

# Rechnernetze und verteilte Systeme

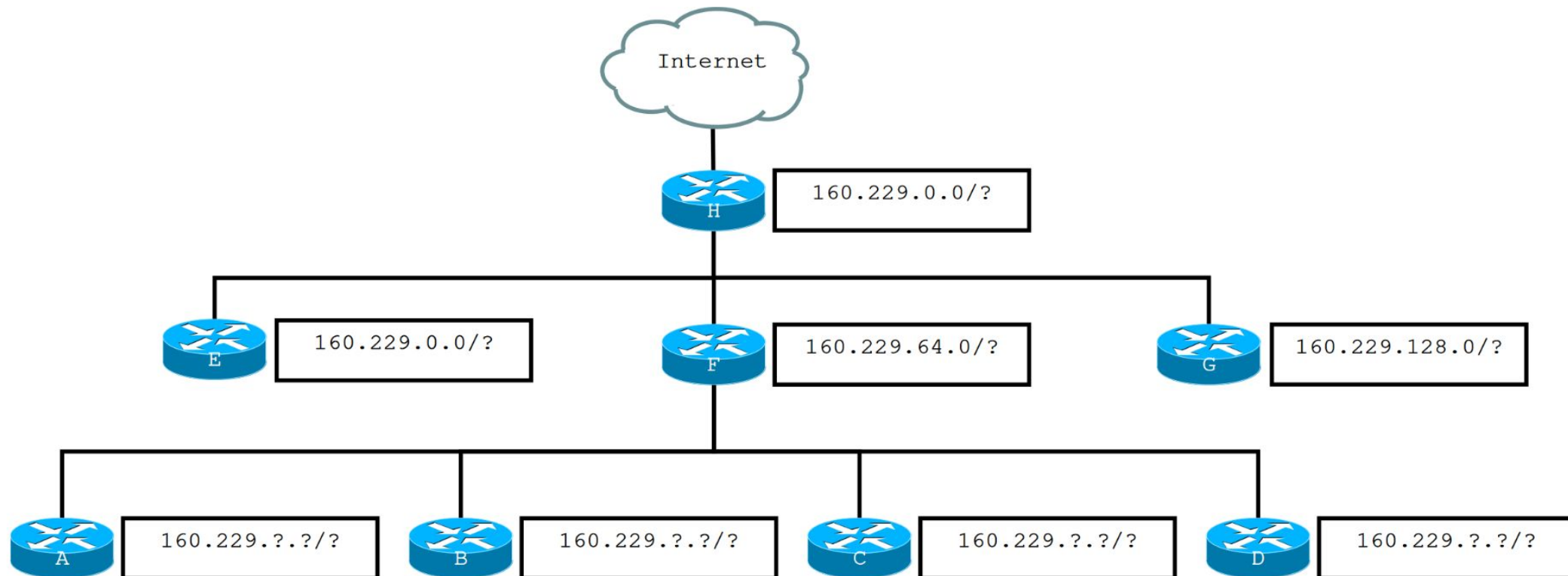
## Übungsblatt 10

Koenig.Noah@campus.lmu.de



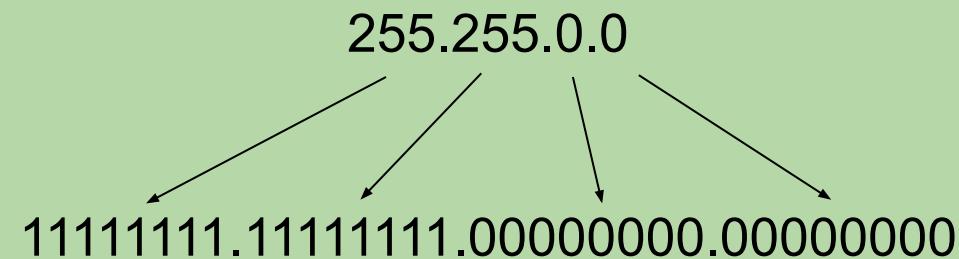
## Hierarchische Vergabe von IP-Adressen (H)

Gegeben sei folgender Aufbau von Routern eines Internet Service Providers (ISP), mit einer einzelnen Verbindung zum Internet:



Die Abbildung zeigt die vollständige Infrastruktur des ISP. Die Router A-H sind Zugangspunkte zu öffentlichen, d.h. vom Internet aus erreichbaren, Subnetzen, innerhalb des dem ISP zugewiesenen Adressbereichs. Die unvollständig ausgefüllten Kästen (Beschriftung) geben Hinweise auf die Einteilung der Subnetze bzw. welches Subnetz der jeweilige Router mit dem Internet verbindet.

- (a) Dem ISP wurde für das zugeteilte Netz die Subnetzmaske 255.255.0.0 mitgeteilt. Wie lautet die Netzadresse in CIDR-Notation?



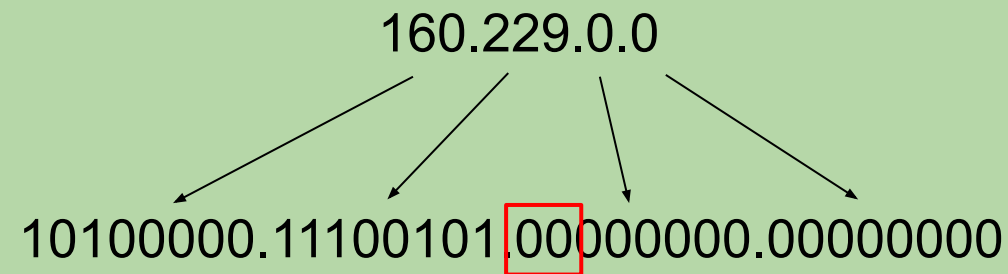
255.255.0.0

11111111.11111111.00000000.00000000

Die vorderen 16 Bit sind 1en  
→ 160.229.0.0/16

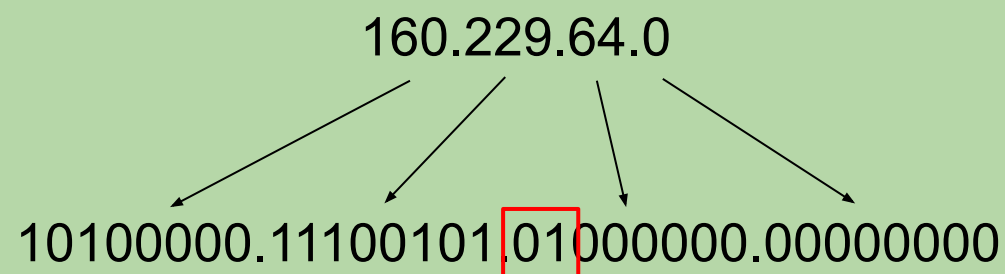
- (b) Wie lauten die Netzadressen der Subnetze an den Router E, F und G in CIDR-Notation, um den *gesamten* Adressbereich des ISP aufzuteilen?

Router E



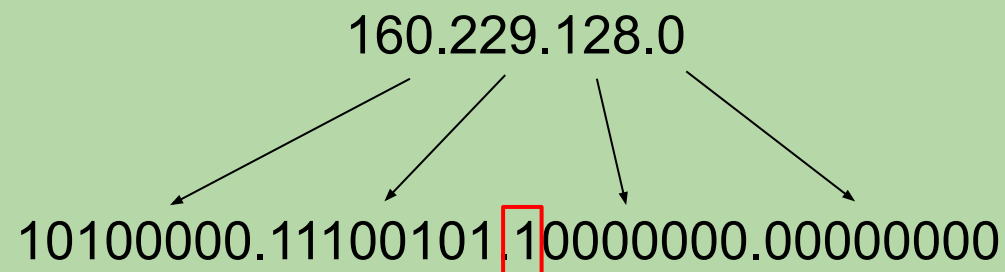
Die vorderen 2 Bit des 3. Byte müssen 00 sein,  
damit die Zahl zwischen 0 und 63 liegt  
→ 160.229.0.0/18

Router F



Die vorderen 2 Bit des 3. Byte müssen 01 sein,  
damit die Zahl zwischen 64 und 127 liegt  
→ 160.229.64.0/18

Router G



Das 1. Bit des 3. Byte muss 1 sein, damit die Zahl zwischen 128 und 255 liegt  
→ 160.229.128.0/17

(c) Wie lauten die Netzadressen der über die Router A, B, C und D erreichbaren Subnetze (in CIDR-Notation), so dass der *gesamte* Adressbereich des von Router F bedienten Subnetzes gleichmäßig auf die vier Router verteilt ist?

- Router F “bedient” alle IP-Adressen, deren 3. Byte zwischen 64 und 127 liegt  
→ Insgesamt 64 verschiedene Zahlenblöcke  
→ 16 pro Router für gleichmäßige Verteilung
- **A** 160.229.64.0/20  
**10100000.11100101.01000000.00000000** (Netz, Subnetz, Host-ID)
- **B** 160.229.80.0/20  
**10100000.11100101.01010000.00000000**
- **C** 160.229.96.0/20  
**10100000.11100101.01100000.00000000**
- **D** 160.229.112.0/20  
**10100000.11100101.01110000.00000000**



## Autonome Systeme

- (a) Welches Routing-Protokoll wird *zwischen* Autonomen Systemen verwendet (EGP) und welches wird *innerhalb* eines Autonomen Systems verwendet (IGP)? Nennen Sie zum jeweiligen Verfahren den entsprechenden Kernalgorithmus!

	Innerhalb / Intra AS: IGP (Interior Gateway Protocol)		Zwischen / Inter AS: EGP (= Exterior Gateway Protocol)
Verfahren	z.B. RIP (= Routing Information Protocol)	z.B. OSPF (= Open Shortest Path First)	z.B. BGP (= Border Gateway Protocol)
Algorithmus	Distanz-Vektor	Link-State	Pfad Vektor



- (b) Welcher Unterschied besteht begrifflich zwischen einem Subnetz und einem Autonomen System (AS)?

Subnetz = technische Aufteilung, AS = organisatorische Aufteilung

- (c) Der De-facto-Standard für Inter-AS-Routing-Protokolle ist das Border Gateway Protocol (BGP), das in RFC 4271 beschrieben wird. BGP wird manchmal als *Pfadvektor*-Protokoll bezeichnet. Worin besteht dabei der Unterschied zu einem Distanzvektorprotokoll?

BGP berücksichtigt nicht Kosteninformationen, sondern Pfadinformationen (Kennzeichnungen der AS auf einer Route zum Ziel)

- (d) Routing-Policies sind Regeln bezüglich der zu treffenden Wegewahlentscheidungen. Warum spielen Policies bei EGP eine wichtige Rolle, bei IGP aber nicht?

EGP: nicht vom Provider kontrollierte Systeme werden genutzt  
→ Policy-basiert: Transitkosten werden berücksichtigt

IGP: Verkehr im eigenen Netz des Providers  
→ keine Policy nötig, da keine zusätzlichen Kosten  
→ Metrik-basiert: niedrigsten Übertragungsverzögerung bzw. höchsten Bandbreite werden berücksichtigt

(e) *Transit* und *Peering* sind zwei mögliche Arten der Absprache zwischen Netzbetreibern. Worin besteht der Unterschied zwischen *Transit* und *Peering*? Nennen Sie zwei Unterschiede!

### Peering

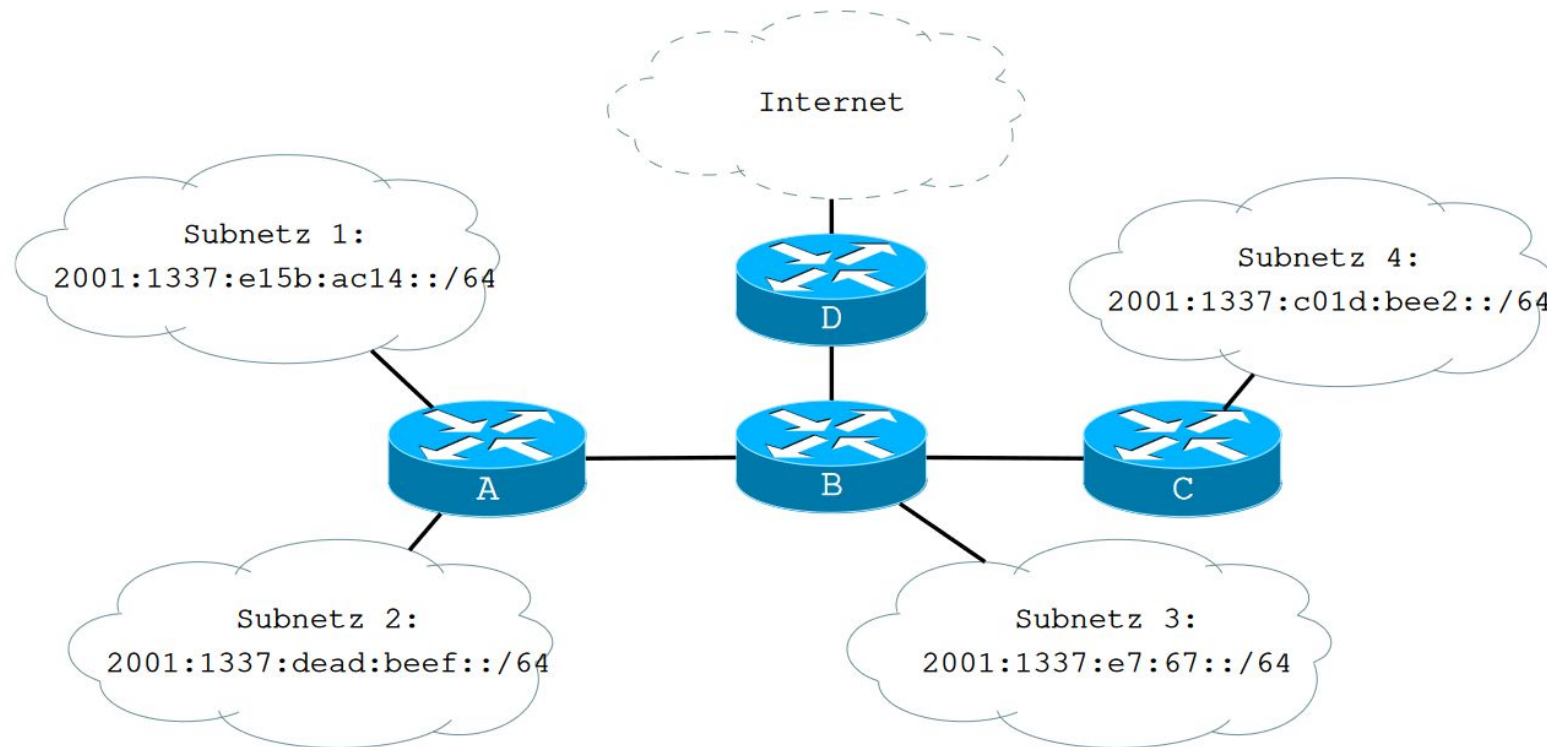
- Abkommen zwischen gleichen Partnern (Peers)
- routen in / aus Partnernetz
- kostet manchmal Geld

### Transit

- Abkommen / Verhältnis zwischen Kunde und Dienstleister / Betreiber des Transitnetzes
- routen durch Partnernetz
- kostet meistens Geld

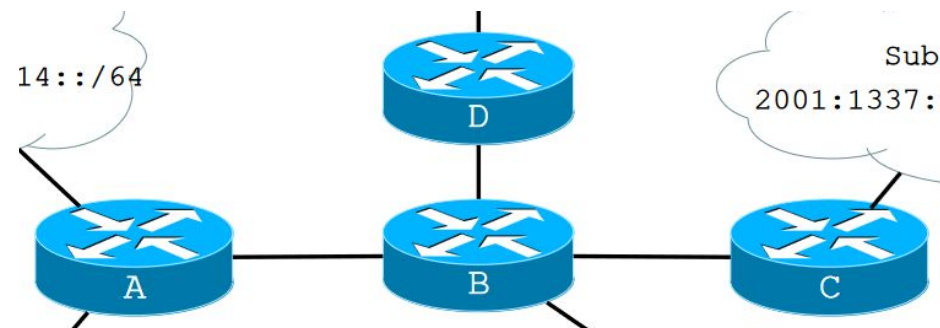
## Wegewahl mit IP im Internet (H)

Die abgebildete Topologie zeigt das Netz eines ortsansässigen Internetanbieters, dem das komplette Subnetz 2001:1337::/32 zugewiesen wurde. Kunden sind stets an eines der vier (Ethernet-)Teilnetze angeschlossen und die Verbindungen zwischen den Routern sind ebenfalls je ein (Ethernet-)Teilnetz.



(a) Identifizieren Sie alle in der Abbildung dargestellten Teilnetze, denen noch kein IP-Adressbereich zugewiesen wurde und weisen Sie diesen sinnvolle Adressbereiche aus  $2001:1337::/32$  zu!

- Verbindungen zwischen Routern haben noch keine Adressbereiche
- kleine Subnetze bieten sich an (bis 126), da jeweils zwei Teilnehmer
- Bei IPv6 ist jedoch /64 als Präfix üblich, deshalb
  - Teilnetz (A, B): z.B.  $2001:1337:a:b::/64$
  - Teilnetz (B, C): z.B.  $2001:1337:b:c::/64$
  - Teilnetz (B, D): z.B.  $2001:1337:b:d::/64$





(b) Nennen Sie den entsprechenden IPv6-Adressbereich entsprechend der Abbildung und der vorherigen Teilaufgabe und nennen Sie ebenfalls ein Beispiel für eine IP-Adresse ...

- i. ... die Router C zugewiesen wird, damit die Kundenrechner aus Subnetz 4 Router C als Default-gateway benutzen können!

z.B. 2001:1337:c01d:bee2::c

- ii. ... an die Router C eine Nachricht adressiert, wenn dieser (als Endpunkt) ICMP Nachrichten an Router B schicken möchte!

z.B. 2001:1337:b:c::b (siehe (a))

- iii. ... die Router C als Absender angibt wenn dieser (als Endpunkt) mit Router B kommunizieren möchte!

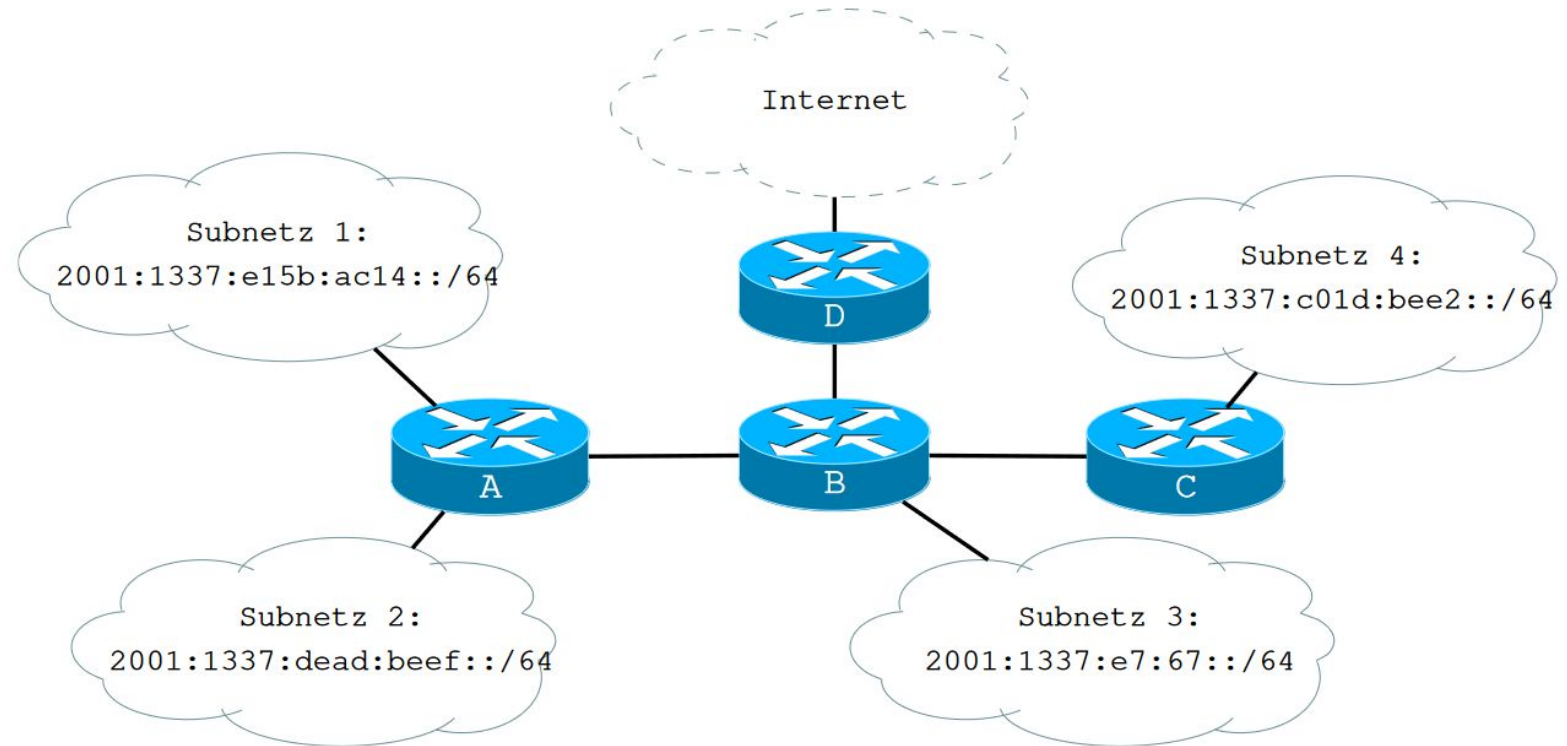
z.B. 2001:1337:b:c::c (siehe (a)) → Router C hat zwei IP-Adressen



(c) Weisen Sie Router B IP-Adressen zu, so dass er mit jedem seiner Nachbarn kommunizieren kann und als Defaultgateway für die Kunden in Subnetz 3 eingesetzt werden kann!

4 Adressen für jedes angeschlossene Subnetz (siehe (a)):

- 2001:1337:a:b::b
- 2001:1337:b:c::b
- 2001:1337:b:d::b
- 2001:1337:e7:67::b

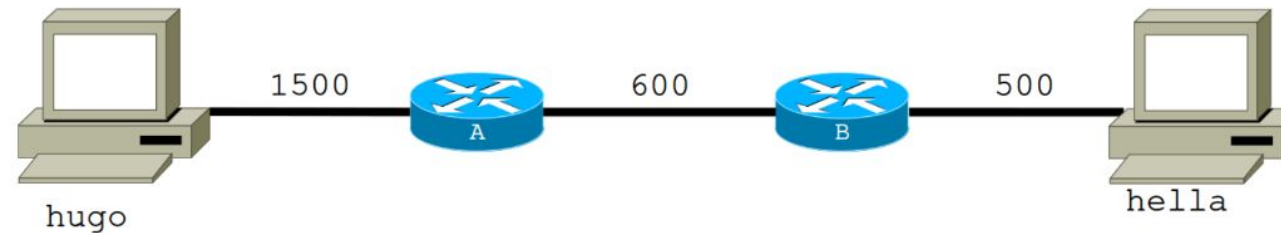


(d) Erstellen Sie eine Routingtabelle für Router B! Darin soll enthalten sein:

1. ein Eintrag für jedes direkt angeschlossene Netz (schreiben Sie in diesem Fall “direkt” als nächsten Router/Gateway),
2. ein Eintrag für jedes Kundensubnetz, und
3. ein Eintrag der allen sonstigen Verkehr in das Internet weiterleitet.

Ziel	nächster Router / Gateway	Kommentar
2001:1337:a:b::/64	(direkt)	Subnetz zwischen A und B
2001:1337:b:c::/64	(direkt)	Subnetz zwischen B und C
2001:1337:b:d::/64	(direkt)	Subnetz zwischen B und D
2001:1337:e7:67::/64	(direkt)	Subnetz 3 an B
2001:1337:e15b:ac14::/64	2001:1337:a:b::a	über A erreichbar
2001:1337:dead:beef::/64	2001:1337:a:b::a	über A erreichbar
2001:1337:c01d:bee2::/64	2001:1337:b:c::c	über C erreichbar
::/0	2001:1337:b:d::d	Internet über D erreichbar

## Fragmentierung (H)



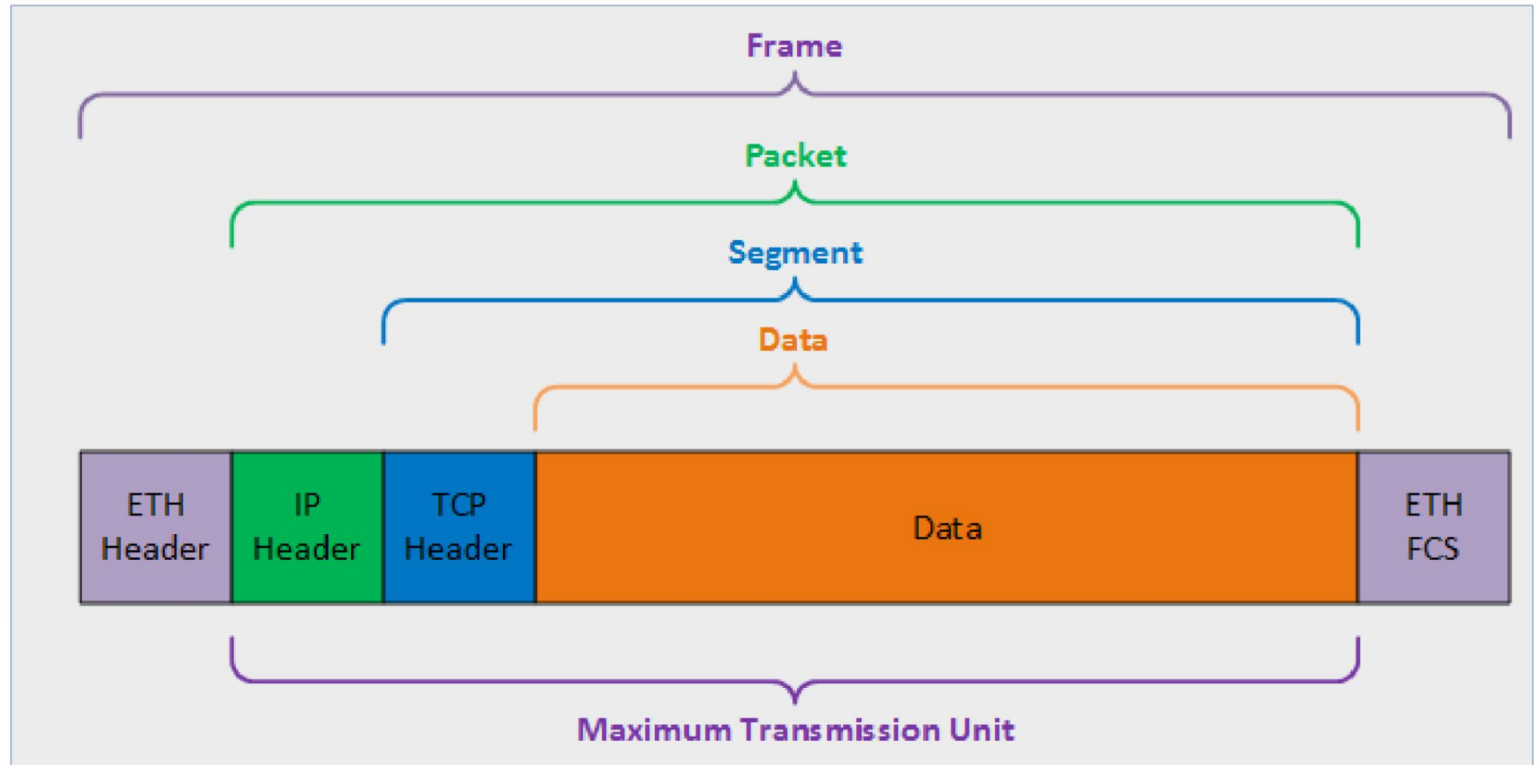
Der Rechner **hugo** möchte Daten an den Rechner **hella** übertragen. Die Abbildung zeigt die beiden Rechner und dazwischen befindliche Router, sowie Leitungen, die mit ihrer MTU beschriftet sind. Die MTU gibt die maximale Größe von IP-Paketen an, die auf dieser Leitung übertragen werden kann. Ein verbindungsloses Protokoll der OSI-Schicht 4 ohne Bestätigungen (z.B. UDP) übergibt Segmente an Schicht 3. Die Daten sollen per IPv4 an **hella** vermittelt werden. Insgesamt werden 8000 Bytes an IPv4-Nutzdaten an **hella** übertragen. Auf Schicht 2 wird Ethernet mit 1Gbps Übertragungsrate eingesetzt.

Beachten Sie, dass IPv4 nur an den Grenzen von 8 Byte Blöcken fragmentieren kann. Der Offset gibt an wie viele dieser 8 Byte Blöcke vor dem aktuellen Fragment liegen.



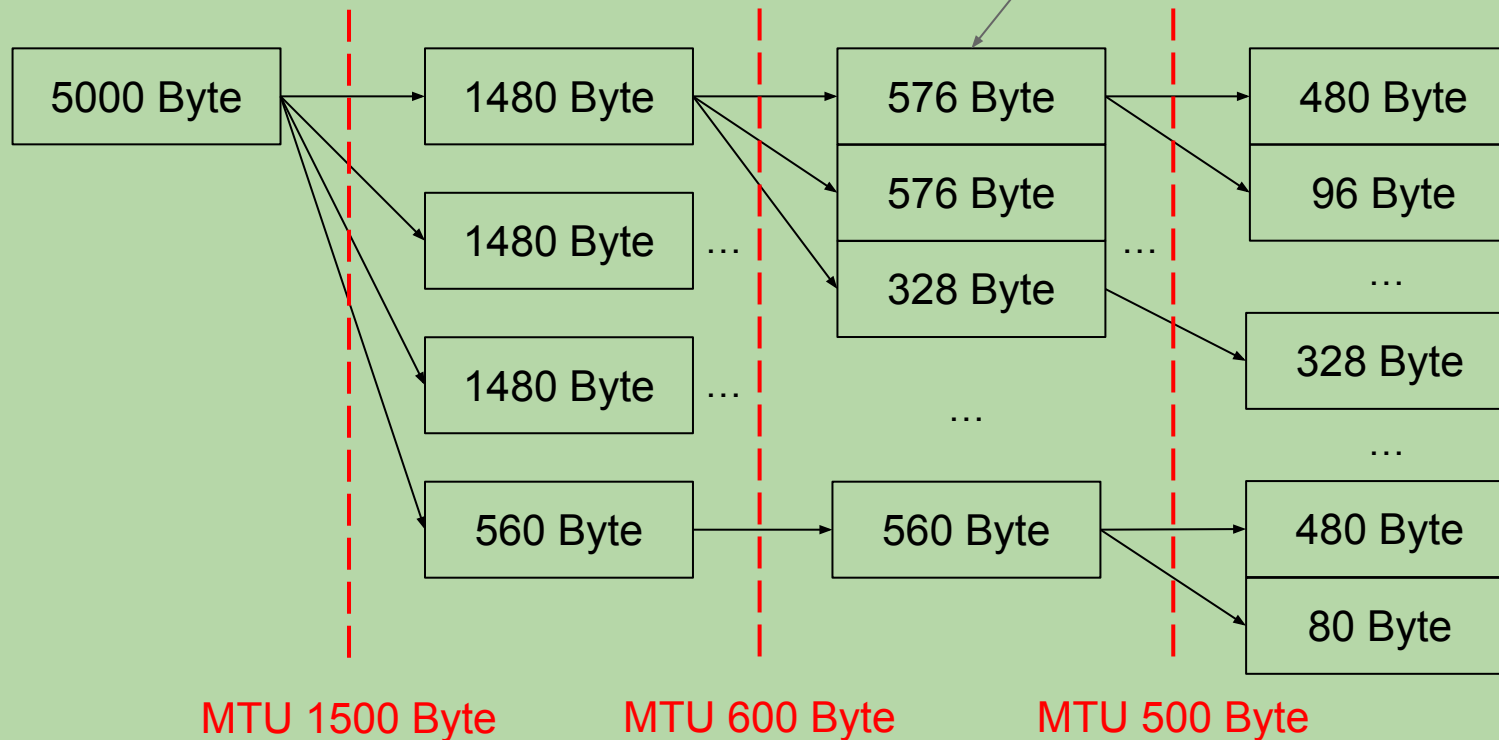
(a) Bestimmen Sie die größtmögliche Segmentlänge, die hugo mit einer IPv4-Nachricht versenden kann!

- Die 1. Maximum Transmission Unit (MTU) ist 1500 Byte
- IP Header Länge (20 Bytes bei IPv4) wird abgezogen → größtmögliche Segmentlänge ist 1480 Bytes



- (b) Bei der Vermittlung der Daten zu **hella** tritt Fragmentierung auf. Wieviele IPv4-Fragmente empfängt **hella** mindestens, bis 5000 Bytes Nutzdaten empfangen wurden? *Hinweis:* **hugo** verschickt pro Rahmen maximal viele Nutzdaten.

580 nicht durch 8 teilbar (IPv4 fragmentiert in 8 Byte Blöcken), deshalb 576



- 3 \* 1480 Byte in 5 Fragmenten
- 1 \* 560 Byte in 2 Fragmenten

→ insgesamt 17 Fragmente

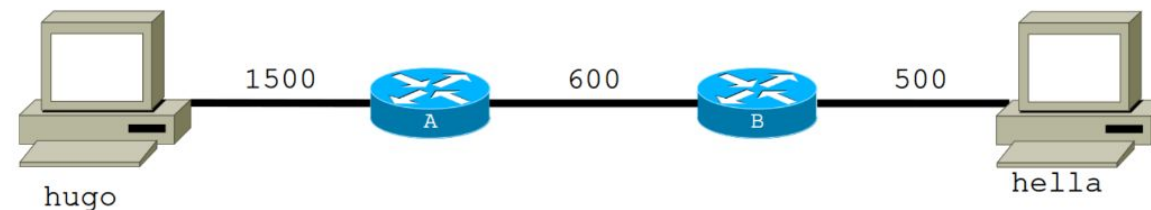


(c) Erstellen Sie eine Tabelle die in chronologischer Reihenfolge, die Länge jedes IPv4-Pakets in Bytes, gesetzte Header-Flags und das Fragment Offset der von **hella** empfangenen IPv4-Nachrichten zeigt!

Fragment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Paket- länge	500	116	500	116	348	500	116	500	116	348	500	116	500	116	348	500	100
Segment- länge	480	96	480	96	328	480	96	480	96	328	480	96	480	96	328	480	80
Flags	MORE																-
Offset	0	60	72	132	144	185	145	257	317	329	370	430	442	502	512	555	615

- (d) Nun wird an Stelle von IPv4 das neuere IPv6 eingesetzt und der Versuch, bei dem **hugo** 8000 Bytes Nutzdaten an **hella** überträgt wiederholt. Die Verarbeitungsverzögerung verändert sich durch den Austausch des Schicht 3 Protokolls nicht.
- i. Informieren Sie sich zu nächst in RFC 2463 (<http://www.faqs.org/rfcs/rfc2463.html>) über ICMPv6 Fehlernachrichten und die „Packet too big“ Fehlernachricht. Wieviele „Packet too big“ Nachrichten wird **hugo** empfangen und wie wird der Rechner darauf reagieren? Begründen Sie Ihre Antwort!

1. Paket (1500 Byte) → Packet too big von Router A, da MTU 600 Byte  
2. Paket (600 Byte) → Packet too big von Router B, da MTU 500 Byte  
= Path MTU Discovery



ii. Erstellen Sie analog zu Teilaufgabe c eine Tabelle, für den Fall, dass für die Übermittlung IPv6 zum Einsatz kommt. Beachten Sie dabei, dass der IPv6 Header 40 Bytes lang ist und der Extensionheader für die Fragmentierung weitere 8 Bytes belegt.

- IPv6 fragmentiert Ende zu Ende  
→ kleinste MTU (hier 500 Byte) ist relevant (= Path MTU Discovery)
- $500 \text{ Byte} - 40 \text{ Byte} - 8 \text{ Byte} = 452 \text{ Byte}$  Segmentlänge
- IPv6 fragmentiert in 8 Byte Blöcken. 452 Byte nicht durch 8 teilbar  
→ 448 Byte Nutzdaten pro Fragment

Fragment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Paket- länge	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	432
Segment- länge	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	392
Flags	MORE																	-
Offset	0	56	112	168	224	280	336	392	448	504	560	616	672	728	784	840	896	952

## IPv6-Adressen (H)

In Tabelle 1 befinden sich IPv6-Adressen in vollständiger Notation bzw. in minimaler Notation (kürzeste Form der selben Adresse). Geben Sie für jede der Adressen an, ob sie gültig ist. Falls die Adresse gültig ist, geben Sie das jeweils andere Format an.

Vollständig	Minimal
f9aa:3f80:b84:0000:0000:0ce5:da77:0035	
	::1
545f:75aa:20a0:4cd6:1733:9bde:c5:d57a	
cbd7:1295:0x34:1da1:000c:0000:c068:c6b5	
26e0:dfcc:1000:0001:704c:0000:8bd:5093	
	cbd7::c5::1

Tabelle 1: IPv6-Adressen in ungekürzter und minimaler Notation



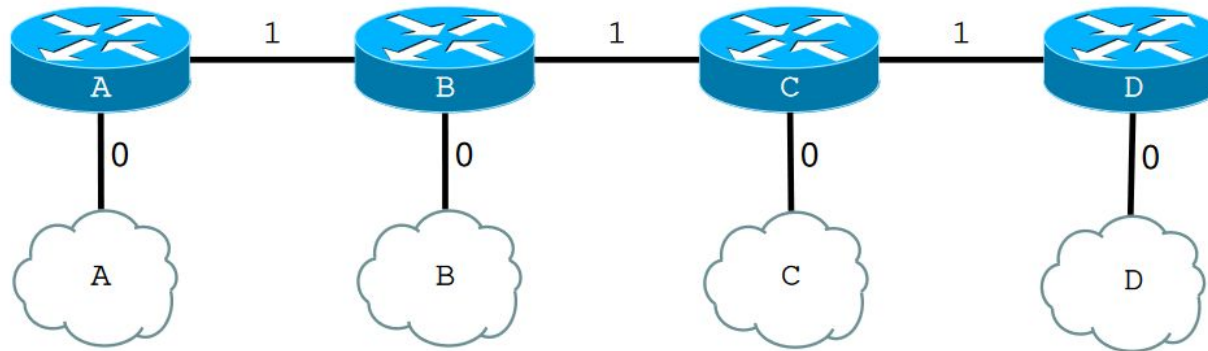
Vollständig	Minimal
f9aa:3f80:b84:0000:0000:0ce5:da77:0035	f9aa:3f80:b84::ce5:da77:35
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001	::1
545f:75aa:20a0:4cd6:1733:9bde:00c5:d57a	545f:75aa:20a0:4cd6:1733:9bde:c5:d57a
cbd7:1295:0x34:1da1:000c:0000:c068:c6b5	
26e0:dfcc:1000:0001:704c:0000:08bd:5093	26e0:dfcc:1000:1:704c::8bd:5093
	cbd7::c5::1

rot = ungültig



## Count to Infinity

Betrachten Sie ein Netz, bestehend aus vier Routern A, B, C, und D, von denen jeder der (einzige) Zugangspunkt zu einem Subnetz ist. Die Routing-Distanz zwischen zwei benachbarten Routern betrage 1 über die Leitungen (A;B), (B;C), (C;D), während die Routing-Distanz eines Routers in „sein“ Subnetz 0 betrage.



Betrachten Sie einen Ausgangszustand, bei dem alle Router die richtige Distanz zum Subnetz A kennen:

Router	A	B	C	D
Distanz	0	1	2	3

- (a) Eine Baumaschine durchtrennt versehentlich die Leitung zwischen den Routern A und B. Vervollständigen Sie die obige Tabelle bis die Router B, C und D festgestellt haben, dass das Subnetz A nicht mehr erreichbar ist (d.h. Abstand ist größer als 15 Hops)! *Hinweis:* gehen Sie davon aus, dass der Austausch der Distanzvektoren zwischen den Routern gleichzeitig stattfindet.

A	B	C	D	Distanz	Anmerkung
0	1	2	3		Initiale Distanzvektoren
0	3	2	3		$d(C, A) = 2; d(B, C) = 1 \rightarrow d(B, A) = 3$
0	3	4	3		$d(B, A) = 3; d(C, B) = 1 \rightarrow d(C, A) = 4$
0	5	4	5		$d(C, A) = 4; d(B, C) = d(D, C) = 1 \rightarrow d(B, A) = d(D, A) = 5$
0	5	6	5		$d(B, A) = 5; d(C, B) = 1 \rightarrow d(C, A) = 6$
...	...	...	...		usw. Nach 15 Schritten sind alle Distanzen zu A >15

- (b) Zur Verbesserung des Verfahrens wird folgende Regel eingeführt: ein Router annonciert die Erreichbarkeit eines Subnetzes niemals den Nachbarn, von denen er die Route zu diesem Subnetz gelernt hat (sogenanntes *split horizon*). Erstellen Sie eine Tabelle, analog zu oben, für den Fall, dass split horizon zum Einsatz kommt!

A	B	C	D	Anmerkung
0	1	2	3	Initiale Distanzvektoren
0		2	3	Leitung (A, B) fällt aus, B erkennt Ausfall
0			3	C lernt neue Distanz(B, A) von B
0				D lernt neue Distanz(B, A) von B
...	...	...	...	usw.