

Vorlesung Echtzeitsysteme
Wintersemester 2009

**Kommunikationssysteme:
FlexRay**

26.01.2010

Karl Leiß

Übersicht

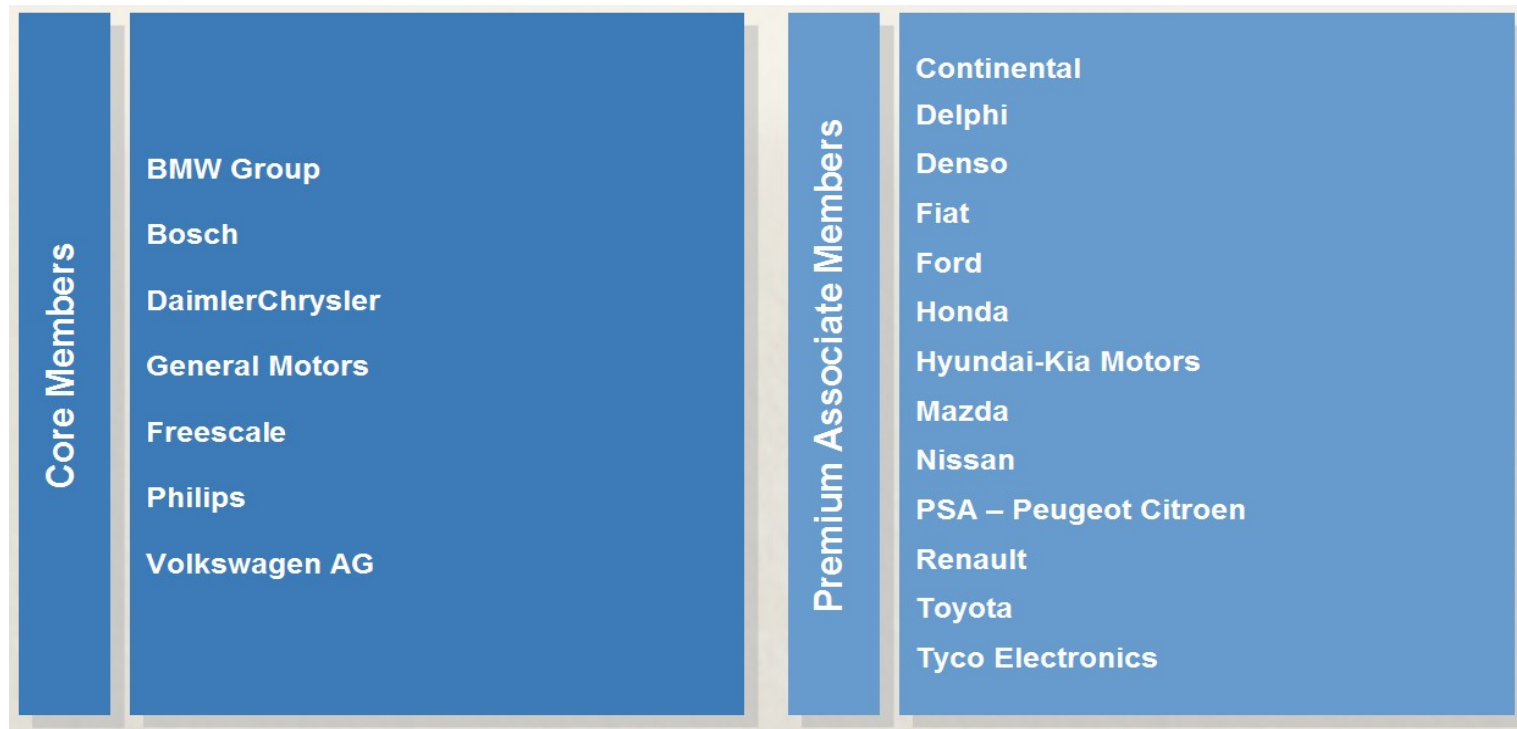
Agenda:

- Einleitung
- Anwendungsbereich
- Systemkomponenten
- Protokollgrundlagen
- Zusammenfassung



BMW X5 mit FlexRay

Einleitung – FlexRay Konsortium



und viele weitere Hersteller & Entwicklungspartner

gegründet: 2000

Einleitung – Arbeitsfeld

Gemeinsame Entwicklung eines innovativen, qualitativen Kommunikationsnetzwerks mit:

- Kompletter Kommunikationsinfrastruktur
- Spezifikation des seriellen Kommunikationsprotokolls
- Spezifikation des Transceivers
- Spezifikation der Hardware- und Softwareinterfaces
- Spezifikation der Test- und Zertifizierungsprozeduren

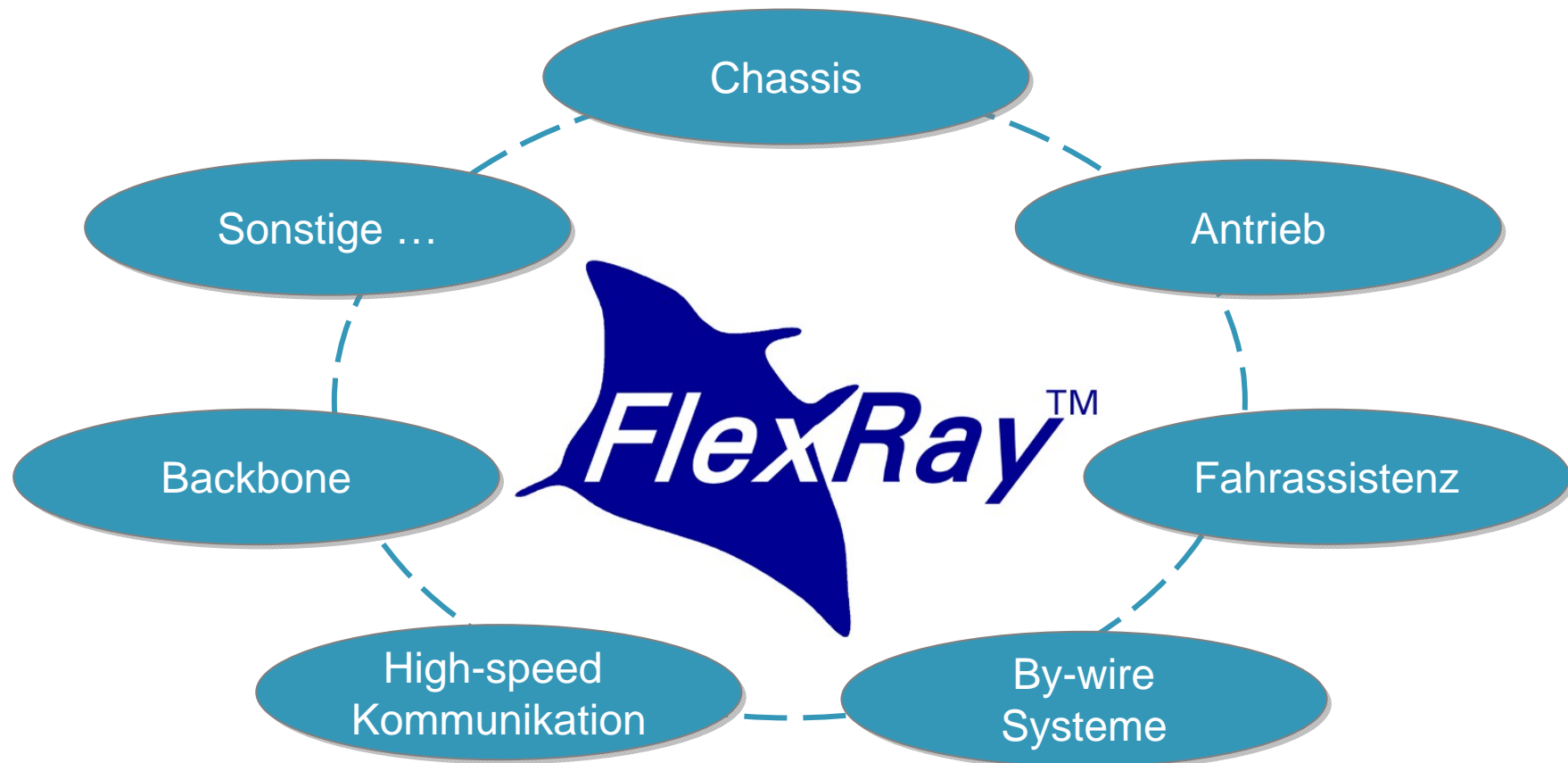
Einleitung - Rahmenbedingungen

- Wachsende Anzahl von Anwendungen
- Reduktion der Komplexität
- Hersteller- und Plattformübergreifendes System
- Interface offen für OEM, Zulieferer und Toolhersteller
- Keine Exklusivität, keine Lizenzgebühren
- Große Anzahl an Mitwirkenden
- Qualifikation durch Konformitätstests

Ziel:

Industrieweite Anerkennung eines neuen Standards für ein deterministisches Kommunikationsnetzwerk das offen für die Entwicklung und den Einsatz durch Dritte ist.

Anwendungsbereich - Domänen

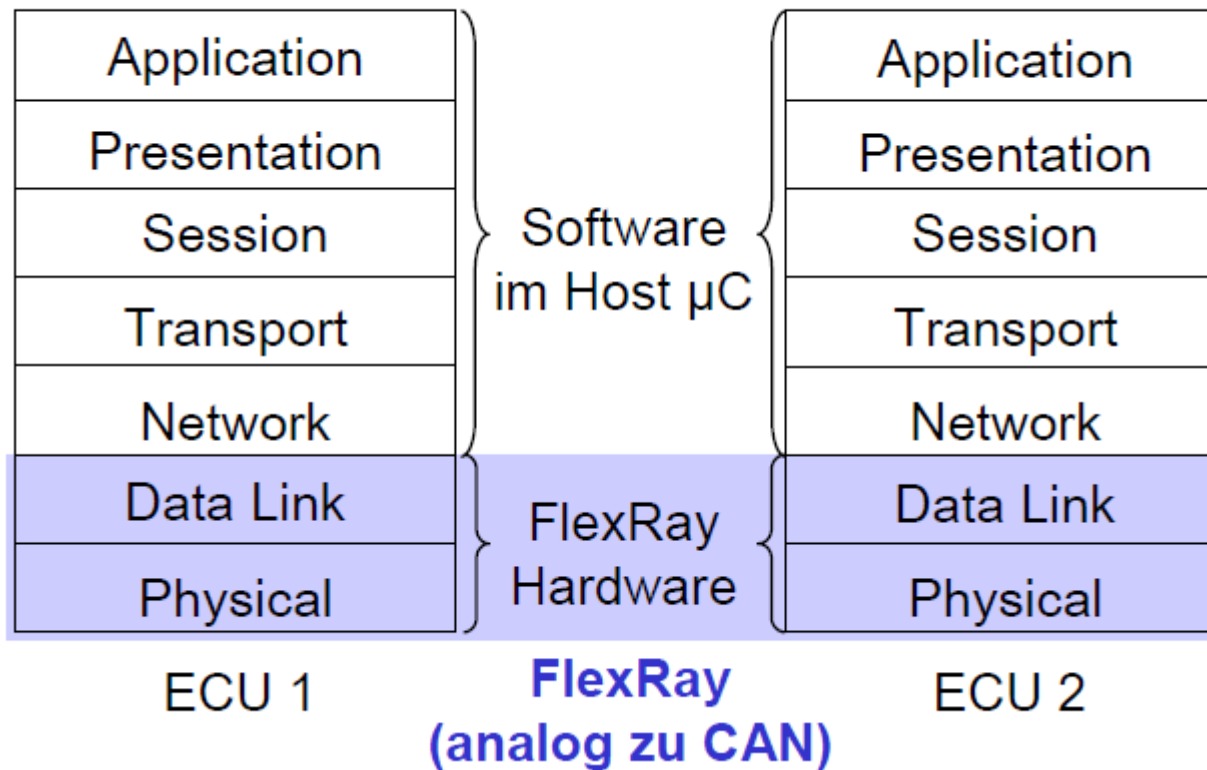


Anwendungsbereich - Anforderungen



- Freie Wahl der Topologie (Bus, Stern oder Kombinationen davon)
- Wählbare Datenraten und Prioritäten
- Protokoll unabhängig von der Datenrate
- Elektrischer Übertragungspfad; optischer möglich
- Synchrone (time-triggered) und asynchrone(event-triggered) Datenübertragung
- Redundante Kommunikationskanäle
- Hoher Nutzdatusdurchsatz
- Niedrige Latenzzeiten
- Geringe Kosten
- Fehlertoleranz

Anwendungsbereich - Systemabgrenzung

ISO-OSI Referenzmodell für Kommunikationssysteme



Anwendungsbereich - Vergleich

	 LOCAL INTERCONNECT NETWORK	CAN	 FlexRay®
Kanäle	1	1	1/2
Bus Datenrate	20 Kbit/sec	≤ 1 Mbit/sec	10 Mbits/sec
Zeitgesteuert	nein	nein	ja
Deterministisch	nein	nein	ja
Redundanz	nein	nein	möglich
Arbitrierung	Master	CSMA	TDMA

FlexRay komplementiert CAN und LIN

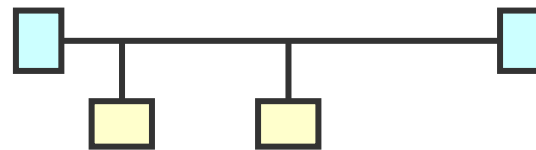
Systemkomponenten - Topologie

- **Punkt zu Punkt**



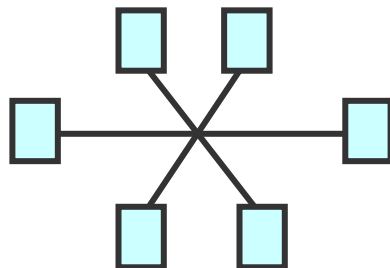
max. 24m Entfernung

- **Linearer passiver Bus**

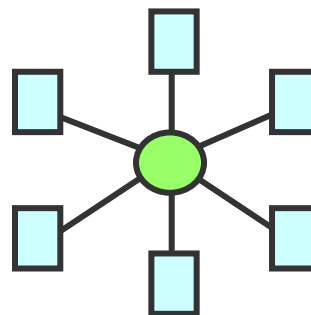


max. 20 Stichleitungen, max. 22 Knoten

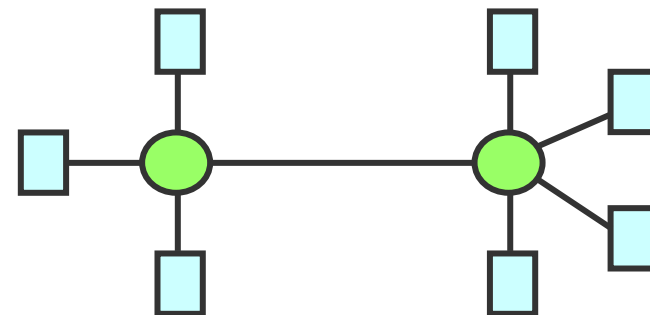
- **Passiver Stern**



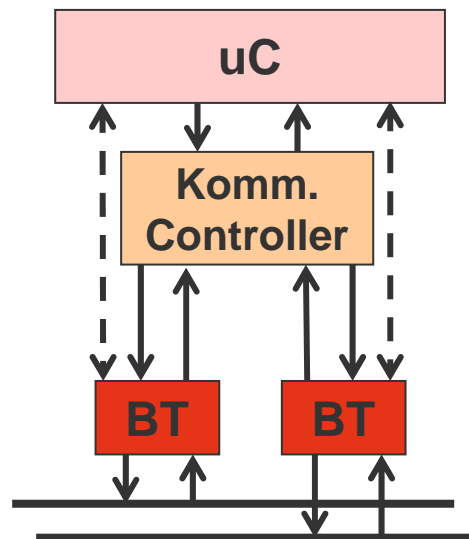
- **Aktiver Stern**



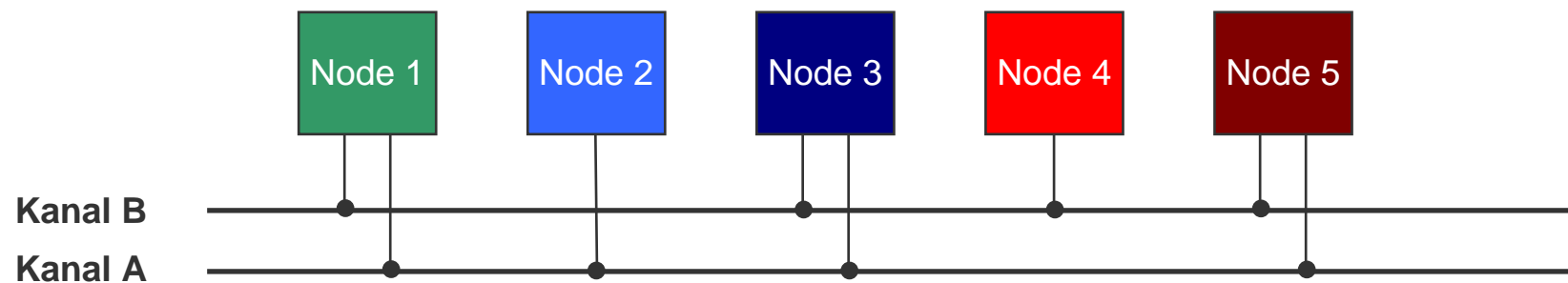
- **Kaskadierte aktive Sterne**



Systemkomponenten – Interface



- Anschluss an ein oder zwei Kanäle
- Bustreiber (BT) wandelt digitale Signale in analoge und umgekehrt
- Kommunikations-Controller beinhaltet Kodierung/Dekodierung, Media Access Control, Register, Uhrensynchronisation und eine Zustandsmaschine

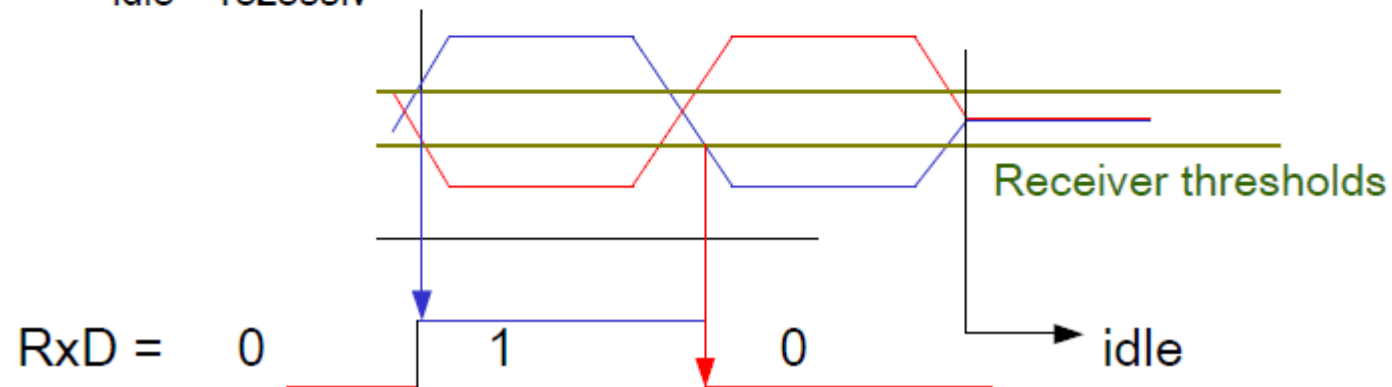


Systemkomponenten – physikalische Ebene (1)

„3-State Physical Layer“:

Signalpegel

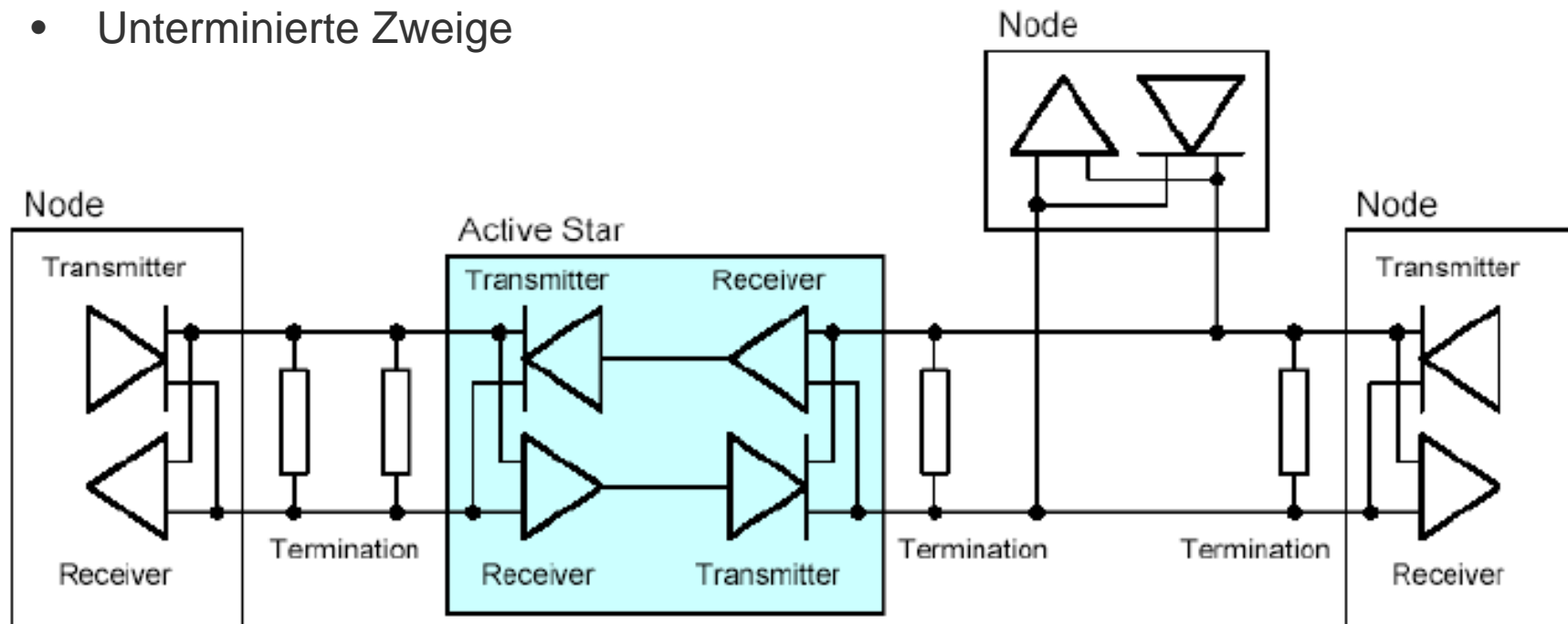
- 1 = dominant
- 0 = dominant
- idle = rezessiv



Systemkomponenten – physikalische Ebene (2)

Beispiel aktiver Stern mit zwei Ästen:

- Differentielle Übertragung
- Terminierter Bus
- Unterminierte Zweige



FlexRay Systemkomponenten – Kodierung (1)

Spezielle Variante der NRZ Kodierung, die sog. 8B10B NRZ.
Bei jedem zu übertragenden Byte werden 2 Bits vorangestellt, also:

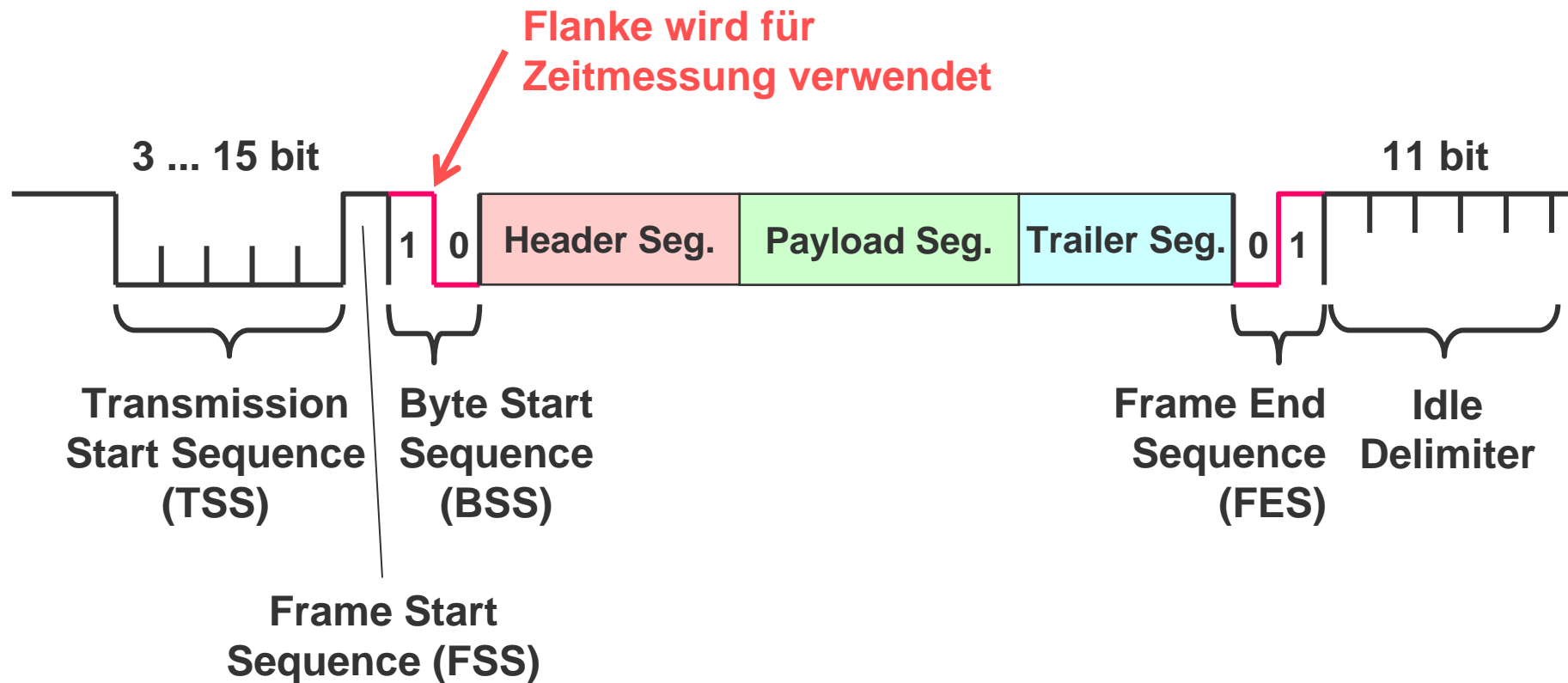
0011 0001 -> **10** 0011 0001

Dies wird Byte Start Sequence (BSS) genannt.

Analog dazu werden Frames mit einer TSS (Transmission Start Sequence) versehen.

Hierbei wird ein vom Anwender definiertes Bitmuster, welches 3-15 Bits lang ist vorangestellt.

FlexRay Systemkomponenten – Kodierung (2)



Protokollgrundlagen – Media Access Control (1)

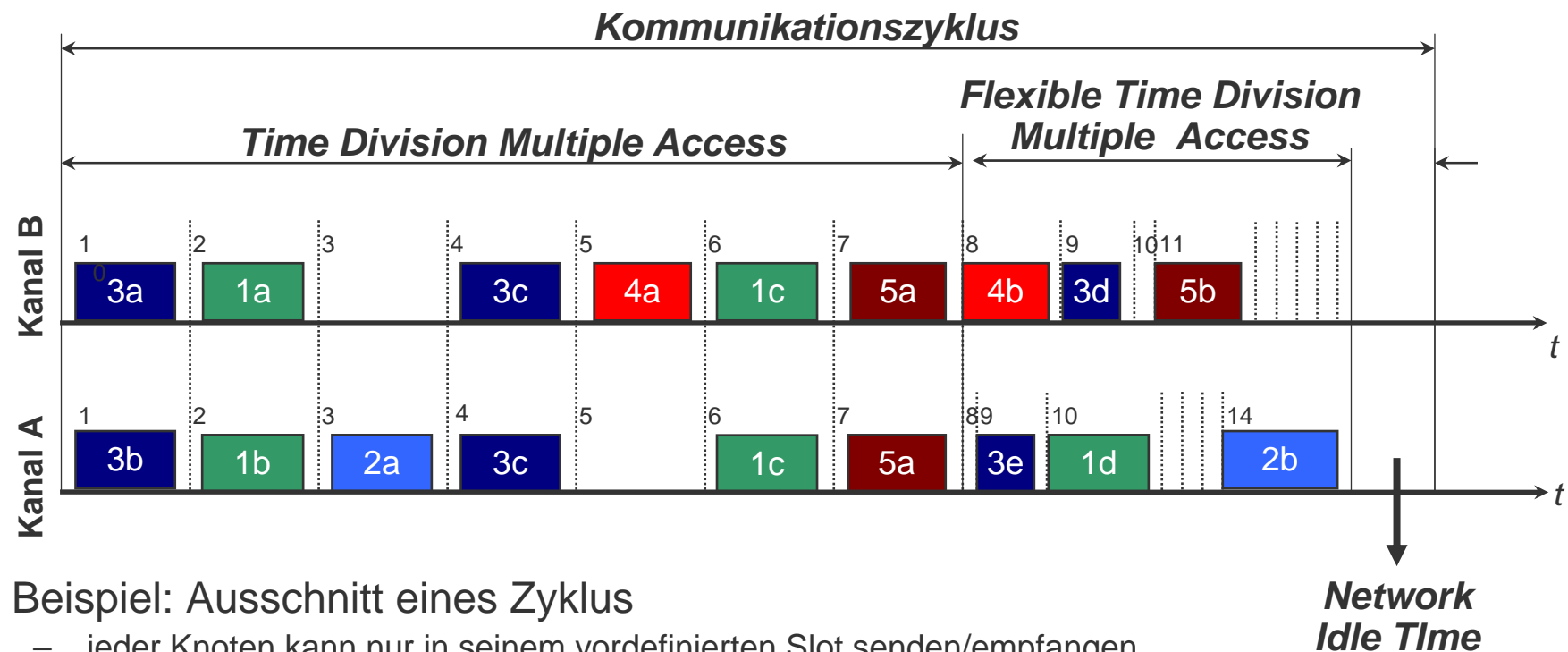
Zwei Schemata integriert:

1. TDMA – time division multiple access (statisches Segment)
2. FTDMA – flexible time division multiple access (dynamisches Segment)
zusätzlich implementiert FTDMA bei Flexray eine Priorisierung wie bei CAN

Grundlegende Kommunikationsstruktur:

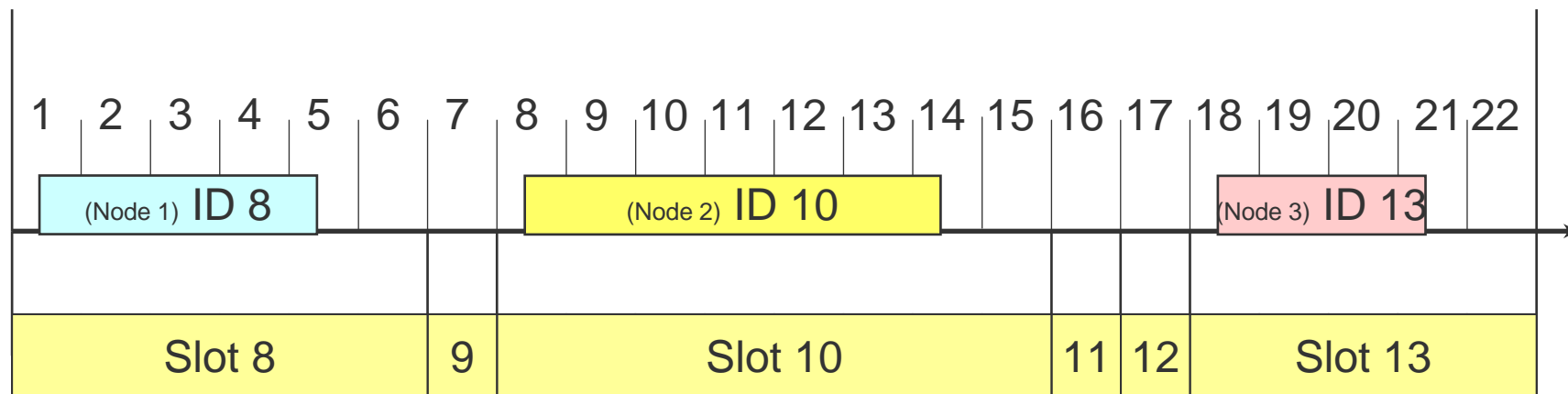
- Unterteilung in Zyklen (Zyklus besteht aus statischem u. dynamischen Segment, sowie Bereichen zur Synchronisierung)
- Es gibt 64 dieser Zyklen, wobei diese sich unterscheiden können

Protokollgrundlagen – Media Access Control (2)



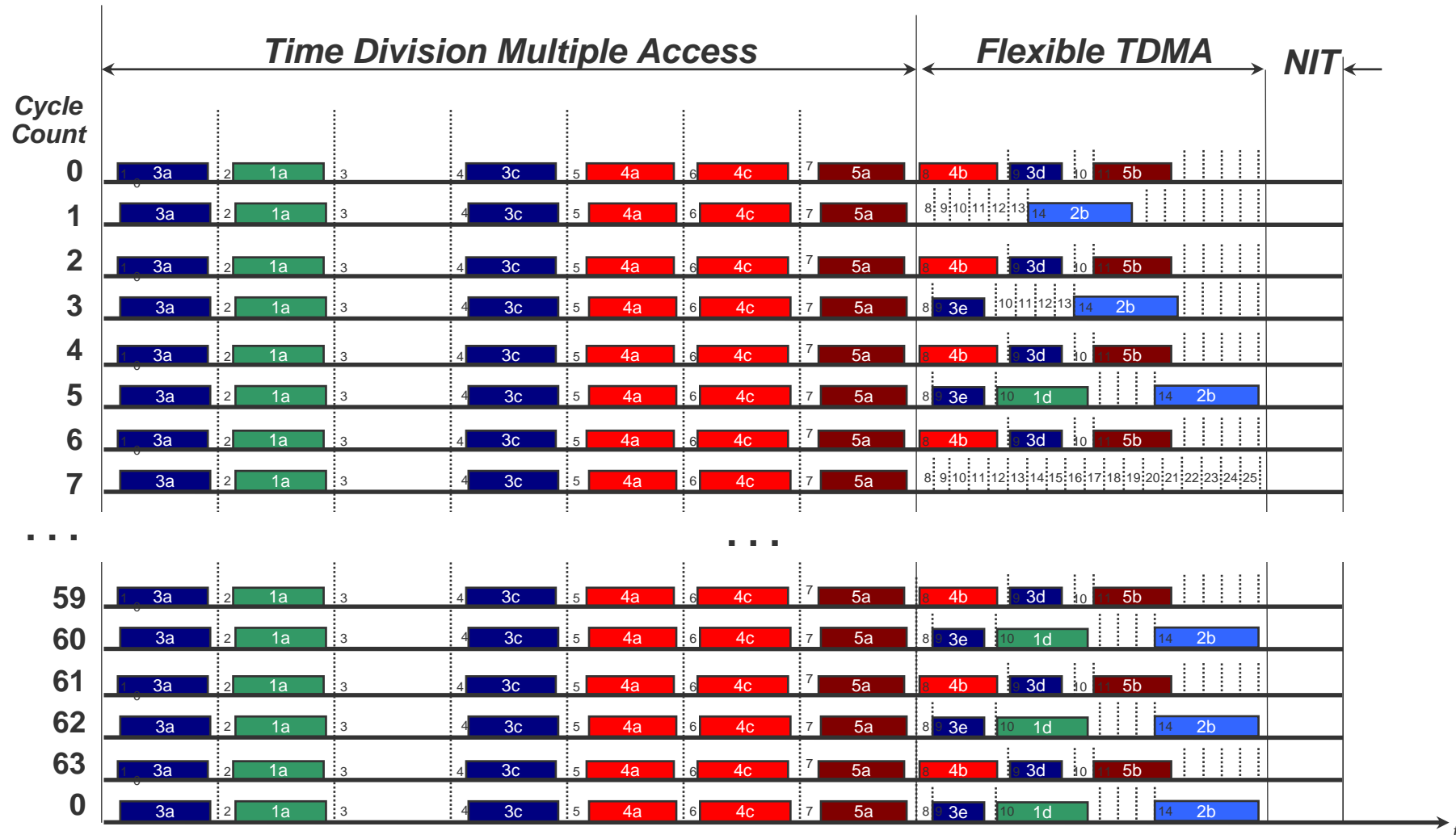
- Beispiel: Ausschnitt eines Zyklus
 - jeder Knoten kann nur in seinem vordefinierten Slot senden/empfangen
 - jeder Knoten benötigt min. 2 statische Slots
 - dynamische Slots sind optional
- * 3a = Knoten 3 Nachricht(frame, message) a, 3b = Knoten 3 Nachricht b

Protokollgrundlagen – FTDMA im Detail

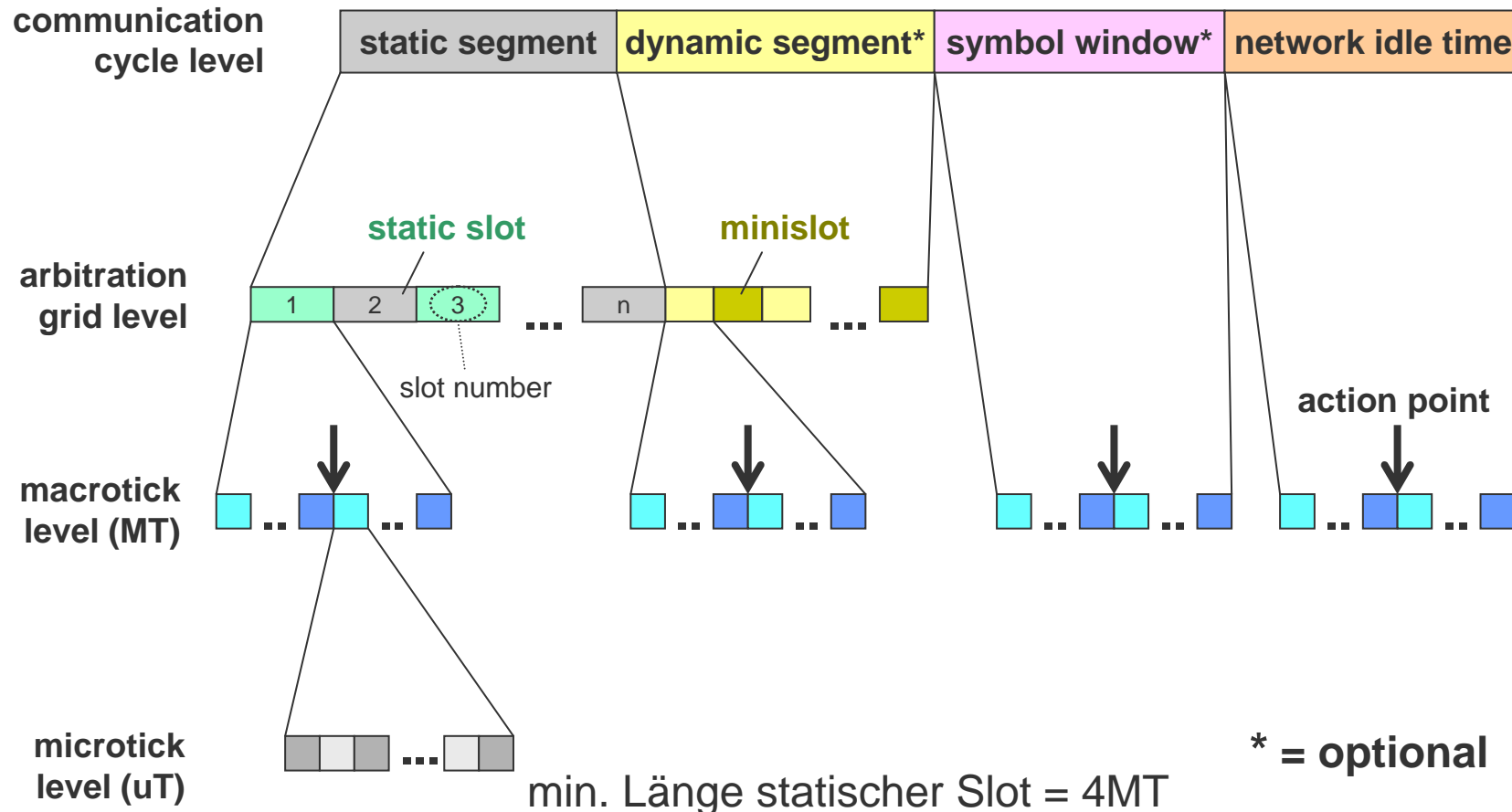


- Jeder Minislot gehört genau einem Knoten oder keinem pro Kanal und Zyklus
- Wird keine Übertragung in einem Minislot gestartet, erhöhen alle Knoten den Minislotzähler
- Falls viele Knoten senden hat der Zähler am Ende einen kleineren Wert
- Es kann passieren, dass nicht alle Knoten in einem Zyklus senden können

Protokollgrundlagen – Komm. Zyklus (2)

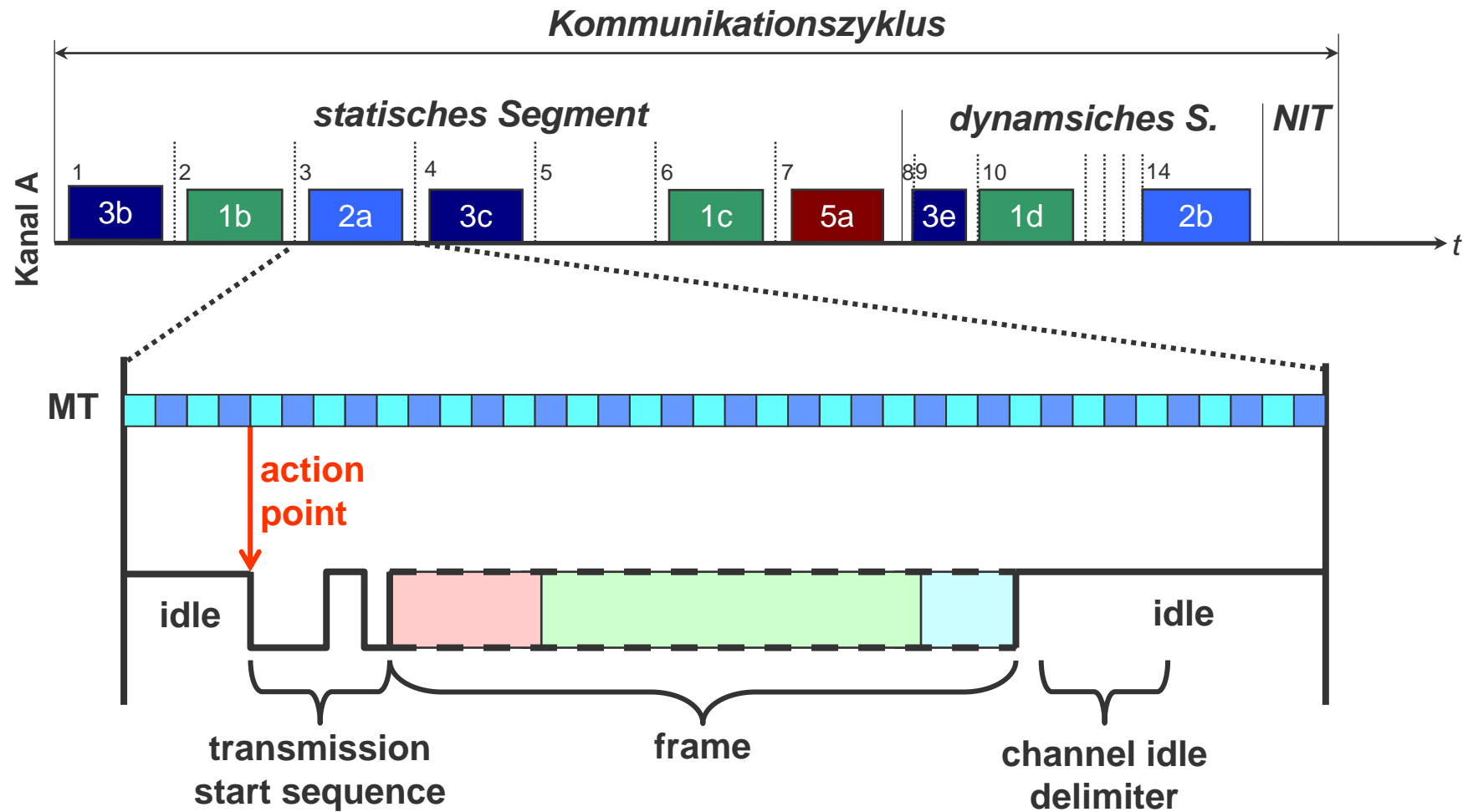


Protokollgrundlagen – Media Access Control Detail

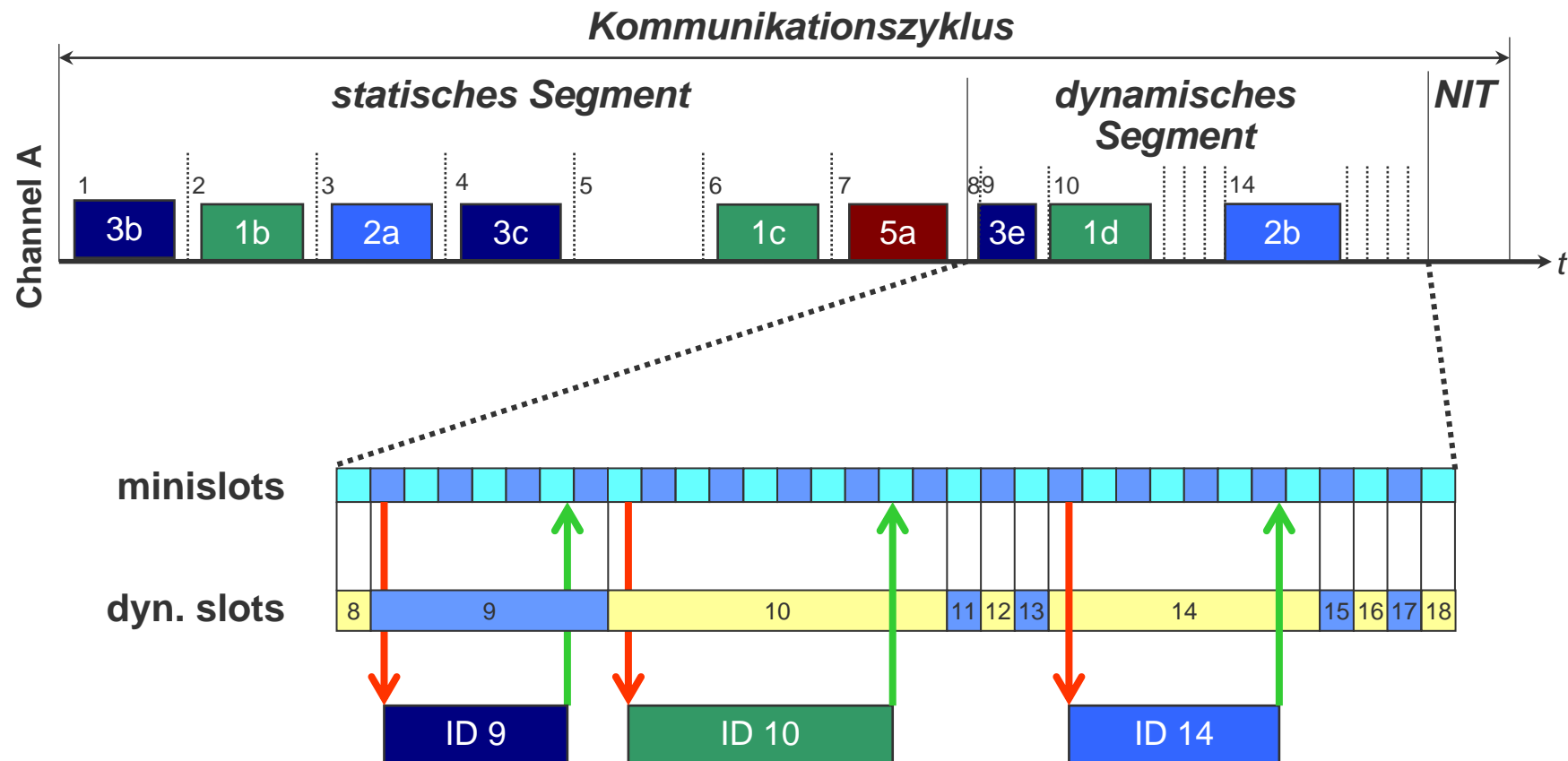


Microtick = Oszillator Frequenz (1 / 40MHz = 25ns)

Protokollgrundlagen – statisches Segment

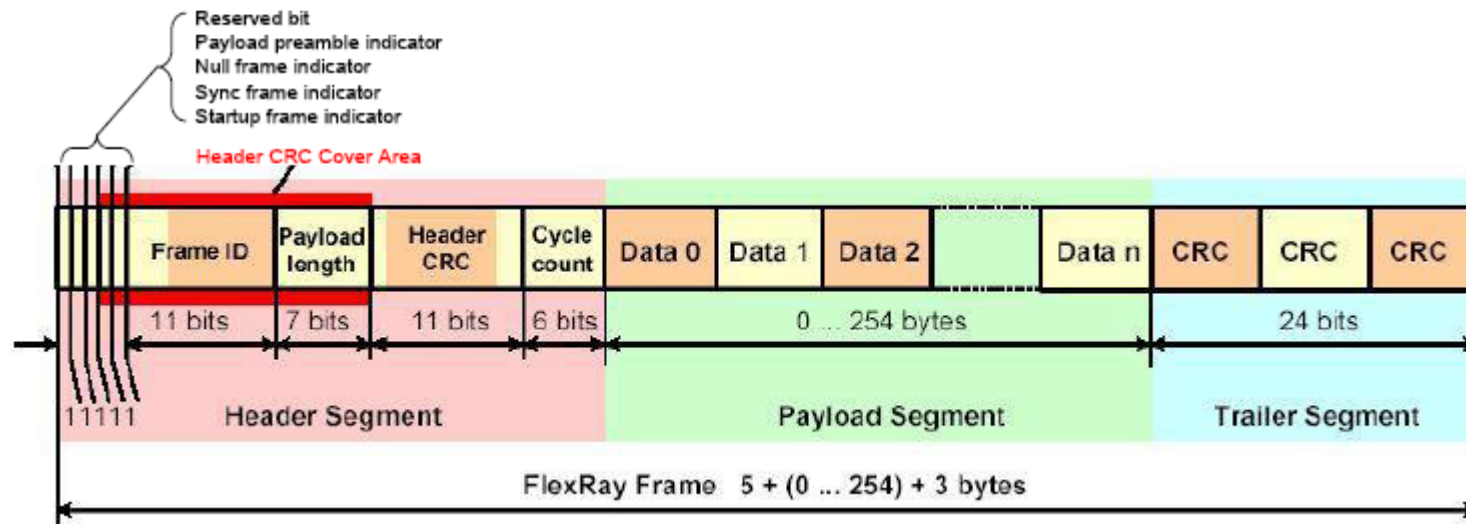


Protokollgrundlagen – dynamisches Segment

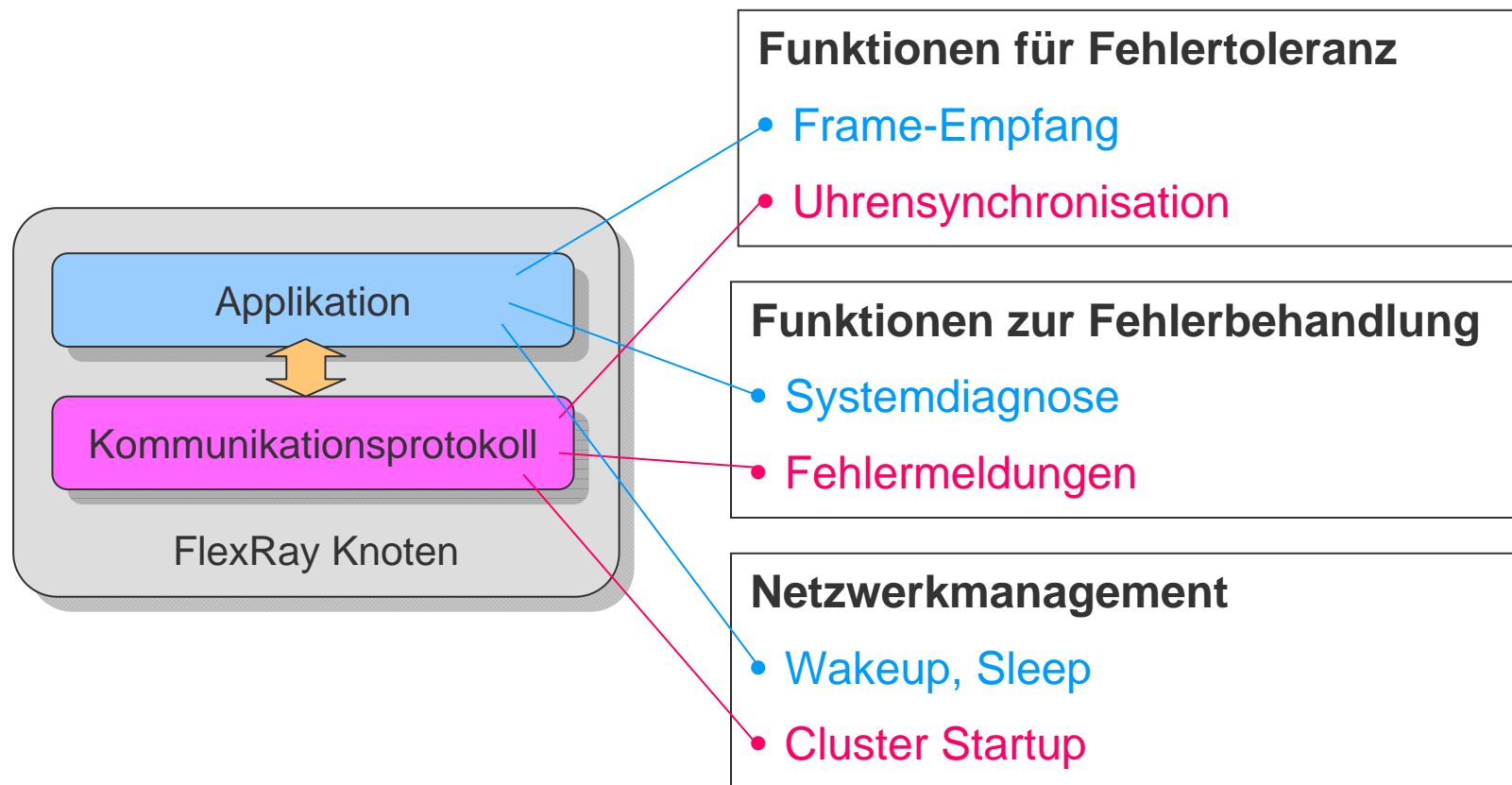


Protokollgrundlagen – Frame Aufbau

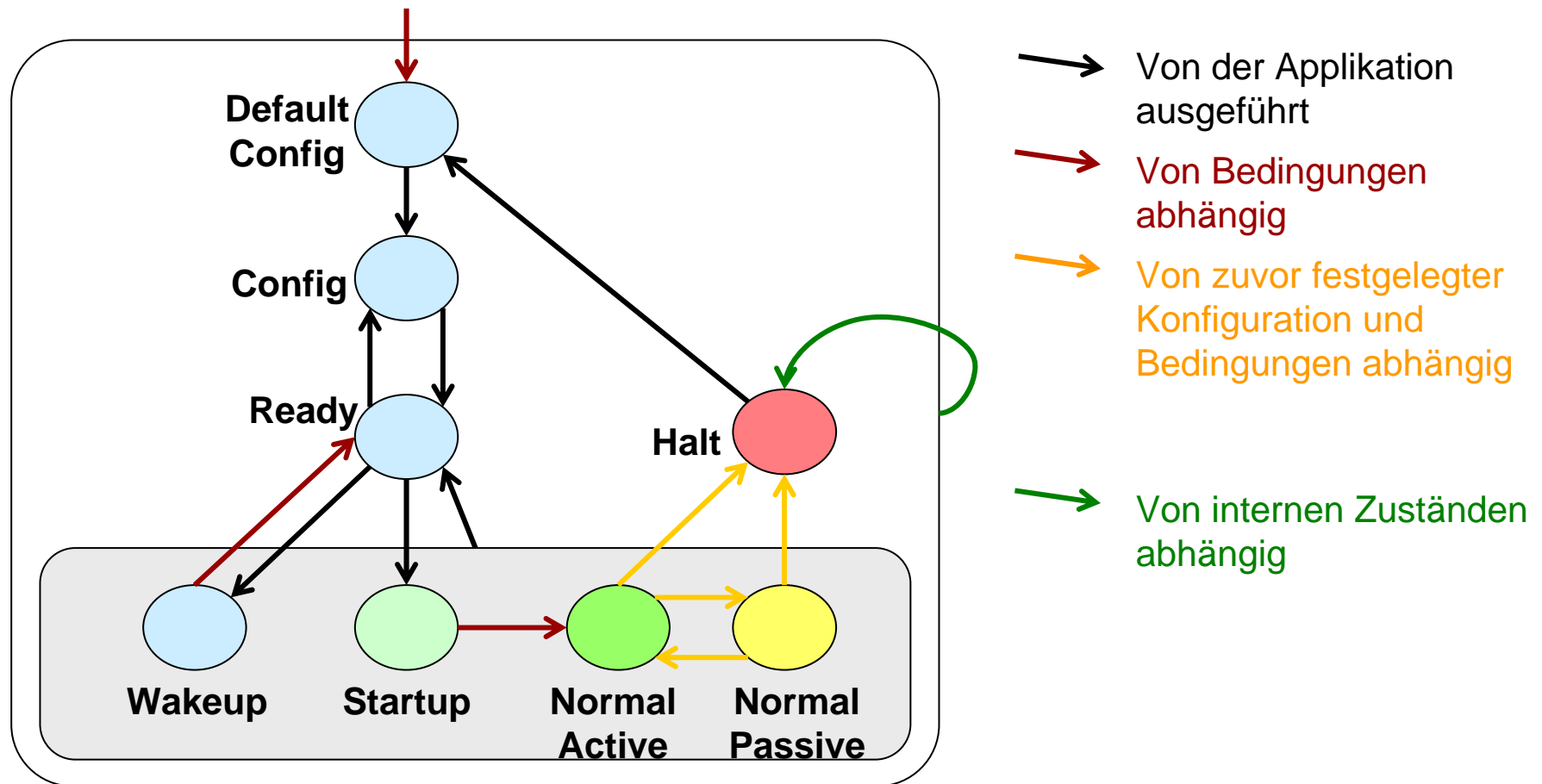
- **FlexRay Frame besteht aus 3 Teilen:**
 - Header (5 Bytes): Verwaltungsdaten
 - Payload Segment (0 ... 254 Bytes): Nutzdaten
 - Trailer Segment (3 Bytes): Prüfsumme
- **Header und Payload Segment durch eigene CRC geschützt**



Protokollgrundlagen – Partitionierung



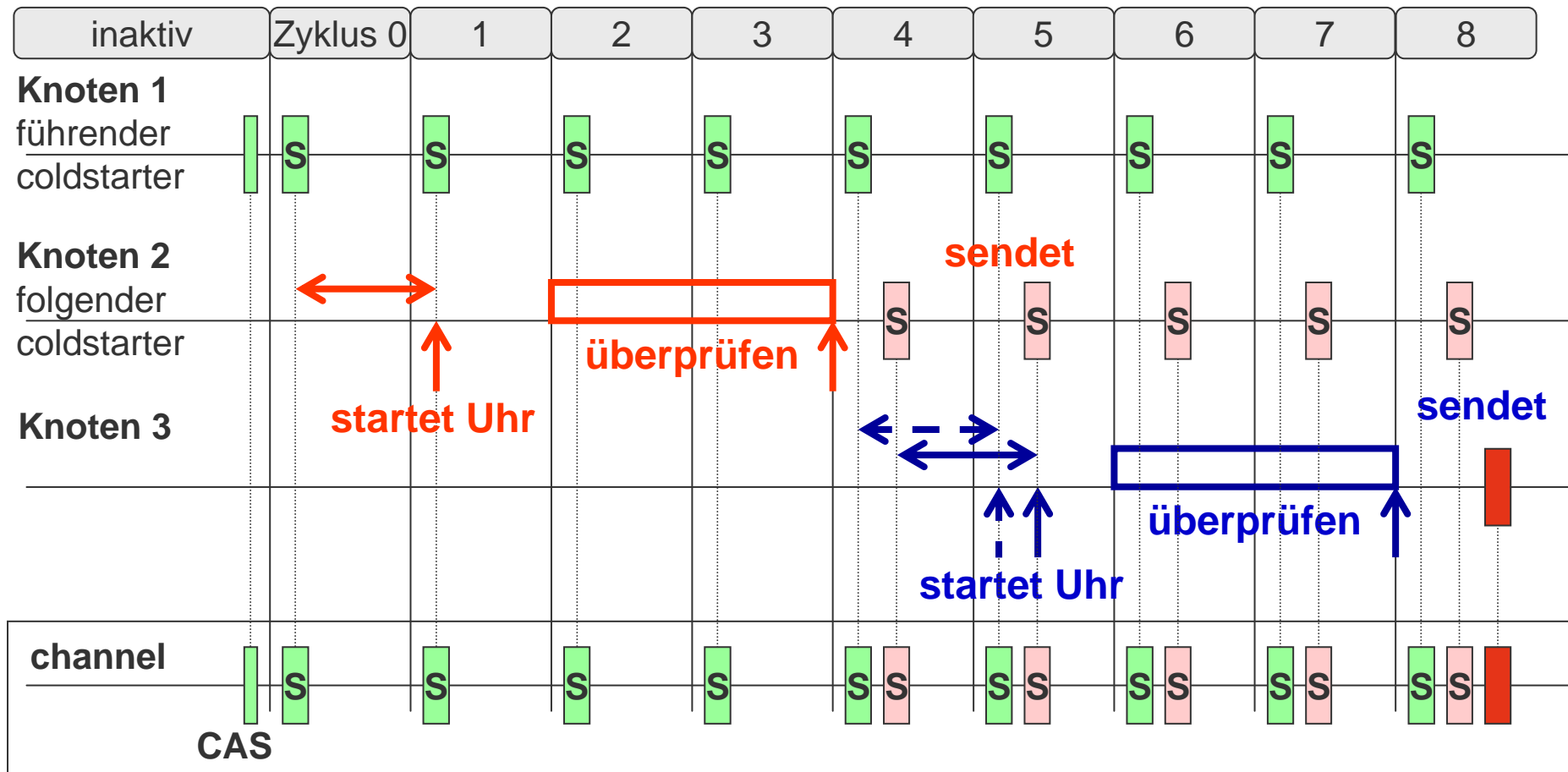
Protokollgrundlagen – Zustandsmaschine



Protokollgrundlagen – Startup (1)

- Vor dem Startup muss die Wakeup-Prozedur abgeschlossen sein
- Fehlertoleranter Startup möglich, d.h. auf beiden Kanälen synchron
- Nur bestimmte Knoten („Coldstart“-Knoten) dürfen Startup initiieren
 - By-wire Systeme: min. zwei fehlerfreie Coldstartknoten notwendig
 - Restliche Systeme: alle Knoten können als Coldstarter agieren
 - Wenn möglich immer drei funktionierende Coldstart-Knoten
- Startupprozedur:
 1. Coldstart-Knoten starten und stellen stabile Kommunikation her
 2. Die übrigen Knoten integrieren sich

Protokollgrundlagen – Startup (2)



Protokollgrundlagen – Uhrensynchronisation (1)

- Wichtig für fehlerfreie Kommunikation im Cluster – synchrone, globale Zeit
- Zeitbasis wird gebildet aus:
 - Cyclecounter
 - Slotcounter
 - Macrotick

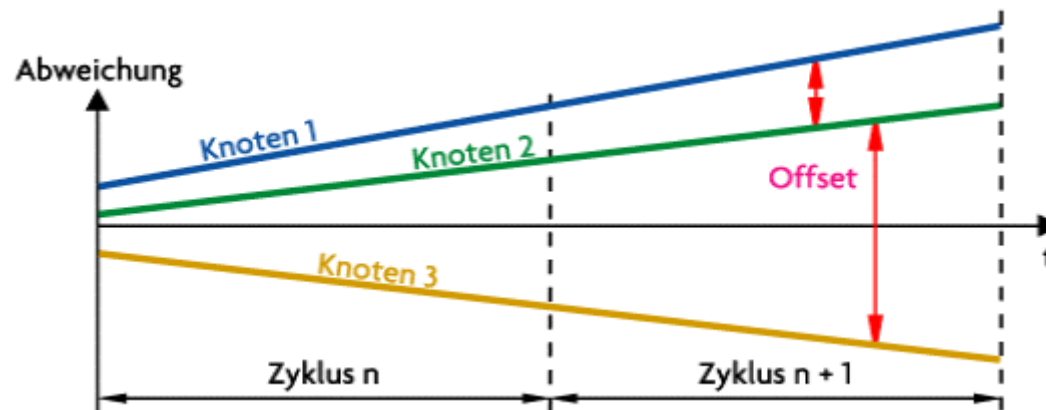
Problemquellen:

- Temperaturdrift
- Spannungsdrift
- Ungenauigkeiten der Taktquelle (Quarz, Oszillator, ...)

Protokollgrundlagen – Uhrensynchronisation (2)

Folge:

- Zunehmende Abweichung der Uhrzeit in den Knoten
-> Fehler in der Kommunikation



Abhilfe:

- kontinuierliche Messung und Korrektur der Zeitabweichung

Protokollgrundlagen – Uhrensynchronisation (5)

1. Offsetkorrektur (Phasenkorrektur):

- Korrektur der absoluten Zeitabweichung am Ende eines jeden Zyklus durch Verkürzung/Verlängerung der Network Idle Time des Knoten

2. Steigungskorrektur(Frequenzkorrektur):

- Justierung der Steigung durch Verlängerung/Verkürzung von einem/mehreren Macroticks während des Zyklus

3. Kombination von Offset- und Steigungskorrektur:

- Minimierung der Zeitabweichung der Knoten untereinander



Zusammenfassung

- Kombiniert die Vorteile aus CAN und TTP
- FlexRay Kommunikationskontroller läuft bei Softwarefehler in der MCU weiter
- Zusätzlicher Kanal für Redundanz oder höheren Datendurchsatz (2x 10Mbit)
- Verwendet existierende Kabel (unshielded twisted pair)
- Verteilte Algorithmen möglich
- Integration im Autosar-Framework
- Offener & industrieweiter Standard, nicht nur für Automotive

Literatur:

FlexRay. Grundlagen, Funktionsweise, Anwendung von Mathias Rausch
369 Seiten, Hanser Verlag, ISBN-10: 3446412492