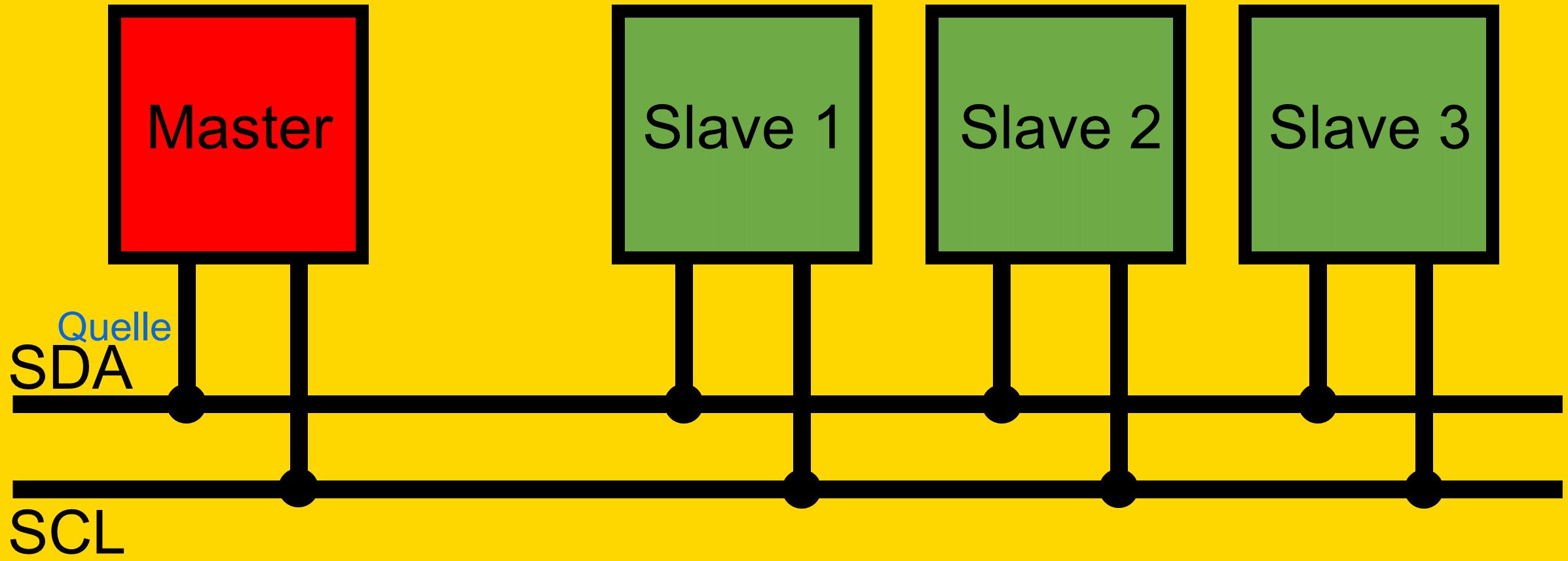


5.2 Buszugriffsverfahren

Lernziele

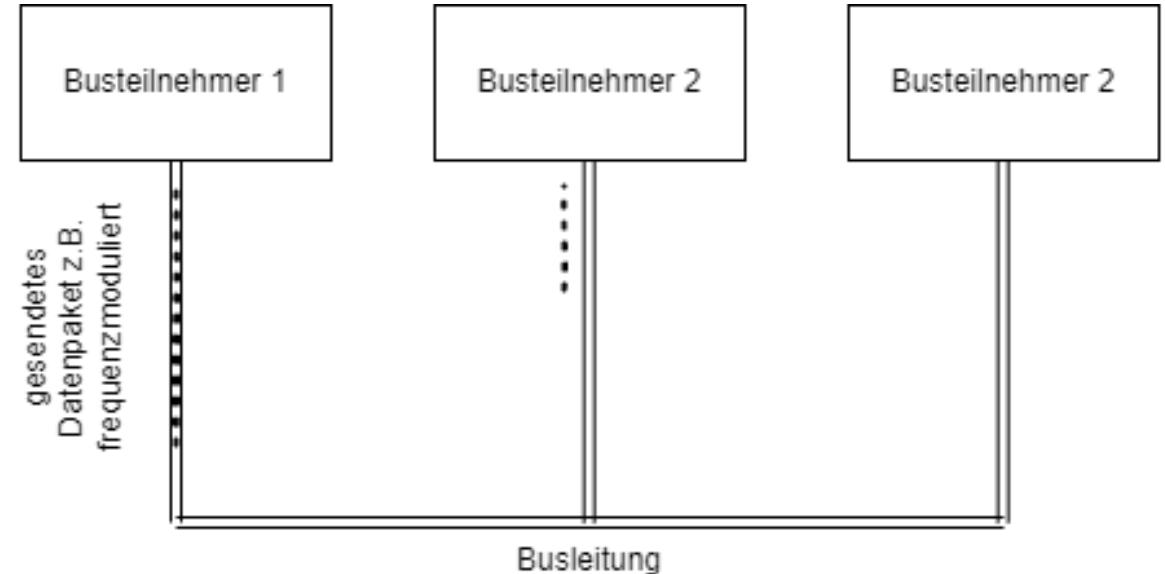
Nach dieser Einheit sind Sie in der Lage dazu

- das Vorgehen von Client-Server, Token, Summenrahmenprokoll- und CS-MA-Buszugriffsverfahren zu beschreiben
- deren Vor- und Nachteile zu benennen
- Laufzeiten von Nachrichten auf Buskabeln zu berechnen



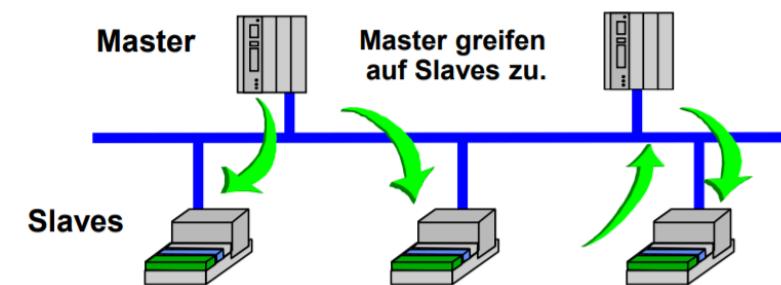
Herausforderung

- Senden mehrere Busteilnehmer zeitgleich, so überlagern sich die Spannungs-Pegel auf der Busleitung bzw. die Wellen
- Inhalt der Telegramme kann nicht mehr entziffert werden
- Im OSI-Modell Aufgabe der Sicherungs- und Vermittlungsschicht (Schicht 2&3)



Client/Server (Master/Slave-Verfahren)

- Zentrale Bussteuereinheit (**Master**, ggf. SPS) stellt Verbindung zu den passiven Teilnehmern (**Slaves**) her (**Kommunikationssteuerung**)
- **Slaves** antworten auf eine Datenanforderung des Masters unmittelbar
- **Polling** (zyklische Abfrage)
 - Master mit aktivem Buszugriff geben die Ein-/Ausgabedaten an die Slaves
 - einfaches Protokoll
 - **garantierte Buszugriffszeiten** (d.h. es ist vorhersagbar, wie lange es dauert bis Information ausgetauscht werden kann)





Aufgabe 5_2_1: Worst Case beim Polling

- Eine zentrale SPS fragt als Master zyklisch alle Werte von Sensoren auf einer Busleitung ab und sendet Befehle
- insgesamt 255 Slaves, davon
 - 1 Taster Türöffner
 - 1 Motor Türöffner
- Wie lange dauert es im schlimmsten Fall bis die Tür reagiert?

Annahmen

- maximale Busleitungslänge: 200 m
- Telegrammlänge: 2 Byte
 - [Adresse]. [Nachricht]
- Zykluszeit des Masters und Slaves vernachlässigbar (Antworten unmittelbar)
- Baud-Rate 9.600 Baud (z.B. Dali)
- Manchester-Code
- Zykluszeit je Master + Slave: vernachlässigbar
- Signal-Laufzeit Fortpflanzung des Signals im Leiter mit Lichtgeschwindigkeit wird ebenfalls vernachlässigt

✓ Lösung

- Abrufen eines Slaves:
 - Übertragungszeit (wie lange belegt das Signal die Leitung):
 - 1 Bit pro 2 Baud: $4.800 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$
 - In eine Richtung: $\frac{16 \text{ Bit}}{4800 \text{ Bit}} \text{s} = 3.3 \text{ ms}$
- Abrufen aller Slaves (Bus-Zykluszeit):
 - Slaves antworten, nachdem Sie die Nachricht erhalten haben
 - Zeit pro Slave: 6.6 ms
 - Wenn Befehl direkt weitergeleitet wird, aber die Teilnehmer logisch maximal auseinander: $6.6 \text{ ms} \cdot 254 = 1.68 \text{ s}$
- **Langsam, aber:** es ist garantiert, dass es nicht länger dauert (Echtzeitfähiges System)!

Einfluss der Bus-Zykluszeit auf Komfort

Kopieren Sie den folgenden Code in: <https://jsfiddle.net/>

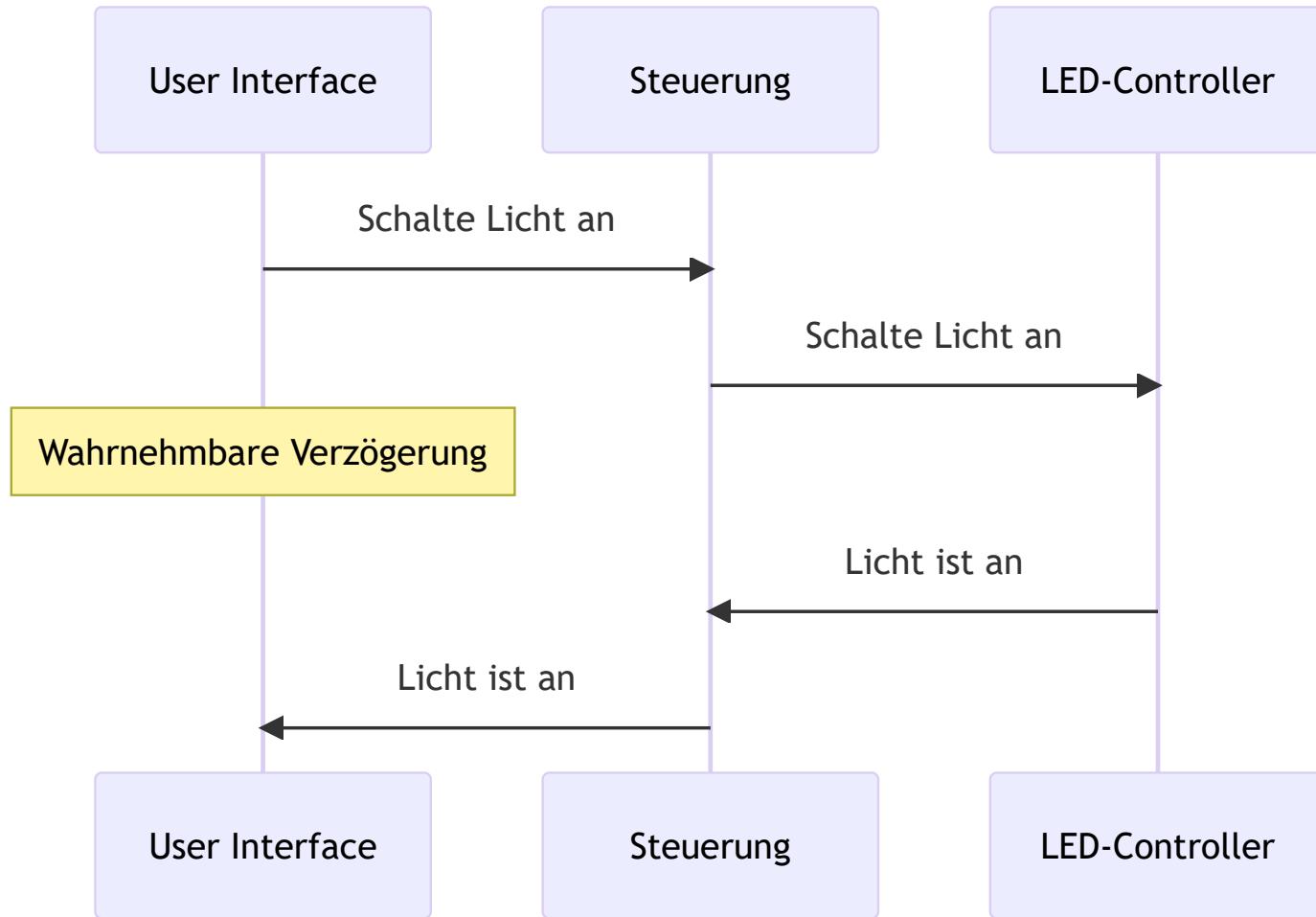
```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <title>Toggle Background Color with Time Delay</title>
  <script>
    var color = "white";
    function changeBackground() {
      var time = document.getElementById("timeInput").value;
      setTimeout(function() {
        if (color === "white") {
          color = "red";
        } else {
          color = "white";
        }
        document.body.style.backgroundColor = color;
      }, time);
    }
  </script>
</head>
<body>
  <input type="text" id="timeInput" placeholder="Enter time in ms">
  <button onclick="changeBackground()">Change Background</button>
</body>
</html>
```

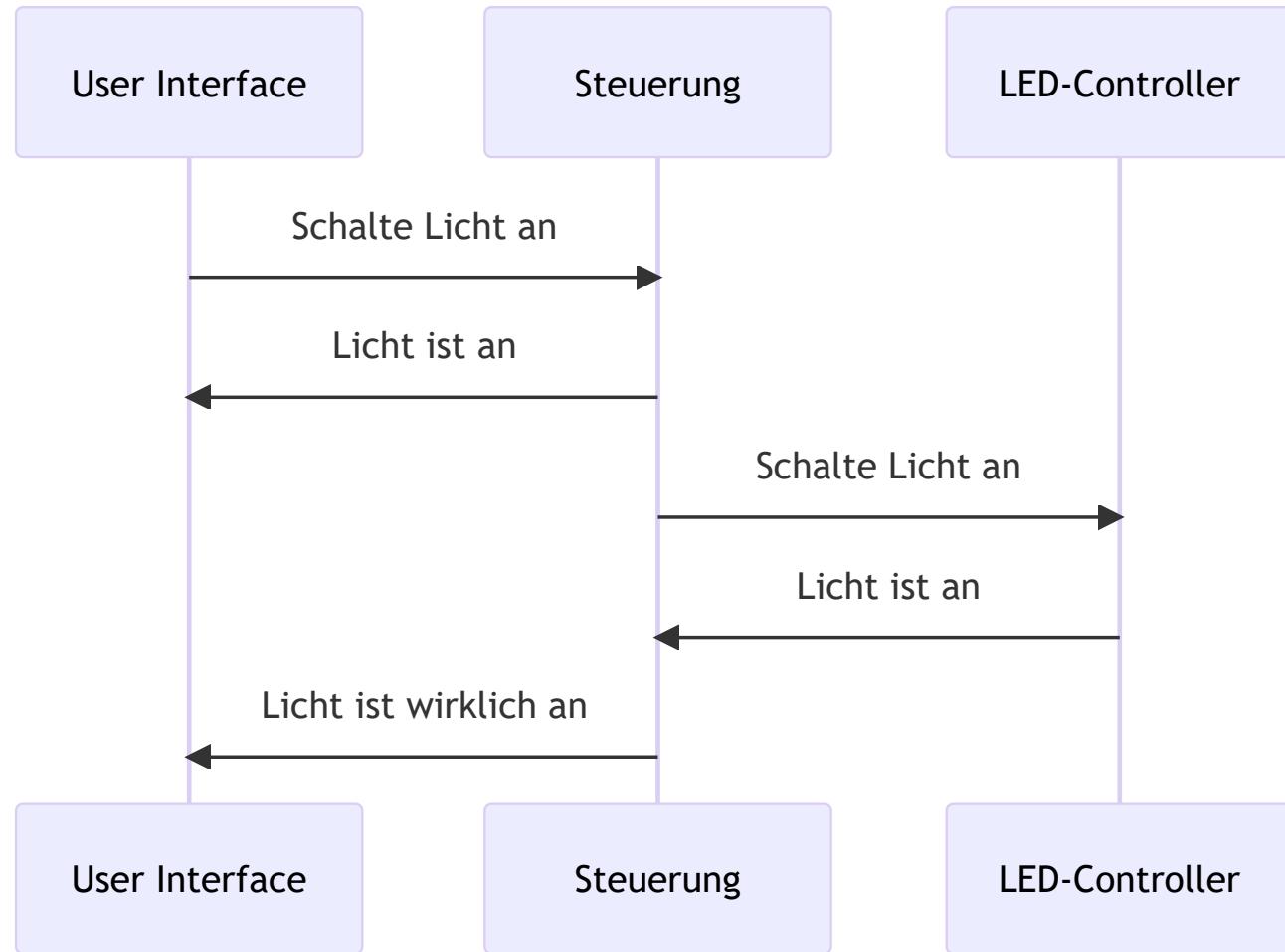
Wahrnehmbare Verzögerung ab 60 ms

- ab 60 ms nehmen Nutzer:innen eine Verzögerung wahr
- Diese führt zu einem negativen Nutzererleben
- Häufig kann innerhalb dieser Zeit keine Rückmeldung der geschalteten Aktoren erfolgen

Enter time in ms

Change Background





sequenceDiagram

User Interface->>Steuerung: Schalte Licht an
Steuerung->>LED-Controller: Schalte Licht an
Note over User Interface: Wahrnehmbare Verzögerung
LED-Controller->>Steuerung: Licht ist an
Steuerung->>User Interface: Licht ist an

sequenceDiagram

User Interface->>Steuerung: Schalte Licht an
Steuerung->>User Interface: Licht ist an
Steuerung->>LED-Controller: Schalte Licht an
LED-Controller->>Steuerung: Licht ist an
Steuerung->>User Interface: Licht ist wirklich an

Aufgaben von Buszugriffsverfahren

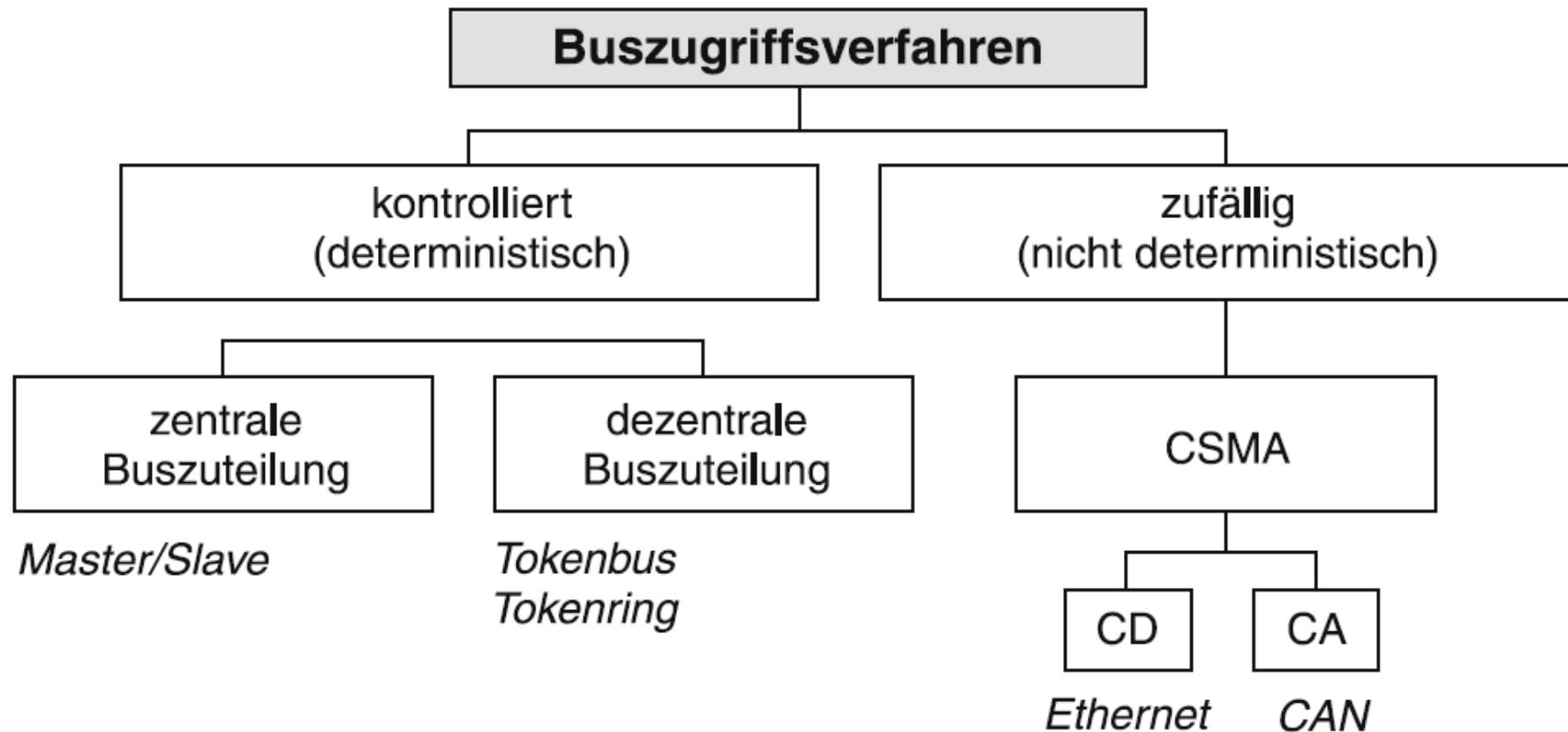
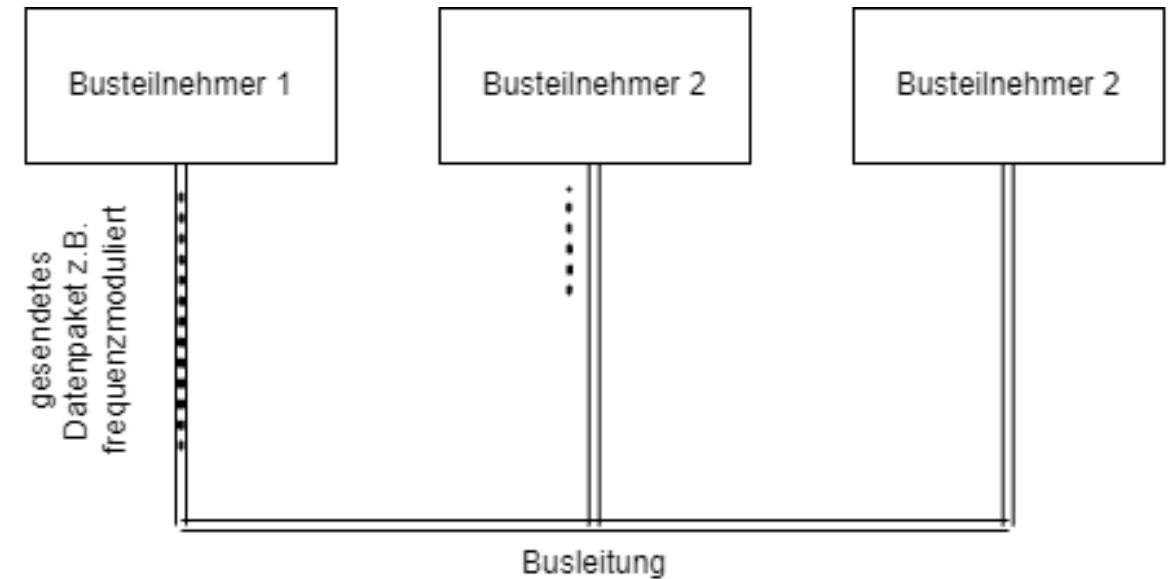


Abb. 1.12 Übersicht Buszugriffsverfahren

[Quelle](Schnell & Wiedemann 2019)
Julian Huber - Bussysteme

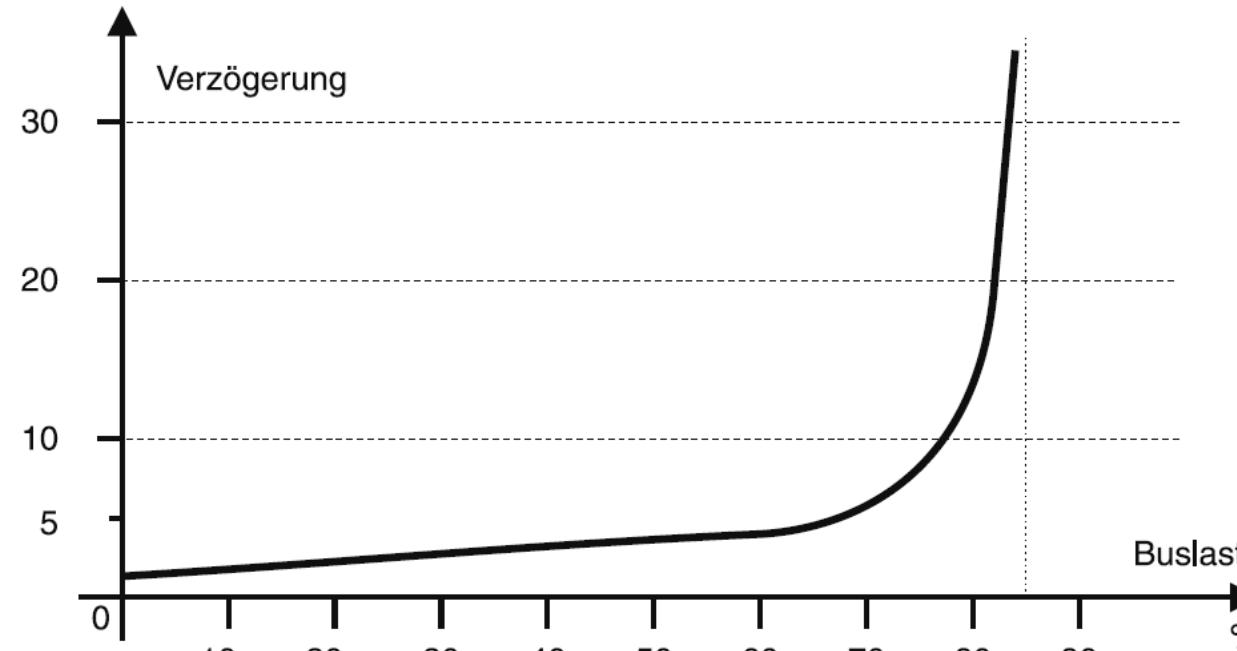
Vermeidung von Kollisionen

- verhindern: deterministische Verfahren wie Polling sorgen dafür, dass keine Kollisionen stattfinden
- erkennen: zufällige Verfahren lassen Kollisionen zu, können aber damit umgehen



Ermöglichen von Echtzeitfähigkeit

- kann garantiert werden, dass die Nachrichten in benennbar Zeit ankommen?
- Polling: Langsam, aber maximale Zeit kann berechnet und garantiert
- Zufällige Buszugriffsverfahren: maximale Zeit kann nicht garantiert werden (i.d.R. nicht Echtzeitfähig)



b. 2.17 Relative Zeitverzögerung als Folge der Busbelastung beim ETHERNET

[Quelle] (Schnell & Wiedemann
2019)

- Zeitraum oder die Datenlänge für einen Kommunikationszyklus und damit maximale Zeitdauer, bis die Daten übertragen **ist berechenbar**
- Damit wäre auch eine Schneckenpost echtzeitfähig, sofern die die versprochene Zustellzeit garantiert einhalten kann
- **zufällige** Buszugriffsverfahren sind i. d. R. **nicht echtzeitfähig**

Quelle



Deterministische Buszugriffsverfahren

- deterministisch:
 - Master/Slave-Verfahren
 - Polling (zyklische Abfrage der Slaves) - Nachteil: Langsam!
 - **Token Systeme**

Token-Systeme

Als Token, Zugstab, Signalstab, Streckenstab oder Knüppel bezeichnet man im Eisen- und Straßenbahnwesen ein Objekt, dessen **Besitz zum Befahren eines eingleisigen Streckenabschnitts berechtigt**.

- z.B. Innsbrucker Mittelgebirgsbahn

Quelle



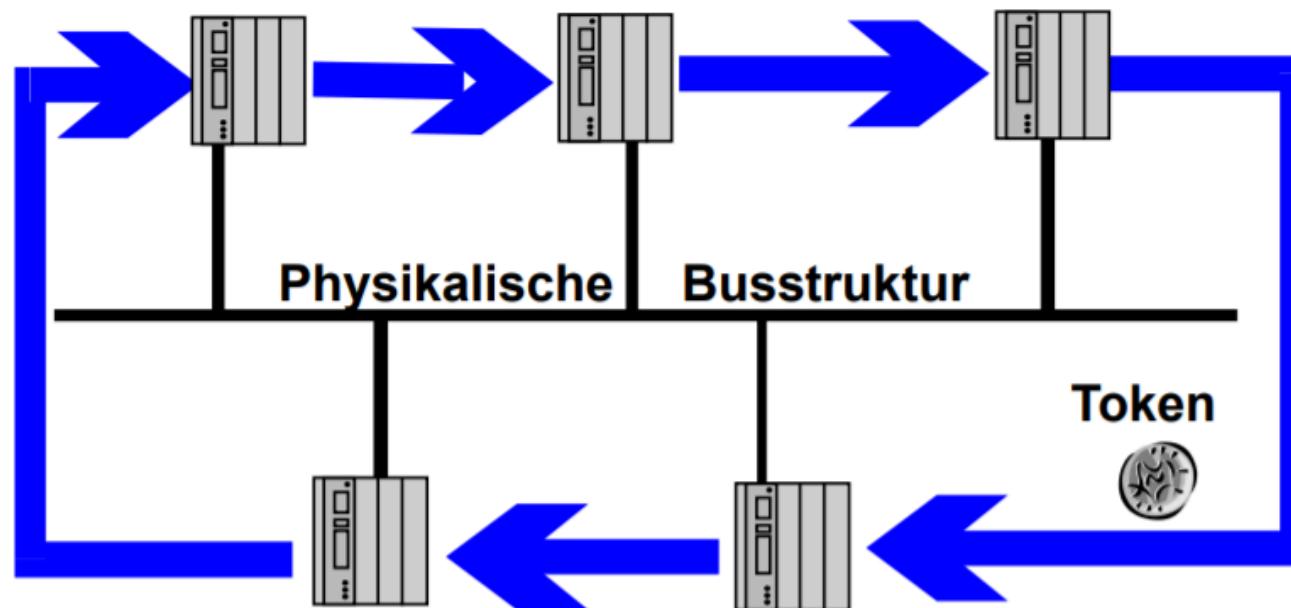


Quelle

Julian Huber - Bussysteme

Token Ring (Logischer Ring)

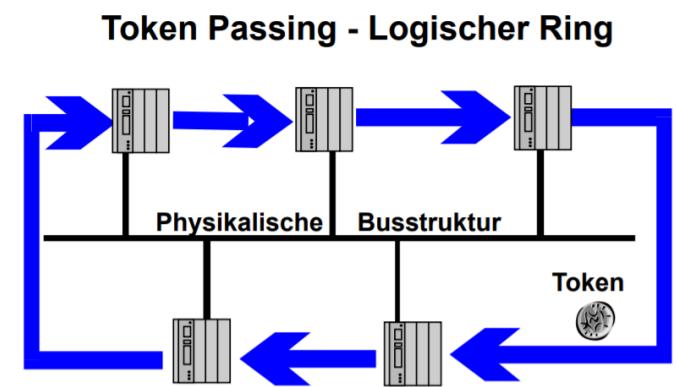
Token Passing - Logischer Ring



- **Vorsicht:** Logischer Ablauf muss nicht der verbauten Topologie entsprechen

Quelle

- alle Teilnehmer können die Kommunikationssteuerung übernehmen (Multi-Master)
- nur Teilnehmer mit **Token** hat **Buszugriffsrecht** und agieren dann als Master
- **garantierte Buszugriffszeiten**: Sender muss Token nach bestimmter Zeit wieder freigeben
- einfache Realisierung
- Kombination mit Master-Slave möglich (Token Passing)

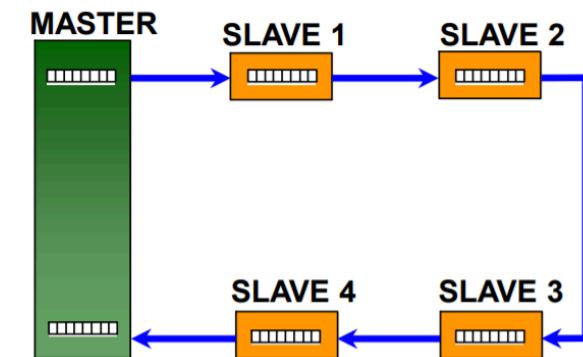


[Quelle](#)



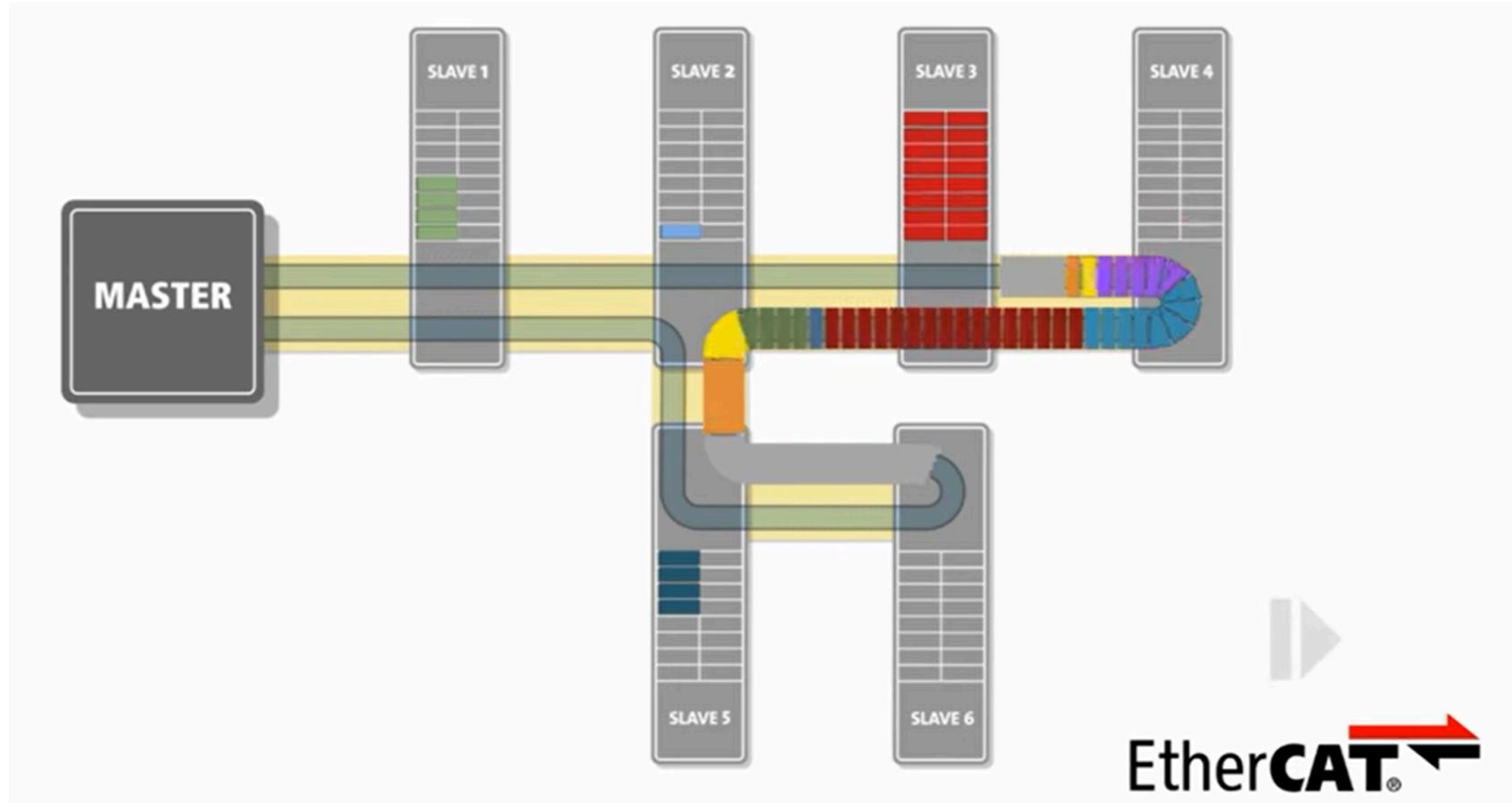
Summenrahmenprotokoll

- Der **Master** gibt alle Daten in einem **Summenrahmen** an alle Slaves
- Im Summenrahmen ist eine Rahmen für die Inputs und Outputs aller Slaves gegeben
- **garantierte Buszugriffszeiten** (deterministischer Prozess)
- sehr effiziente Busauslastung



Quelle

Summenrahmenprotokoll Beispiel EtherCat



Quelle



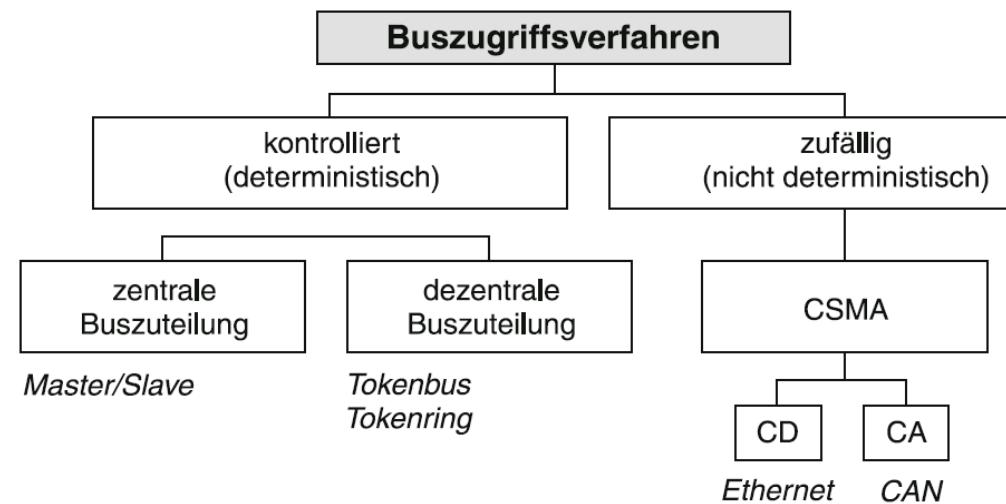
- Ein- und Ausgangsklemmen werden über Ethercat angesprochen
- Hardware wie Ethernet, jedoch mit Summenrahmenprotokoll

Quelle

Julian Huber - Bussysteme

Zusammenfassung deterministischer Buszugriffsverfahren

- Sender **vor dem Sendebeginn eindeutig bestimmt**
- Buszuteilung (Sendeerlaubnis) **zentral** von einer Leitstation (Master/Slave-Verfahren) oder **dezentral** durch mehrere Steuereinheiten (Tokenbus, Tokenring)

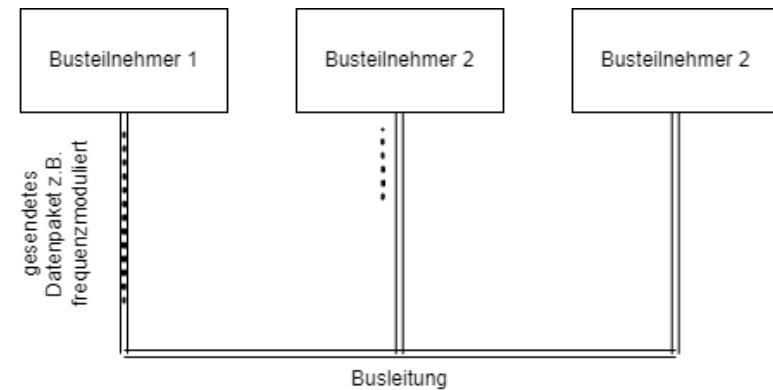


1.12 Übersicht Buszugriffsverfahren

[Quelle](Schnell & Wiedemann 2019)

Zufällige Buszugriffsverfahren

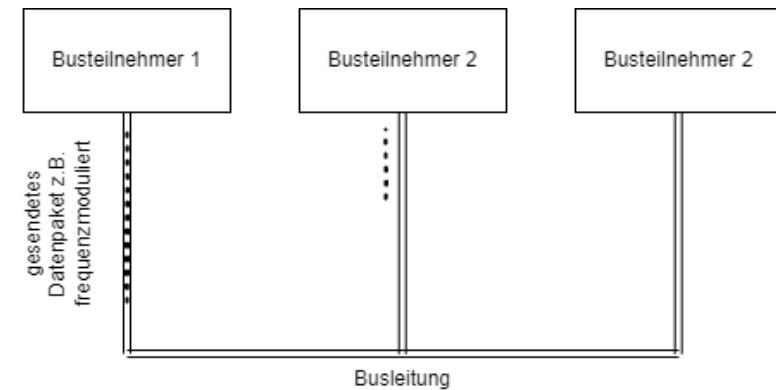
- die sende-willigen Teilnehmer greifen **nur bei Bedarf** (i.e., zufällig) auf das Übertragungsmedium zu
- z.B. bei Taster-Betätigung im Beleuchtungssystem
- Medium darf nicht anderweitig von einem anderen Teilnehmer belegt sein (**Carrier Sense**, CS)
- Ist dies der Fall, muss die Sendung auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden (**Multiple Access**, MA)





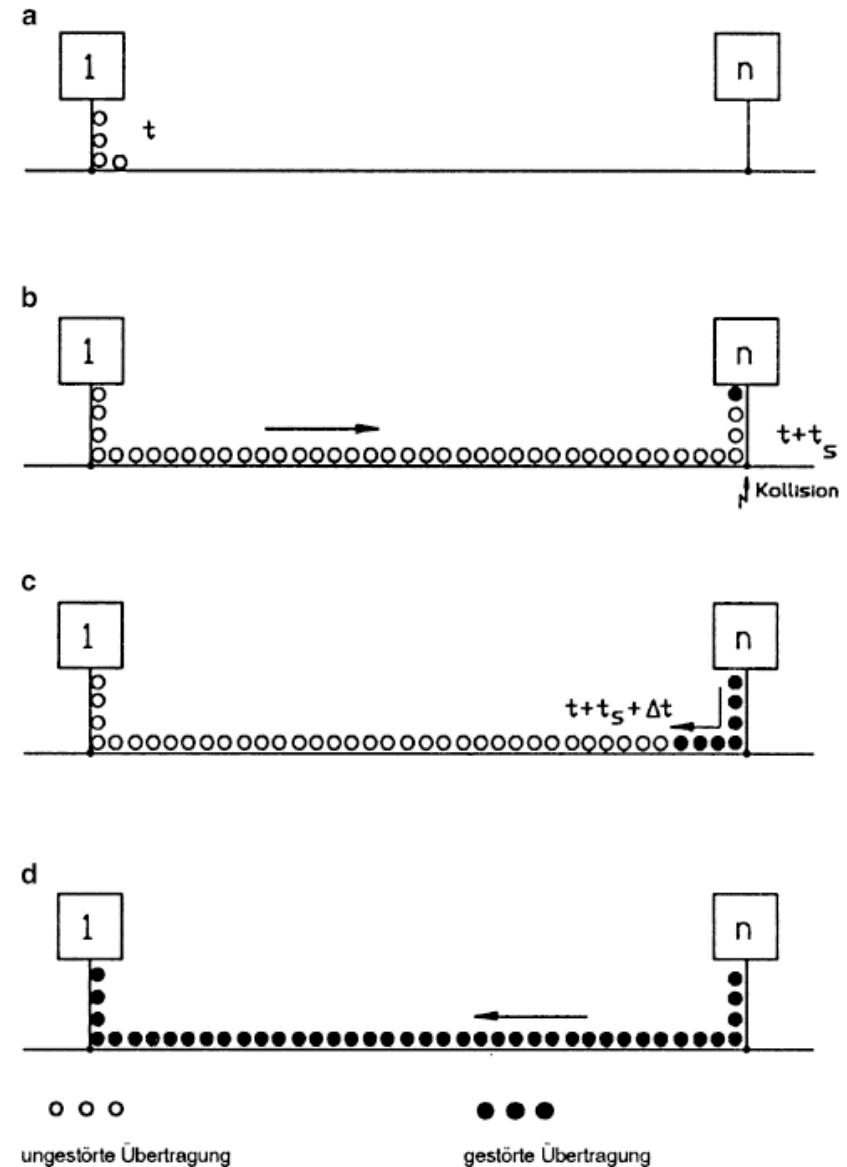
Carrier Sense Multiple Access (CS/MA)

- falls **Busleitung belegt**, **erneuter Versuch** zu späteren Zeitpunkt
- es ist allerdings ungewiss, ob Busleitung beim nächsten Versuch frei ist
- es kann keine maximale Zeit zur Datenbereitstellung garantiert (**keine Echtzeitfähig**).



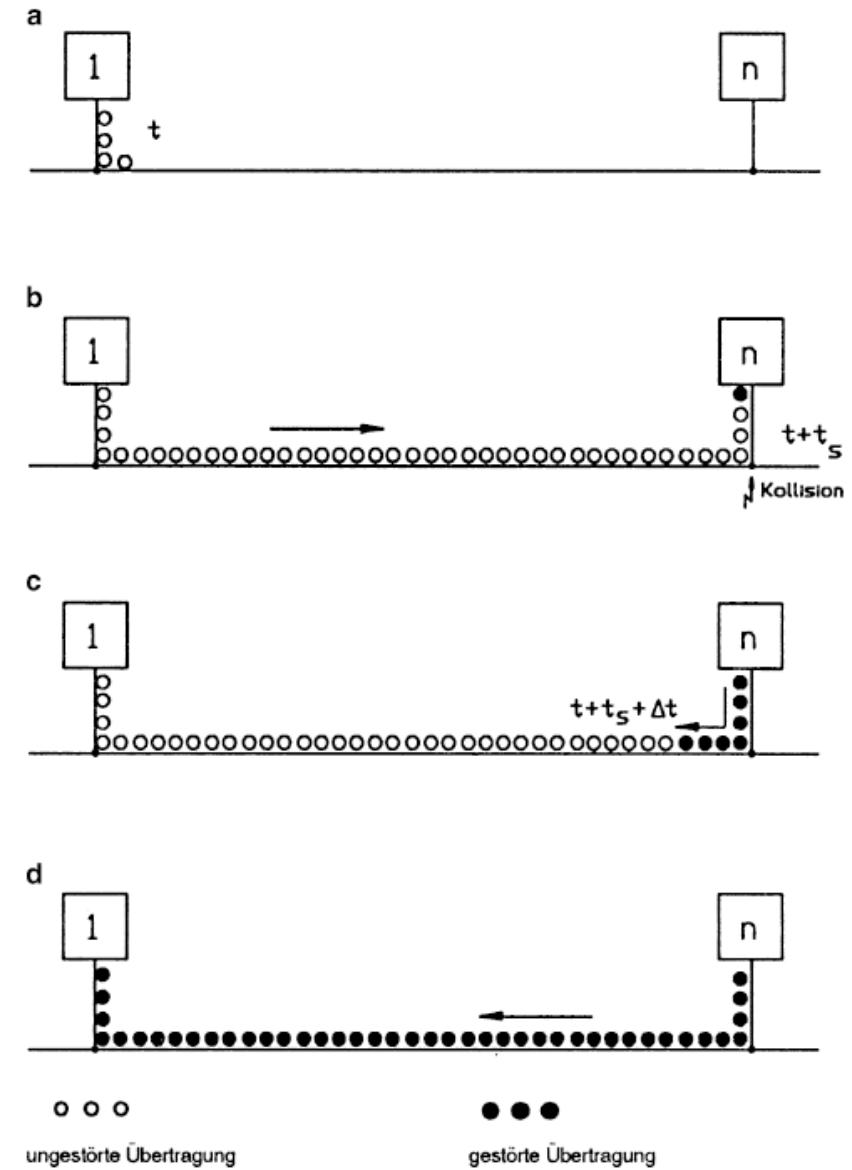
Bus-Kollision

- Zwei **Sender** beginnen etwa **gleichzeitig** mit der Sendung
- Sendungen kollidieren und zerstören sich gegenseitig (**Überlagerung** der Wellen)
- Wird erkannt, wenn der Empfänger die übertragenen Daten auf Fehler überprüft (**Prüfsumme**)
- Voraussetzung: Sender empfangen ihre eigenen Signale während der Sendung.
- ist es zur Kollision gekommen und die Übertragung wird sofort eingestellt. (**Collision Detection, CSMA/CD**)



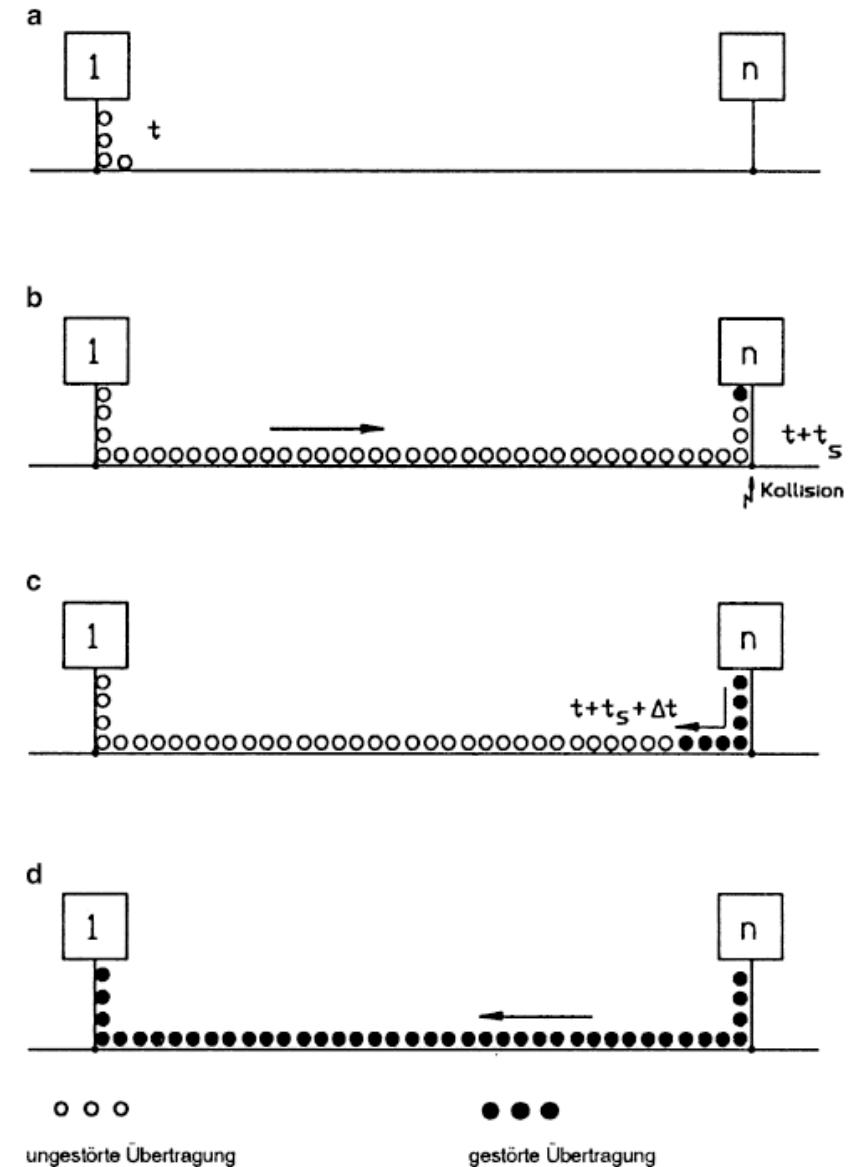
Kollisionserkennung

- **a:** Sendebeginn zum Zeitpunkt t ,
- **b:** Kollision zum Zeitpunkt $t + t_s$ mit t_s Signallaufzeit,
- **c:** Zustand zum Zeitpunkt $t + t_s + \Delta t$,
- **d:** Zustand zum Zeitpunkt $t + 2t_s$



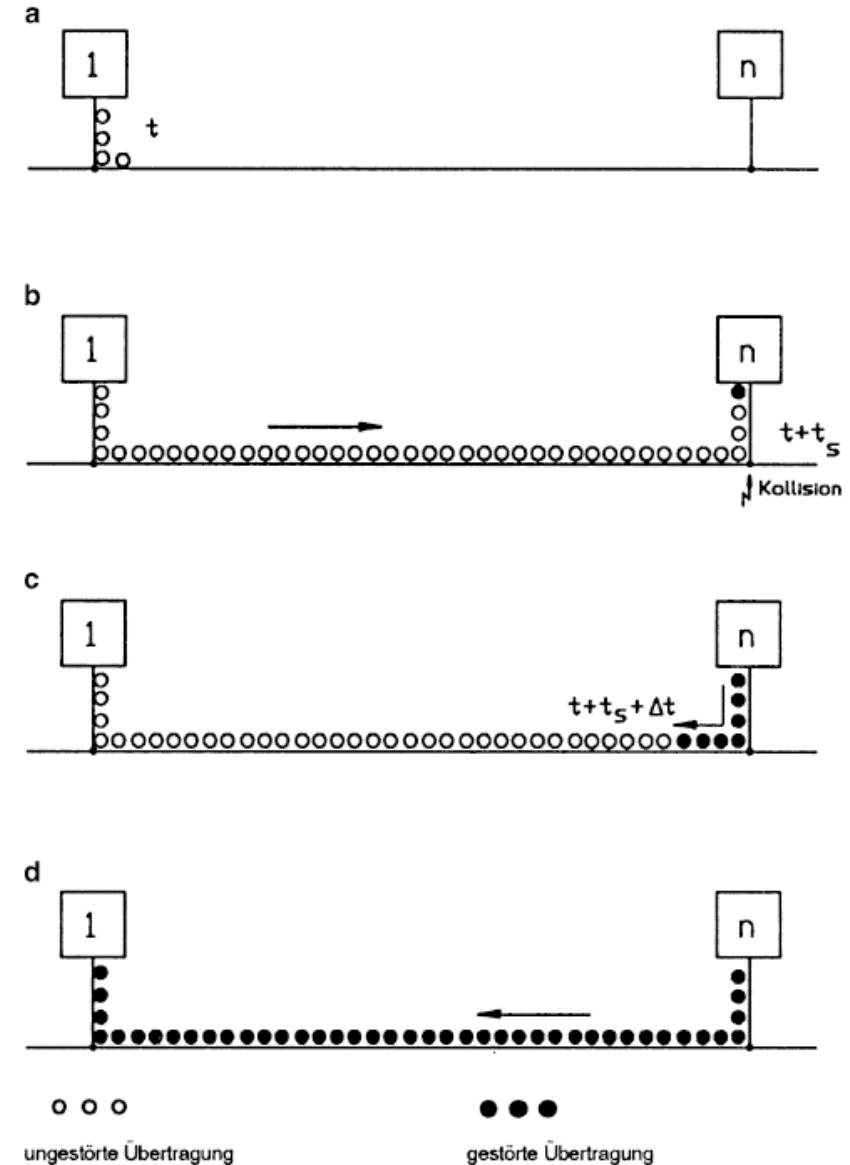
Kollisionserkennung

- der Sender n erkennt die Kollision nach $t + t_s$
- Sender 1 erst zum Zeitpunkt $t + 2t_s$.
- Pakete die kürzer sind als $t + 2t_s$ werden nicht immer durch die Kollisionserkennung erkannt



Auflösen einer Bus-Kollision

- Nach der Kollisionserkennung überträgt der Sender ein kurzes Störsignal (**jam**), mit dem er alle anderen Teilnehmer über die erkannte Kollision informiert (Broadcast).
- Alle sende-willigen Teilnehmer stellen dann ihre Sendung für eine **zufällige Zeitdauer**, die einem ganzzahligen Vielfachen der maximalen doppelten Signallaufzeit entspricht, zurück und versuchen dann **erneut** den Zugriff.



[Quelle] (Schnell & Wiedemann 2019)

Zeitverhalten

- mit steigender Busauslastung steigt die Wahrscheinlichkeit einer Kollision
- Verzögerung bis zum Zustellerfolg aller Nachrichten am Beispiel ETHERNET (CSMA/CD)

[Quelle](Schnell & Wiedemann 2019)

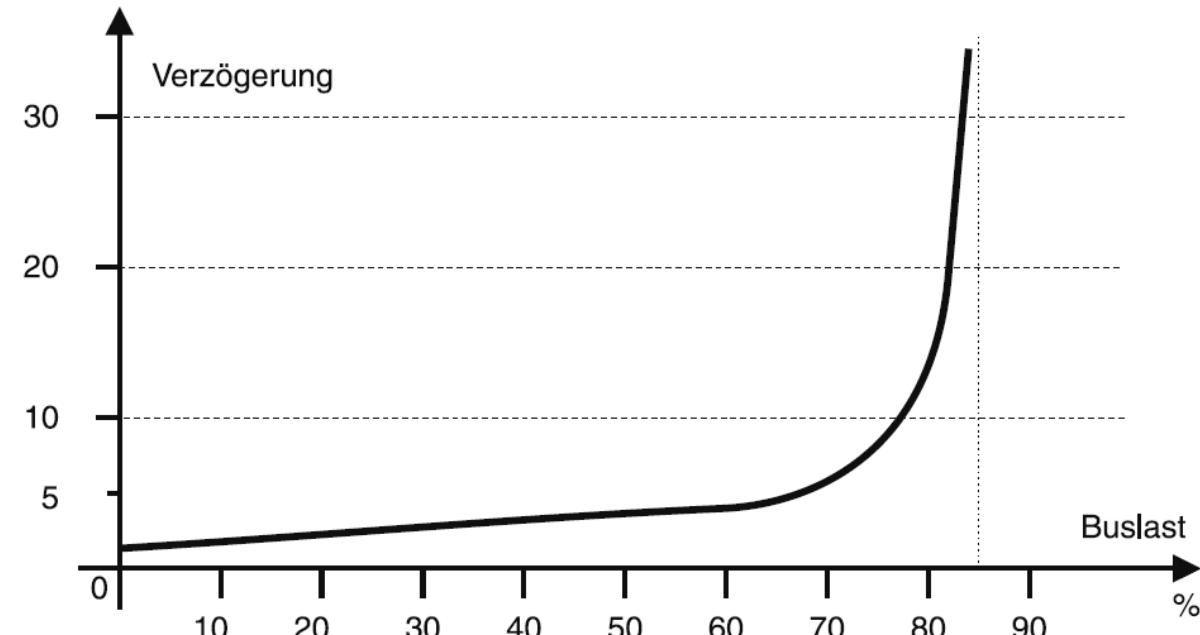
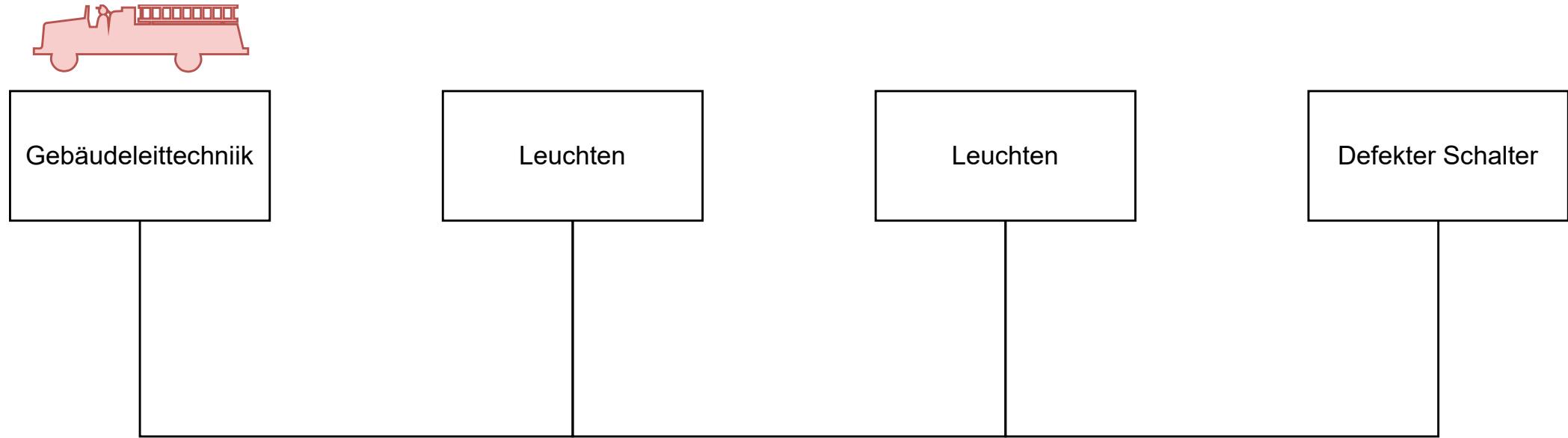


Abb. 2.17 Relative Zeitverzögerung als Folge der Busbelastung beim ETHERNET

✍ Aufgabe 5_2_2: Bewertung eines Buszugriffsverfahrens für sicherheitskritische Anwendungen



Möchte alle Leuchten anschalten

Belegt Busleitung mit kontinuierlichem Singal

- Welche Ansätze gibt es bei einem Bussystem, die Leuchten in einer Notsituation garantiert auf den Zustand leuchtend zuschalten?
- Annahme, der defekte Schalter sendet dauerhaft den Zustand aus auf den Bus, wenn er sie Chance dazu hat

✓ Lösung

- Wenn der defekte Schalter wirklich dauerhaft sendet, dann wird der Bus durch den defekten Schalter blockiert
- Beim Master-Slave Verfahren würde der Master den defekten Schalter erkennen und die Leuchten auf leuchtend schalten und in der Folge den defekten Schalter nicht mehr ansprechen