
Rechnernetze und Verteilte Systeme

– Abschlusstest 1 vom 06.03.2026 –

Es sind ausschließlich folgende zwei Hilfsmittel erlaubt: Ein Taschenrechner (ohne Kommunikationsmöglichkeit, nicht grafisch, und ohne Speicher für Text und Dateien) und *ein* beidseitig handbeschriebenes A4-Blatt mit persönlichen Notizen

Die Prüfung dauert 60 Minuten. Für jede Aufgabe finden Sie eine Angabe mit den erreichbaren Punkten. Rechnen Sie grob mit einer Minute pro Punkt; so bleibt genügend Zeit für ein erstes Durchlesen und eine abschließende Korrekturphase.

Einheiten sind stets als SI-Einheiten zu verstehen. Darüber hinaus bezeichnet das Symbol "bit" die Einheit Bits; und das Symbol "B" die Einheit Bytes. Gehen sie davon aus, dass $1000\text{bit} = 1\text{kbit}$.

Antworten sie knapp, eindeutig und leserlich. Lesen Sie die Aufgaben genau, bevor Sie antworten. Streichen Sie falsche Antworten eindeutig durch. Verwenden Sie nur dokumentenechte Stifte in den Farben blau und schwarz. Unleserliche, uneindeutige oder in sich widersprüchliche Antworten werden als falsch gewertet.

Es werden ausschließlich Antworten auf den 18 Seiten des Abschlusstests bewertet. Prüfen Sie vor Beginn des Abschlusstests, dass dieser vollständig ist. Falls Sie mehr Platz benötigen, finden Sie am Ende des Abschlusstests zusätzliche leere Antwortfelder. Geben Sie in diesen exakt an, auf welche Aufgabe sich die angegebenen Antworten beziehen.

Bitte beachten Sie die Bewertungsregeln für Multiple-Choice-Aufgaben: Für jede korrekt angekreuzte Antwort erhalten sie 0,5 Punkte, für jede falsch angekreuzte Antwort werden 0,5 Punkte abgezogen. Nicht angekreuzte Antworten haben **keinen Einfluss** auf die Bewertung. Jede Teilaufgabe – erkennbar anhand eines Buchstabens, z.B. (a) – wird separat ausgewertet und erhält mindestens 0 Punkte.

Viel Erfolg!

Frage	Punkte	Erreicht
Bandbreitenverzögerungsprodukt	6	
Circuit vs. Packet Switching	3	
Protokolle	5	
SMTP Protokoll: Client-Server	2	
DNS	6	
HTTP	4	
DHT	5	
NTP	3	
TCP über drahtlose Links	1	
Vergleich von Transportprotokollen	2	
TLS/TCP vs. QUIC	2	
TCP	5	
IP-Subnetze	2	
Berkeley-Sockets	4	
Gesamt	50	

Aufgabe 1: Bandbreitenverzögerungsprodukt

6 Punkte

Angenommen, Sie befinden sich im Jahr 1991 und nutzen ein Dial-Up-Modem, um sich mit dem Internet zu verbinden. Dessen Datenrate beträgt $56,0 \text{ kbit s}^{-1}$. Sie möchten nun Ihre neuen Urlaubsbilder an Ihre Schwester im Ausland schicken. Die Bilder haben eine Gesamtgröße von 38,402 MB und Ihre Schwester befindet sich in San Francisco, sodass die Gesamtleitungslänge zwischen Ihnen 9000 km beträgt. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Kupfer liegt bei $200\,000\,000 \text{ ms}^{-1}$. Gehen Sie von Circuit Switch mit einer bereits aufgebauten Verbindung aus. Geben Sie bei allen Rechnungen die Formel mit an.

- (a) Wie lange braucht ein bit von A nach B? (1P)
- (b) Wie viele bits sind gleichzeitig unterwegs? (1P)
- (c) Wie lange braucht die vollständige Übertragung der Bilder zu Ihrer Schwester? (2P)
- (d) Nun möchten Sie die gleichen Bilder (38,402 MB) Ihrer Oma zeigen. Diese ist fußläufig über eine Distanz von 2,45 km erreichbar. Dafür brennen Sie zunächst Ihre Bilder auf eine CD mit $590,8 \text{ kB s}^{-1}$ Schreibgeschwindigkeit und laufen dann mit entspannten $2,88 \text{ km h}^{-1}$ zu Ihrer Oma. Wie lange braucht die Übertragung der Bilder zu Ihrer Oma? (2P)

Aufgabe 2: Circuit vs. Packet Switching

3 Punkte

Entscheiden Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

	Wahr	Falsch
i) Beim Circuit Switching gibt es keinen expliziten Verbindungsaufbau; Pakete (enthalten Daten & Kontrollinfo) werden unabhängig voneinander übertragen.	☐	☐
ii) Packet Switching eignet sich hervorragend für Sprachtelefonie, da eine dedizierte Verbindung vorliegt.	☐	☐
iii) Im Falle von Circuit Switching wird keine Adressierung in der Datenphase benötigt; die Adressierung erfolgt ausschließlich während des Verbindungsaufbaus.	☐	☐
iv) Falls es zu einem Ausfall einer Vermittlungsstelle im Circuit Switching kommt, ist die Verbindung nicht mehr nutzbar und es muss ein neuer Circuit aufgebaut werden.	☐	☐
v) Bei einer stetigen Zufallsvariable ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie genau einen bestimmten Wert annimmt, gleich null.	☐	☐
vi) Die Sicherstellung von Quality of Service im Fall vom Packet Switching ist schwierig, da Congestion (Stau) auftreten kann.	☐	☐
vii) Im Fall von Circuit Switching ist die Realisierung von Congestion Control notwendig, da Ressourcen in Routern geteilt werden.	☐	☐

Aufgabe 3: Protokolle

5 Punkte

Sie schalten Ihren Computer erstmalig ein. Es existieren keine zwischengespeicherten (gecachten) Informationen. Sie rufen nun erstmals die Internetseite www.ieee.org/index.html auf.

Welche Netzwerkprotokolle sind nach der Vorlesung an diesem Vorgang auf jeden Fall beteiligt? Beschreiben Sie für jedes genannte Protokoll kurz dessen Aufgabe im Ablauf.

Aufgabe 4: SMTP Protokoll: Client-Server

2 Punkte



(a) Betty verschickt eine Email an Adam. Welche Rolle haben die Akteure?

	Client	Server	Beide	Keine
i) Adam	☐	☐	☐	☐
ii) mail.com	☐	☐	☐	☐
iii) me.com	☐	☐	☐	☐
iv) Betty	☐	☐	☐	☐

Aufgabe 5: DNS

6 Punkte

Gegeben ist folgender vereinfachter DNS Trace:

Von → An	Anfrage	Typ	Antwort / Ziel
Client → local DNS	ieeexplore.ieee.org	A	–
local DNS → a.root-servers.net	ieeexplore.ieee.org	A	–
a.root-servers.net → local DNS	org.	NS	a0.org.afiliast-nst.info
local DNS → a.root-servers.net	a0.org.afiliast-nst.info	A	–
a.root-servers.net → local DNS	a0.org.afiliast-nst.info	A	199.249.112.1
local DNS → a0.org.afiliast-nst.info	ieee.org	NS	–
a0.org.afiliast-nst.info → local DNS	ieee.org	NS	ns3.ieee.org
a0.org.afiliast-nst.info → local DNS	ns3.ieee.org	A	142.152.63.12
local DNS → ns3.ieee.org	ieeexplore.ieee.org	A	–
ns3.ieee.org → local DNS	ieeexplore.ieee.org	A	18.64.79.10
local DNS → Client	ieeexplore.ieee.org	A	18.64.79.10

- (a) Erklären sie **kurz** die Hauptaufgabe des DNS. (1P)
- (b) Für welchen Domain-Name sucht der Client die IP-Adresse und wie lautet die zugehörige IP-Adresse? (1P)
- (c) Welche DNS-Server werden für die Abfrage angesprochen? Geben Sie den Funktionsnamen / Zuständigkeit und die zugehörigen Hostnamen an. (2P)
- (d) Handelt es sich bei dem Trace um eine iterative oder rekursive Anfrage? **Begründen Sie!** (2P)

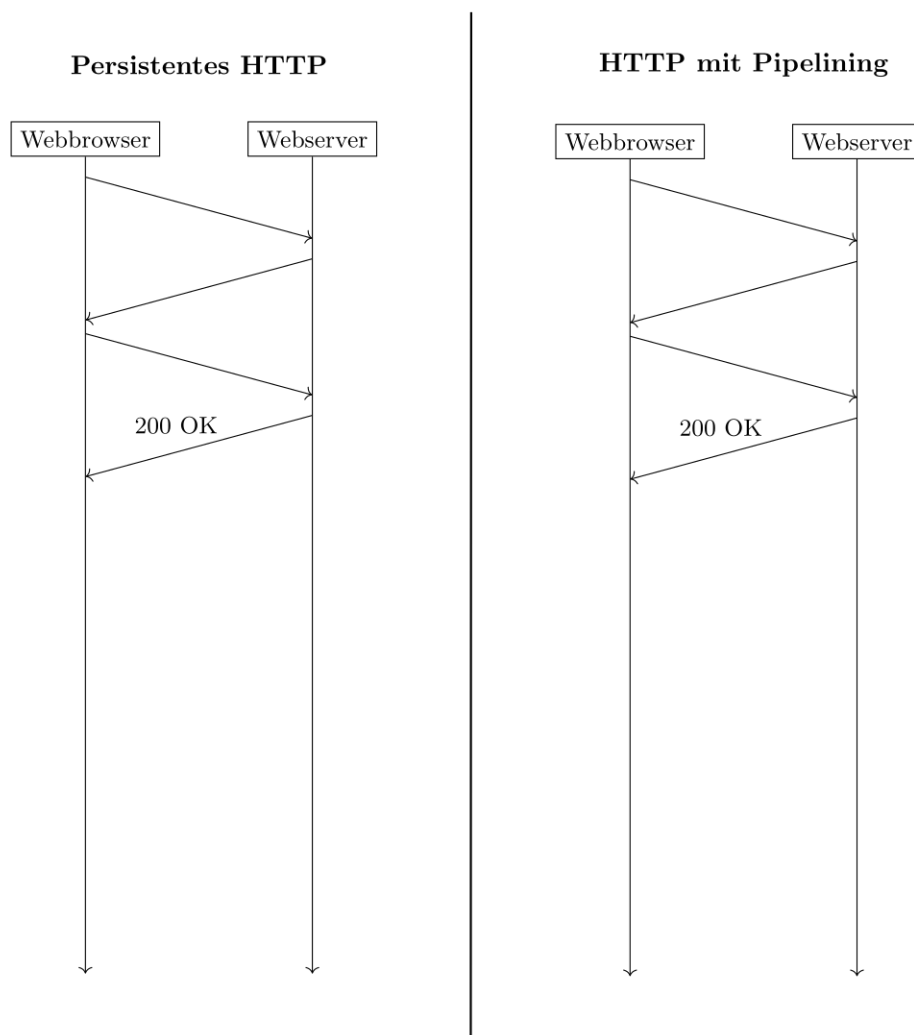
Aufgabe 6: HTTP

4 Punkte

Eine Website (*index.html*) besitzt drei eingebettete Elemente (*img.jpg*, *script.js*). Ein User möchte die Webseite mittels eines Webbrowsers vollständig herunterladen und anzeigen. Im Folgenden werden Sie persistentes HTTP und HTTP mit Pipelining verglichen.

Zeichnen Sie in das untenstehende Diagramm den **Aufbau** der TCP-Verbindung, die HTTP-**Anfragen** und -**Antworten**, und den Verbindungs**abbau**, sowohl für den persistenten Ablauf als auch bei Verwendung von Pipelining ein. Annotieren Sie an den Pfeilen auch die verwendeten HTTP-*Request-Methods* und -*Statuscodes*.

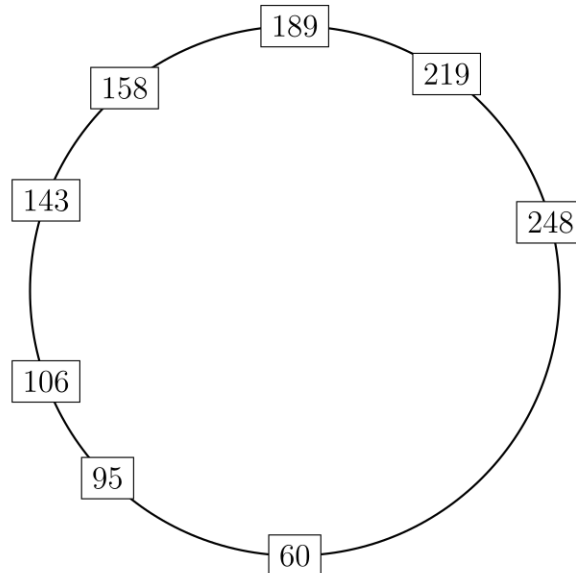
Die eingezeichneten Pfeile sind nur als Starthilfe gedacht. Ergänzen Sie benötigte Pfeile und Beschriftungen.



Aufgabe 7: DHT

5 Punkte

Ein Distributed Hash Table (DHT) benutzt *Chord* als Implementierung. Die Keys haben eine Länge von 8 Bits. Es sind 8 Knoten vorhanden. Die IDs der Knoten sind in der folgenden Grafik verzeichnet.



- (a) Für welche Keys ist Knoten 158 verantwortlich? (1P)
- (b) Füllen Sie die Fingertable von Knoten 189 aus! (2P)

i	ft[i]
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

- (c) Knoten 189 macht einen Look-up für ID 123. Zeichnen Sie diesen in die obige Abbildung ein. (1P)
- (d) In welchem Spezialfall ist die Nutzung von Fingertables genau so effizient, wie die klassische Suche ohne Fingertables? (1P)

Aufgabe 8: NTP

3 Punkte

Sie möchten die Uhrzeit Ihres Rechners mittels des NTP-Protokolls mit einem Zeitserver synchronisieren. Bei einer Messung wurden die folgenden Werte gemessen. Dabei bezeichnet T_1 den Originate Timestamp (Client), T_2 den Receive Timestamp (Server), T_3 den Transmit Timestamp (Server) und T_4 den Destination Timestamp (Client).

$$T_1 = 42$$

$$T_2 = 39$$

$$T_3 = 39.5$$

$$T_4 = 47$$

- (a) Berechnen Sie den Offset und geben Sie die korrigierte Zeiten T_1 und T_4 für den Client an. (2P)
- (b) Berechnen Sie die nun vorliegenden, korrigierten Offsets zwischen T_1 und T_2 sowie zwischen T_3 und T_4 . (1P)

Aufgabe 9: TCP über drahtlose Links

1 Punkt

- (a) Welches Problem kann auftreten, wenn man eine TCP-Verbindung über einen fehleranfälligen drahtlosen Link betreibt? (1P)

Aufgabe 10: Vergleich von Transportprotokollen

2 Punkte

Entscheiden Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

	Wahr	Falsch
i) Bei UDP wird vor der Übertragung die verfügbare Bandbreite gemessen, um Paketverluste zu vermeiden.	☐	☐
ii) RTP überträgt zeitkritische Daten wie Audio oder Video.	☐	☐
iii) TCP ist zuverlässiger als UDP.	☐	☐
iv) Für das Herunterladen von großen Audio- und Videodateien eignet sich UDP typischerweise besser als TCP.	☐	☐

Aufgabe 11: TLS / TCP vs. QUIC

2 Punkte

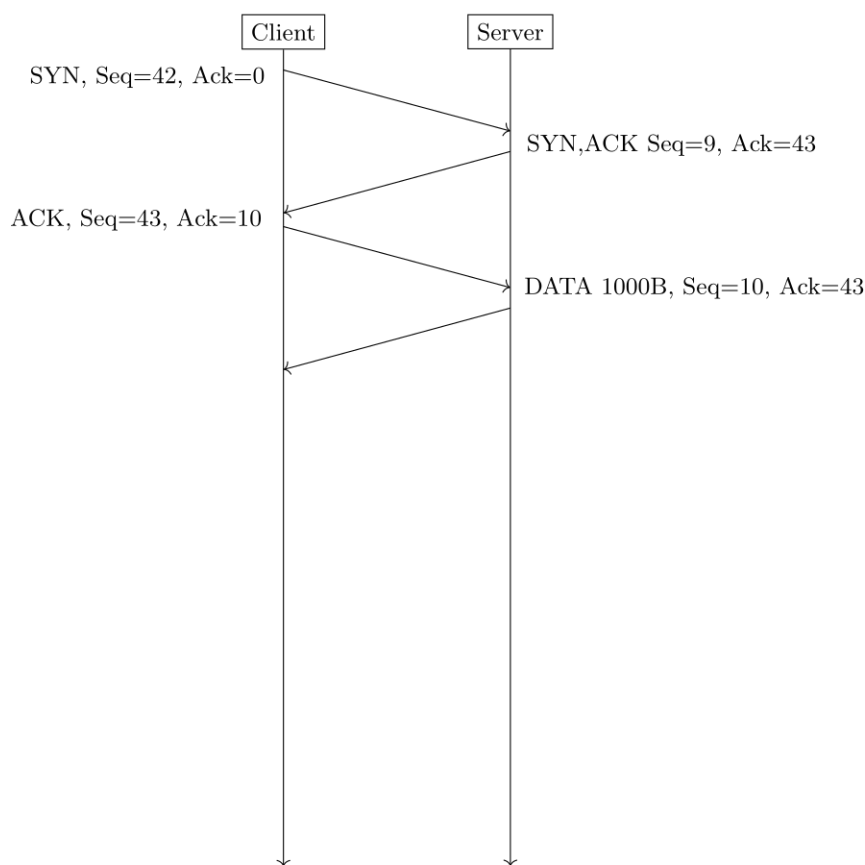
Entscheiden Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

	Wahr	Falsch
i) QUIC braucht mindestens 1 RTT, um eine Verbindung aufzubauen.	☐	☐
ii) QUIC ist Transport- und Verschlüsselungsprotokoll zugleich.	☐	☐
iii) QUIC kann seine Latenz gegenüber TLS/TCP reduzieren, da es Handshake und Verschlüsselung in einem Schritt kombiniert.	☐	☐
iv) Fehlerkorrektur (error correction) wird von den SSL Security Services übernommen.	☐	☐

Aufgabe 12: TCP

5 Punkte

- (a) Tragen Sie in das folgende Diagramm die übermittelten Nachrichten für den Aufbau einer TCP-Reno-Verbindung und das Versenden von 5000 B Nutzdaten vom Server zum Client sowie dem abschließenden Verbindungsabbau ein (vom Client initiiert). Gehen Sie davon aus, dass die Übertragung fehlerfrei erfolgt. Der Client beginnt mit Sequenznummer $\text{Seq} = 42$ und der Server mit $\text{Seq} = 9$. Die Maximum Segment Size MSS beträgt 1000 B. Zur Vereinfachung wird keine Flusskontrolle angewandt, d. h. jedes Paket darf bis zu 1000 B Nutzdaten enthalten. Sie starten mit einer Fenstergröße von 1 MSS. Geben Sie für jedes Segment die richtigen Flags sowie die Sequenz- und ACK-Nummern an



Aufgabe 13: IP-Subnetze

2 Punkte

- (a) Geben Sie das **kleinste** Netzwerk, welches die Host-Adressen 77.189.137.52 und 77.189.138.143 beinhaltet, in CIDR-Notation an.

Aufgabe 14: Berkeley-Sockets

4 Punkte

- (a) Sie möchten einen Server in C programmieren, der eine TCP Verbindung mit Clients aufbaut. Der Server besitzt eine IPv4 Adresse. Nennen sie **alle** dafür benötigten Programmaufrufe, inkl. relevanter Parameter, bis eine Verbindung besteht. Achten Sie die korrekte Reihenfolge der Aufrufe.