

Ende-zu-Ende Datentransport – 3. Übung



Analytische Modelle zur Evaluierung von TCP



Aufgabe 1

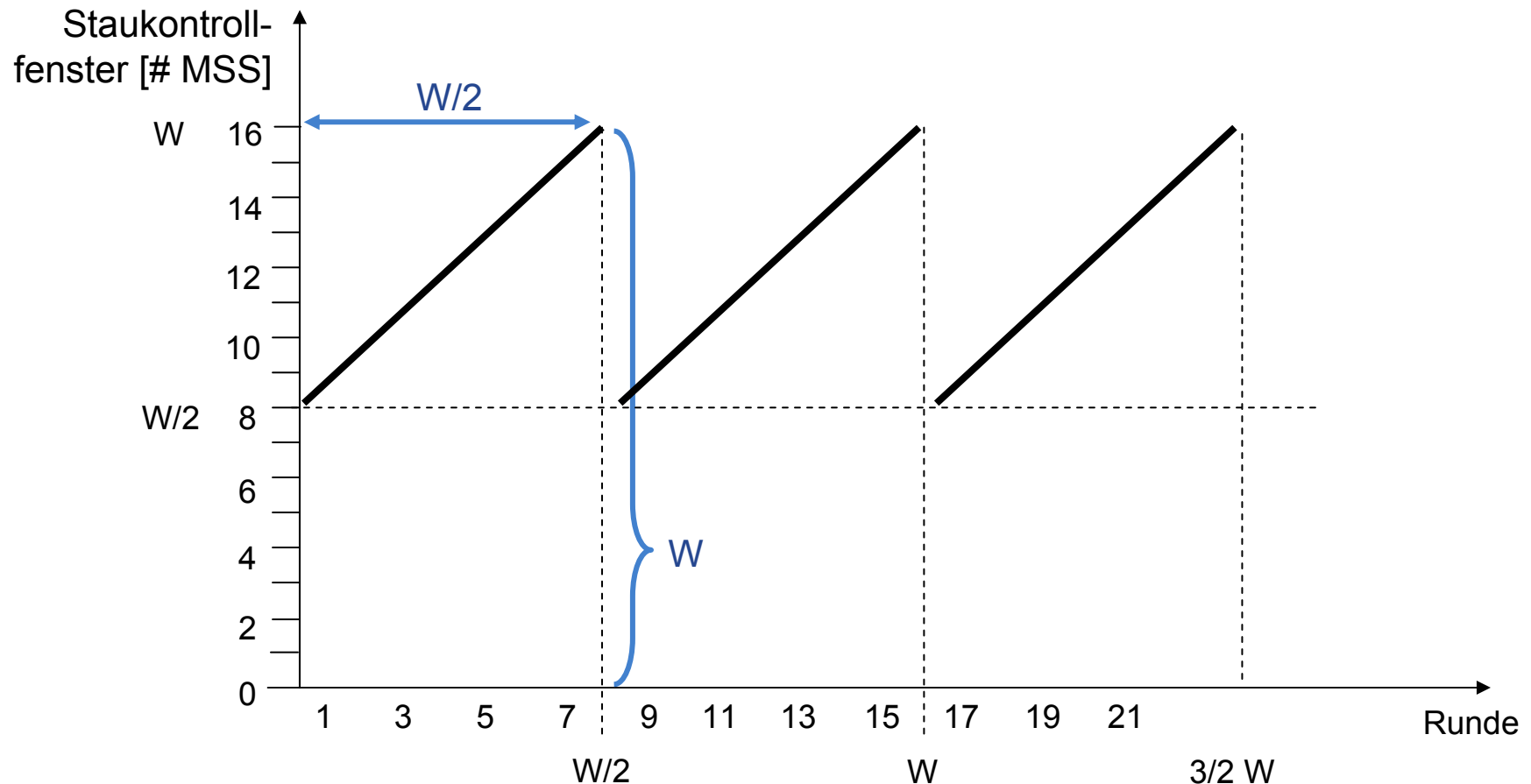


Periodisches Modell

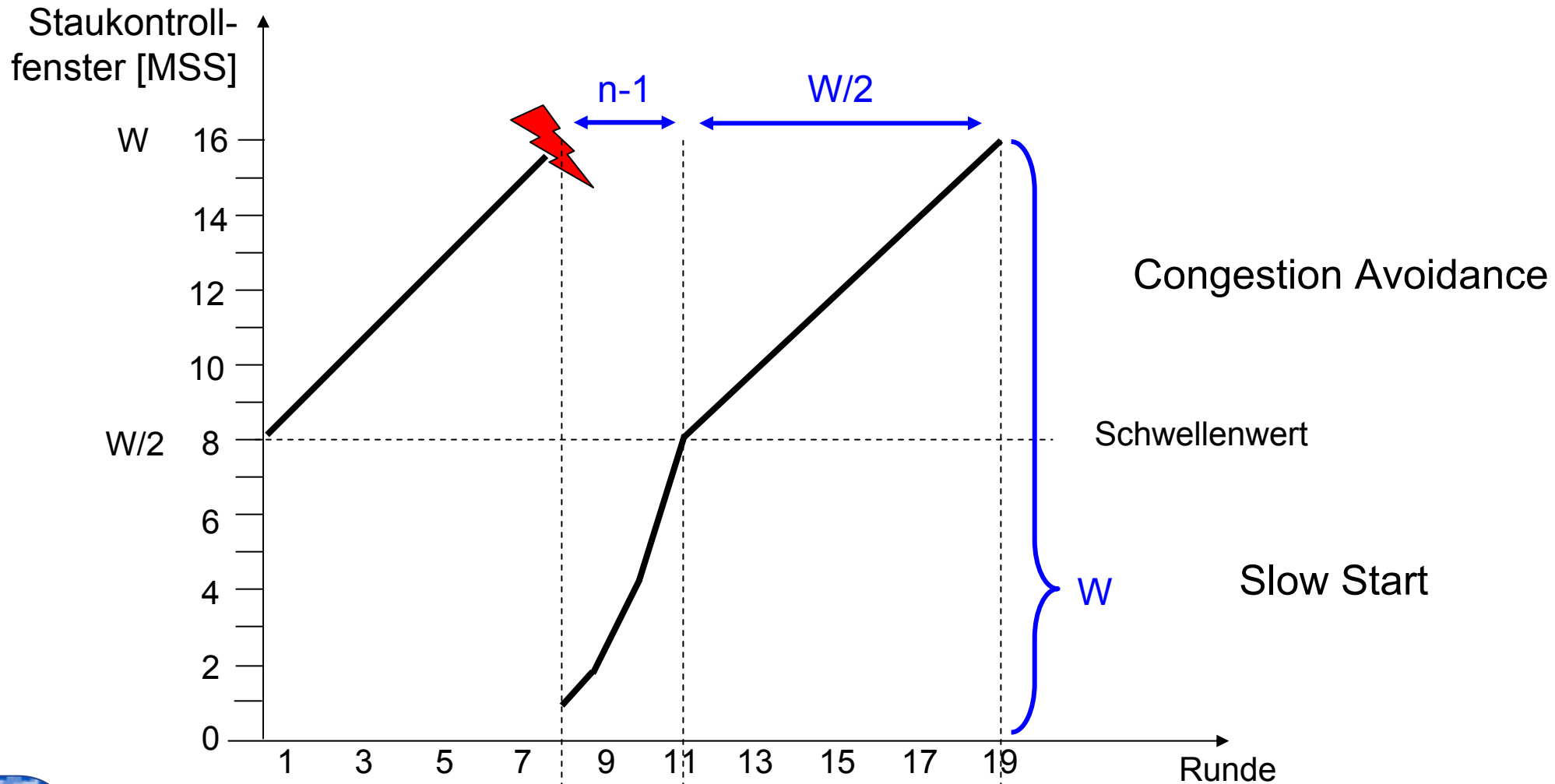


- Einfachstes Modell
 - Geht von periodischem Verlauf des Staukontrollfensters aus
 - ▶ Staukontrollfenster erreicht stets wieder gleichen Maximalwert W , bevor ein Verlust einer Dateneinheit auftritt
 - Konstante Wahrscheinlichkeit für Verlust einer Dateneinheit
 - Congestion Avoidance gemäß AIMD
 - ▶ Slow Start tritt nicht auf
 - ▶ Lineares Erhöhen
 - ▶ Einfachster Fall: 1 Dateneinheit pro Umlaufzeit
 - ▶ Multiplikatives Erniedrigen
 - ▶ Bei Auftreten eines Stausignals (z.B. Selective ACK) wird das Staukontrollfenster halbiert

- Sei W diejenige Größe des Staukontrollfensters, ab der Datenverluste auftreten.



Annahme: $W=2^n$



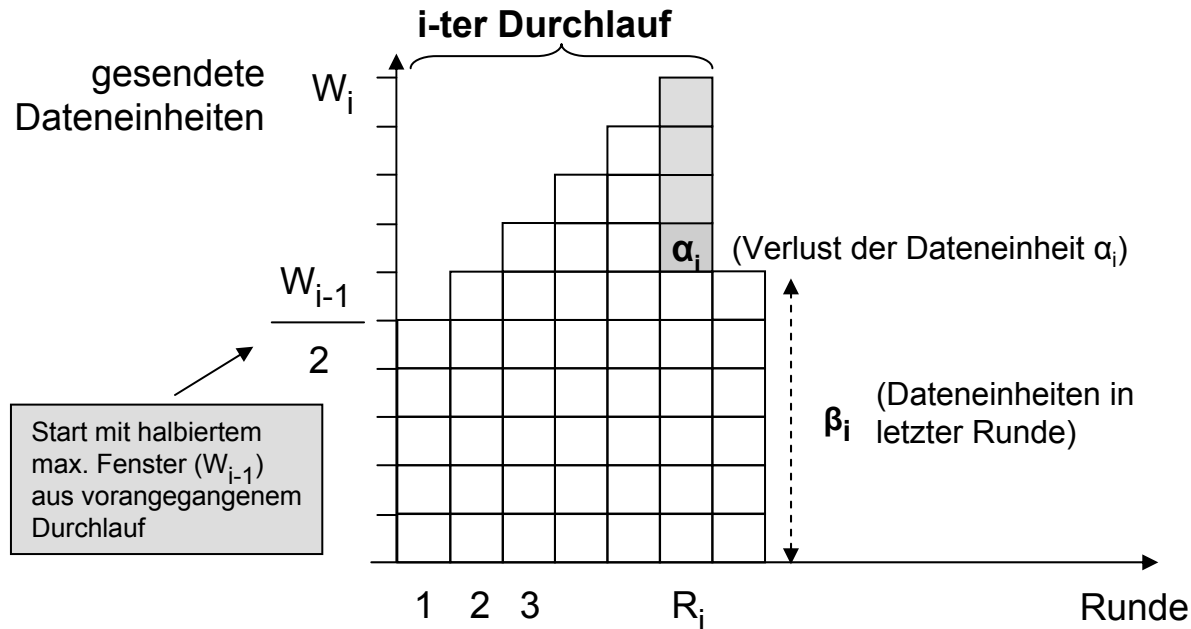
Aufgabe 2



Detaillierteres Paketverlust-Modell

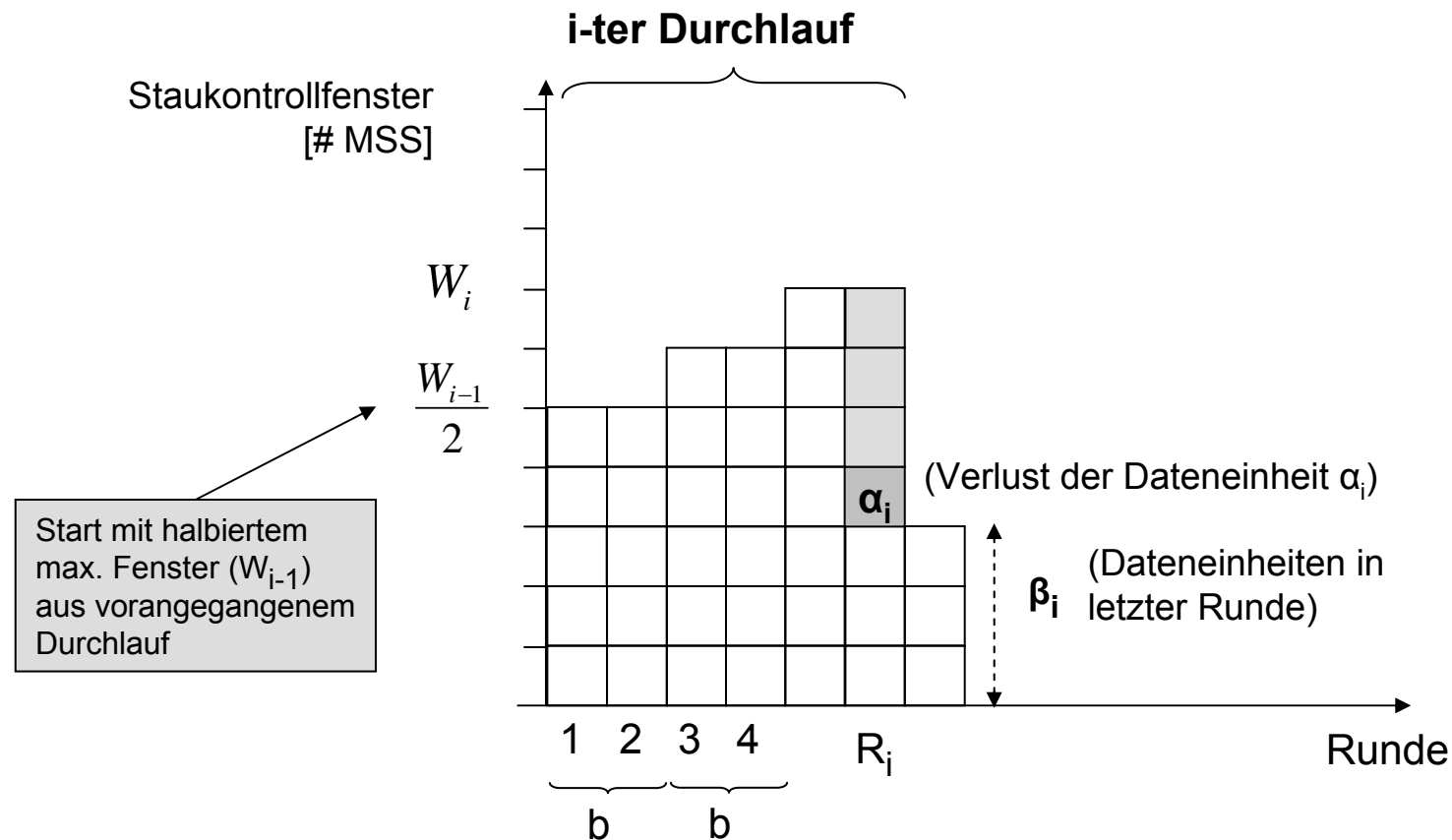


- Das Konzept **Runde**
 - Sei W die Größe des Staukontrollfensters
 - ▶ Annahme hier: Sendefenster nie der limitierende Faktor
 - Runde startet mit der Übertragung von W Dateneinheiten
 - ▶ Sind alle Dateneinheiten gesendet, so können vor Empfang einer Quittung keine weiteren gesendet werden
 - ▶ Diese Quittung markiert Ende der momentanen Runde und Beginn der nächsten Runde
 - Später in der Modellierung entspricht die Dauer einer Runde der Umlaufzeit RTT
 - ▶ Dauer einer Runde ist unabhängig von der Fenstergröße
 - ▶ Implizite Annahme: Alle Dateneinheiten eines Fensters werden in einer Zeitspanne kürzer der Umlaufzeit (RTT) gesendet
 - b sei die Anzahl der Dateneinheiten, die mit einer Quittung quittiert werden
 - ▶ Jede Quittung erhöht Fenstergröße um $1/W$



- Sei α_i Nummer der verlorenen Dateneinheit in Runde i des i -ten Durchlaufs
 - Nach der Dateneinheit α_i werden $W_i - 1$ weitere Dateneinheiten gesendet bevor Verlust erkannt wird und der i -te Durchlauf endet

- 1 Quittung quittiert 2 Dateneinheiten ($b = 2$)



Aufgabe 3



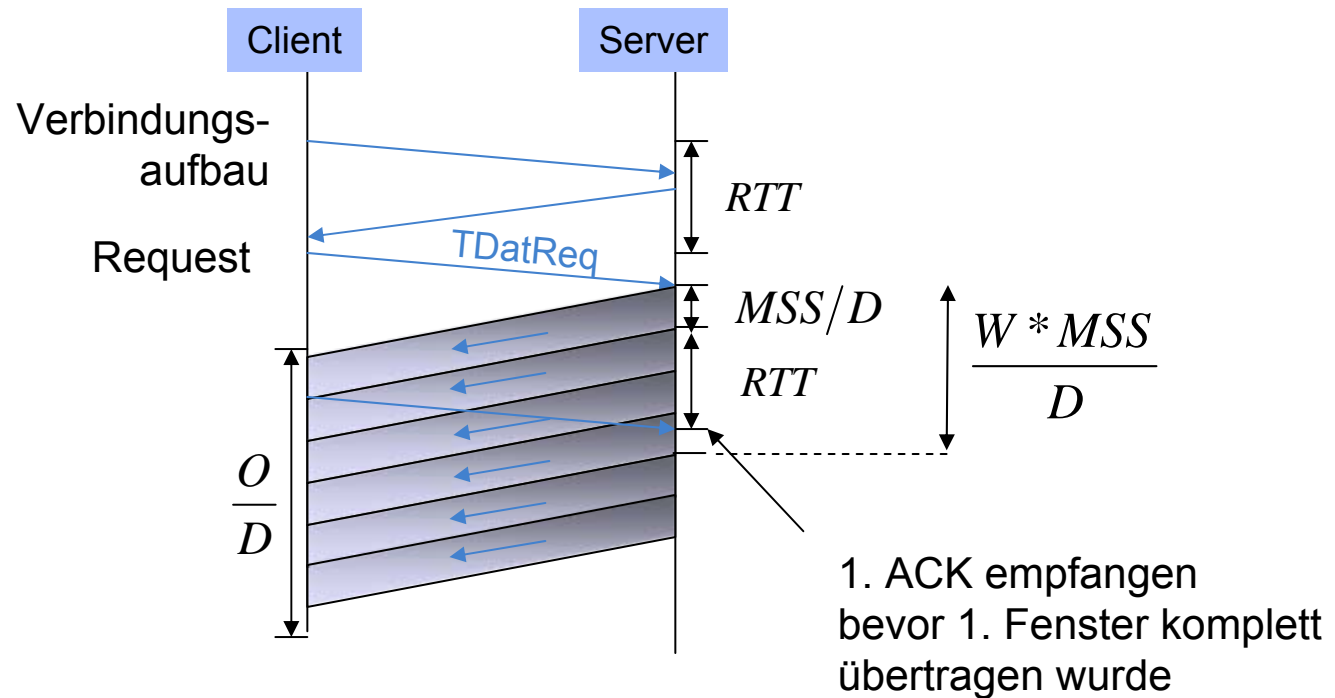
Statisches / Dynamisches Staukontrollfenster



- Definition
 - Zeit zwischen der Initiierung einer TCP-Verbindung und dem Erhalt der angeforderten Daten
- Wichtige Faktoren
 - Verbindungsaufbauzeit
 - Slow-Start-Phase
- Vereinfachungen
 - Staukontrollfenster limitiert Datenmenge, die Sender senden kann (d.h. großer Empfangspuffer ist vorhanden)
 - Es treten keine Sendewiederholungen auf
 - Overhead, der durch Kontrollinformation erzeugt wird (z.B. TCP-Kopf), wird vernachlässigt
 - Die zu übertragenden Daten sind ganzzahlige Vielfache der MSS
 - Sendezeit von Quittungen etc. wird vernachlässigt
 - Initialer Schwellenwert SSThresh ist so hoch, dass er nicht erreicht wird

- 1. Fall:
 - Empfang einer Quittung bevor Übertragung des Fensters beendet ist

$W = 4 \text{ MSS}$

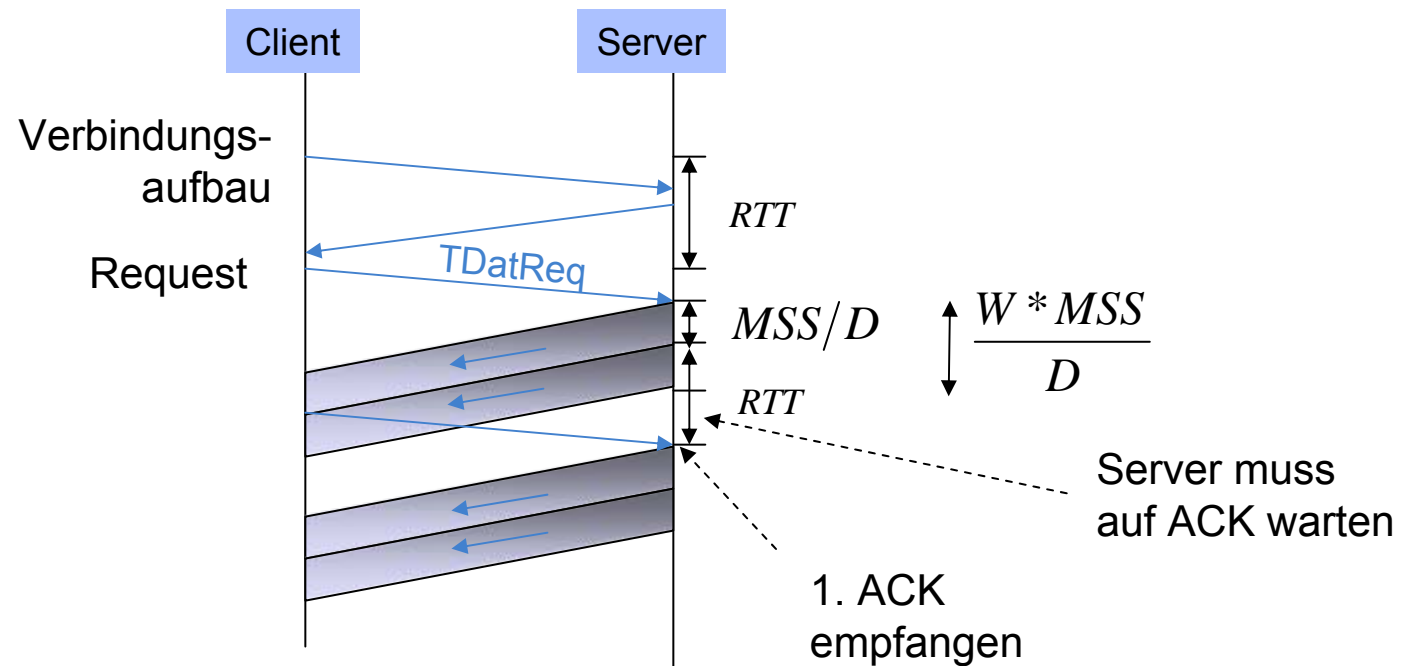


1. ACK empfangen
bevor 1. Fenster komplett
übertragen wurde

⇒ Server kann **ohne Pause**
weitsenden

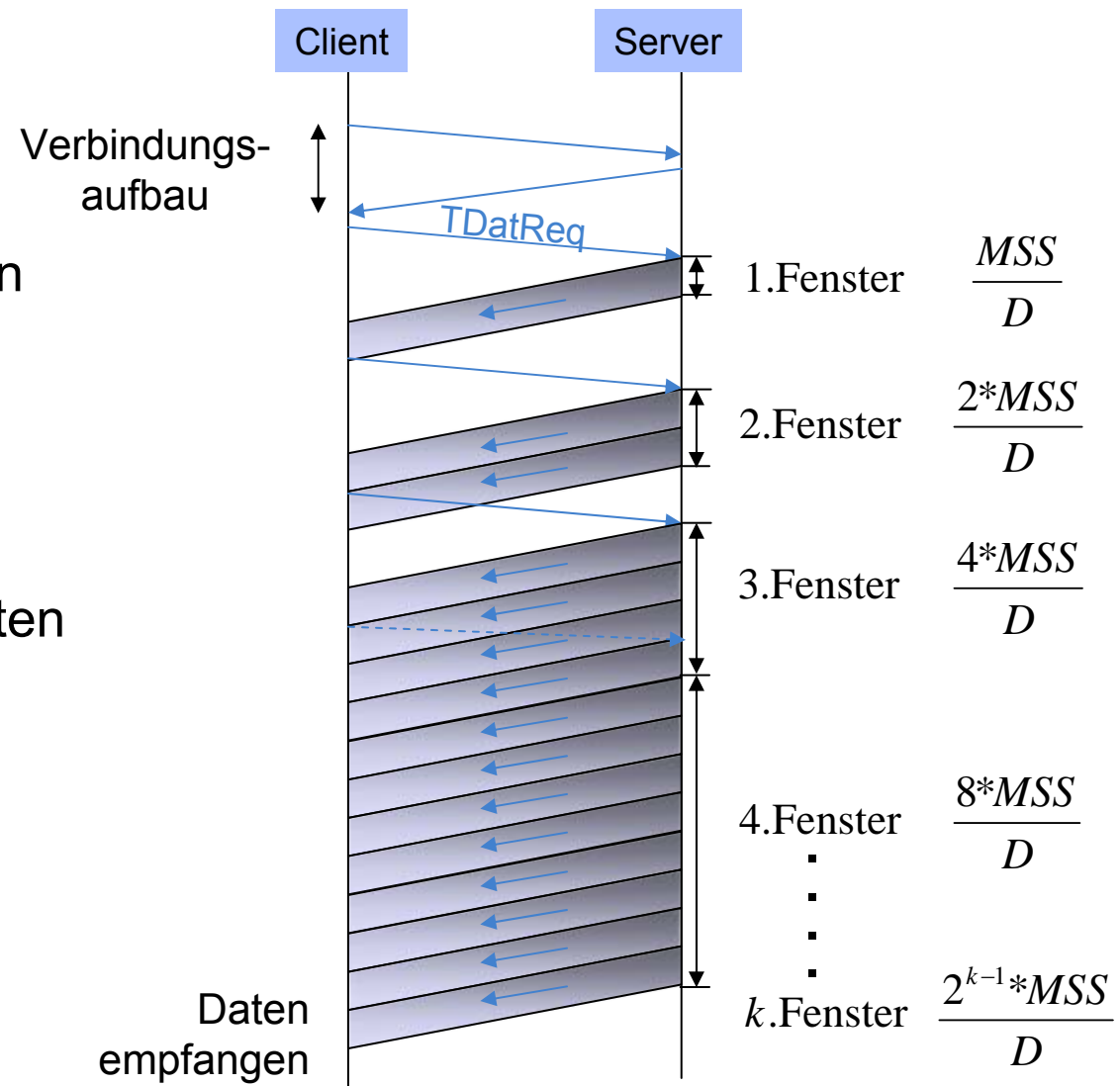
- 2. Fall
 - Sender sendet komplettes Fenster bevor er eine Quittung erhält

$W = 2 \text{ MSS}$



- Beobachtung

- Nachdem der Server ein Fenster an Daten übertragen hat, muss er ggfs. auf eine Quittung warten
- Die Übertragungsdauer besteht aus drei Komponenten
 - ▶ Verbindungsaufbau
 - ▶ Sendedauer
 - ▶ Wartezeit



- Beobachtung
 - Fenster wird bei Slow-Start mit jeder RTT verdoppelt
 - ▶ Das k -te Fenster enthält 2^{k-1} TCP-Dateneinheiten
 - O / MSS repräsentiert die Anzahl der Dateneinheiten je Datenmenge der Größe O
 - K sei die **Anzahl der Fenster**, mit denen die Datenmenge O übertragen wird
 - ▶ Es gilt

$$\begin{aligned}
 K &= \min \left\{ k : 2^0 + 2^1 + 2^2 + \dots + 2^{k-1} \geq \frac{O}{MSS} \right\} \\
 &= \min \left\{ k : 2^k - 1 \geq \frac{O}{MSS} \right\} \\
 &= \min \left\{ k : k \geq \log_2 \left(\frac{O}{MSS} + 1 \right) \right\} \\
 &= \left\lceil \log_2 \left(\frac{O}{MSS} + 1 \right) \right\rceil
 \end{aligned}$$

- Nachdem ein Fenster an Daten übertragen wurde, muss ggfs. auf eine Quittung gewartet werden
 - Die Sendedauer für das k -te Fenster beträgt

$$2^{k-1} \cdot \frac{MSS}{D}$$

- Die Wartezeit des Servers auf eine Quittung ist die Differenz

$$\frac{MSS}{D} + RTT - 2^{k-1} \frac{MSS}{D}$$

- Die Übertragungsdauer besteht aus drei Komponenten
 - $2 \cdot RTT$ für den Verbindungsaufbau
 - Die Sendedauer O / D für die zu übertragende Datenmenge
 - Die Summe aller Wartezeiten des Servers auf Quittungen

$$\text{Übertragungsdauer} = 2 \cdot RTT + \frac{O}{D} + \sum_{k=1}^{K-1} \max \left(\frac{MSS}{D} + RTT - 2^{k-1} \frac{MSS}{D}; 0 \right)$$

Summanden nie kleiner Null

Fragen?

