

Spezielle Protokolle des IoT

Header Aufbau am Beispiel TCP/IP



Einleitung

Spezielle Protokolle des IoT

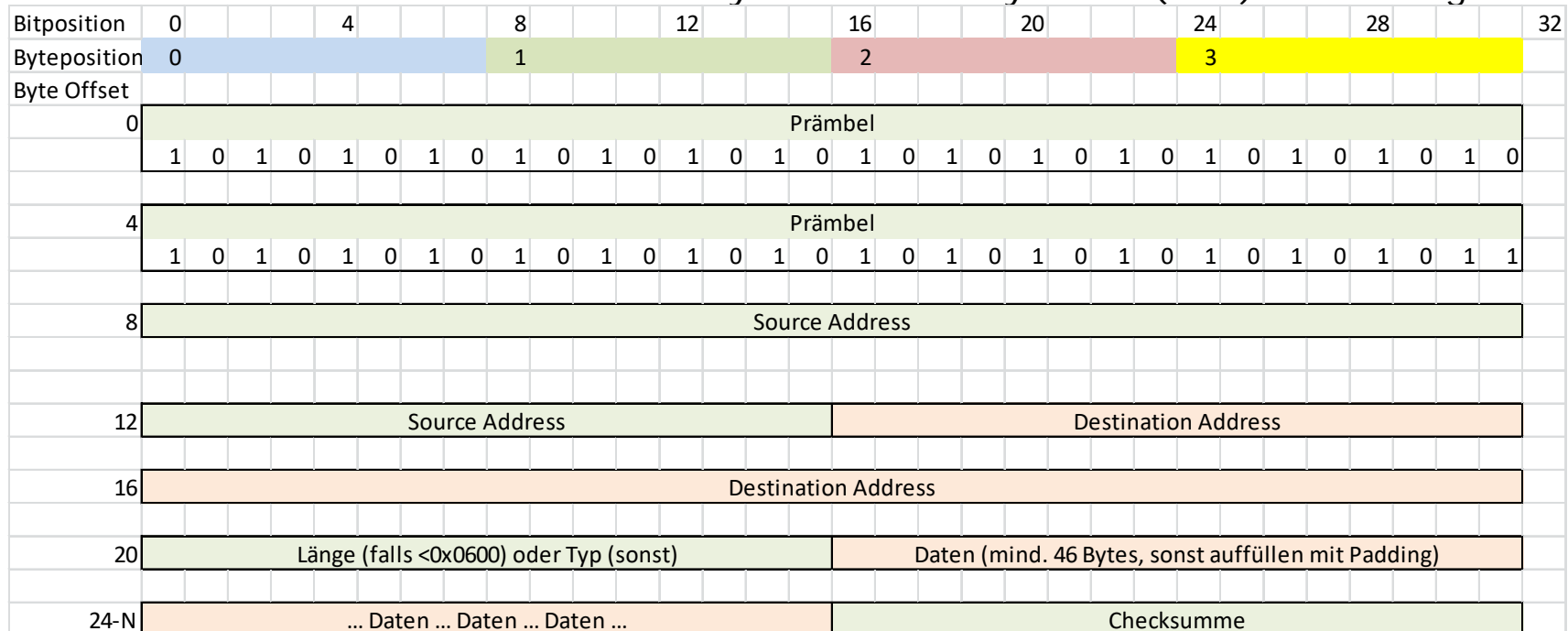
- ▶ TCP/IP Erläuterung an Hand der Headerinformationen



TCP/IP – Netzzugangsschicht

MAC Protokollschicht - Ethernet

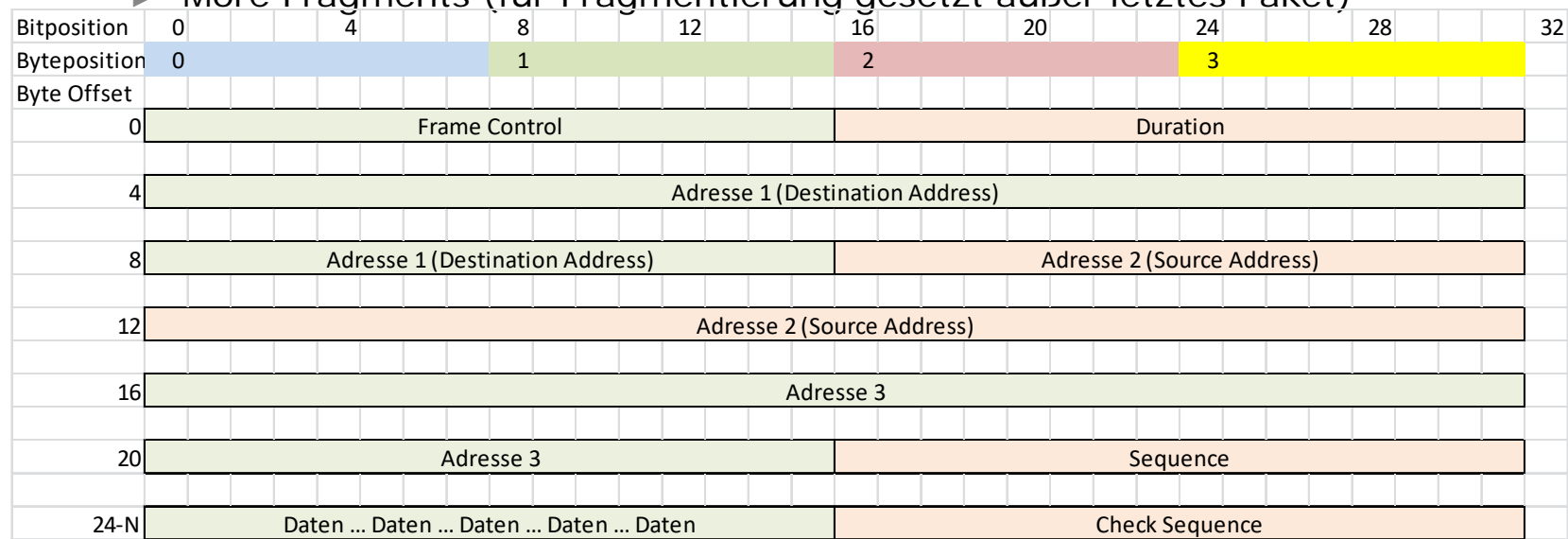
- ▶ Prämbel dient der Synchronisation auf nicht-getakteten Verbindungen
- ▶ Source und Destination Adresse werden unikat vom IEEE an Hersteller vergeben
- ▶ Die Länge des Datenpakets ist normalerweise <1500, der Typ ermöglicht einen frühzeitigen Einblick in den Paketinhalt (z.B. TCP Paket, mglw. Schichtverletzung)
- ▶ Die Checksumme wird nach dem Cyclic Redundancy Check (CRC) Verfahren gebildet



TCP/IP Netzzugangsschicht

MAC-Protokollschicht bei WIFI

- ▶ Frame Control: Bitweise Signalisierung von
 - ▶ Protokollversion
 - ▶ Typ (Daten, Steuerung, Verwaltung)
 - ▶ Subtyp (z.B. Request To Send (RTS))
 - ▶ From/To Downstream (Paket kommt vom/geht zum Zugangspunkt)
 - ▶ More Fragments (für Fragmentierung gesetzt außer letztes Paket)



TCP/IP Netzzugangsschicht

MAC-Protokollschicht bei WIFI

- ▶ Frame Control: Bitweise Signalisierung von
 - ▶ Retry (Paket ist Duplikat)
 - ▶ Power Management (Sender geht in Energiesparmodus)
 - ▶ More Data (Sender hat mehr Frames)
 - ▶ Protected Frame (Daten sind teilweise verschlüsselt)
 - ▶ Order (höhere Schicht erwartet Rahmen exakt in gesendeter Reihenfolge)

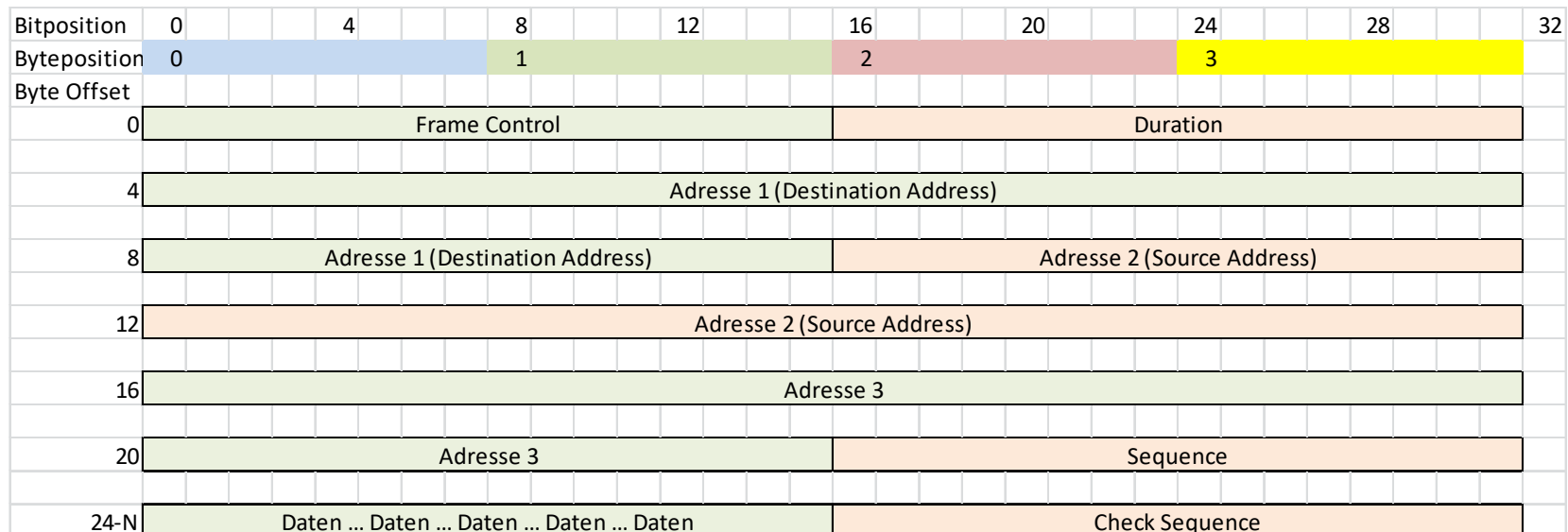
Bitposition	0	4	8	12	16	20	24	28	32																							
Byteposition	0		1		2		3																									
Byte Offset																																
0	Frame Control																Duration															
4	Adresse 1 (Destination Address)																															
8	Adresse 1 (Destination Address)																Adresse 2 (Source Address)															
12	Adresse 2 (Source Address)																															
16	Adresse 3																															
20	Adresse 3																Sequence															
24-N	Daten ... Daten ... Daten ... Daten ... Daten																Check Sequence															



TCP/IP Netzzugangsschicht

MAC-Protokollschicht bei WIFI

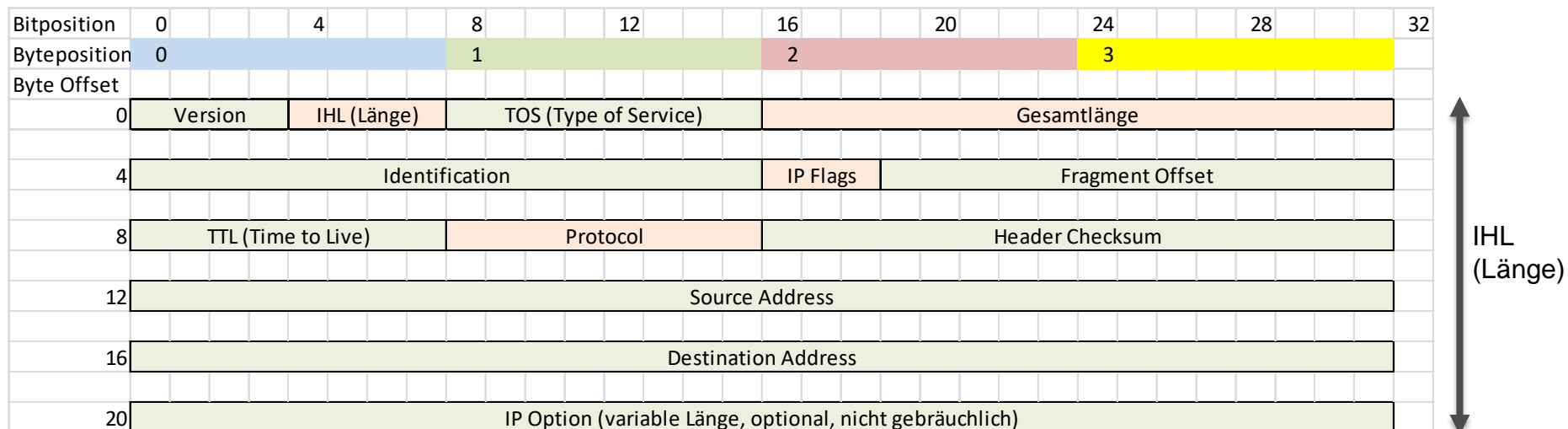
- ▶ Adresse 1 = Zieladresse im MAC Format
- ▶ Adresse 2 = Quelladresse im MAC Format
- ▶ Adresse 3 = Adresse des Netz-Zugangspunktes
- ▶ Sequence = 12 Bit Identifikation des Frames , 4 Bits Identifikation eines Fragments dieses Frames
- ▶ Check Sequence: 32 Bit CRC Prüfsumme



TCP/IP: Internet Layer

IP Paket-Header für das Internet Layer (Version 4)

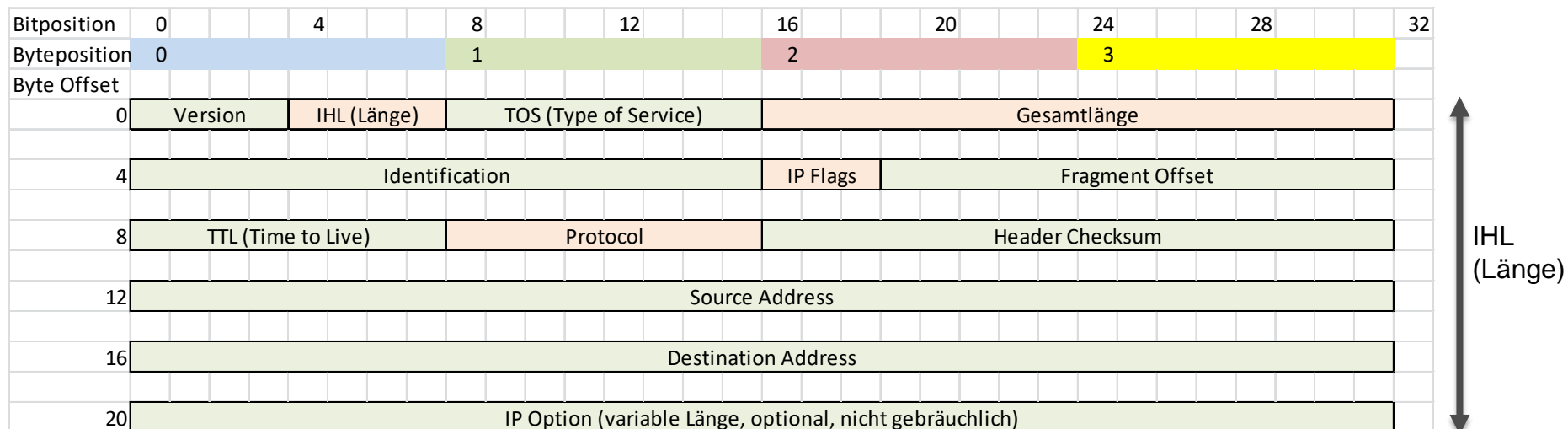
- ▶ Version: 4 IHL: Länge des Headers (siehe rechts) in 4-Byte Worten
- ▶ TOS oder heute „Differentiated Service“: 6 Bit Dienstklasse (z.B. Forwarding) und 2 Bit Explicit Congestion Notification (ECN) = Übertragungstrecke ist unter starker Last
- ▶ Identification und FragmentOffset: Teilung eines Pakets in mehrere Fragmente mit der gleichen Identification und fortlaufenden FragmentOffsets
- ▶ IP Flags: Don't Fragment (DF) und More Fragments (MF) (alle Fragmente außer dem letzten Fragment)



TCP/IP: Internet Layer

IP Paket-Header für das Internet Layer (Version 4)

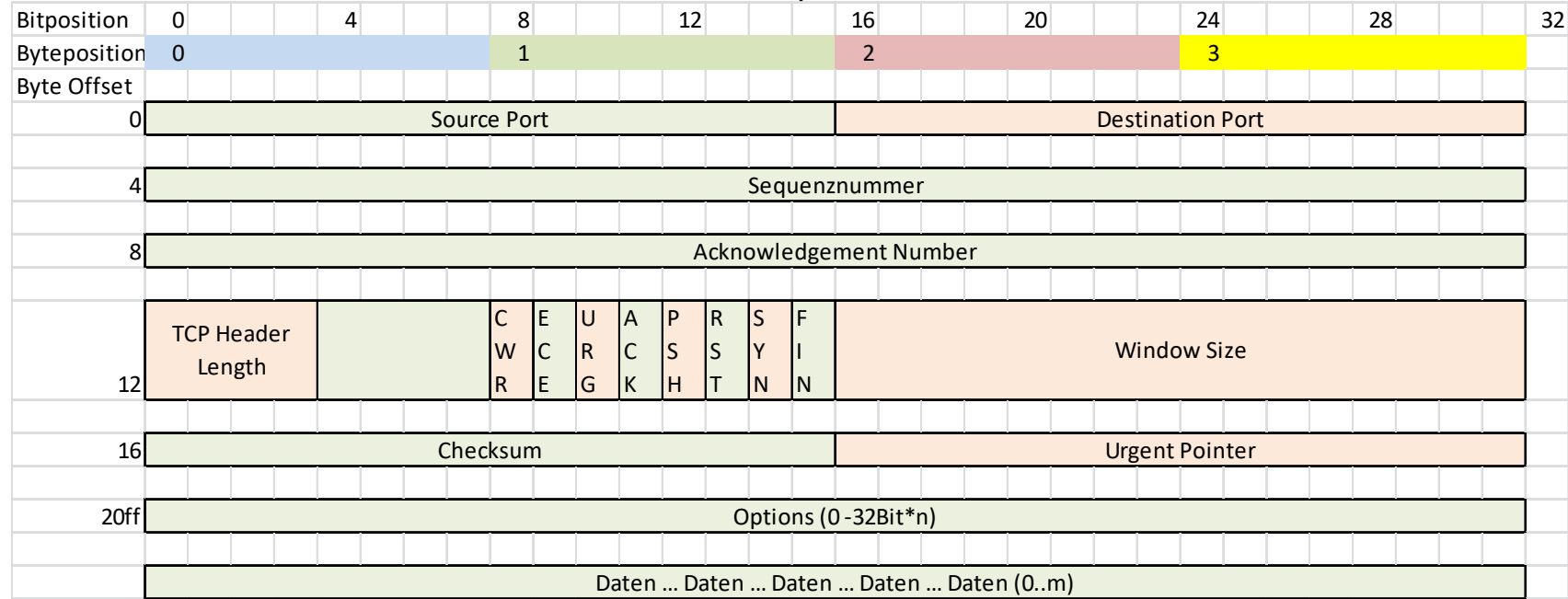
- ▶ TTL (Time to Live): Erniedrigung um 1 für jeden passierten Knotenpunkt (Hop)
- ▶ Protocol: Protokolltyp gemäß [www.iana.org](https://www.iana.org/assignments/protocol-numbers/protocol-numbers.xhtml) (z.B. TCP/IP)
<https://www.iana.org/assignments/protocol-numbers/protocol-numbers.xhtml>
- ▶ Header Checksum: Summe aller 16 Bit Wörter im 1er Komplement
- ▶ IP Options: Idee zusätzliche Header-Informationen zu übertragen scheitert an der fehlenden Implementierung in den Routern und/oder an der Begrenzung der Headerlänge durch das IHL Feld (max. 40 Bytes)
- ▶ Source und Destination Adresse



TCP/IP - Transport

TCP Protokoll-Header

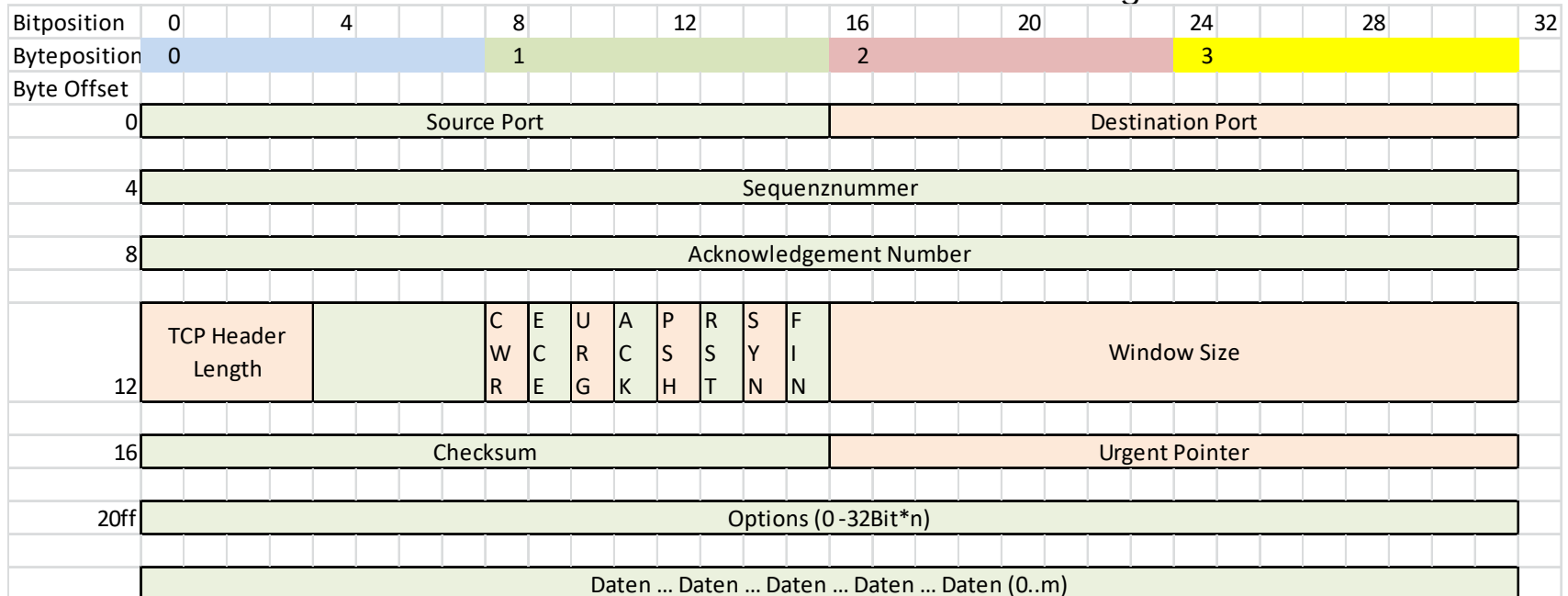
- ▶ Quell- und Zielport: Eindeutige Adresse mit der eine Applikation auf einen entfernten Service zugreift (z.B. 80 HTTP)
- ▶ Sequenznummer: Eindeutige und je um 1 inkrementierte Byte-Zuordnung für Sender
- ▶ Acknowledgement Number: Nächstes erwartetes Byte (zuletzt korrekt empfangenes + 1)
- ▶ Anzahl der 32 Bit Wörter im Header inkl. Options



TCP/IP - Transport

TCP Protokoll-Header

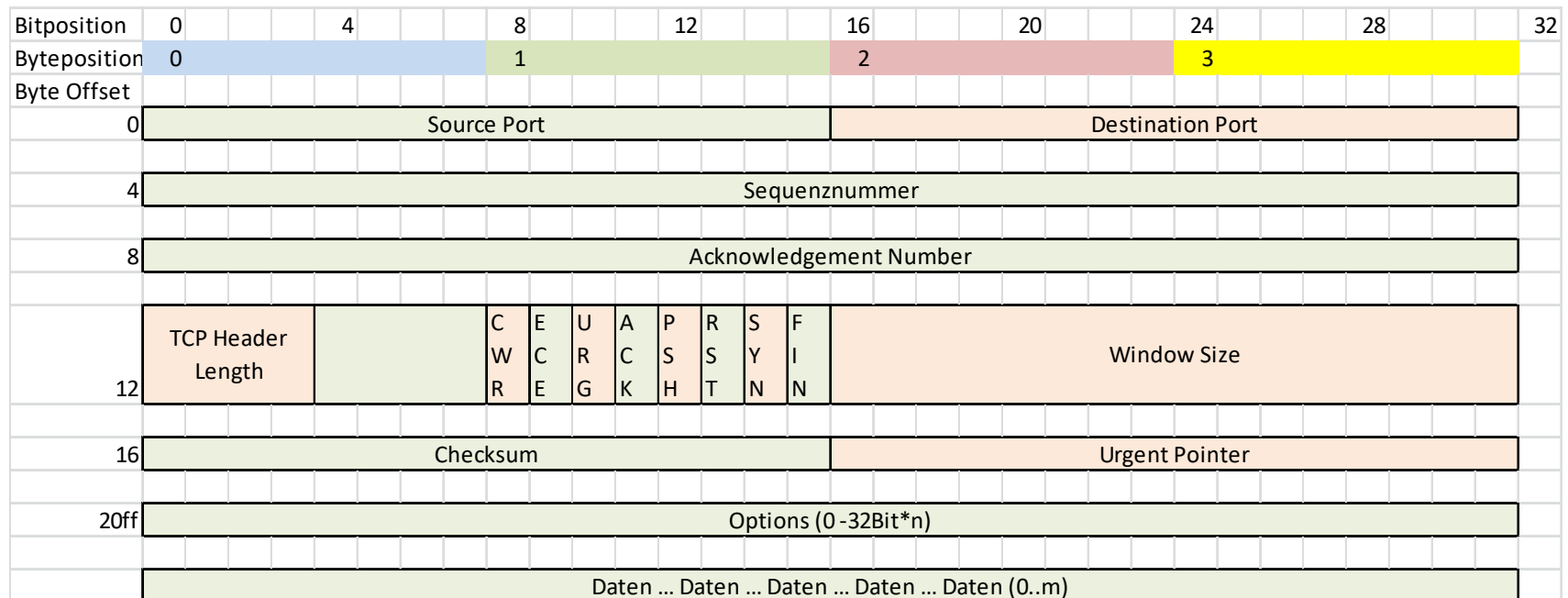
- ▶ CWR und ECE zur Signalisierung von Überlastung (Explicit Congestion Notification)
- ▶ URG: Urgent Pointer Nachricht enthalten (Interrupt Mitteilung an den Empfänger während einer Übertragung, selten genutzt)
- ▶ ACK: Acknowledgement Number ist mit gültigem Wert belegt
- ▶ PSH: Push – Daten sollen direkt an die nächste Schicht weitergereicht werden



TCP/IP - Transport

TCP Protokoll-Header

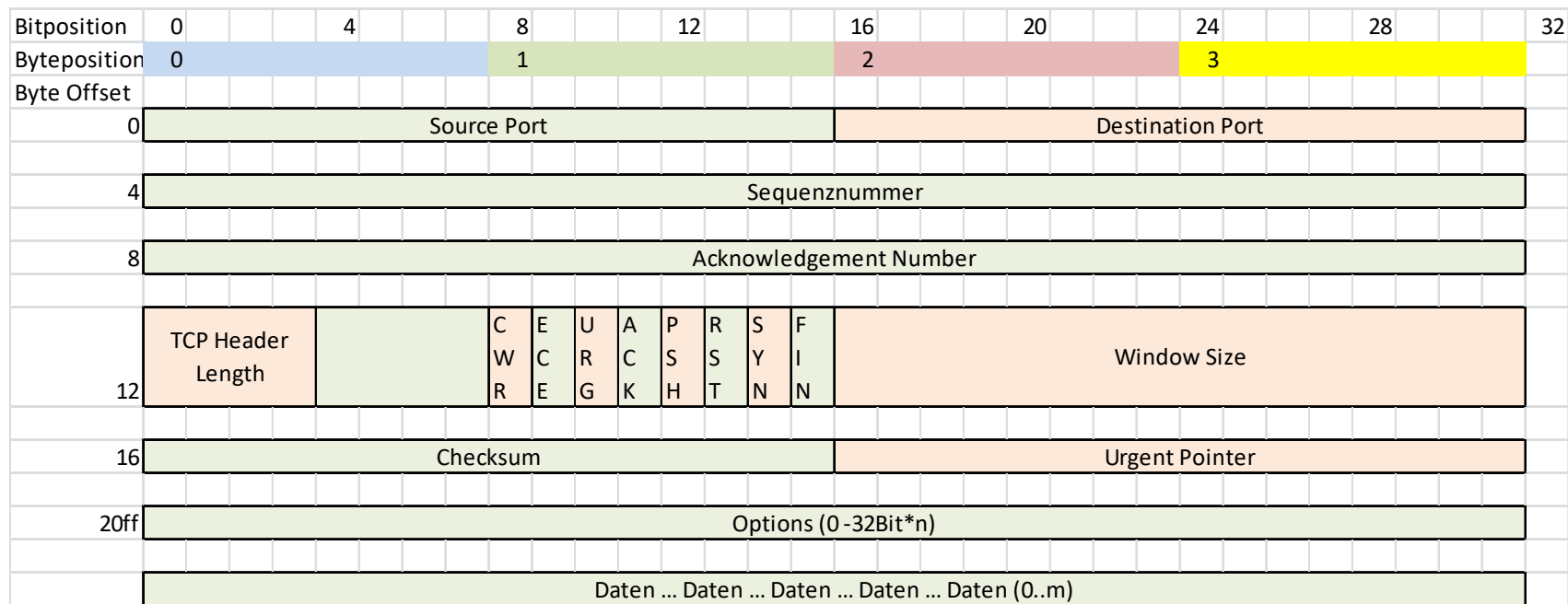
- ▶ RST: Reset – Zurücksetzen der Verbindung, falls Verbindung fehlerhaft (Crash eines Hosts, ungültiges Segment empfangen)
- ▶ SYN: Verbindungsaufbau
- ▶ FIN: Verbindungsabbau



TCP/IP - Transport

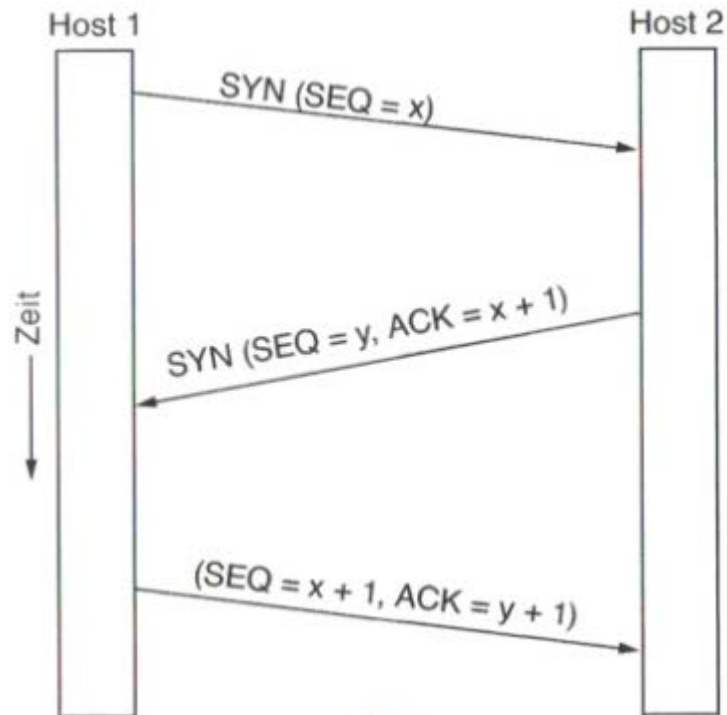
TCP Protokoll-Header

- ▶ Window Size: Flusskontrolle, der Empfänger signalisiert, wieviel Daten er derzeit ohne Verlust empfangen kann (Details später)
- ▶ Checksum: Einerkomplementsumme eines generischen IP-Headers und aller Daten mit Padding
- ▶ Options: Signalisierung der Sende- und Empfangsparamter (z.B. maximale Segmentgröße)



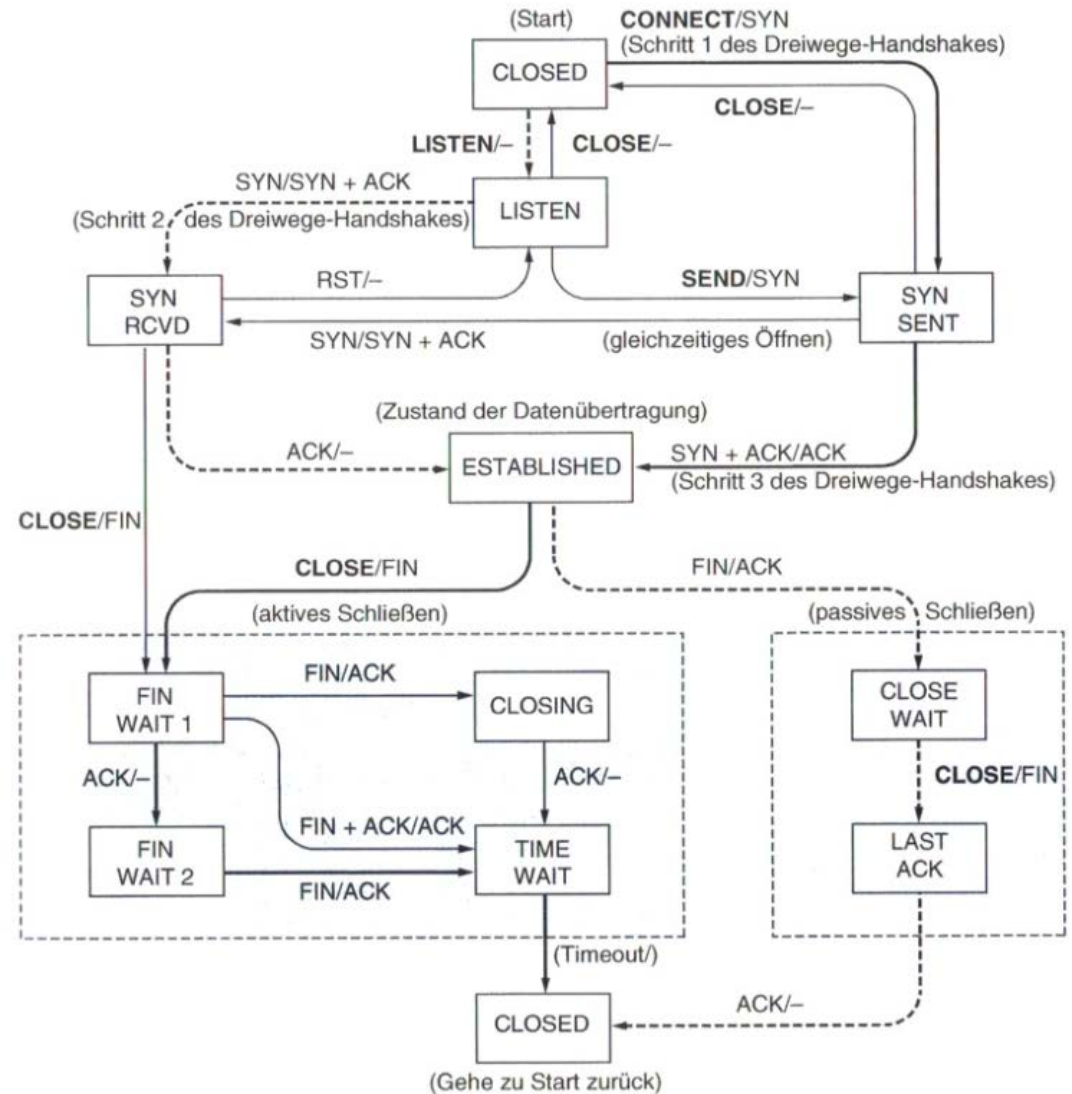
Verbindungsaufbau

TCP Verbindungsaufbau



Verbindungszustände

Zustände der Verbindung im TCP-Protokoll



Projekt 1: Entwurf eines Netzwerkprotokolls

Entwerfen Sie ein Netzwerkprotokoll!

- ▶ 3 Blöcke Zeit (+3 Blöcke Hausarbeit), jeweils der 2. Block der Vorlesung
- ▶ Arbeit als Zweiergruppe
- ▶ Abgabe in Form einer schriftlichen Dokumentation
 - ▶ Protokollaufbau – Schichten und logischer Aufbau
 - ▶ PROTOKOLL-Informationen (im Sinne von ISO/OSI, Header-Information)
 - ▶ DIENST- und SCHNITTSTELLEN-Informationen (im Sinne von ISO/OSI, API Dokumentation)
 - ▶ Analyse der Latenz und Geschwindigkeit
 - ▶ Analyse der Energieeffizienz
 - ▶ Analyse der Zuverlässigkeit
 - ▶ Analyse der Robustheit gegen Attacken



Projekt - Szenario

Szenario: Messung von Umgebungsdaten im Bayrischen Wald

- ▶ Sensorknoten werden in unregelmäßigen Abständen im Wald platziert
- ▶ Sensorknoten kennen ihre eigene GPS Position
- ▶ Sensorknoten müssen energieeffizient arbeiten (Batteriebetrieb)
- ▶ Sensorknoten verfügen über LoRa-Sende- und Empfangseinrichtung
- ▶ Gatewayknoten verfügen über LoRa und Mobilfunk (LTE) Send- und Empfangsmöglichkeiten zur Übertragung an einen zentralen Server
- ▶ Gatewayknoten müssen nicht energieeffizient arbeiten (Netzbetrieb)
- ▶ Jeder Sensorknoten soll mindestens einen anderen Sensorknoten erreichen, dazu muss die maximale LoRa-Entfernung ausgeschöpft werden
- ▶ Jeder Sensorknoten kann 0, 1 oder mehrere Gatewayknoten erreichen
- ▶ Jeder Gatewayknoten kann 0, 1 oder mehrere Sensorknoten erreichen
- ▶ Der Erfolg der Übertragung von Paketen im LoRa-Netz hat eine statistische Verteilung je nach Entfernung und Konfiguration der Schnittstelle
- ▶ Die Konfiguration der Schnittstelle kann geändert werden (siehe nächste Seiten)



Projekt - Szenario

Szenario: Messung von Umgebungsdaten im Bayrischen Wald

- ▶ Die Sensorstationen können 1-4 Parameter messen: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Schneehöhe, Sonneneinstrahlung
- ▶ Zur Speicherung auf dem Server muss die GPS Position zusammen mit dem jeweiligen Wert gespeichert werden
- ▶ Die Sensoren verändern ihre GPS Position nach der Installation nicht mehr
- ▶ Die Messung der Schneehöhe an einer beliebigen Stelle muss innerhalb von 1 Stunde an die Zentrale via Mobilfunkverbindung geschickt werden
- ▶ Die Sonneneinstrahlung wird auf Anfrage via Mobilfunknetz innerhalb von maximal 30 Minuten an die Zentrale zurückgesendet
- ▶ Temperatur und Luftfeuchtigkeit wird ein Mal pro Stunde gemessen und soll spätestens nach 24 Stunden am Server verfügbar sein



Projekt - Szenario

Energieverbrauch:

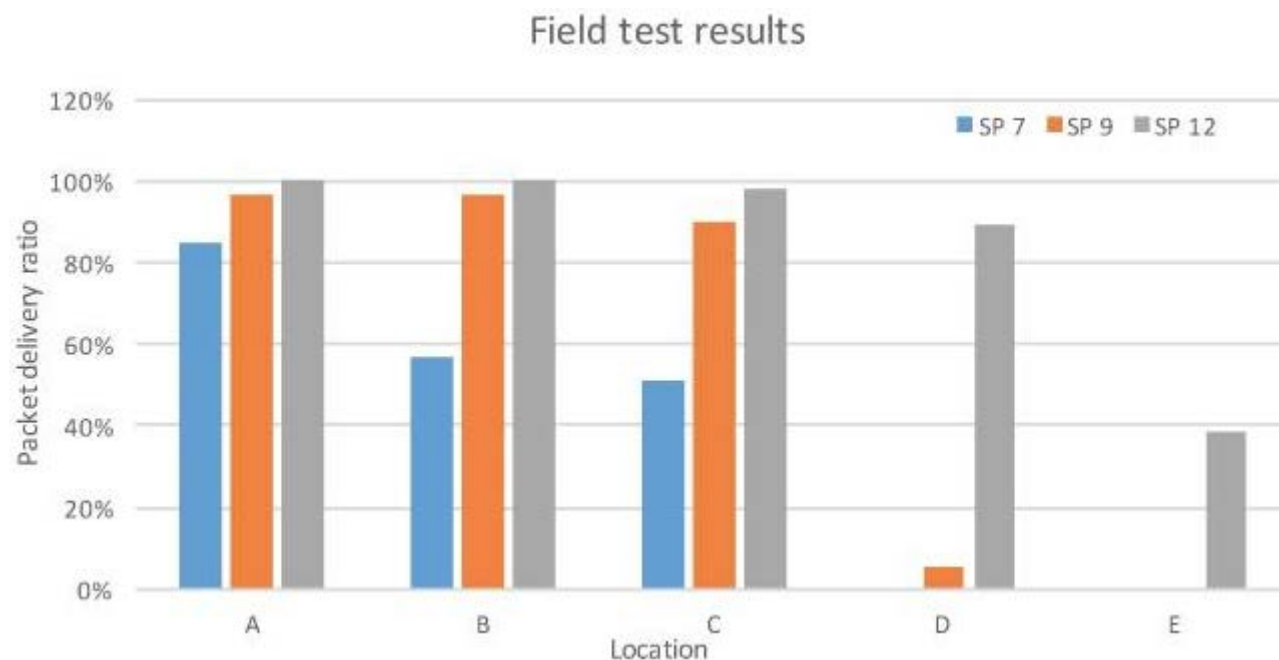
- ▶ Aufwecken eines Knoten bis zur Sendebereitschaft: 3 Energie-Einheiten (EE)
- ▶ Stromverbrauch während Betrieb: 10EE pro Minute
- ▶ Stromverbrauch während Deep-Sleep-Standby: 0.1EE pro Minute
- ▶ Betrieb der LoRa Sendeeinheit: 1EE pro Sekunde



Projekt - Szenario

LORA Einstellungen

- ▶ Jeder Knoten (Gateway und Sensor) kann verschiedene Parameter für die Übertragung wählen, die Energie, Übertragungsrate und Reichweite beeinflussen
- ▶ Einfluss des Spreading Factors (SF) aus [Augustin A, Yi J, Clausen T, Townsley WM. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. *Sensors (Basel)*. 2016; 16(9):1466. Published 2016 Sep 9. doi: 10.3390/s16091466]



Distanz:

A: 650m

B: 1400m

C: 2300m

D: 2800m

E: 3400m



Projekt Szenario

LORA-Einstellungen

- ▶ Mit dem Spreizfaktor (Spreading Factor SF),
der Anzahl im Payload zu übertragender Bytes PL= 1..255),
der Bandbreite (Bandwidth BW=125kHz),
und der Coderate (CR=4/8),
einer impliziten Konfiguration ohne Header (Erklärung später im Kurs),

ergibt sich die Übertragungszeit für ein Paket in Sekunden wie folgt:

$$T_{Packet} = \left(12 + 4.25 + 8 + \frac{8PL - 4SF + 28 - 20}{4 \cdot SF} \cdot 8 \right) \cdot \frac{2^{SF}}{125000}$$

- ▶ Daraus ergibt sich für die vorigen Spreizfaktoren bei jeweils einer Payload von 1, 10 und 100 bytes:
SF=7 : 0.02s, 0.035s, 0.186s
SF=9 : 0.08s, 0.14s, 0.743s
SF=12 : 0.64s, 1.12s, 5.94s
- ▶ Beachten Sie, dass die Payload-Länge hier die Länge des Pakets ist, die Sie in Ihrer untersten Schicht erstellen.



Projekt Szenario

Erstellen Sie nun Ihr Netzwerkprotokoll!

- ▶ Welche Funktionalitäten möchten Sie implementieren?
- ▶ Wie gehen Sie mit dem Energieverbrauch um?
- ▶ Senden Sie im Broadcast oder nutzen Sie die GPS Daten für das Routing?
- ▶ Wer sendet wann?
- ▶ Was geschieht, wenn ein Datenpaket nicht am Sender ankommt?
- ▶ Was geschieht, wenn ein Knoten ausfällt?
- ▶ Wie schätzen Sie die Latenzzeiten ab?

- ▶ Falls Sie weitere Daten benötigen, schätzen Sie diese ab und dokumentieren Sie Ihre Schätzung
- ▶ Falls Sie das Szenario erweitern oder einschränken möchten, dokumentieren Sie Ihre Erweiterung!
Beispiele: „Jeder Knoten soll ab Werk über eine eindeutige 8bit Kennung verfügen“,
„Das System ist erst nach 3 Tagen vollständig operativ“



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

