so gleichzeitig die gesamte Bandbreite des Übertragungskanals
- ❑ Signal wird auf der Senderseite mit einer für den Sender eindeutigen Pseudozufallszahl verknüpft (XOR)
- ❑ Empfänger kann mittels bekannter Sender-Pseudozufallsfolge und einer Korrelationsfunktion das Originalsignal restaurieren

Nachteil:

- ❑ höhere Komplexität der Implementierung wg. Signalregenerierung
- ❑ alle Signale müssen beim Empfänger gleich stark sein

Vorteile:

- ❑ alle können auf der gleichen Frequenz senden, keine Frequenzplanung
- ❑ sehr großer Coderaum (z.B. 2^{32}) im Vergleich zum Frequenzraum
- ❑ Störungen (weißes Rauschen) nicht kodiert
- ❑ Vorwärtskorrektur und Verschlüsselung leicht integrierbar



CDMA in der Theorie

Sender A

- ❑ sendet $A_d = 1$, Schlüssel $A_k = 010011$ (setze: „0“= -1, „1“= +1)
- ❑ Sendesignal $A_s = A_d * A_k = (-1, +1, -1, -1, +1, +1)$

Sender B

- ❑ sendet $B_d = 0$, Schlüssel $B_k = 110101$ (setze: „0“= -1, „1“= +1)
- ❑ Sendesignal $B_s = B_d * B_k = (-1, -1, +1, -1, +1, -1)$

Beide Signale überlagern sich additiv in der Luft

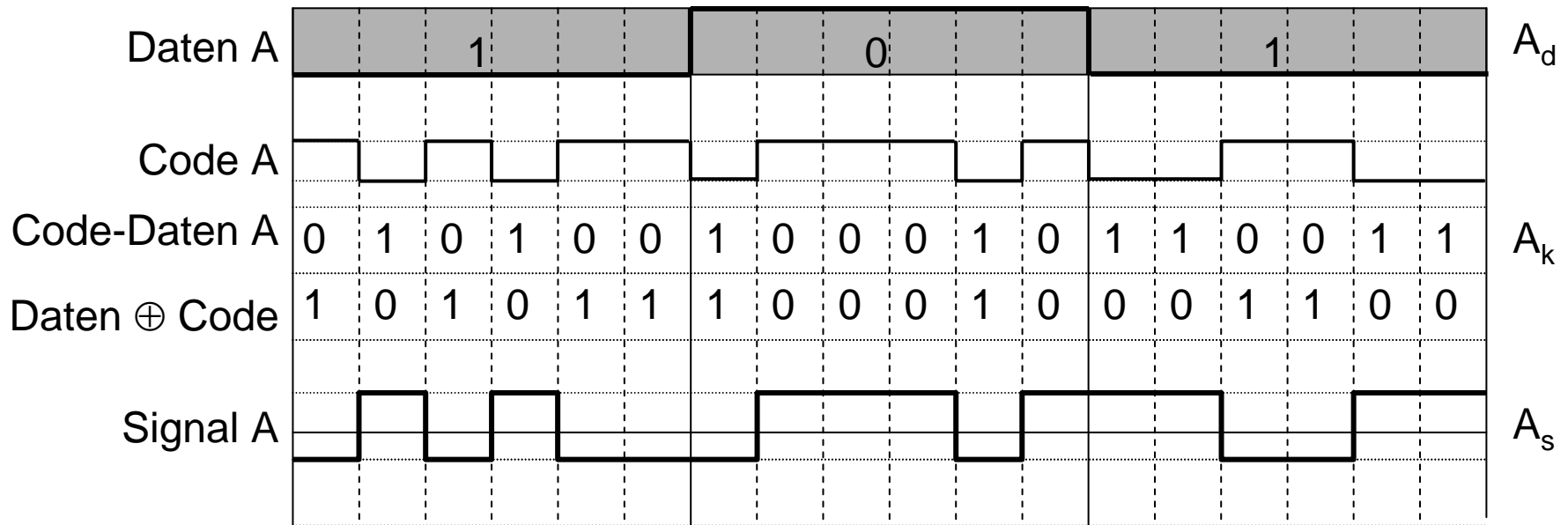
- ❑ Störungen hier vernachlässigt (Rauschen etc.)
- ❑ $A_s + B_s = (-2, 0, 0, -2, +2, 0)$

Empfänger will Sender A hören

- ❑ wendet Schlüssel A_k bitweise an (inneres Produkt)
 - $A_e = (-2, 0, 0, -2, +2, 0) \cdot A_k = 2 + 0 + 0 + 2 + 2 + 0 = 6$
 - Ergebnis ist größer 0, daher war gesendetes Bit eine „1“
- ❑ analog B
 - $B_e = (-2, 0, 0, -2, +2, 0) \cdot B_k = -2 + 0 + 0 - 2 - 2 + 0 = -6$, also „0“



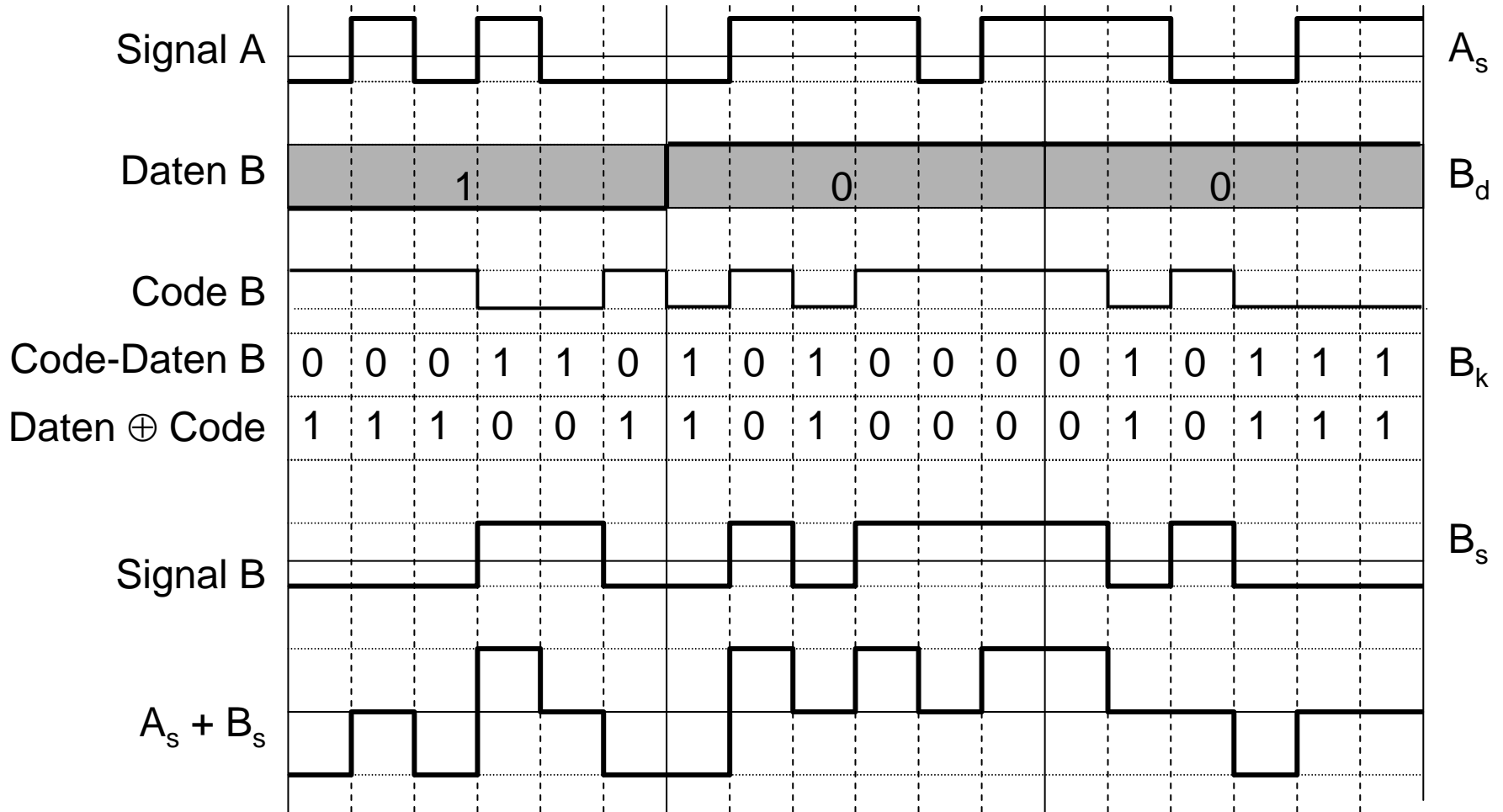
CDMA - auf Signalebene I



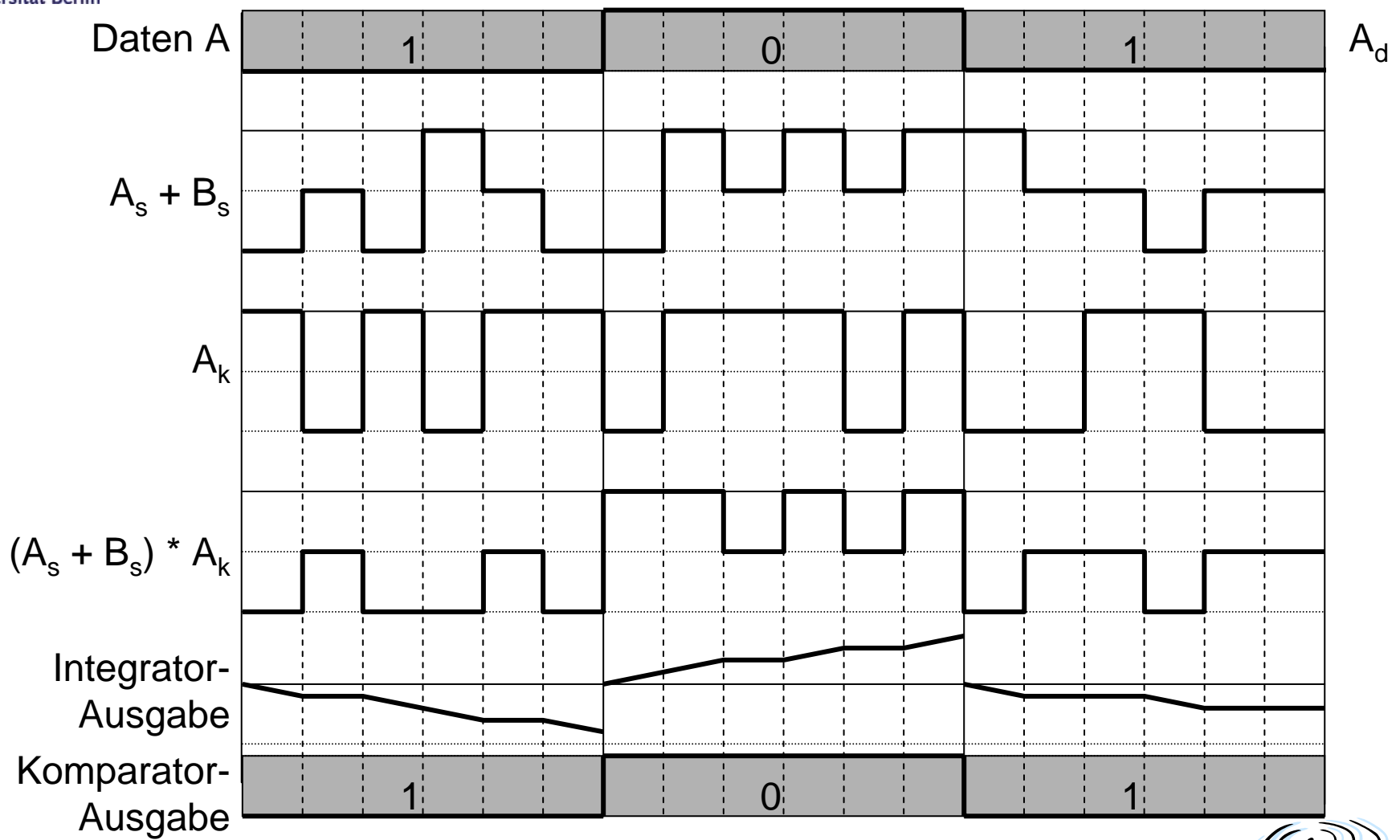
In der Praxis werden längere Schlüssel eingesetzt, um einen möglichst großen Abstand im Coderaum zu erzielen.



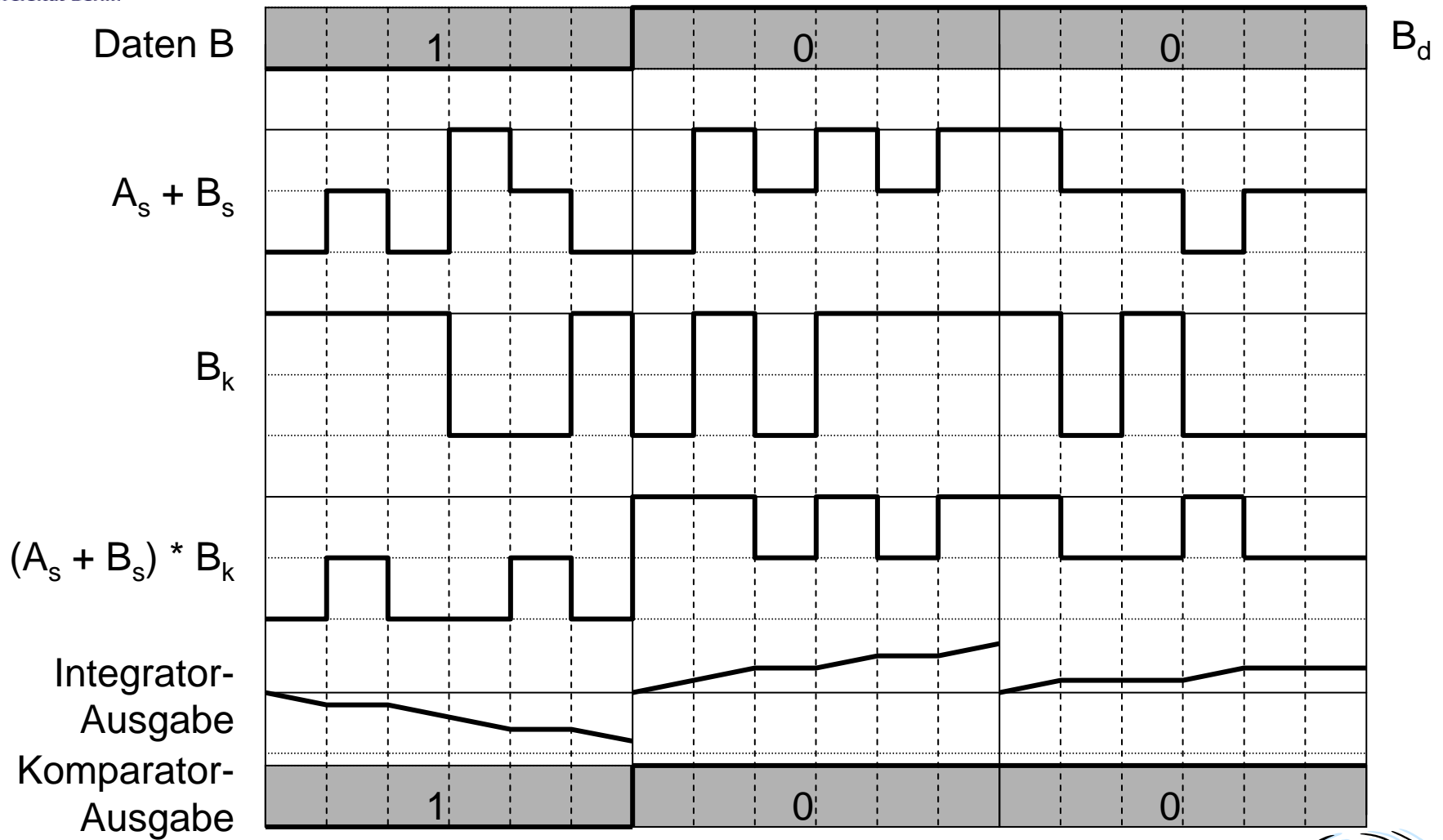
CDMA - auf Signalebene II



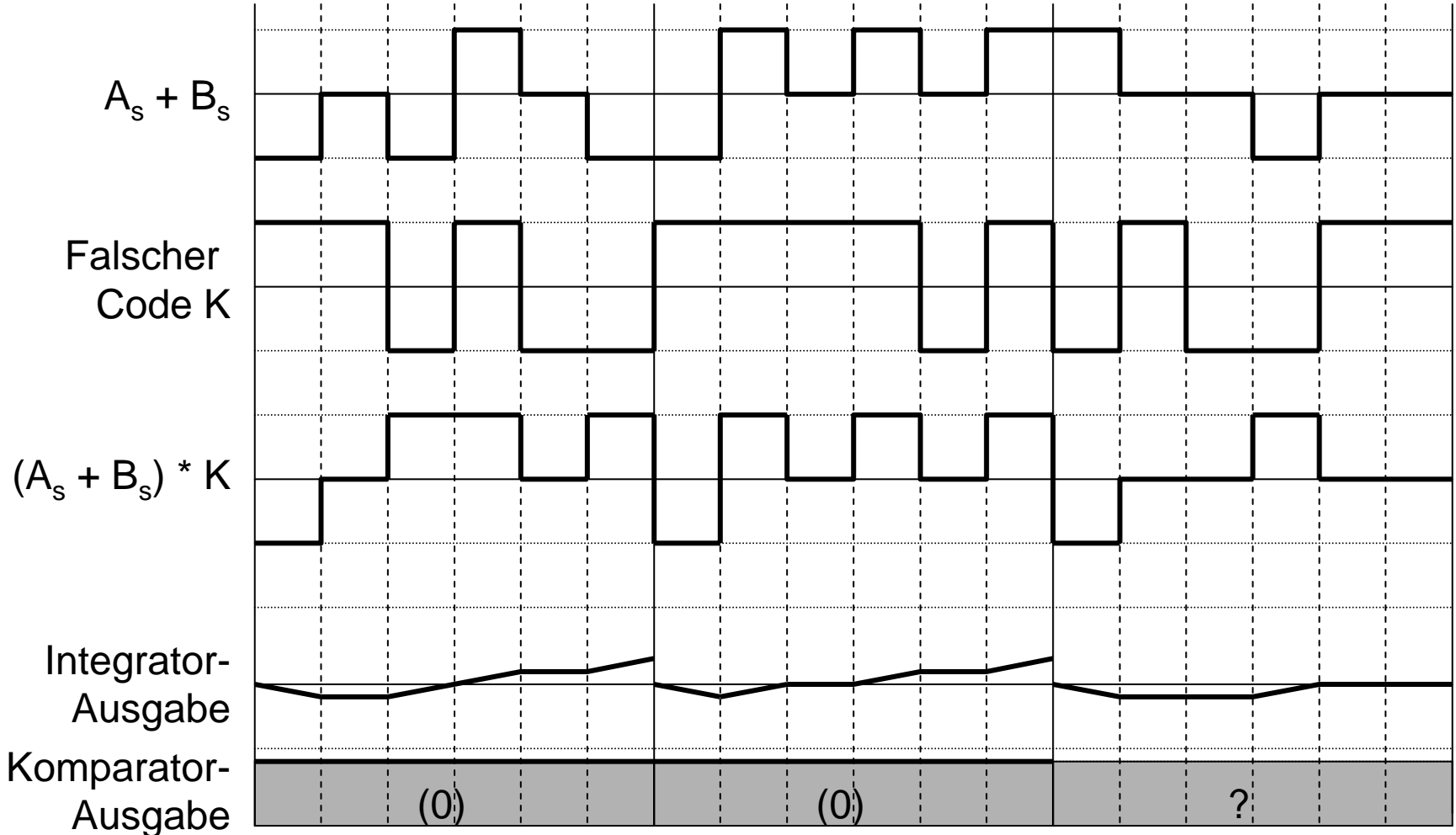
CDMA - auf Signalebene III



CDMA - auf Signalebene IV



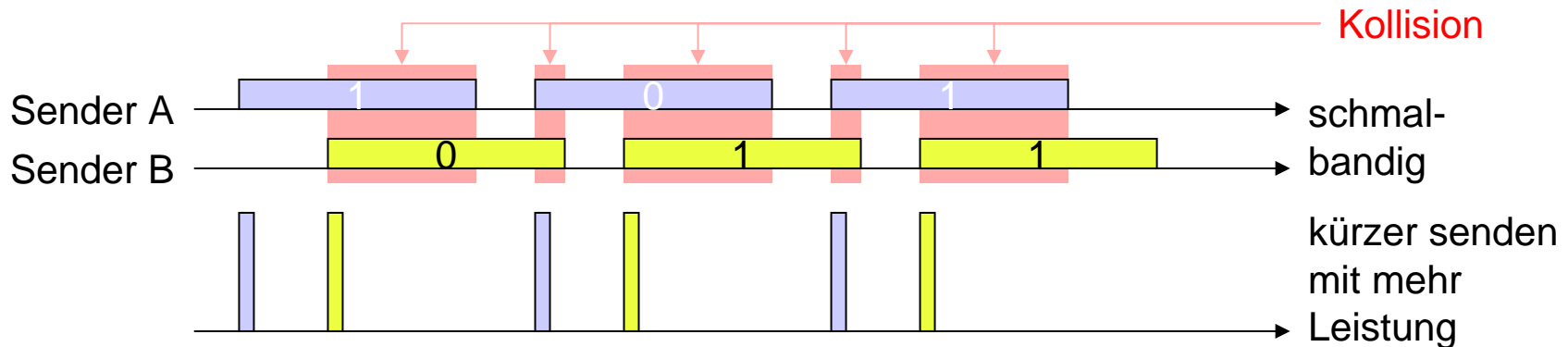
CDMA - auf Signalebene V



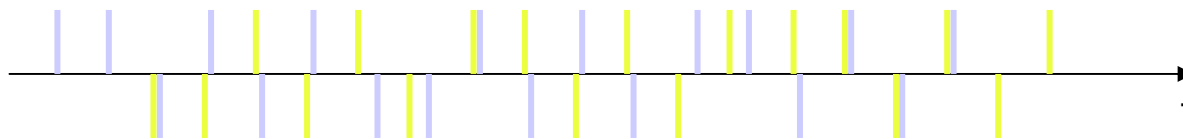
SAMA - Spread Aloha Multiple Access

Aloha besitzt nur eine sehr geringe Effizienz, CDMA benötigt komplexe Empfänger, die Signale mit verschiedenen Codes gleichzeitig empfangen können.

Idee: Anwenden von Spreizspektrumtechnik mit nur einem Code (Chipping-Sequence) für Sender nach dem Aloha-Prinzip



Spreizen des Signals mit z.B. der Sequenz 110101 („CDMA ohne CD“)



Problem: Finden der richtigen Sequenz!



Vergleich SDMA/TDMA/FDMA/CDMA

Verfahren	SDMA	TDMA	FDMA	CDMA
Idee	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
Teilnehmer	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
Signal-trennung	Zellenstruktur, Richtantennen	im Zeitbereich durch Synchronisation	im Frequenzbereich durch Filter	Code plus spezielle Empfänger
Vorteile	sehr einfach hinsichtlich Planung, Technik, Kapazitätserhöhung	etabliert, voll digital, vielfältig einsetzbar	einfach, etabliert, robust, planbar	flexibel, benötigt weniger Frequenzplanung, weicher handover
Nachteile	unflexibel, da meist baulich festgelegt	Schutzzeiten wegen Mehrwegausbreitung nötig, Synchronisation	geringe Flexibilität, Frequenzen Mangelware	komplexe Empfänger, benötigt exakte Steuerung der Sendeleistung
Bemerkung	nur in Kombination mit TDMA, FDMA oder CDMA sinnvoll	Standard in Festnetzen, im Mobilien 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

