

# **Drahtlose Netzwerke**

## **Grundlagen und Einsatzfelder**

### **Sicherungsschicht**

**(MAC-Layer)**

**Allgemein**

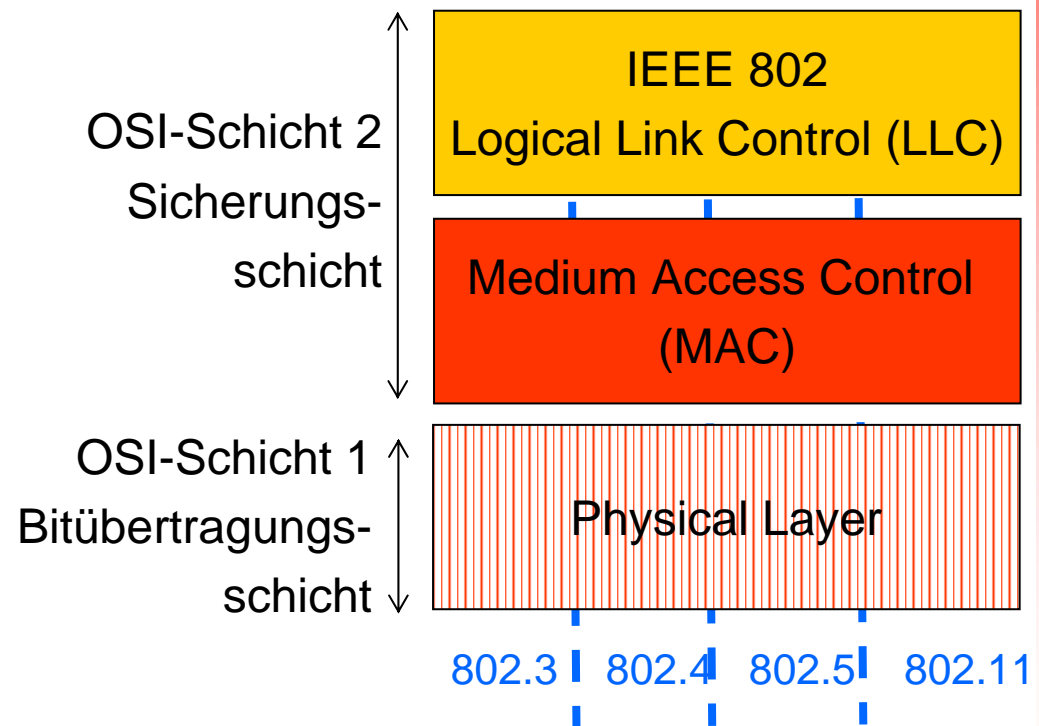
# IEEE 802.x Schichten (Wiederholung)

## ➤ Aufgaben LLC

- Fehlererkennung
- Flusskontrolle
- Adressierung
- Authentisierung
- Verschlüsselung

## ➤ Aufgaben MAC

- Zugriff auf das Broadcast-Medium
- Kollisionserkennung/vermeidung
- Reservierung



# MAC: Wieder das MA-Problem!

## ➤ Wie im Festnetz gelöst?

- Beispiel CSMA/CD
- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- Senden, sobald das Medium frei ist, hören, ob eine Kollision stattfand (ursprüngliches Verfahren im Ethernet)

## ➤ Probleme in drahtlosen Netzen

- Signalstärke nimmt quadratisch mit der Entfernung ab
- CS und CD beim Sender, aber Kollision beim Empfänger
  - Kollision u. U. vom Sender nicht feststellbar → CD versagt
- CS kann falsche Ergebnisse liefern
  - „verstecktes“ Endgerät



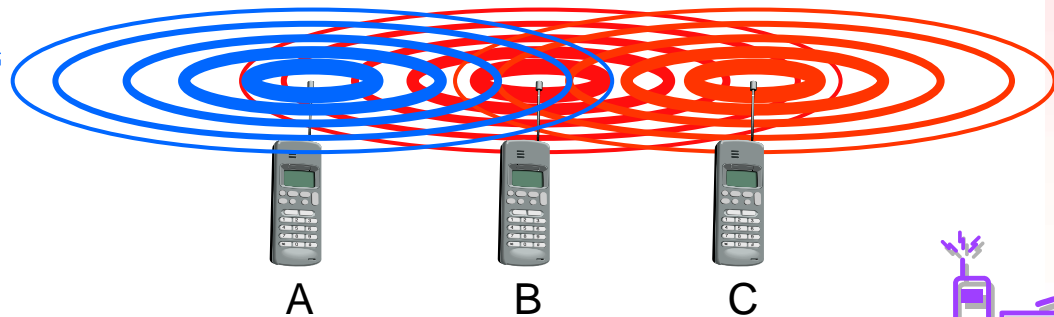
# Versteckte und „ausgelieferte“ Geräte

## ➤ Verstecktes Endgerät („Hidden Station Problem“)

- 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

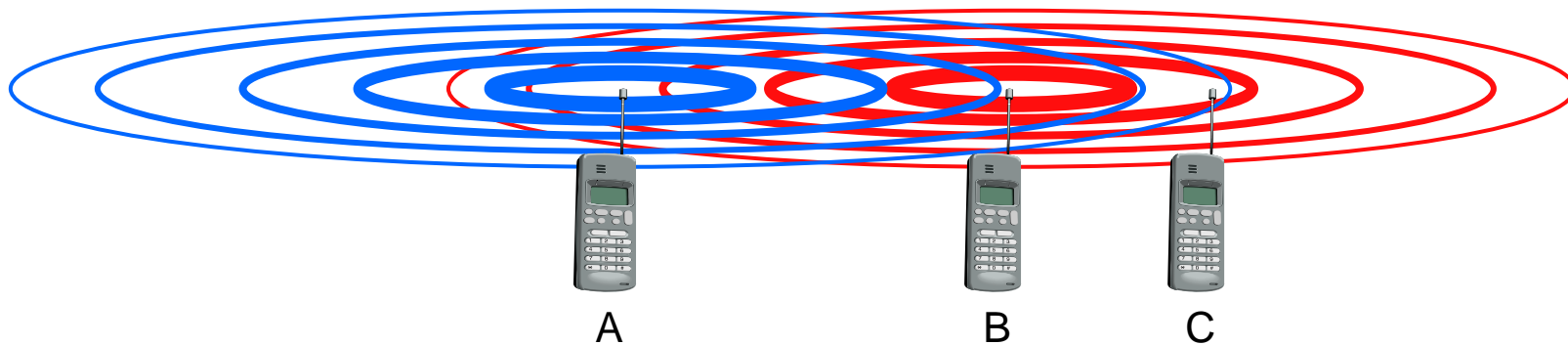
## ➤ „Ausgeliefertes“ Endgerät

- B sendet zu A, C will zu anderem Gerät senden
  - 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“



# „Near/Far-Problem“

- **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



- **Bsp.: Würde C Senderechte vergeben**
  - ➔ **B könnte A rein physikalisch überstimmen**
    - Grosses Problem für CDMA-Netzwerke
    - Exakte Leistungskontrolle notwendig



# Mult. Access/Collision Avoidance

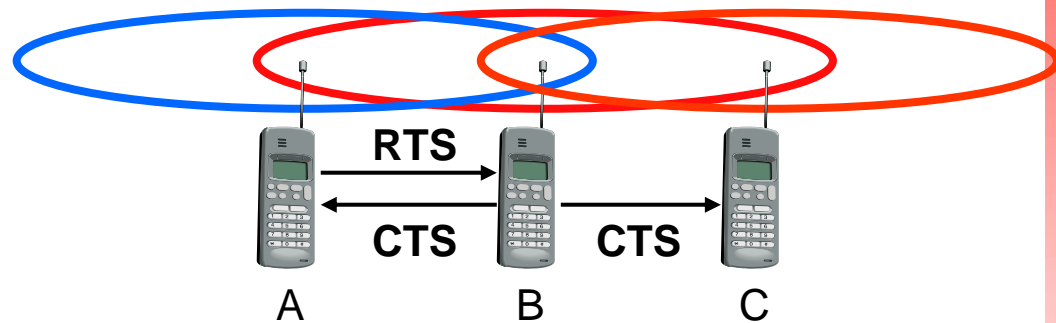
- **Multiple Access with Collision Avoidance (MA/CA) setzt kurze Signalisierungspakete zur Kollisionsvermeidung ein**
  - RTS (request to send): Anfrage eines Senders an einen Empfänger bevor ein Paket gesendet werden kann
  - CTS (clear to send): Bestätigung des Empfängers sobald er empfangsbereit ist
- **Signalisierungspakete beinhalten:**
  - Senderadresse
  - Empfängeradresse
  - Paketgröße



# MA/CA: Beispiele

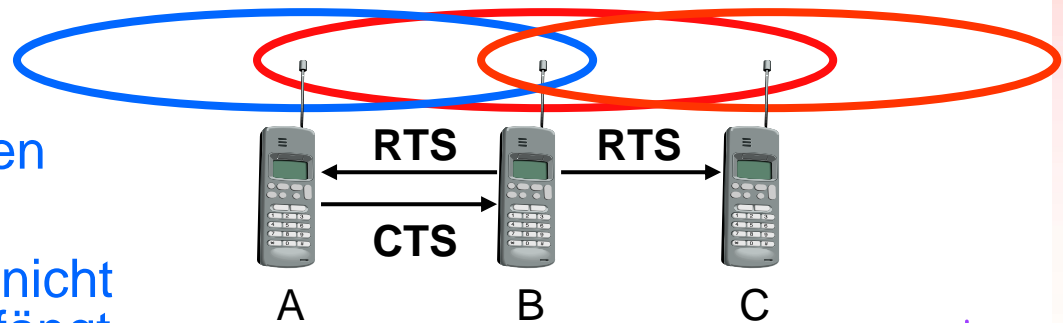
## ➤ Vermeidung des Problems versteckter Endgeräte

- 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



# Pollingverfahren

- **Zentrale Station**
  - vergibt Senderecht („Token“) durch Abfragen („Pollen“)
- **Schema der Tokenvergabe unterschiedlich**
- **Unterscheidungen:**
  - Vergibt zentrale Station nur Senderecht?
  - geht jegliche Kommunikation über zentrale Station?
- **Prinzipiell gleiche Verfahren wie bei drahtgebundenen Netzwerken möglich**





# **Drahtlose Netzwerke**

## **Grundlagen und Einsatzfelder**

### **Sicherungsschicht**

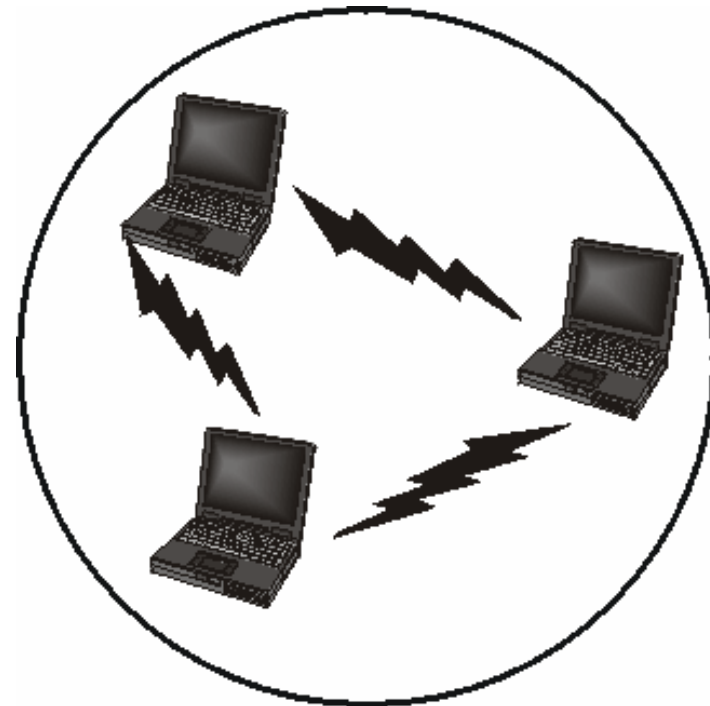
**(MAC-Layer)**

**IEEE 802.11**

# Ad-hoc Netzwerk

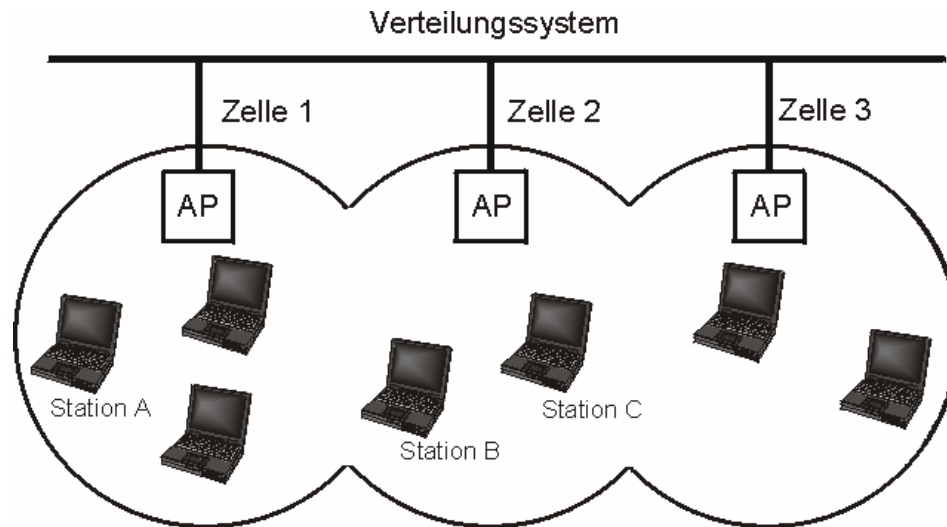
## ➤ Ein Gruppe von Rechnern

- die untereinander kommunizieren können
  - „Basic Service Set“ (BSS)
  - entspricht einer „Zelle“
- Mit eigener Zell-Adresse und eigenem Zell-Namen
- Unabhängig von anderen Netzen
  - „Independent Basic Service Set“ (IBSS)



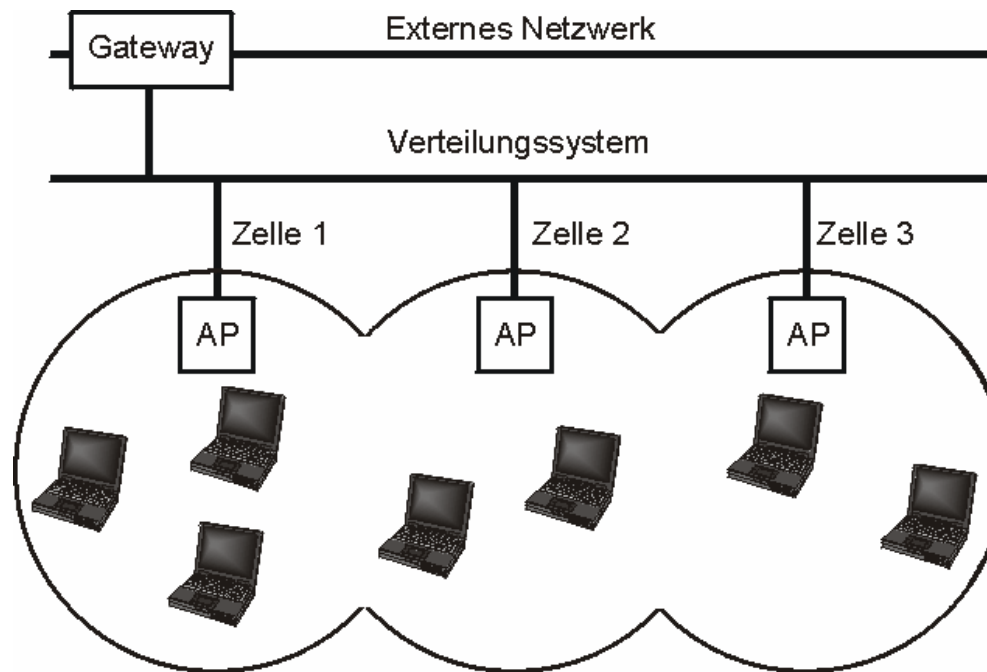
# Infrastrukturnetzwerk

- **Zellen, die über ein Verteilungssystem miteinander verbunden sind**
  - Verteilungssystem nicht weiter definiert (zumeist ein LAN)
  - „Extended Service Set“ (ESS), besteht aus mehreren BSS
- **Verbindung zwischen Verteilungssystem und Zelle ist ein Access Point (AP)**
  - Adresse der Zelle = Adresse des AP



# Gateways

- Ein Gateway („Portal“) verbindet das Verteilungssystem mit weiteren Netzen
  - Normalerweise in einem AP integriert



# Definitionen IEEE 802.11

IEEE 802.11 Begriff	Bedeutung
<i>Station</i>	Ein technisches System (Laptop, stationärer Rechner, Gerät, Maschine, ...), das nach dem IEEE 802.11 Standard drahtlos kommunizieren kann
<i>Basic Service Set</i>	Eine Zelle mehrerer Stationen, die räumlich so nahe beisammen sind, dass sie untereinander über das Funkmedium kommunizieren können
<i>Ad-hoc-Netzwerk</i> (auch <i>Independent Basic Service Set</i> )	Eine Zelle, die mit keinem weiteren Netzwerk verbunden ist
<i>Infrastruktur-Netzwerk</i> (auch <i>Extended Basic Service Set</i> )	Ein Netzwerk mit mehreren (drahtlosen) Zellen, die über ein weiteres Netzwerk miteinander verbunden sind
<i>Verteilungssystem (Distribution System)</i>	Das Netzwerk, das in einem Infrastruktur-Netzwerk die Zellen miteinander verbindet
<i>AP</i>	Die Station, die in einem Infrastruktur-Netzwerk eine Zelle mit dem Verteilungssystem verbindet
<i>Portal</i>	Ein Gateway zwischen dem Verteilungssystem eines Infrastruktur-Netzwerkes und anderen Netzwerken



# Wdhlg: Adressen bei IEEE 802

## ➤ 6 Byte (48 Bit)

- Auch genannt „MAC-Adressen“
- Geschrieben: xx:xx:xx:xx:xx:xx

## ➤ Identifiziert ein IEEE 802-Device

## ➤ z.B. eindeutig eine Netzwerkkarte

- I.d.R. in der Firmware „eingebrannt“
- Präfix der Adresse identifiziert HW-Hersteller
- Selten auch frei programmierbar

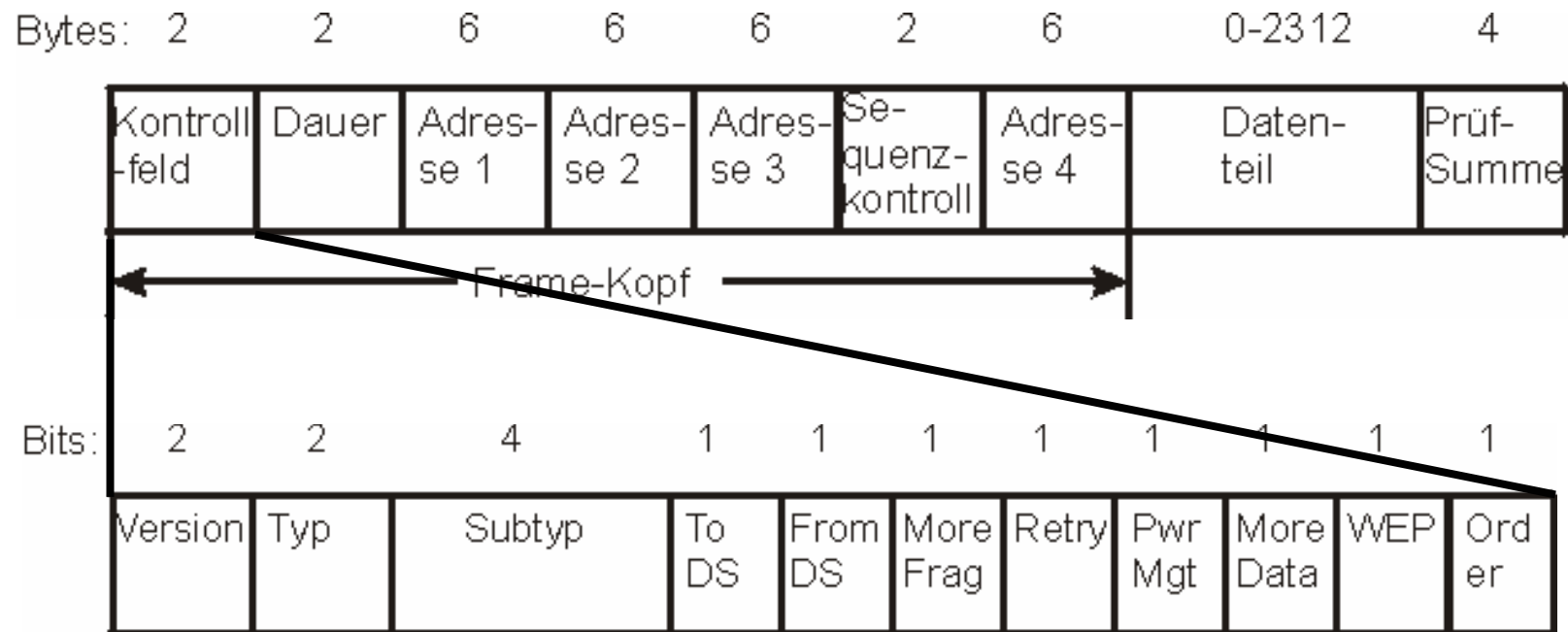
```
00000C Cisco
00000F NeXT
000010 Sytek
00001D Cabletron
000020 DIAB
000022 Visual Technology
0000A2 Wellfleet
...
```

## ➤ Sonderadressen

- Broadcast-Adresse: FF: FF: FF: FF: FF: FF
- Multicast-Adressen

```
01-00-5E-00-00-00- Internet Multicast (RFC-1112)
01-00-5E-7F-FF-FF
01-80-C2-00-00-00 Spanning tree (for bridges)
...
```

# Aufbau eines MAC-Frames

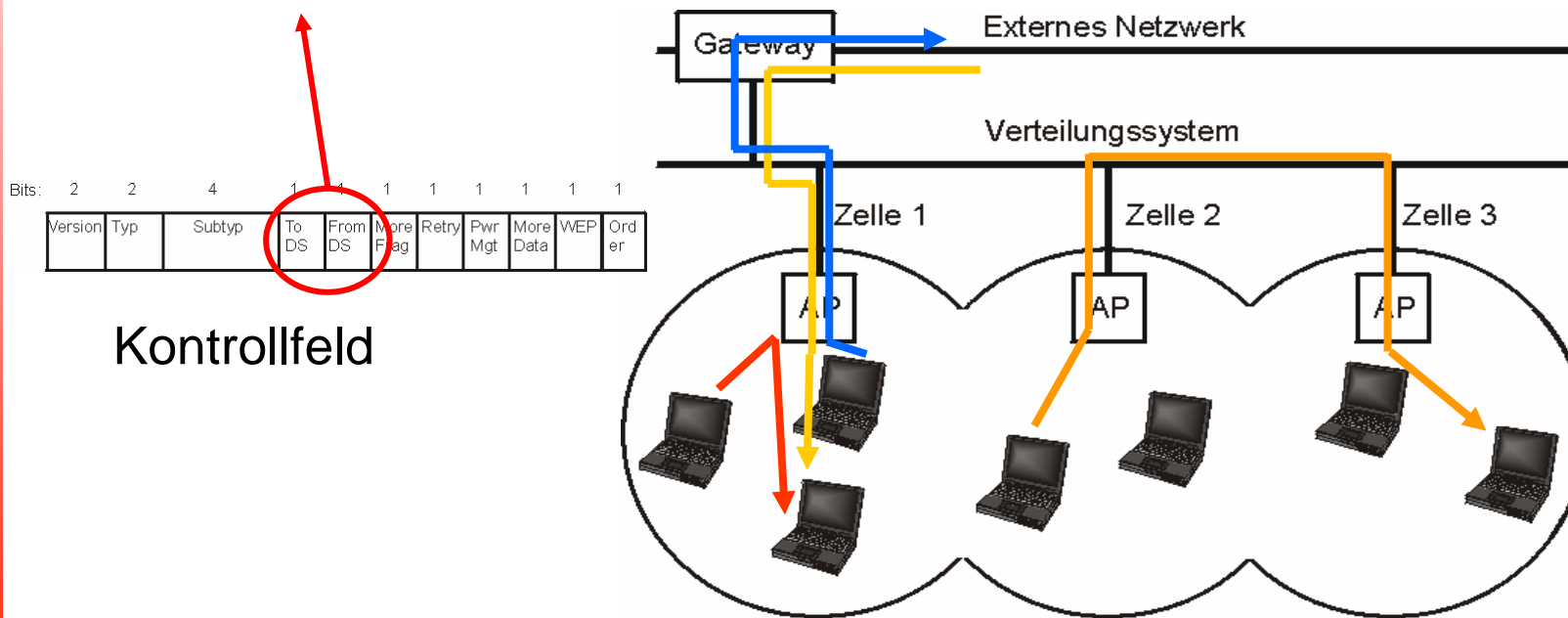


Bitfeld	Frame-Typ	Aufgabe
00	Management-Frame	Zellen-Verwaltung, z.B. Roaming
01	Kontroll-Frame	Zugriffskontrolle, z.B. Acknowledgements
10	Daten-Frame	Datenübertragung
11	Reserviert	



# Adressen im MAC-Frame

To DS	From DS	Adresse 1	Adresse 2	Adresse 3	Adresse 4
0	0	Empfänger	Sender	Zelle	-
0	1	Empfänger	Zelle	Sender	-
1	0	Zelle	Sender	Empfänger	-
1	1	Zelle	Zelle	Empfänger	Sender





# Zugriffsverfahren

## ➤ **Distributed Coordination Function (DCF)**

- Wie bisher beschrieben
- Verteilte Steuerung des Zugriffs
- Mehrere Stationen können um den Zugriff konkurrieren: „Contention Period“ (CP)
- Probabilistisches Verfahren

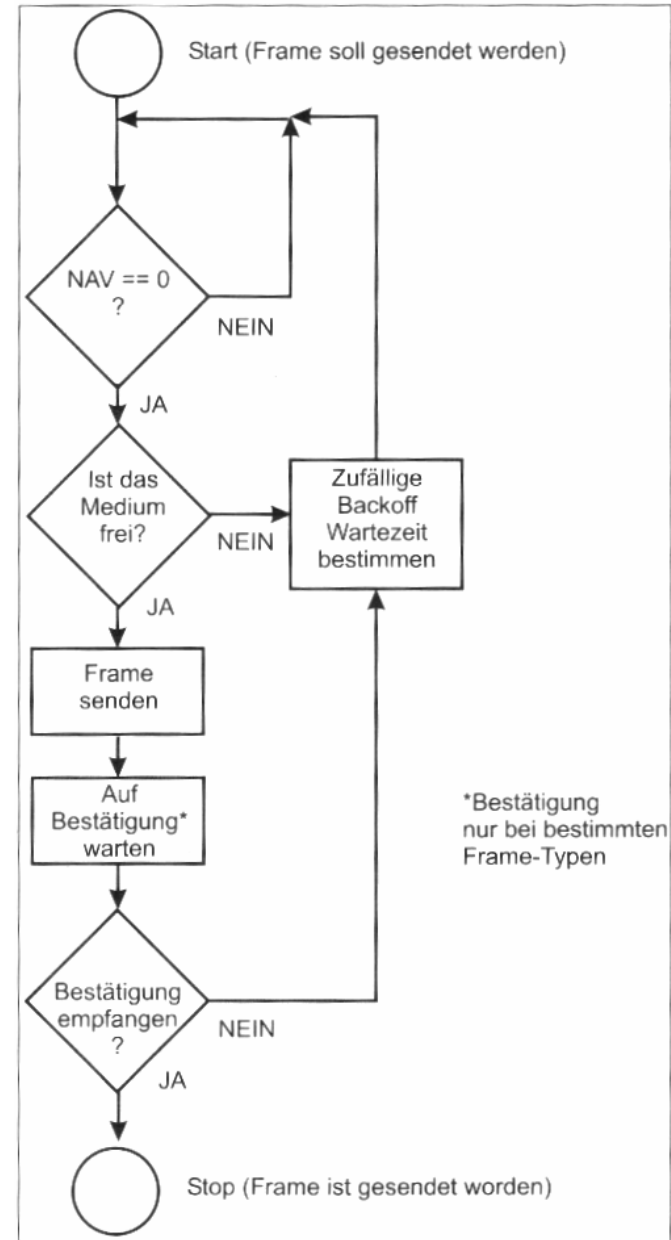
## ➤ **Point Coordination Function (PCF)**

- Zentrale Steuerung des Zugriffs
- Polling – AP ist der Koordinator
- „Contention Free Period“ (CFP)
- Deterministisches Verfahren
- Optional



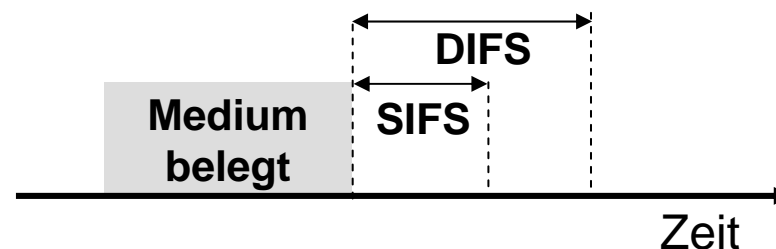
# CSMA/CA (DCF)

- **Standard-Zugriffverfahren von IEEE 802.11**
- **Jede Station verwaltet einen Network Allocation Vector (NAV)**
  - Abgeleitet aus dem Feld „Dauer“ der Frames
  - Verringert Wahrscheinlichkeit von Kollisionen
- **Kollisionen weiterhin möglich**
  - Erkennung durch ACKs
  - Teuer bei großen Frames



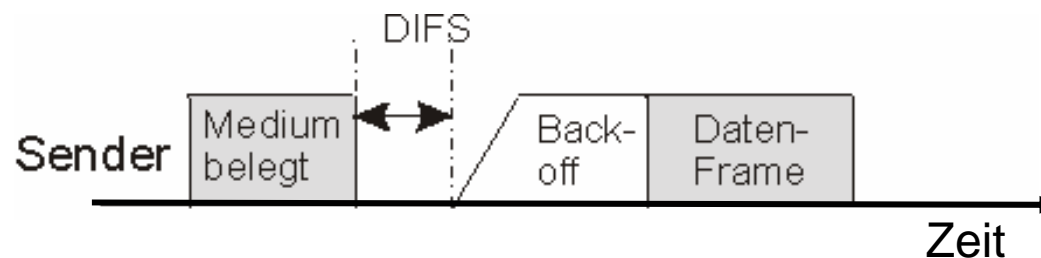
# Inter-Frame-Space (IFS)

- **Wie wird sichergestellt, dass ein ACK auch im Anschluss an ein Datenframe gesendet werden kann?**
  - Durch den NAV
  - Durch unterschiedliche minimale Wartezeiten (IFS)
- **IFS-Typen**
  - Short IFS (SIFS) – ACKs und andere Kontrollframes
  - DCF IFS (DIFS) – Data- und Management-Frames
  - Extended IFS (EIFS) – nach Fehlern
- **Länge des IFS erzeugt Priorität!**

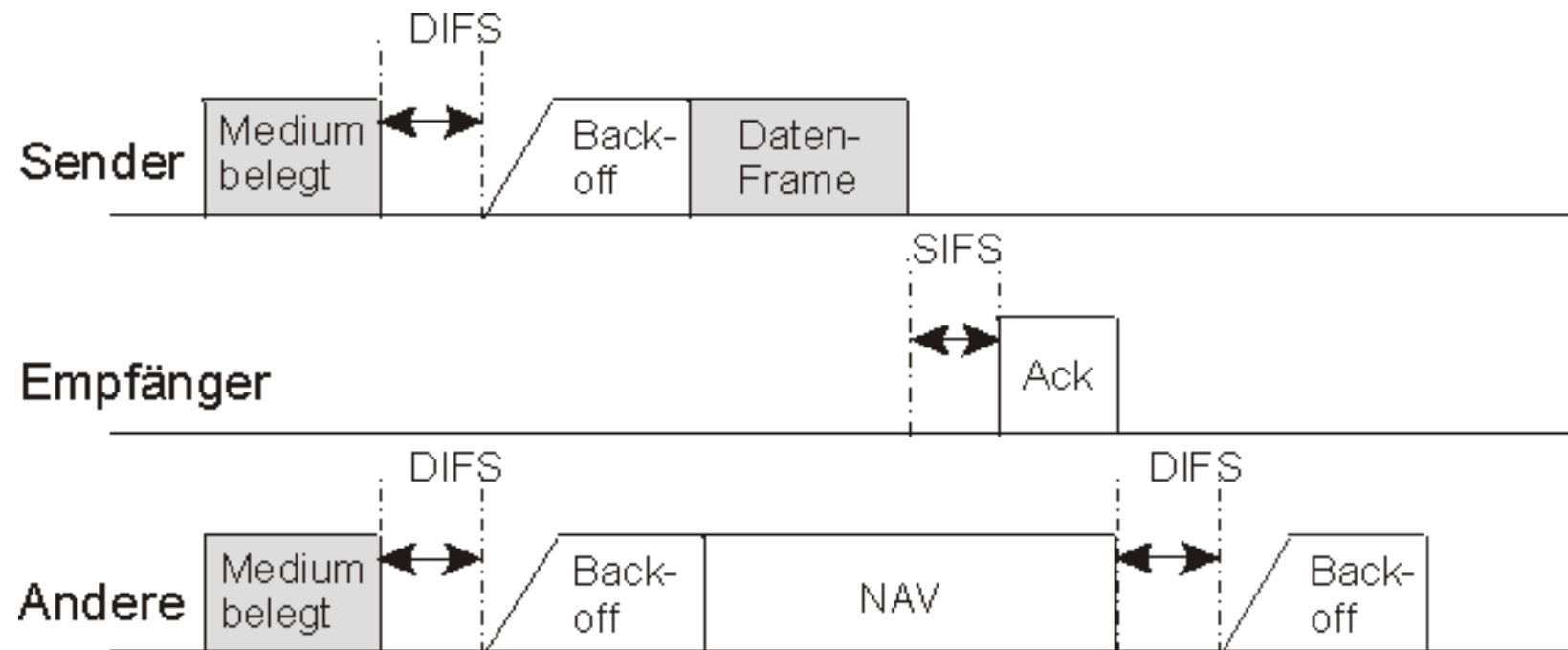


# Back-Off

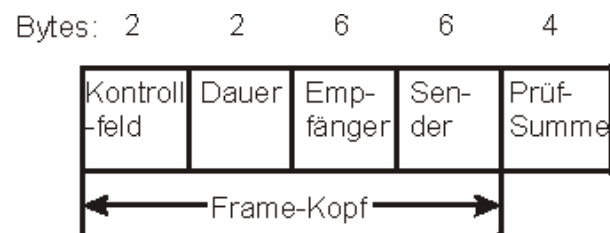
- **Wie wird sichergestellt, dass nach Ablauf des DIFS nicht alle sendewilligen Stationen senden (und kollidieren)?**
  - Durch einen weiteren zufälligen (aber kurzen) Backoff
  - Aber: *\*nur\** nach DIFS und EIFS!



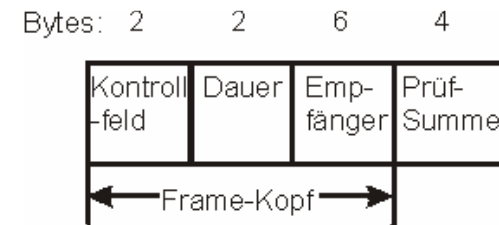
# Sendeablauf



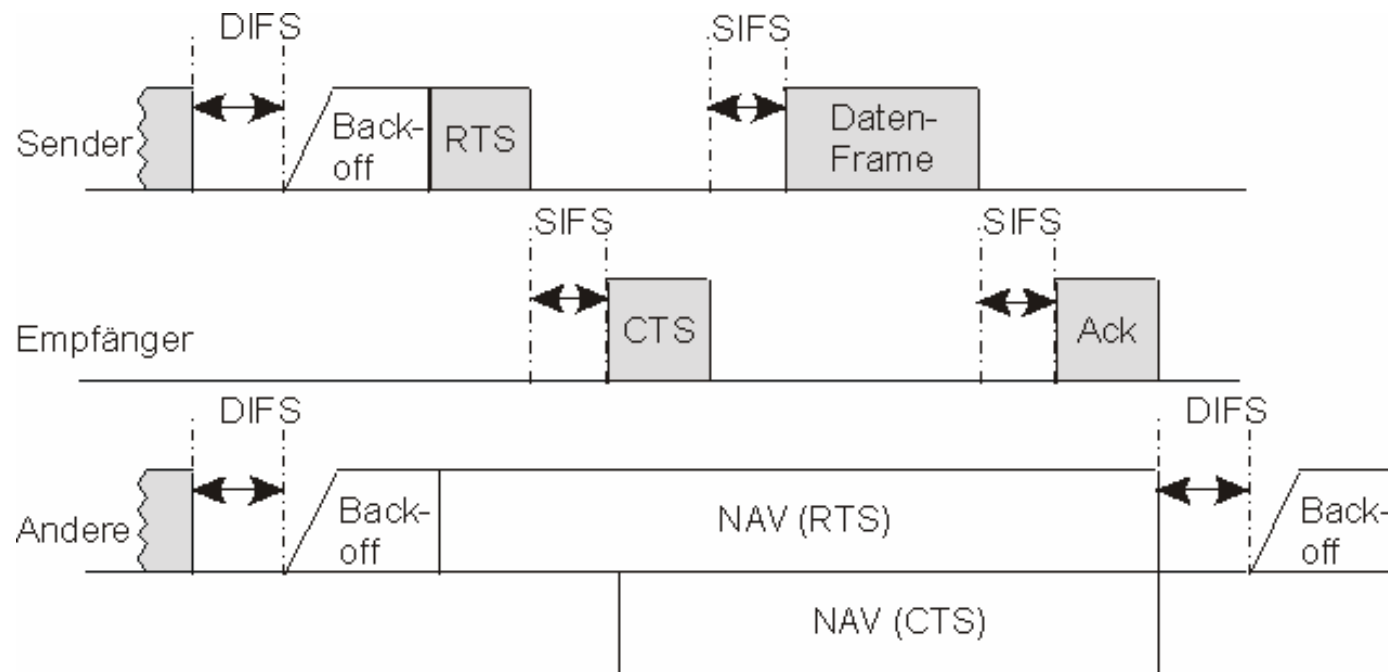
# Sendeablauf mit RTS/CTS



RTS-Frame



CTS-Frame



# Trade-Offs bei RTS/CTS

## ➤ Vorteile:

- Vermeidet Kollisionen
- Löst „Hidden-Station Problem“

## ➤ Nachteile:

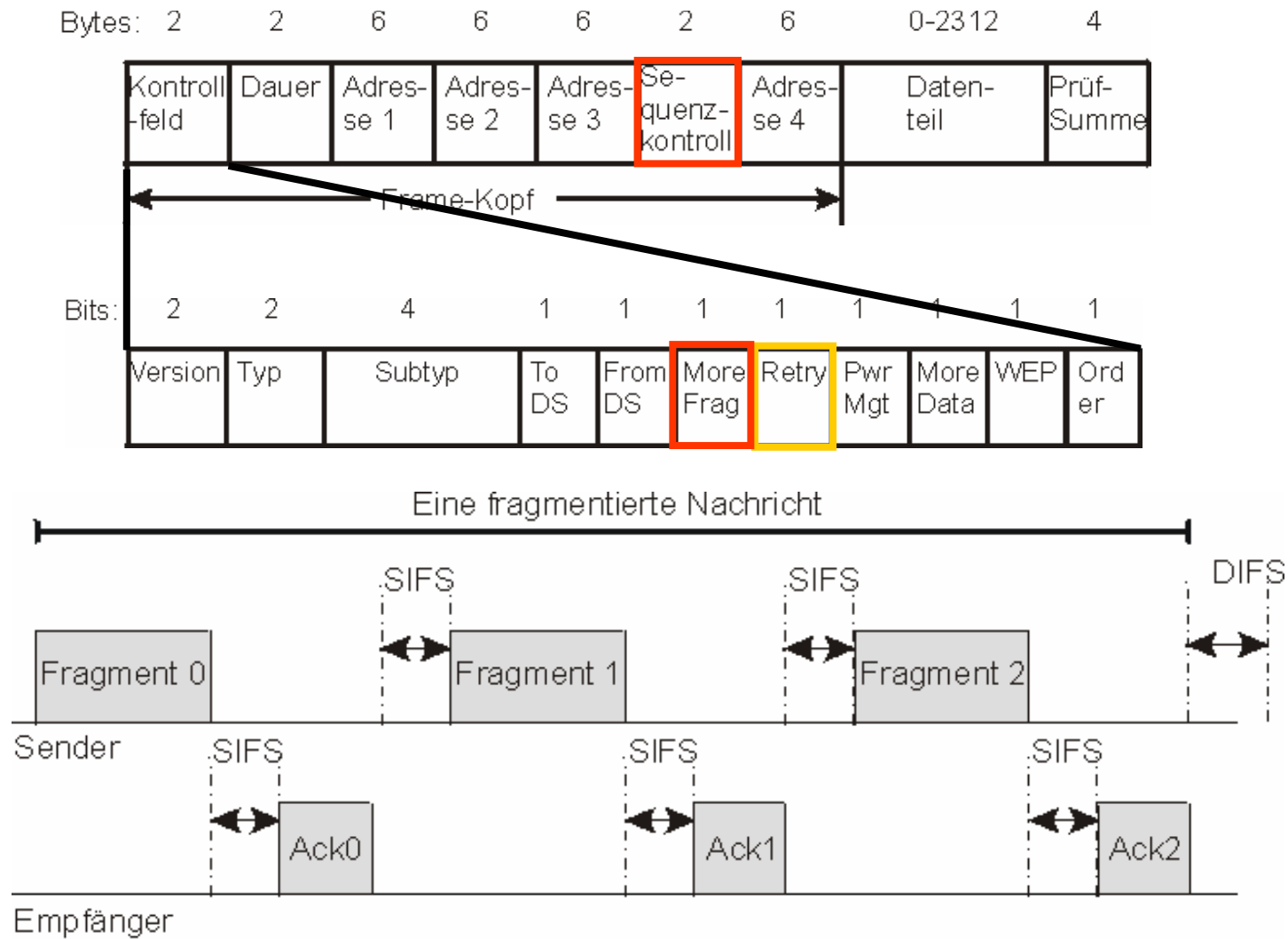
- Kostet Bandbreite / zusätzliche Latenzzeit
- Weiterhin Kollisionen der RTS-Frames möglich
- Nicht für Broad- und Multicasts

## ➤ Anwendungsgebiet:

- Bei stark asymmetrischen Reichweiten
- Bei großer Häufigkeit von langen Frames
- Generell: bei Problemen mit Kollisionen

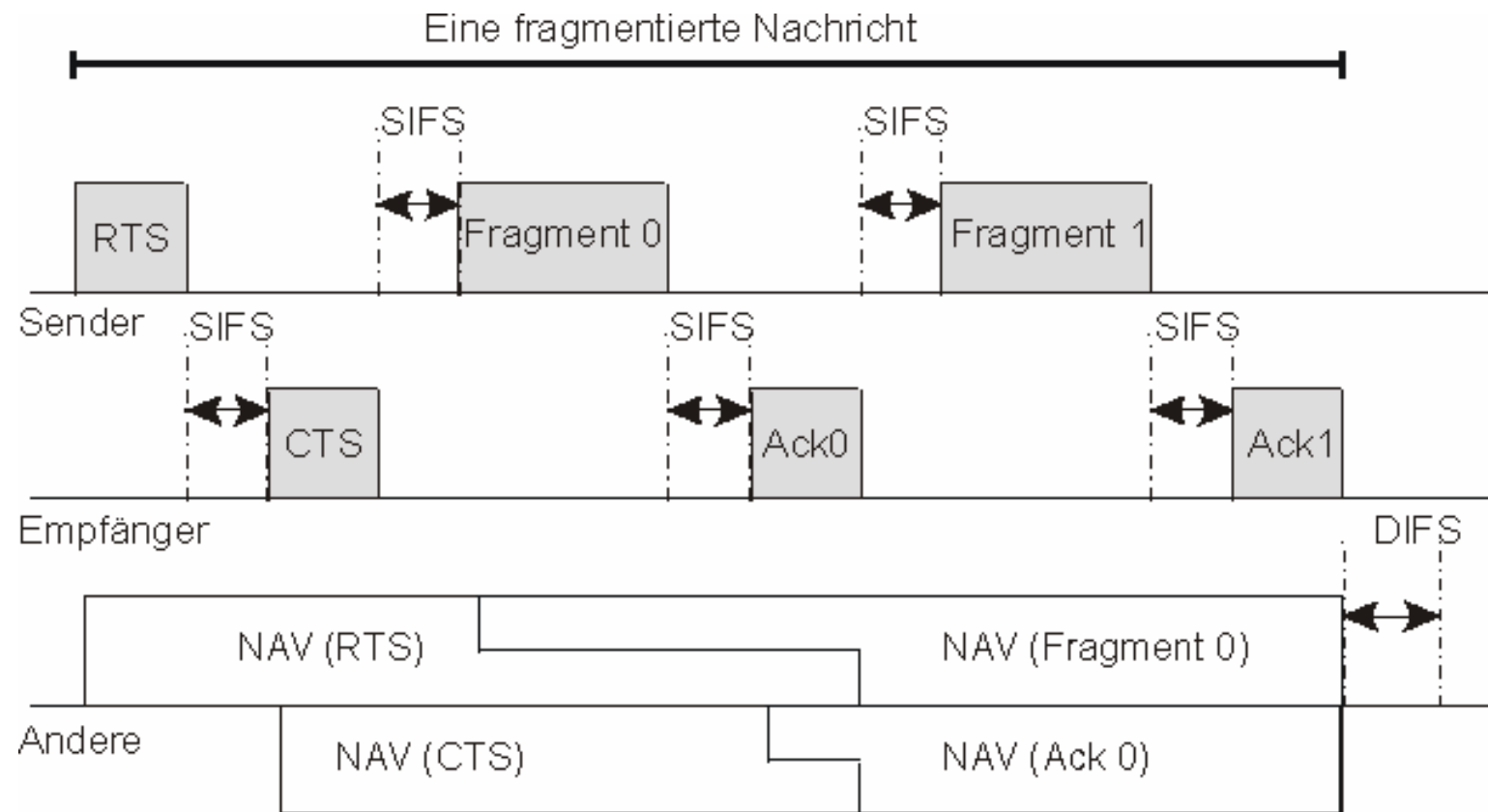


# Fragmentierung





# Sendeab.: RTS/CTS & Fragment.



# Trade-Offs bei Fragmentierung

## ➤ Vorteile:

- Zuverlässigere Übertragung
- Kann Nachrichten größer als max. Frame-Länge übertragen

## ➤ Nachteile:

- Kostet Bandbreite / zusätzliche Latenzzeit
- Nicht für Broad- und Multicasts

## ➤ Anwendungsgebiet:

- Bei hoher Frame-Verlustrate
- In elektromagnetisch „verschmutzten“ Umgebungen



# Der Beacon-Frame

- **Beacon = „Leuchfeuer“**
- **Zur Erkennung der Zell-Informationen**
- **In Infrastruktur-Netzwerken**
  - Der AP sendet Beacon-Frames
- **In Ad-hoc-Netzwerken**
  - Jede Station kann senden
  - Wieder wird über zufälligen Timer entschieden



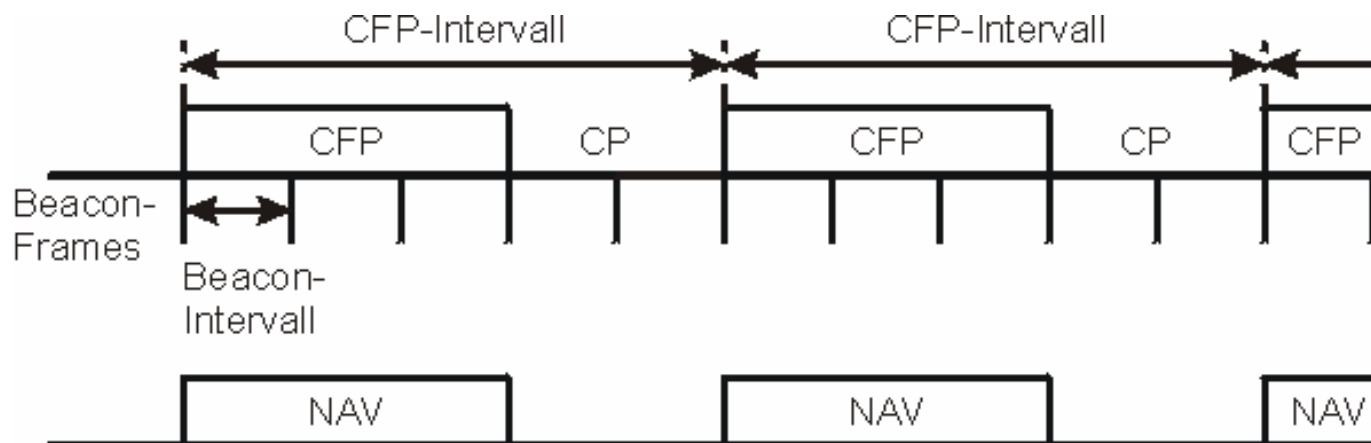
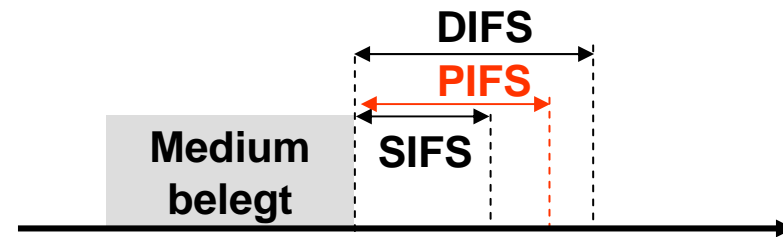
# Beacon-Frame-Format

Information	Größe (Bytes)	Bedeutung
Timestamp	8	Die Uhrzeit des Senders (wird benutzt zur Uhrensynchronisation)
Beacon-Intervall	2	Die Zeitdauer zwischen zwei Beacon-Frames
Capability Information	8	Angaben zur Zelle: Ad-hoc oder Infrastruktur, CFP-unterstützt oder nicht, Verschlüsselung erforderlich oder nicht
Zellen-Adresse	6	Die Adresse der Zelle
Übertragungsraten	3-8	Angaben über die von der physikalischen Ebene in der Zelle eingesetzten Übertragungsraten
FH-Parameter	7	Falls die physikalische Ebene Frequency Hopping benutzt: Hopping-Sequenz , dwell-Zeit, ...
DS-Parameter	3	Falls die physikalische Ebene DSSS benutzt: Die aktuelle Kanalnummer
CF-Parameter	8	Falls der AP die CFP implementiert: Startzeit der nächsten CFP, maximale Dauer der CFP, Restdauer der laufenden CFP.
ATIM	4	Zum Stromsparen in Ad-hoc-Netzwerken
TIM		Zum Stromsparen in Infrastruktur-Netzwerken

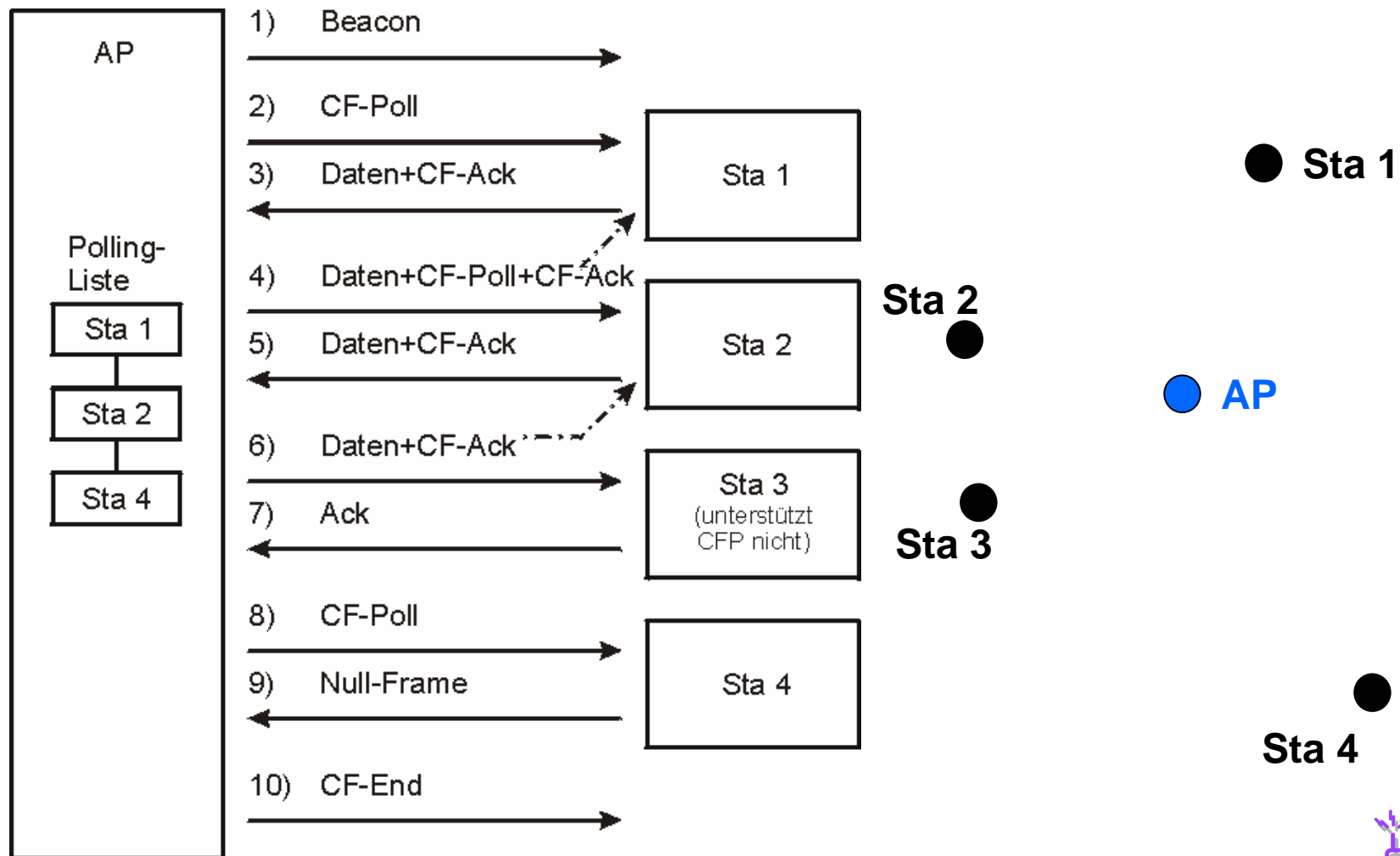


# Wechsel CFP/CP

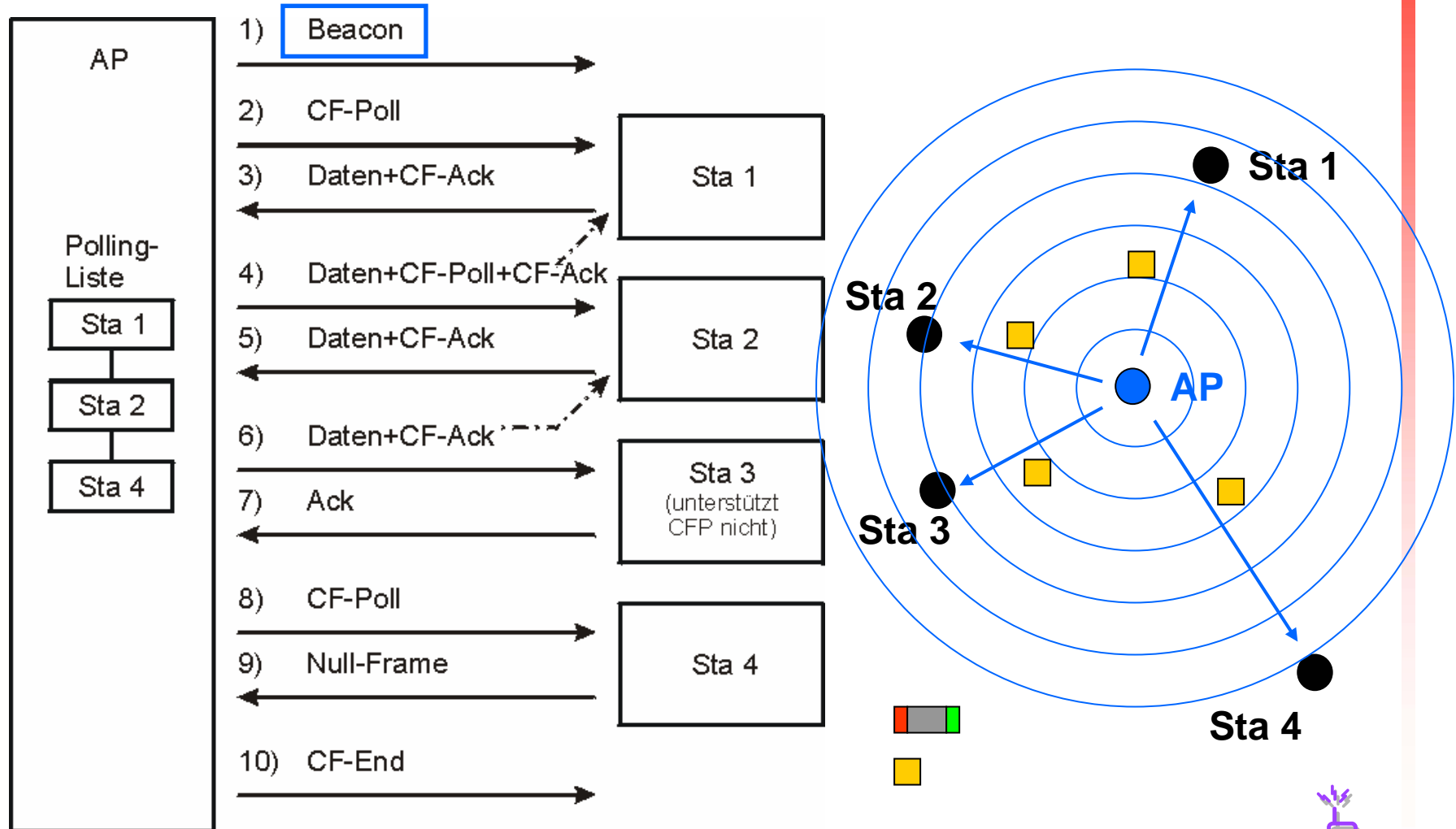
- Länge CFP – Vielfache von Beacon-Intervallen
- Einleitung über Beacon-Frame
  - Weiteres IFS
  - PCF IFS (PIFS)
  - Höhere Priorität als DCF IFS (DIFS)



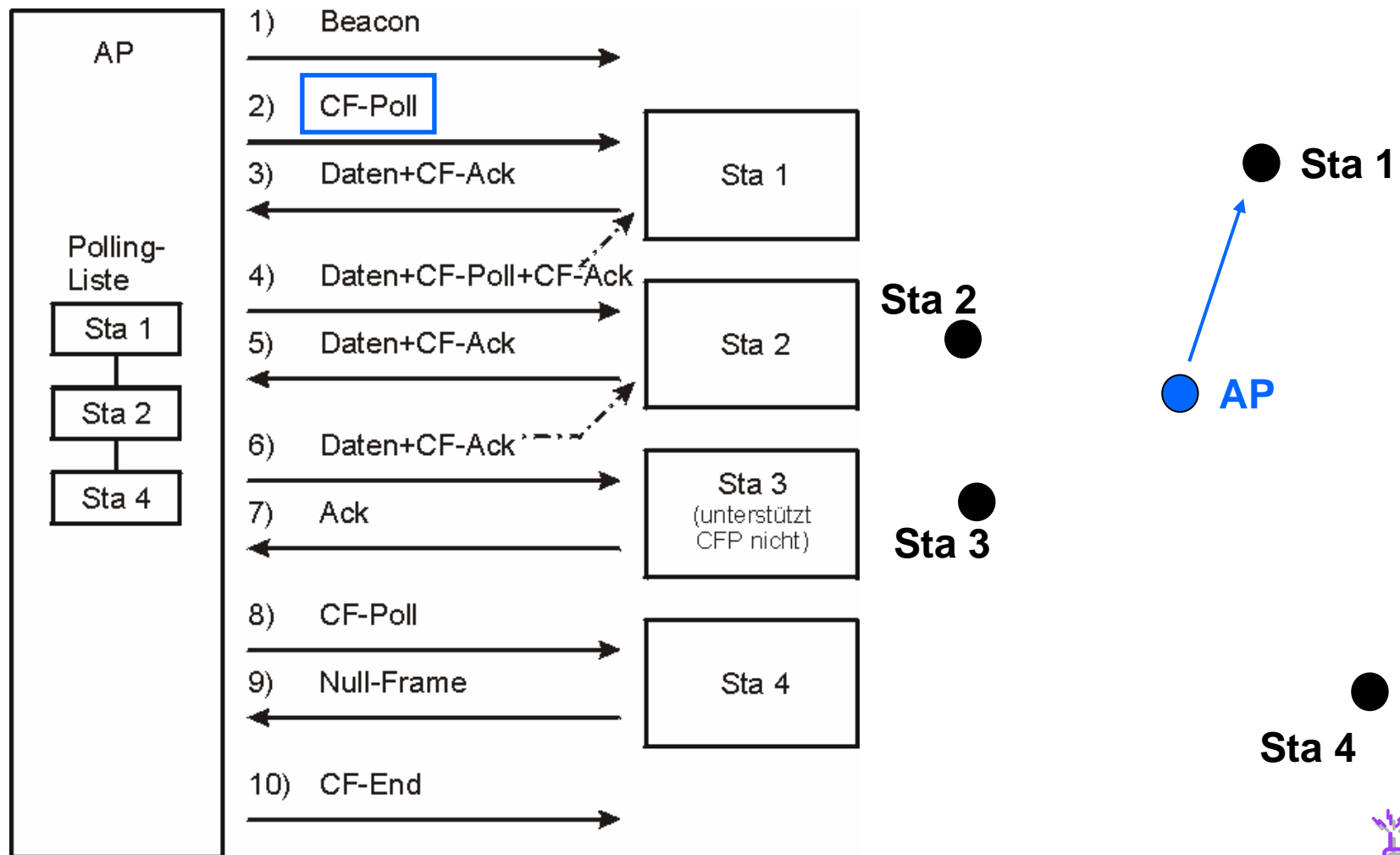
# Beispiel: CFP Framefolge



# Beispiel: CFP Framefolge

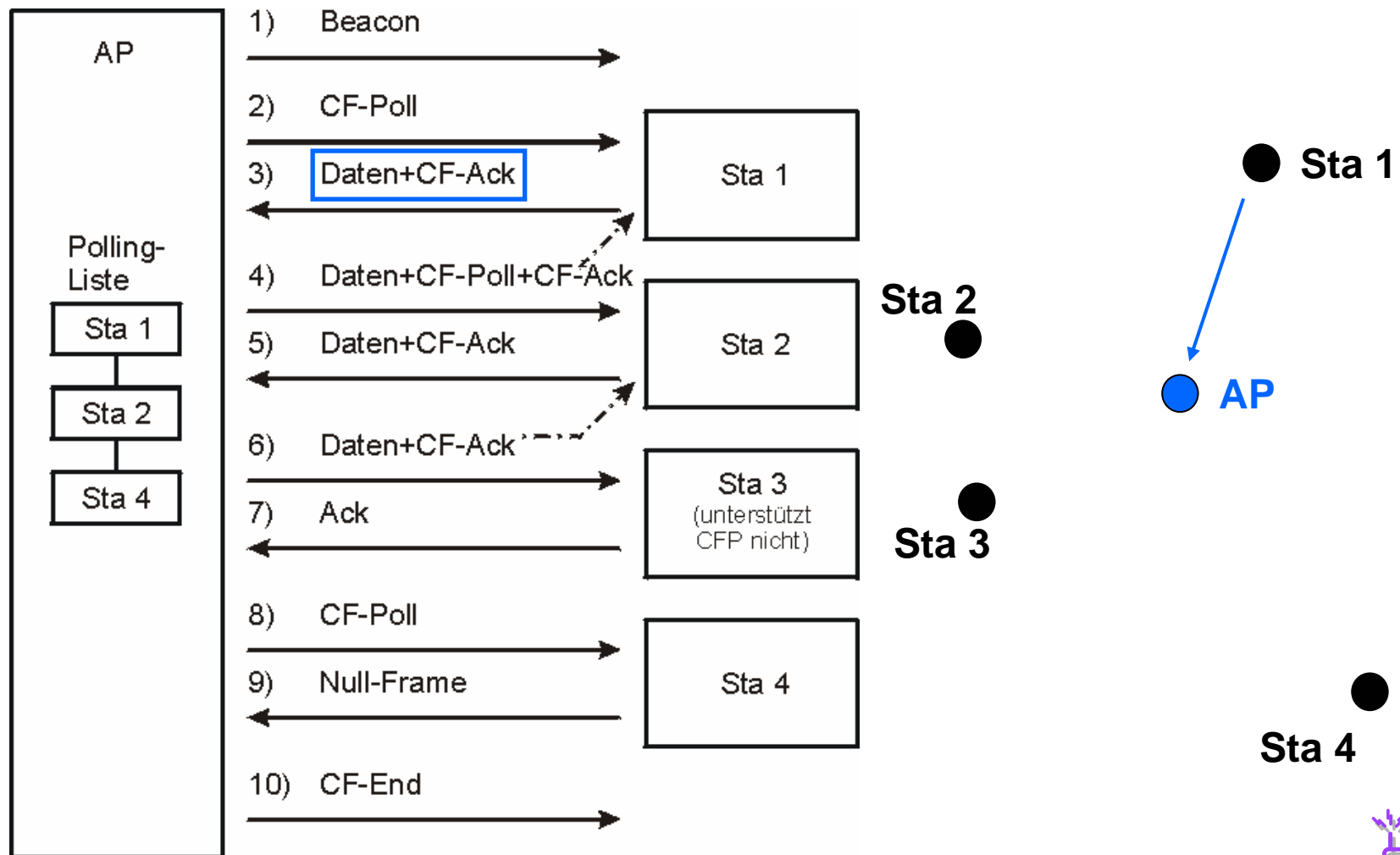


# Beispiel: CFP Framefolge

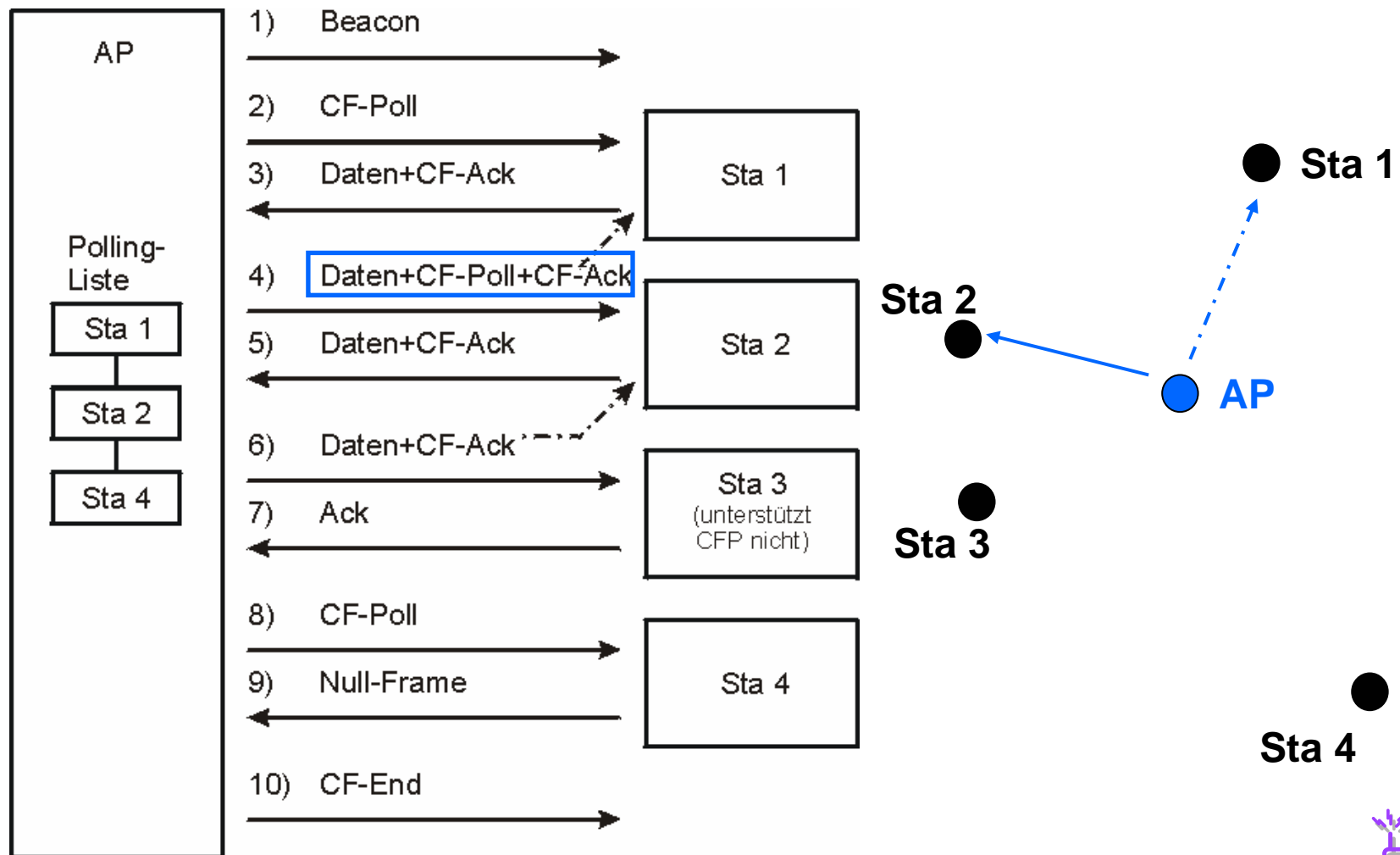




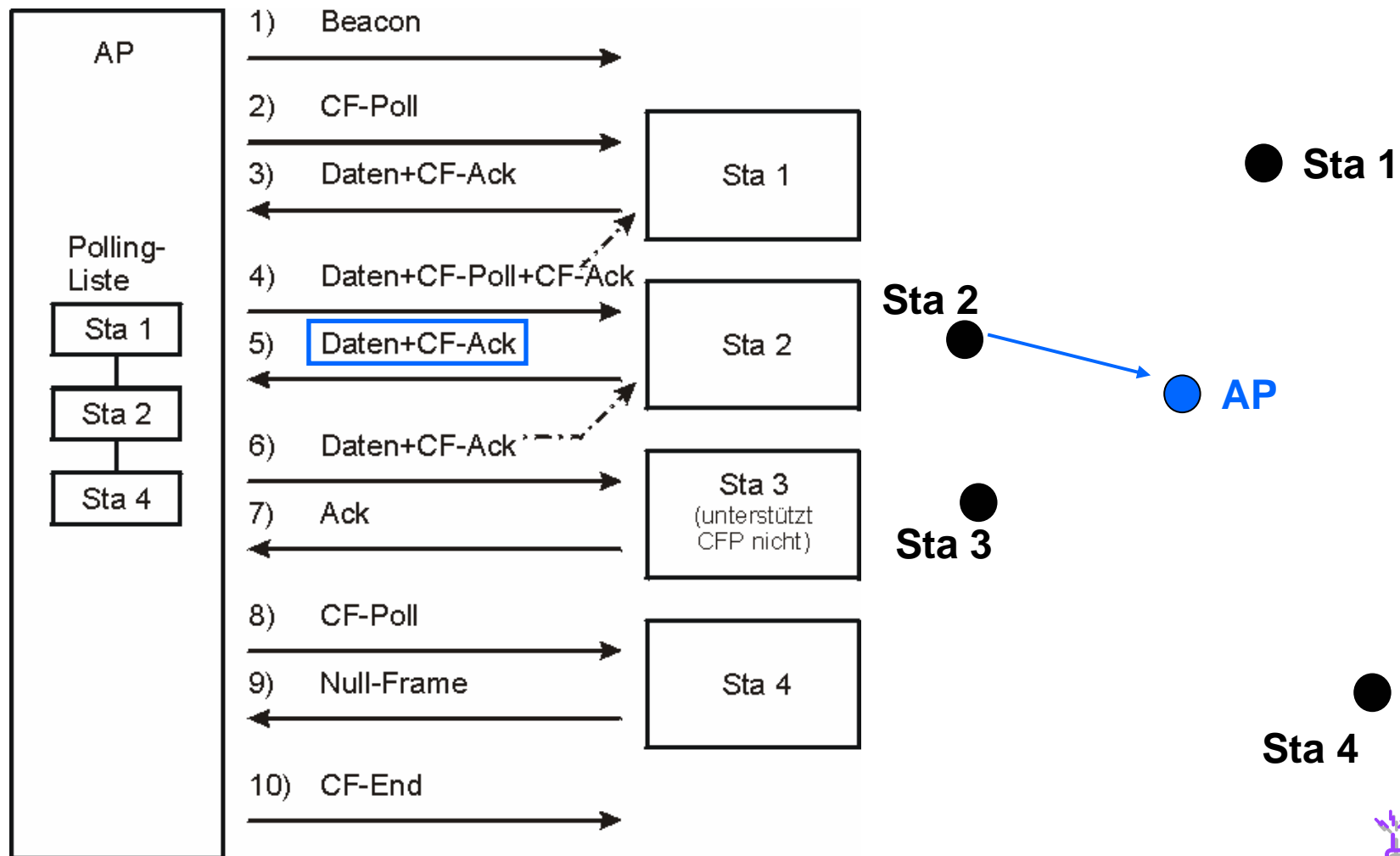
# Beispiel: CFP Framefolge



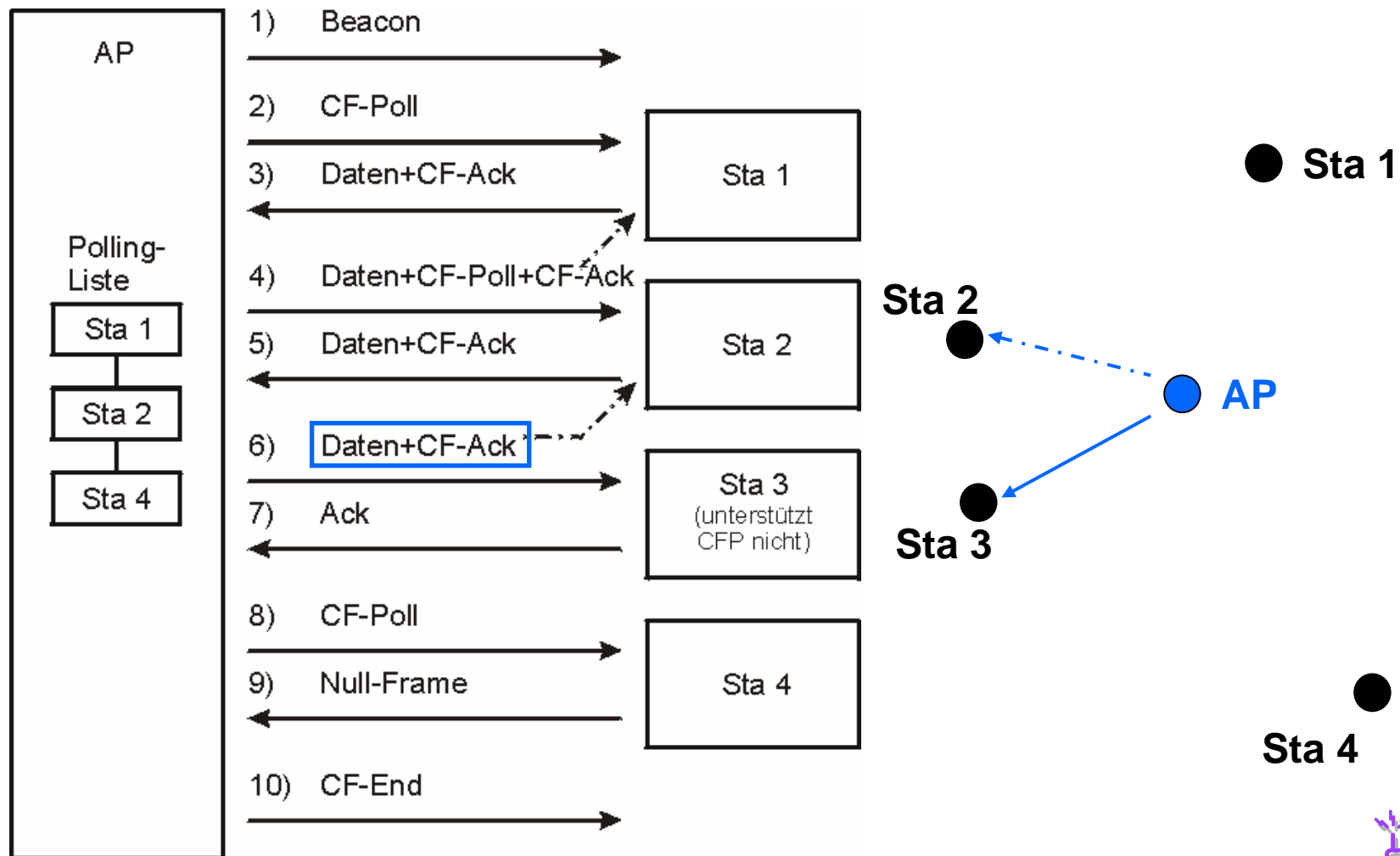
# Beispiel: CFP Framefolge



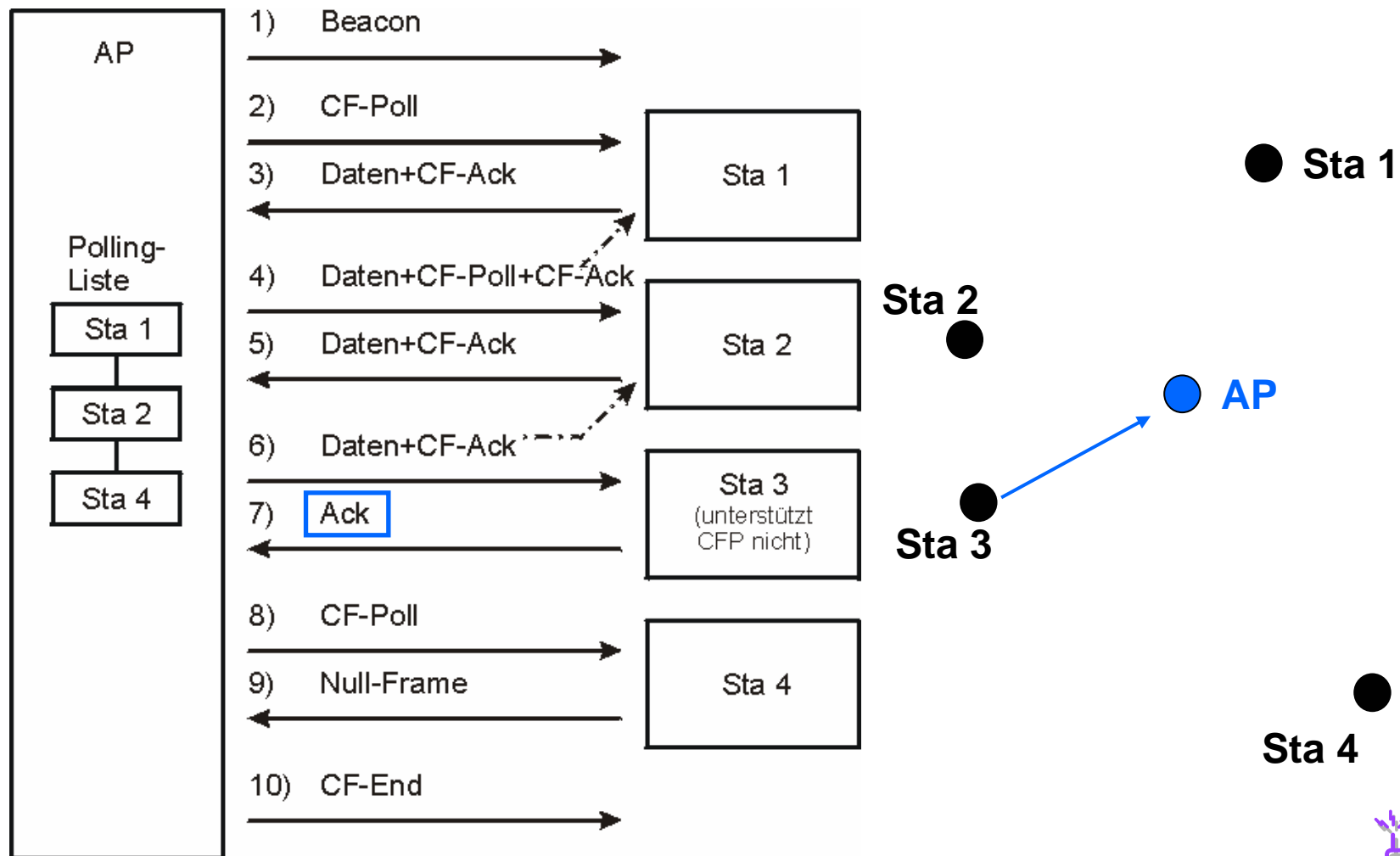
# Beispiel: CFP Framefolge



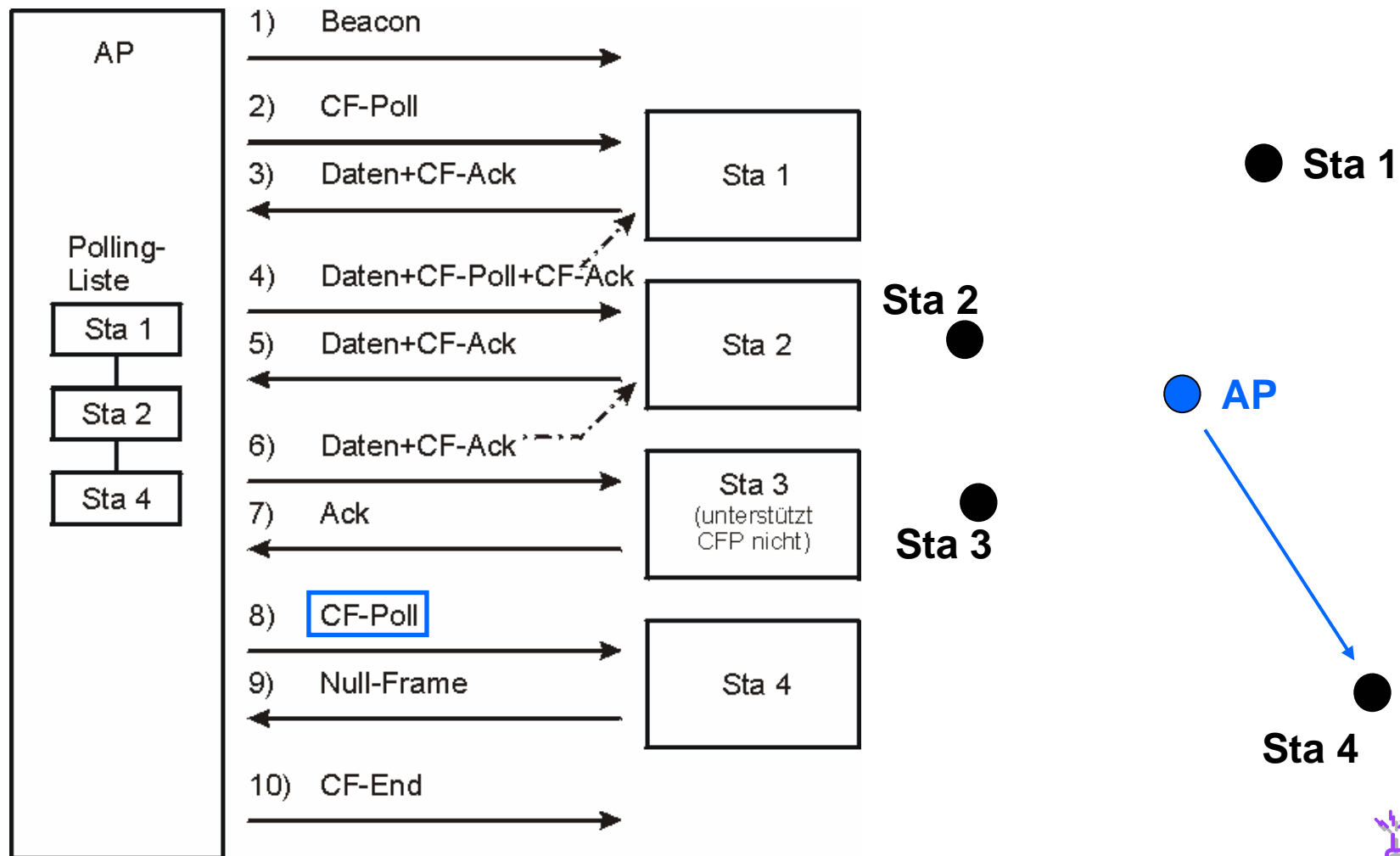
# Beispiel: CFP Framefolge



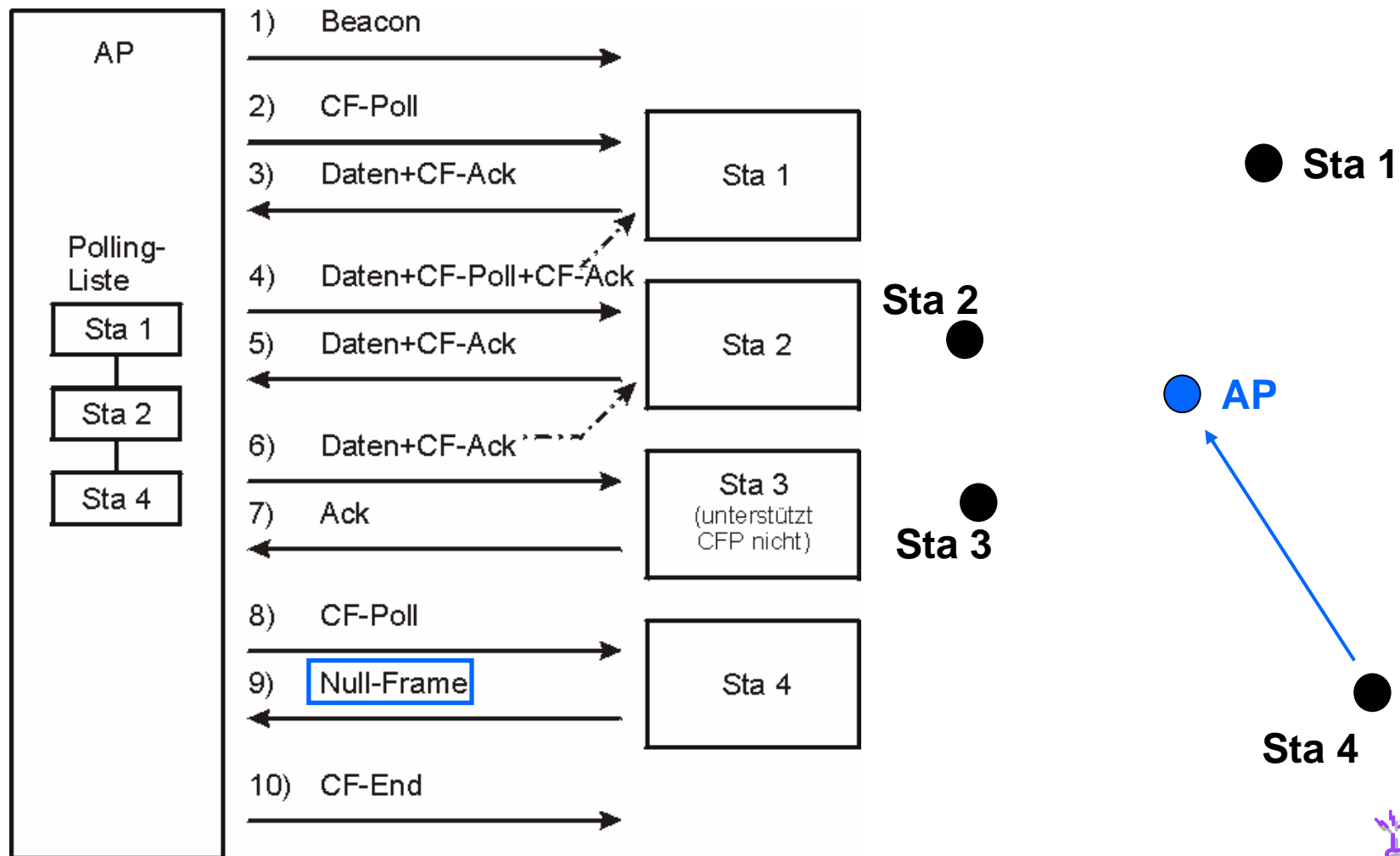
# Beispiel: CFP Framefolge



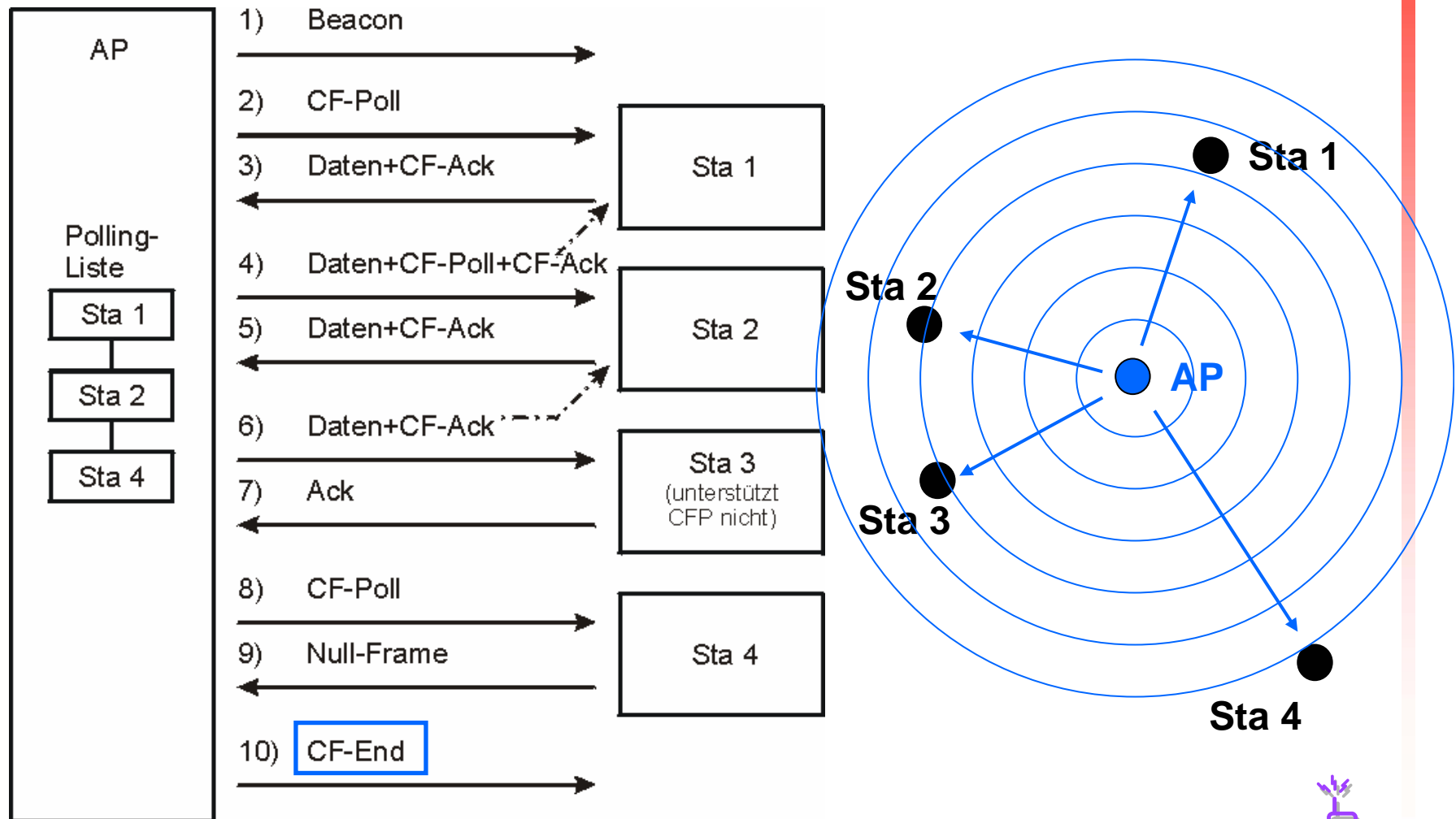
# Beispiel: CFP Framefolge



# Beispiel: CFP Framefolge

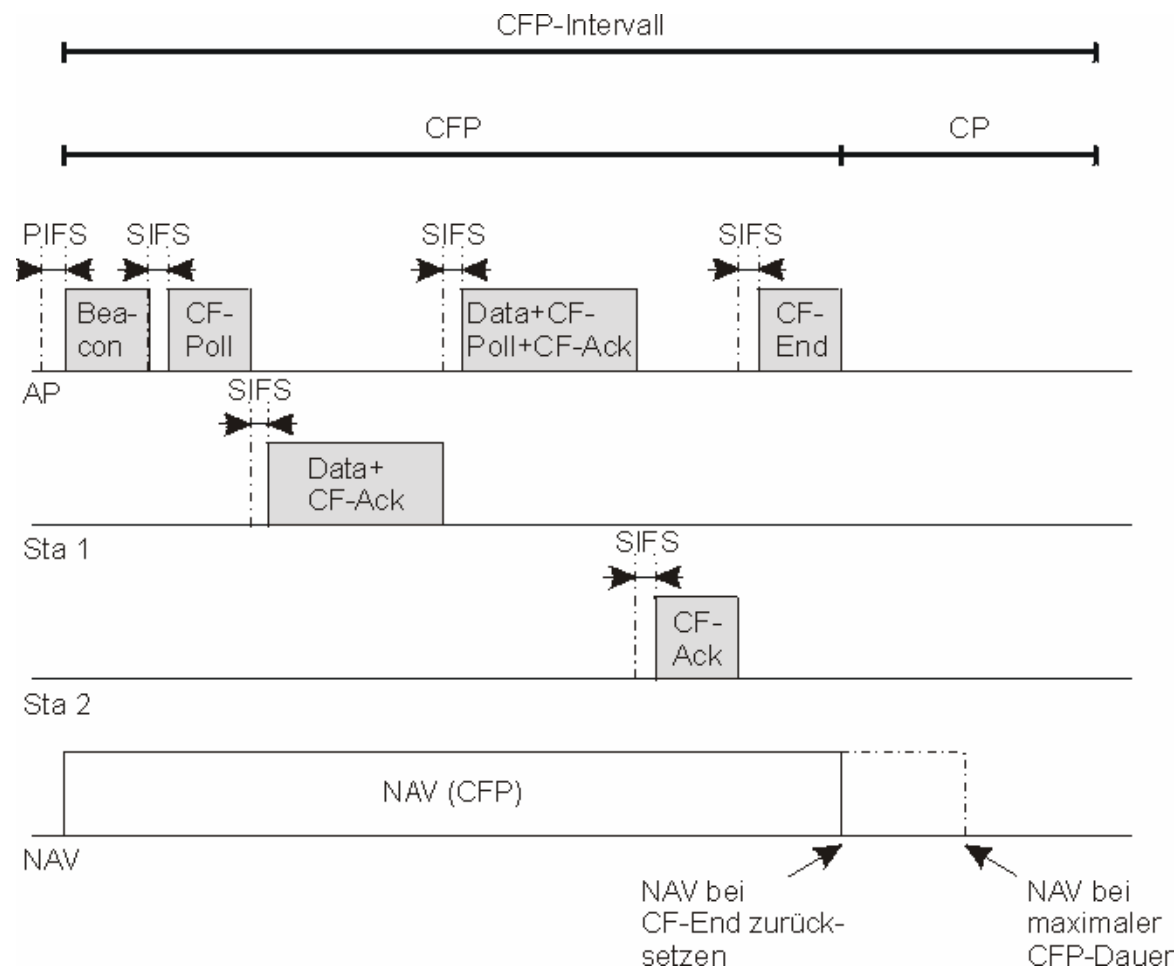


# Beispiel: CFP Framefolge





# Ablauf in der CFP (über AP)



# Ablauf in der CFP (direkt)

