



Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg

Grundlagen der Rechnernetze (GRN)

Verzögerungsarten

Wintersemester 2018/2019

Sebastian Böhm

Folieninhalte: Alek Opitz

BTU Cottbus - Senftenberg

LS Rechnernetze und Kommunikationssysteme

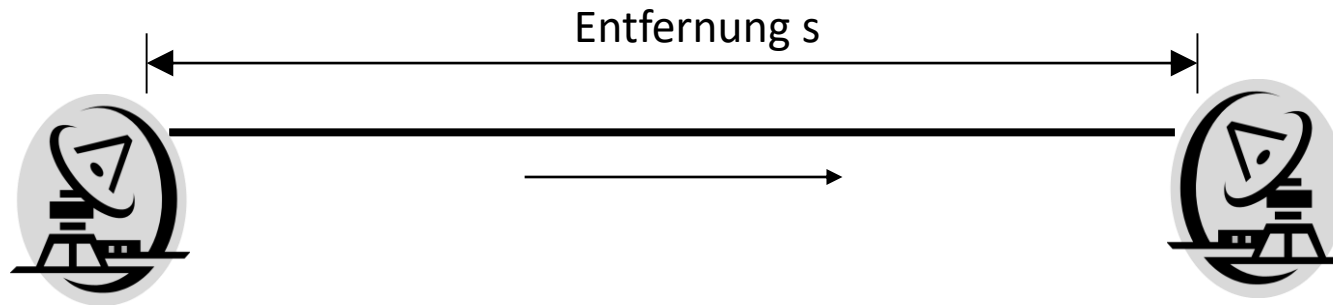


- Latenz L ist die Ende-zu-Ende-Verzögerung
- Round-Trip-Time RTT ist die Zeit, bis Antwort vom Empfänger da ist

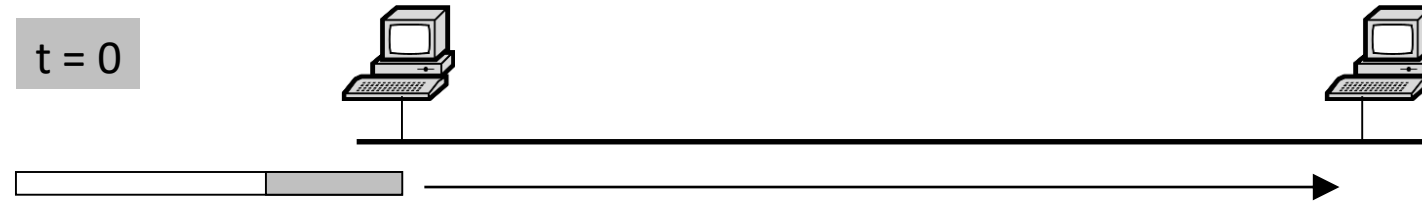
für die Berechnung obiger Größen müssen i. allg. Verzögerungsarten unterschieden werden:

- Ausbreitungsverzögerung (propagation delay)
- Serialisierungsverzögerung (serialization-, transmission-, insertion-delay)
- Verzögerungen durch Warteschlangen (Queuing-/Buffering-Delays)
- Verzögerung für Entfernung von Jitter (De-Jitter-Delay)
- Paketisierungsverzögerung (packetizing delay)

- um Informationen zu übertragen, werden Signale genutzt
- diese Signale breiten sich aber nur mit endlicher Geschwindigkeit aus
 - für die Vernetzung werden dabei praktisch ausschließlich elektromagnetische Wellen genutzt, welche sich mit Lichtgeschwindigkeit c ausbreiten
 - für Vakuum und Luft gilt: $c \approx 300.000 \text{ km/s}$
- dementsprechend ergibt sich die Ausbreitungsverzögerung: $t_A = \frac{s}{c}$
 - wichtig: c hängt vom Übertragungsmedium ab!



- Sender A ist bereit, ein Paket an B zu schicken:



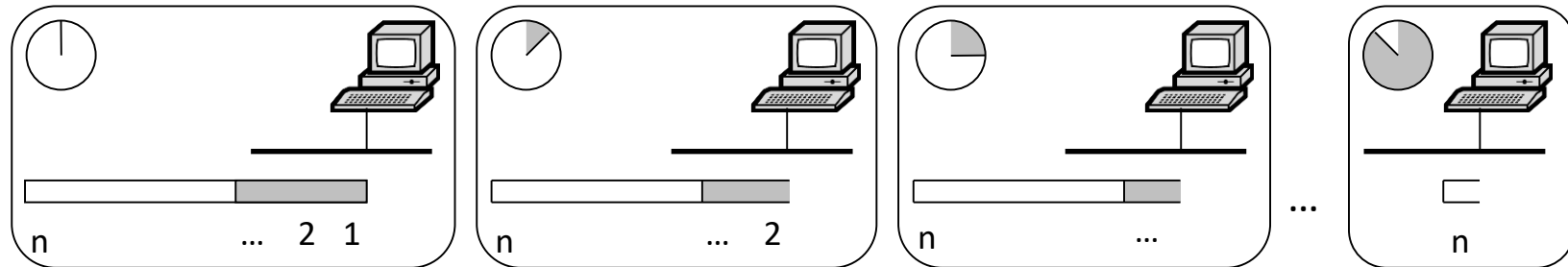
- Wann hat B dieses Paket empfangen?

→ zunächst einmal tritt Ausbreitungsverzögerung t_A auf:



- nach dieser Zeit ist aber lediglich der Anfang des Signals bei B!

- typischerweise verarbeitet der Empfänger die Daten erst nach dem vollständigen Empfang des Pakets
 - wann ist das Paket vollständig empfangen?
 - wie lange dauert also das Signal für das Paket?



- die Länge des Signals ist die Serialisierungsverzögerung t_s
- Empfänger B (s. vorige Folie) hat das Paket erst nach $t_A + t_s$ vollständig empfangen

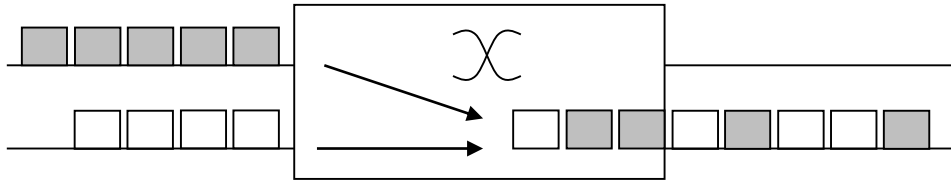


- wie lange dauert nun das Signal für ein Paket?
 - gesuchte Zeit ist gleich der Zeit, um das Paket auf die Leitung zu schicken (um es zu serialisieren → Serialisierungsverzögerung t_s)
 - es gilt: $t_s = \frac{\text{Paketgröße}}{\text{Datenübertragungsrat}}$

Anmerkung:

- Zwischensysteme sind typischerweise Store-And-Forward-Switches
- diese leiten Paket erst nach vollständigem Empfang weiter
- Serialisierungsverzögerung tritt nicht nur beim Empfänger, sondern auch bei evt. vorhandenen Zwischensystemen auf
 - t_s also für eine Ende-zu-Ende-Verbindung ggf. mehrfach einberechnen!

- sowohl beim Sender als auch bei den Zwischensystemen könnten Warteschlangen existieren
 - zum einen, wenn mehrere Sendungen von unterschiedlichen Quellen auf die selbe Ausgangsleitung müssen

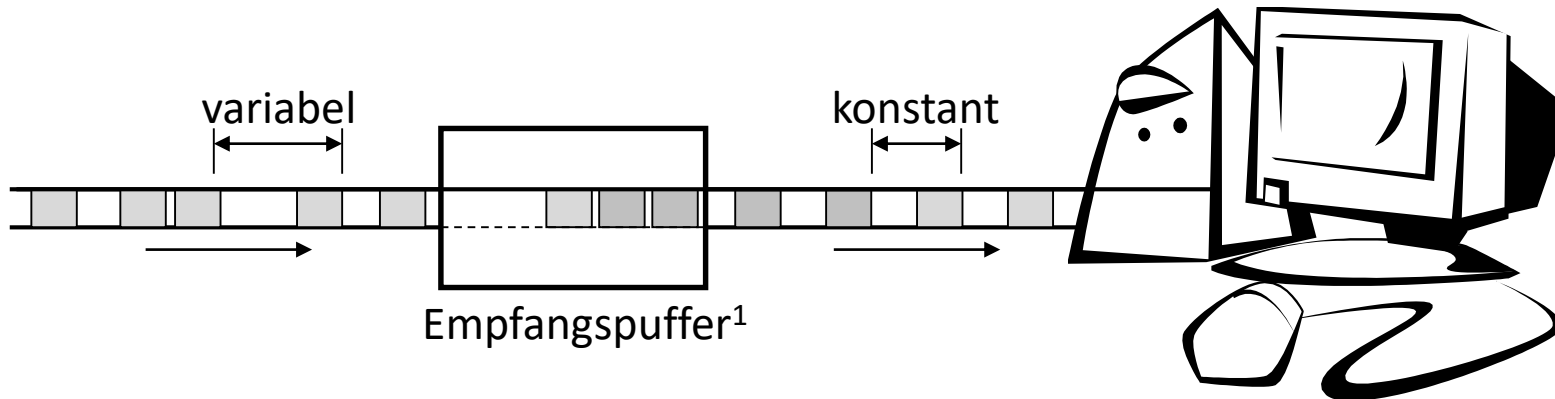


- zum anderen auch, wenn das Übertragungsmedium ein gemeinsam genutztes ist (Bsp.: Ethernet)



- außerdem kann man hier auch Zeiten für notwendige Berechnungen hinzurechnen (z.B. für Entscheidung im Router, auf welche Ausgangsleitung das Paket geschickt werden soll)

- vor allem durch die Warteschlangen kommt es dazu, dass die einzelnen Pakete unterschiedlich stark verzögert werden
 - Jitter
- für multimediale Daten (Audio-, Video-Ströme) muss der Jitter entfernt werden
 - Empfangspuffer

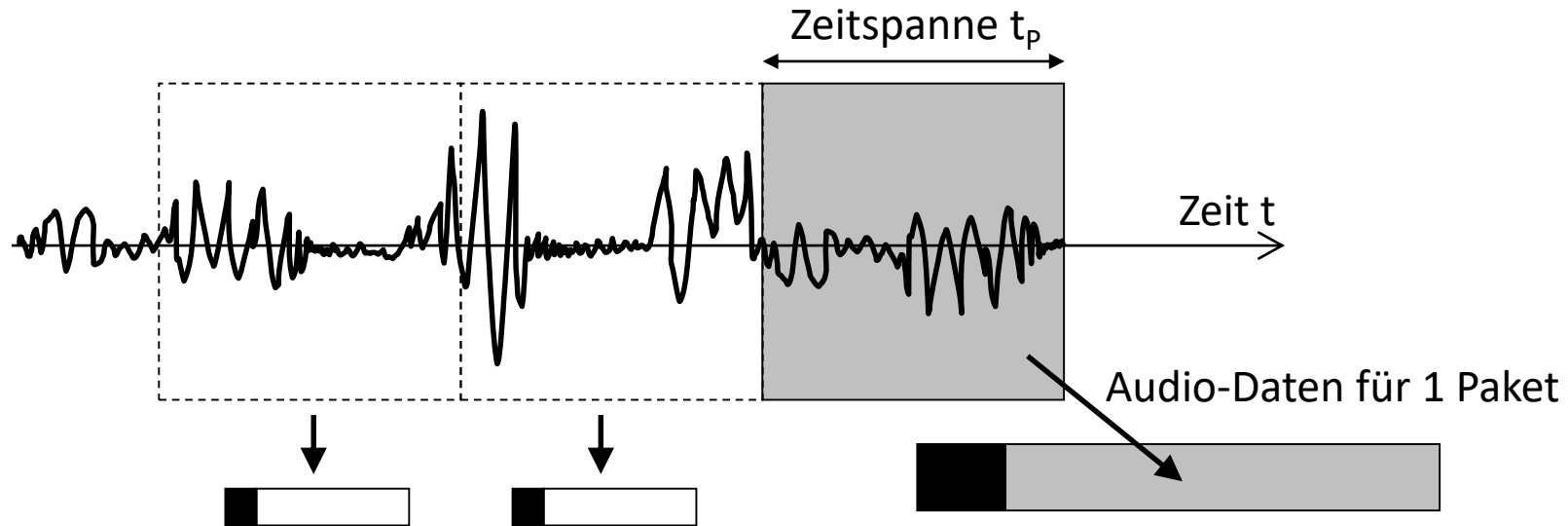




- Empfangspuffer sollen Pakete in konstantem Abstand liefern
 - zu entsprechenden Zeiten muss im Empfangspuffer Paket sein
- Berücksichtigung, dass einzelne Pakete auch etwas später kommen können
 - Verzögerung von normal verzögerten Pakete muss auf maximale Verzögerung erhöht werden

also: De-Jitter-Delay \approx maximale Verzögerung – normale Verzögerung

- vor allem bei der Übertragung von Live-Audio- oder -Video-Strömen
- die Signale werden in Pakete gepackt, um die Pakete (und damit die Signale) zu verschicken
- jedes Paket enthält somit Signale für eine bestimmte Zeitspanne t_p :





- werden die Signale gerade erst erzeugt (Live-Ströme, z.B. bei Telefongespräch), so führt dies zu einer Verzögerung der Übertragung:
 - ein Paket wird erst versendet, wenn es voll ist
 - die zuerst erzeugten Signale warten auf die Erzeugung weiterer Signale – bis das Paket voll ist
- für einen Live-Strom ist daher die Zeitspanne t_p (siehe vorige Folie), für die ein Paket die Daten enthält, gleich der Paketisierungsverzögerung
 - für eine *bereits abgespeicherte* MP3-Datei gilt dies *nicht*, weil die Signale schneller von der Festplatte gelesen werden können, als sie abgespielt werden
- **Berechnung:**
$$t_p = \frac{\text{Paketgröße (Nutzdatenanteil)}}{\text{Datenrate des Stroms}}^1$$

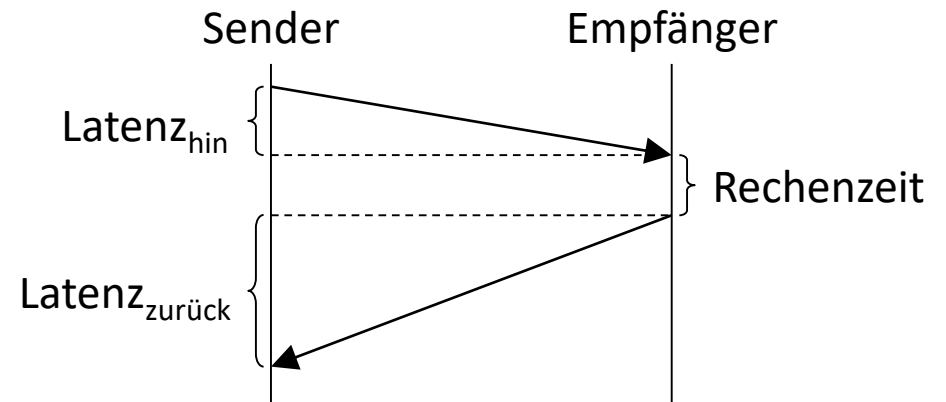


- Latenz ist die Ende-zu-Ende-Verzögerung
 - Zeit zwischen dem Vorliegen der ersten zu versendenden Daten und dem Zeitpunkt, ab dem der Empfänger die Daten verwenden kann
- die Latenz ist somit die Gesamtverzögerung und setzt sich aus den Einzelverzögerungen zusammen:
 - Paketisierungsverzögerung
 - + Ausbreitungsverzögerung
 - + Verzögerungen durch Warteschlangen und Rechenzeiten
 - + Serialisierungsverzögerungen
 - + Verzögerung für Entfernung von Jitter

= Latenz L
- Hinweis: Nicht immer treten alle Verzögerungsarten auf!
 - z.B. häufig keine Paketisierungsverzögerung und keine Entfernung von Jitter

- Round-Trip-Time (RTT) ist die Zeit, bis Antwort vom Empfänger eintrifft
 - Zeit zwischen dem Vorliegen der ersten zu versendenden Daten und dem Zeitpunkt, zu dem der Sender die Antwort des Empfängers hat
 - es gilt daher: $RTT \approx 2 \cdot \text{Latenz}$

- **Genauer:**
 - Verzögerungen können in den beiden Richtungen verschieden sein
 - außerdem Rechenzeit beim Empfänger zu berücksichtigen
 - deshalb gilt genau genommen:



$$RTT = \text{Latenz}_{\text{hin}} + \text{Rechenzeit}_{\text{Empfänger}} + \text{Latenz}_{\text{zurück}}$$



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit! Fragen?