

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme (IN0010)

Übungsblatt 13

22. Juli 2025

Aufgabe 1 All in a nutshell

In dieser Aufgabe wollen wir noch einmal alles nachvollziehen, was geschieht, wenn Sie auf Ihrem Computer die Webseite `www.google.de` aufrufen. Wir treffen dabei lediglich die Annahme, dass in Ihrem privaten Netz ARP- und DNS-Caches noch leer sind (d. h. etwaige Caches ab dem ersten Router können als gefüllt angenommen werden). Die Netzwerktopologie ist in Abbildung 1.1 dargestellt. Ihr Router übersetzt bei Bedarf private in öffentliche IP-Adressen sowie Portnummern (NAT). Auf Ihrem Computer sei der Google-Resolver mit der IPv4-Adresse `8.8.8.8` konfiguriert, der rekursive Anfragen erlaubt.

Es sollen nun für **jeden Link** – also jeden Abschnitt zwischen jeweils zwei Geräten (z. B. von PC zu SW) – einige ausgewählte Felder der Nachrichten notiert werden, die im jeweiligen Schritt über diesen Link versendet werden. Da dies insbesondere für MAC-Adressen etwas Schreiarbeit ist, kürzen wir Adressen mit der Bezeichnung `<Gerätename>.<Interface>.<Typ>` ab, z. B. stehe `RA.eth0.MAC` für die MAC-Adresse von Interface `eth0` an Router `RA`.

Sie finden in den Abbildungen 1.2 – 1.5 vorgedruckte Tabellen. Eine Zeile entspricht dabei einer Nachricht, die über den jeweiligen Link gesendet wird. Die erste Spalte bezeichnet den Link, also z. B. vom PC zum Switch oder vom Switch zum Router. Die übrigen Spalten entsprechen verschiedenen Schichten des ISO/OSI-Modells. Diese sind jeweils in die relevanten Headerfelder der üblicherweise verwendeten Protokolle unterteilt. Je nach Nachricht sind nicht alle Spalten oder Unterzeilen pro Spalte auszufüllen. **Streichen Sie deutlich nicht benötigte Felder.** Ein Beispiel ist bereits in der Tabelle eingetragen.

Einige Header verfügen über ein Protokoll-Feld, in dem das Protokoll der nächsthöheren Schicht angegeben wird. Üblicherweise stehen Zahlencodes für die jeweiligen Protokolle. Es ist **nicht** notwendig, diese Zahlencodes anzugeben. Stattdessen reicht es, das verwendete Protokoll anzugeben, z. B. IPv4, TCP oder UDP. Bei einigen Header-Feldern gibt es gewisse Freiheiten, z. B. bei Portnummern oder der initialen TTL. Wählen Sie in diesen Fällen **sinnvolle** Werte.

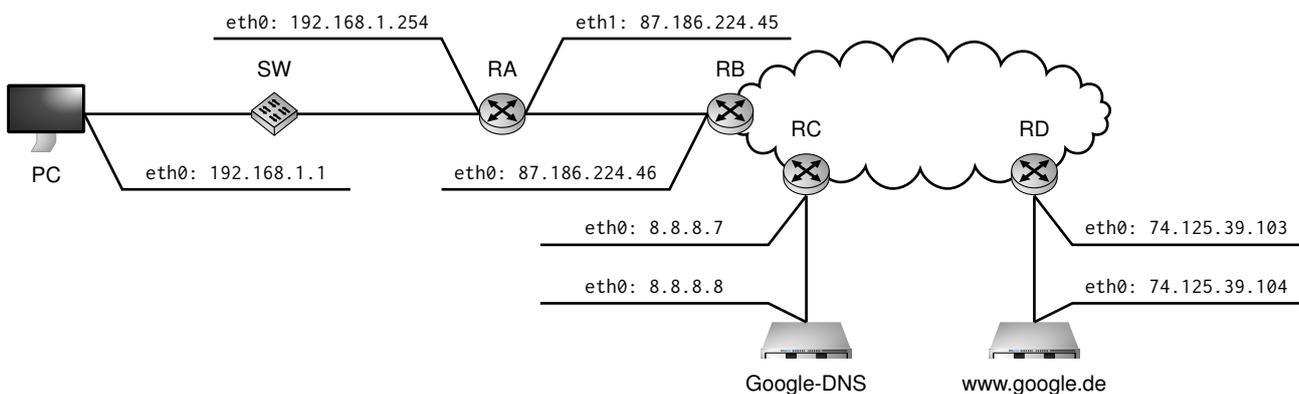


Abbildung 1.1: Netztopologie zu Aufgabe 1. Die relevanten Links sind mit den Ziffern 1 – 5 gekennzeichnet.

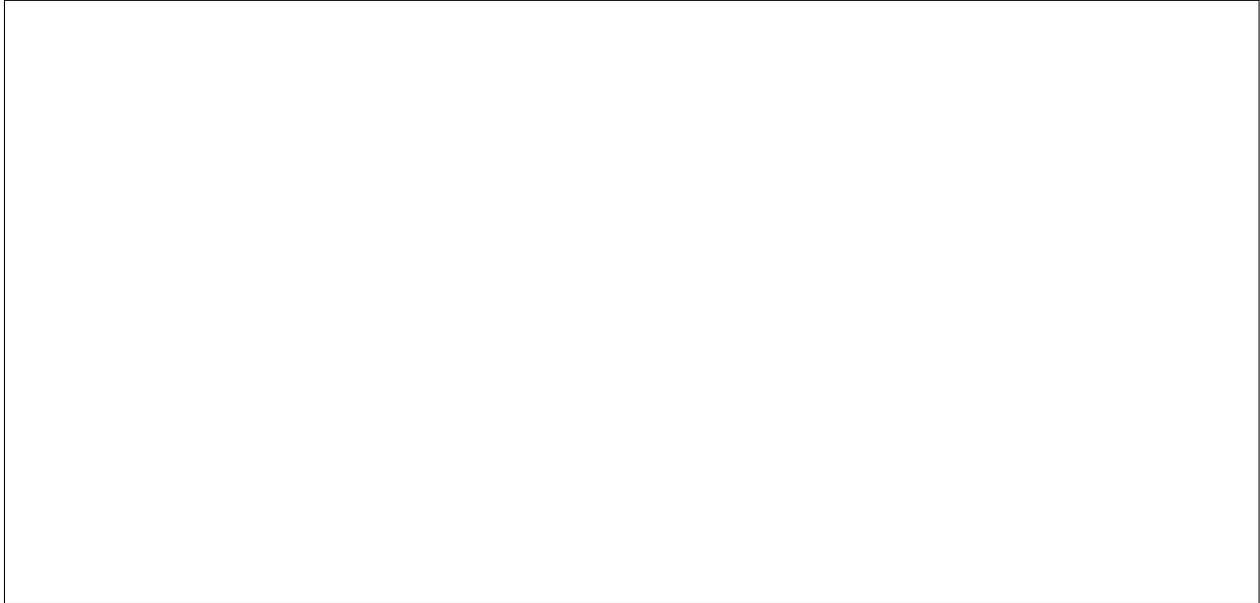
a)* Füllen Sie nun die Vordrucke in den Abbildungen 1.2 – 1.5 aus. Brechen Sie **nach dem ersten** an `www.google.de` übermittelten Paket auf dem Link von PC an SW ab.

Hinweise:

- Der Well-Known Port für DNS ist UDP 53.
- Wir nehmen an, dass sich zwischen Router RB und RC insgesamt 10 weitere Router befinden. Dies ist für die Bestimmung der TTL entscheidend.
- In die Spalte „Schicht 7“ tragen sie einfach das Anwendungsprotokoll, ggf. den Typ der Nachricht (z. B. Request / Reply) sowie stichpunktartig den Inhalt der übermittelten Nachricht ein (z. B. „DNS-Request“ oder „DNS-Response“).

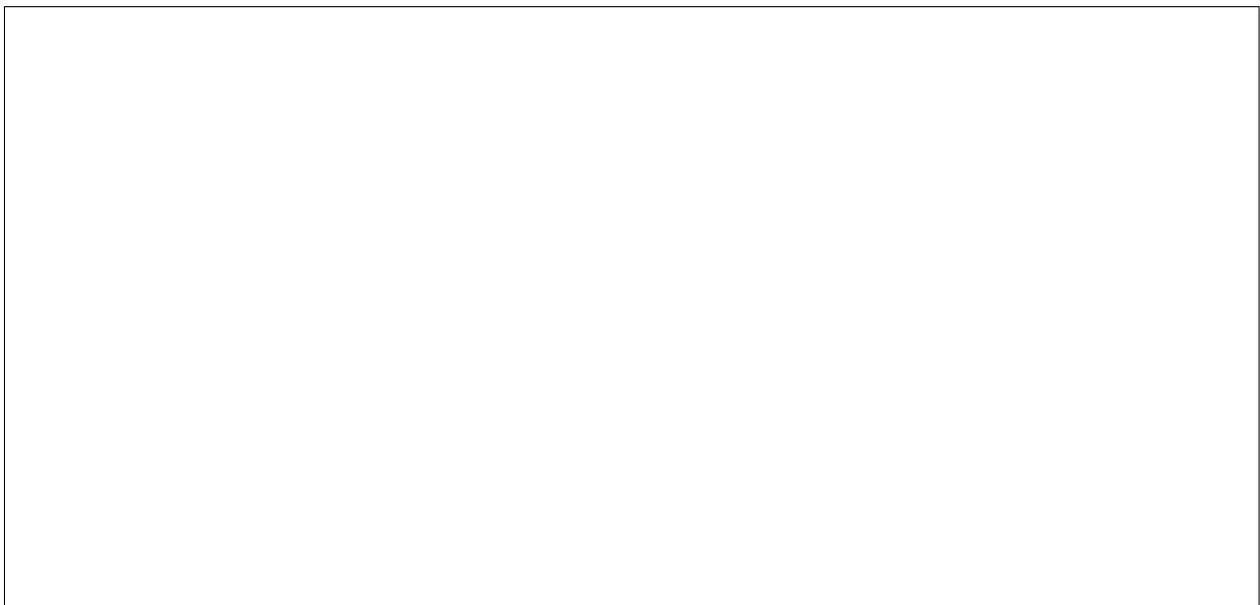
Die vorangegangene Teilaufgabe hat detailliert die Vorgänge bis zum Beginn des TCP-Verbindungsaufbaus dargestellt. Im Folgenden wollen wir uns auf die TCP-Verbindung und Datenübertragung konzentrieren. Aus diesem Grund betrachten wir ab jetzt nur noch die logische Verbindung zwischen dem PC und `www.google.de` in Form eines einfachen Weg-Zeit-Diagramms **ohne** die dazwischenliegenden Knoten. Sie können Serialisierungszeiten vernachlässigen. Gehen Sie außerdem davon aus, dass während der gesamten Übertragung keine Segmentverluste auftreten.

b)* Skizzieren Sie ein Weg-Zeit-Diagramm, welches den TCP-Verbindungsaufbau darstellt. Geben Sie für jedes übermittelte Segment die Sequenznummer, Bestätigungsnummer, die gesetzten¹ Flags sowie die Länge l der transportierten Nutzdaten an.



Der PC fordert nun die Webseite an, die auf `www.google.de` gehostet wird. Dazu sendet der PC eine HTTP-GET-Nachricht, welche aus Sicht von Schicht 4 eine Nutzdatenlänge von $l_1 = 50$ B habe. Der Webserver wird daraufhin die Webseite an den PC senden, welche eine Länge $l_2 = 1000$ B habe. Die ausgehandelte MSS² sei größer als l_2 .

c) Skizzieren Sie ein Weg-Zeit-Diagramm, welches die TCP-Verbindungsphase darstellt. Gehen Sie von den in Teilaufgabe b) ausgehandelten Sequenznummern aus. Geben Sie für jedes übermittelte Segment die Sequenznummer, Bestätigungsnummer, die gesetzten Flags sowie die Länge l der im Segment transportierten Nutzdaten an.



¹Ein Bit-Flag gilt als „gesetzt“, wenn es logisch 1 ist.

²Die MSS (Maximum Segment Size) gibt die maximale Größe eines Segments an. Sie bezieht sich dabei lediglich auf die Nutzdaten. Bestätigungen beispielsweise sind Segmente der Länge null, welche lediglich aus einem TCP-Header bestehen.

d) Skizzieren Sie ein Weg-Zeit-Diagramm, welches den TCP-Verbindungsabbau darstellt. Dieser werde vom PC initiiert. Gehen Sie dabei von den in Teilaufgabe c) ausgehandelten Sequenznummern aus. Geben Sie für jedes übermittelte Segment die Sequenznummer, Bestätigungsnummer, die gesetzten Flags sowie die Länge l der im Segment transportieren Nutzdaten an.



Link		Schicht 2		Schicht 3		Schicht 4		Schicht 7	
From	PC	Src	PC.eth0.MAC	Src		Src			
		Dst	ff:ff:ff:ff:ff:ff	Dst		Dst			
To	SW	Prot	ARP	Prot		Flags			
		Op	Request	TTL		SEQ			
From		Src		Src		ACK			
		Dst		Dst					
To		Prot		Prot					
				TTL					
From		Src		Src		Src			
		Dst		Dst		Dst			
To		Prot		Prot		Flags			
				TTL		SEQ			
From		Src		Src		ACK			
		Dst		Dst					
To		Prot		Prot					
				TTL					
From		Src		Src		Src			
		Dst		Dst		Dst			
To		Prot		Prot		Flags			
				TTL		SEQ			
From		Src		Src		ACK			
		Dst		Dst					
To		Prot		Prot					
				TTL					

Abbildung 1.2: Vordruck zu Aufgabe 1

Link		Schicht 2		Schicht 3		Schicht 4		Schicht 7
From		Src		Src		Src		
		Dst		Dst		Dst		
To		Prot		Prot		Flags		
				TTL		SEQ		
From		Src		Src		ACK		
		Dst		Dst		Src		
To		Prot		Prot		Dst		
				TTL		Flags		
From		Src		Src		SEQ		
		Dst		Dst		ACK		
To		Prot		Prot		Src		
				TTL		Dst		
From		Src		Src		Flags		
		Dst		Dst		SEQ		
To		Prot		Prot		ACK		
				TTL		Src		
From		Src		Src		Dst		
		Dst		Dst		Flags		
To		Prot		Prot		SEQ		
				TTL		ACK		
From		Src		Src		Src		
		Dst		Dst		Dst		
To		Prot		Prot		Flags		
				TTL		SEQ		
From		Src		Src		ACK		
		Dst		Dst		Src		
To		Prot		Prot		Dst		
				TTL		Flags		
From		Src		Src		SEQ		
		Dst		Dst		ACK		
To		Prot		Prot		Src		
				TTL		Dst		

Abbildung 1.3: Vordruck zu Aufgabe 1

Link		Schicht 2		Schicht 3		Schicht 4		Schicht 7	
From		Src		Src		Src			
		Dst		Dst		Dst			
To		Prot		Prot		Flags			
				TTL		SEQ			
From		Src		Src		ACK			
		Dst		Dst		Src			
To		Prot		Prot		Dst			
				TTL		Flags			
From		Src		Src		SEQ			
		Dst		Dst		ACK			
To		Prot		Prot		Src			
				TTL		Dst			
From		Src		Src		Flags			
		Dst		Dst		SEQ			
To		Prot		Prot		ACK			
				TTL		Src			
From		Src		Src		Dst			
		Dst		Dst		Flags			
To		Prot		Prot		SEQ			
				TTL		ACK			

Abbildung 1.4: Vordruck zu Aufgabe 1

Link		Schicht 2		Schicht 3		Schicht 4		Schicht 7
From		Src		Src		Src		
		Dst		Dst		Dst		
To		Prot		Prot		Flags		
				TTL		SEQ		
From		Src		Src		ACK		
		Dst		Dst		Src		
To		Prot		Prot		Dst		
				TTL		Flags		
From		Src		Src		SEQ		
		Dst		Dst		ACK		
To		Prot		Prot		Src		
				TTL		Dst		
From		Src		Src		Flags		
		Dst		Dst		SEQ		
To		Prot		Prot		ACK		
				TTL		Src		
From		Src		Src		Dst		
		Dst		Dst		Flags		
To		Prot		Prot		SEQ		
				TTL		ACK		
From		Src		Src		Src		
		Dst		Dst		Dst		
To		Prot		Prot		Flags		
				TTL		SEQ		
From		Src		Src		ACK		
		Dst		Dst		Src		
To		Prot		Prot		Dst		
				TTL		Flags		
From		Src		Src		SEQ		
		Dst		Dst		ACK		
To		Prot		Prot		Src		
				TTL		Dst		

Abbildung 1.5: Vordruck zu Aufgabe 1

