

Das Internet

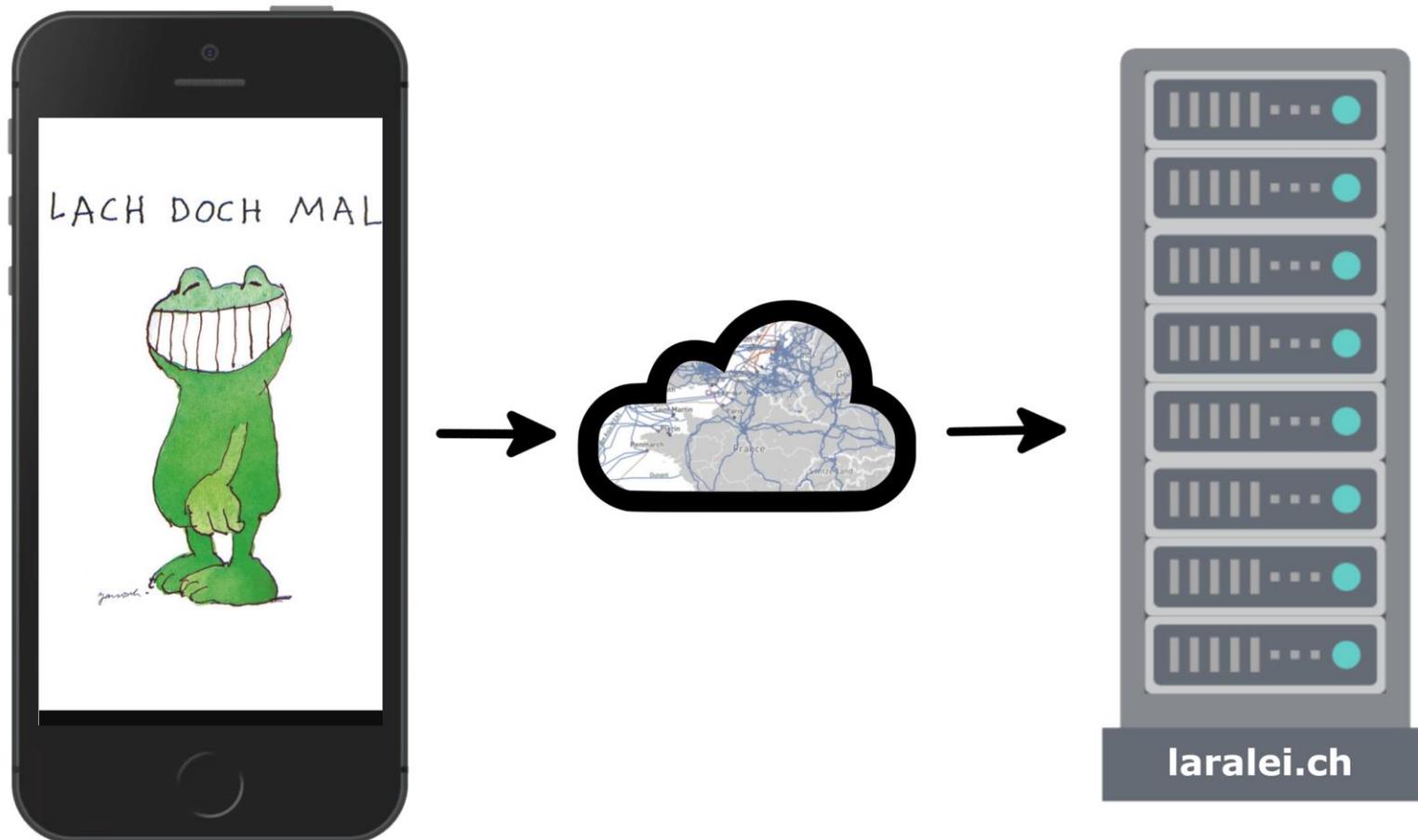
Die Illusion einer Verbindung

Wie kommt die Webseite zu mir?

- Wir wissen jetzt, aus was eine Webseite aufgebaut ist
 - HTML
 - CSS
 - Bilder
 - (auch noch aus Javascript)
- Bisher lädt der Browser die Webseite von meinem Computer.
- ... aber wie kommt eine andere Webseite zu mir?

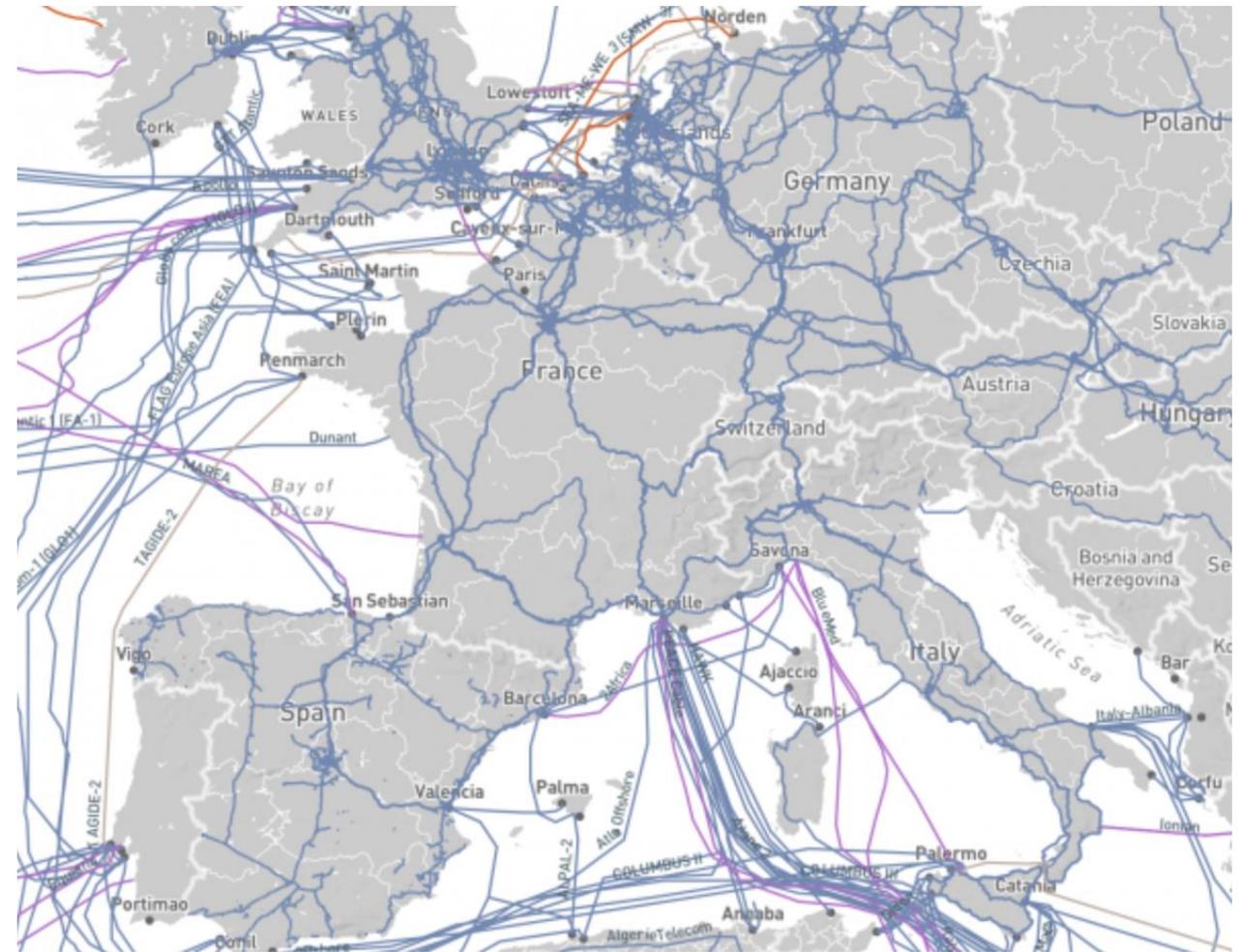
über das Internet!

- Wir stellen uns das Internet als Wolke vor, über die jedes Gerät mit jedem anderen verbunden ist.



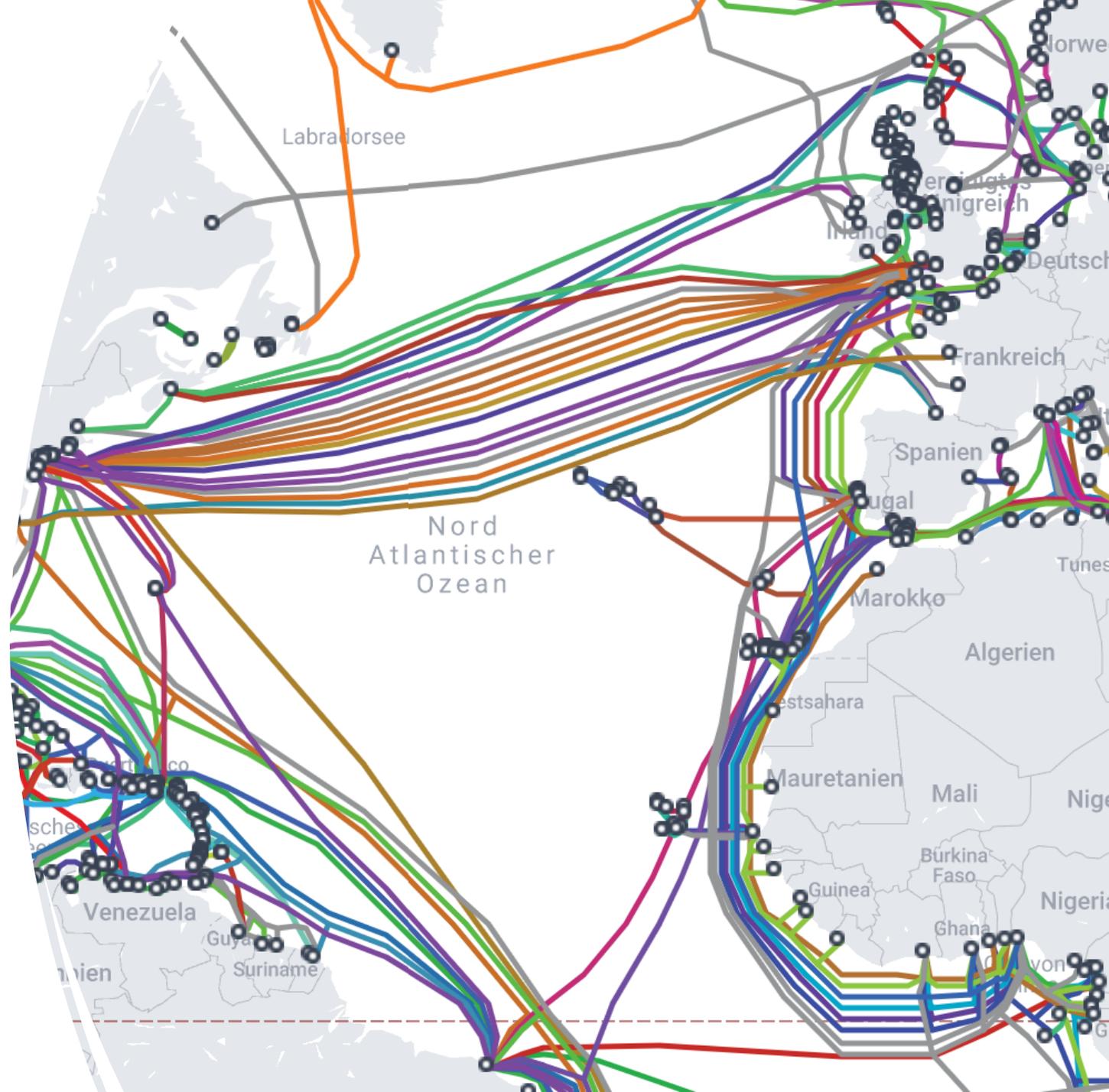
Was ist das Internet?

- Aber was ist das Internet?
- Ein Netz von kleinen und grossen Verbindungen
 - lässt sich wie ein Strassennetz vorstellen
 - kleine Verbindungen (vom Haus zur Zentrale, innerhalb der KSR)
 - mittlere Verbindungen (KSR-Provider)
 - grosse Verbindungen (Romanshorn-Amriswil)
 - grösste (Zürich-Frankfurt, Unterseekabel)



Unterseekabel

- Kapazität: 160 Terabit (10^{12} Bit / s)
 - (Marea)
- Durchmesser: 4-5cm
- submarinecablemap.com



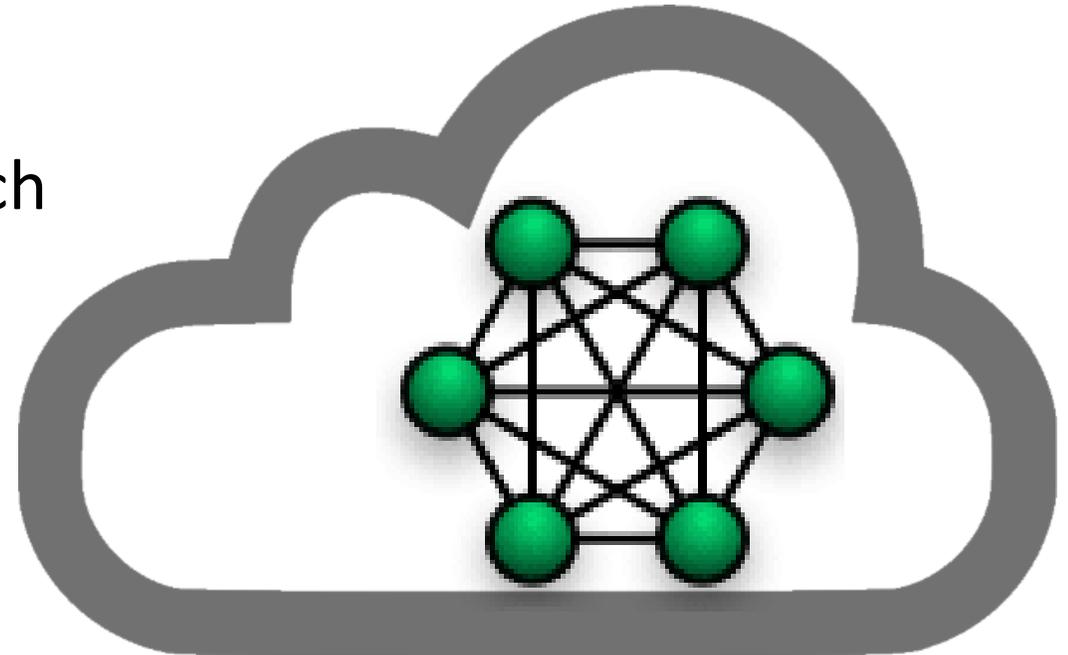
Internet zu Hause

- 10 – 10000 Megabit (Schweiz, 2021)
- 10 – 20 Kilobit (Schweiz, 1996)



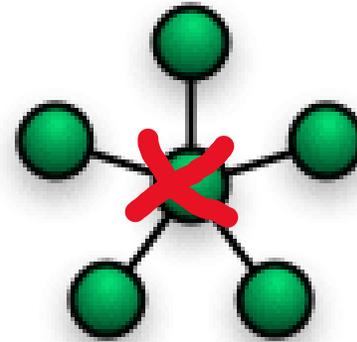
Das Internet als Illusion

- Illusion: alle Geräte sind direkt miteinander verbunden
- 30 Milliarden Geräte auf der Welt
- Anzahl Verbindungen wächst quadratisch
 - -> unmöglich, mit allen verbunden zu sein



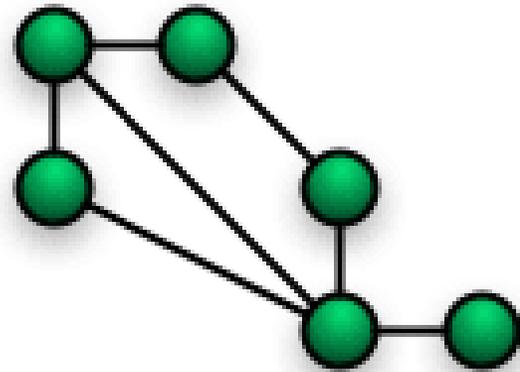
Topologie

- Illusion: alle Geräte sind direkt miteinander verbunden
- Stern-Topologie ist effizienter...
- ... aber anfällig auf Unterbrechungen



Topologie

- Kompromiss: Netz-Topologie
- Die meisten Geräte haben nur einen Anschluss
 - zuhause
- Redundanz auf wichtigen Abschnitten



Netztopologie

- Es gibt trotzdem noch Flaschenhalse
- Gefahren:
 - Anker
 - Schleppnetze
 - Bagger
 - Erdbeben
 - Sabotage

Vietnam's submarine cable system broken down once again

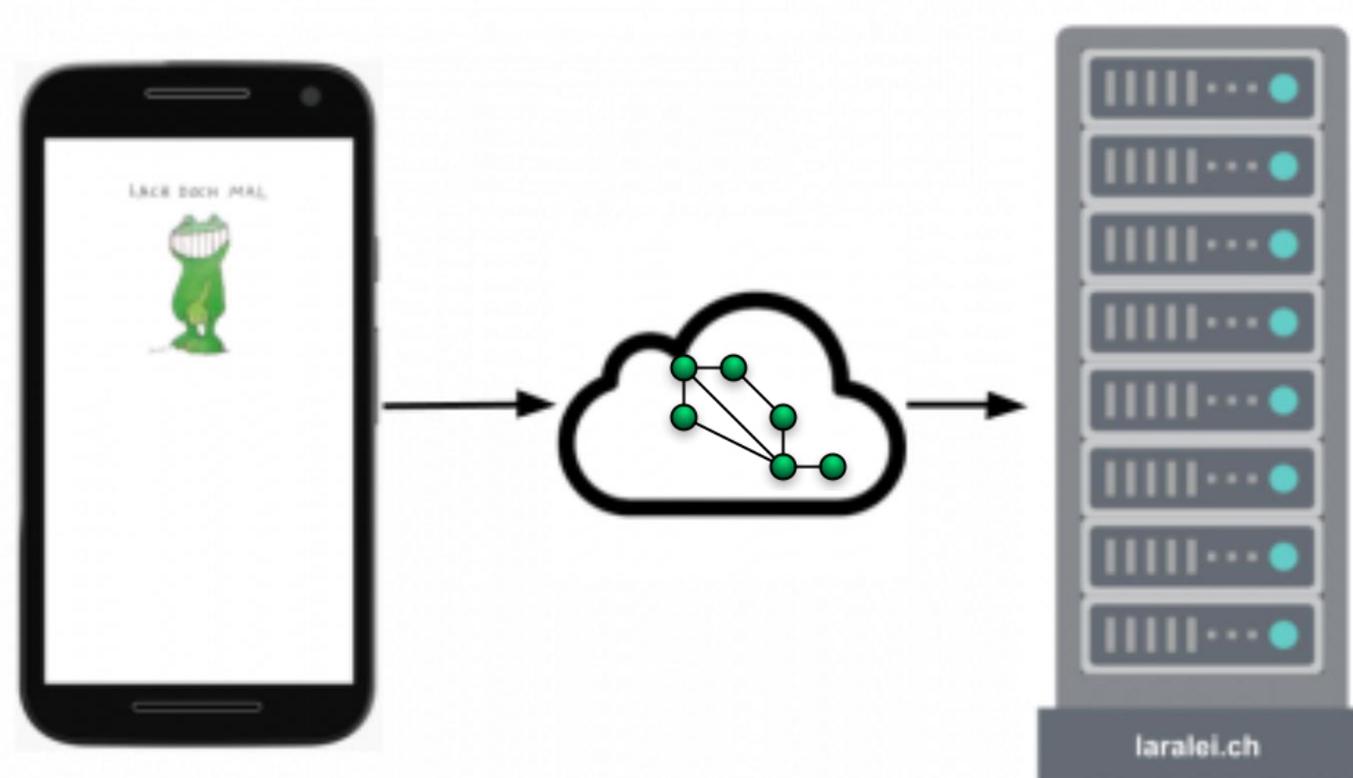
ChandraGarran04



One of the major submarine cable systems broke down once again early this week, resulting in sluggish Internet speed in Vietnam.

Illusion Internet

- Obwohl die direkte Verbindung nur eine Illusion ist, funktioniert das Internet trotzdem.
- Wir schauen uns die nächsten Lektionen an, wie diese Illusion zustande kommt.



Den Paketen auf der Spur

- Browser und Server führen ein «Gespräch» in HTTP

- Browser:

```
GET / HTTP/1.1  
Host: laralei.ch
```

- Server:

```
HTTP/1.1 200 OK  
Date: Tue, 16 Nov 2021 22:37:57 GMT  
Content-Type: text/html
```

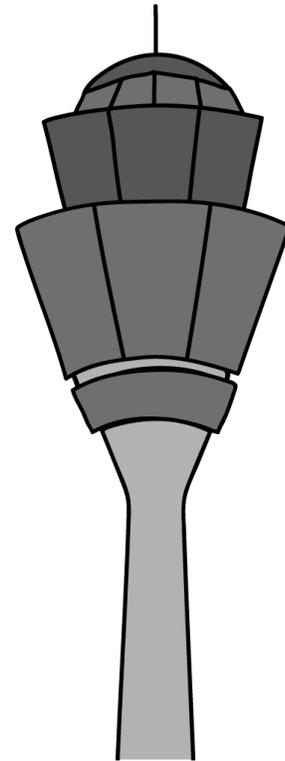
Protokoll
(Metadaten)

Payload
(Nutzlast)

```
<html>  
  <head>  
    <title>Laralei &mdash; Lach Doch Ma  
    <link rel="stylesheet" href="style
```

Protokolle

- Standardisiertes Gespräch
 - zeitlicher Ablauf
 - Format der Nachrichten



SFX123 ruft Tower

Tower hört SFX123

Erbitten Startfreigabe

Freigabe erteilt

Bestätigt und Ende

Bestätigt und Ende



Protokolle bei uns Menschen

Aufgabe: **Nach der Zeit fragen**

«Guten Tag, darf ich Sie etwas fragen?»

«Wie spät ist es?»

«Entschuldigung, ich habe Sie nicht verstanden.»

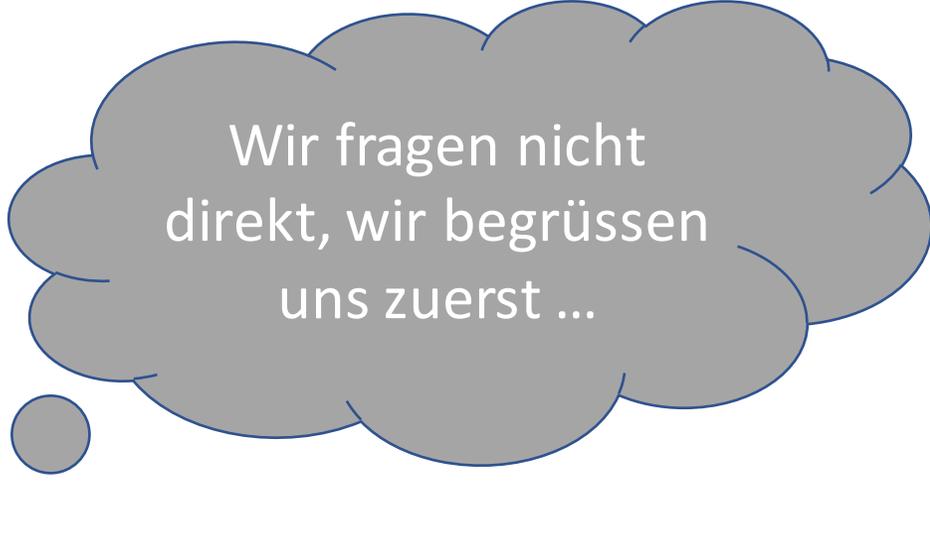
«Danke und einen schönen Tag, tschüss.»

«Hallo, klar, schiessen Sie los!»

«Es ist 14:15 Uhr.»

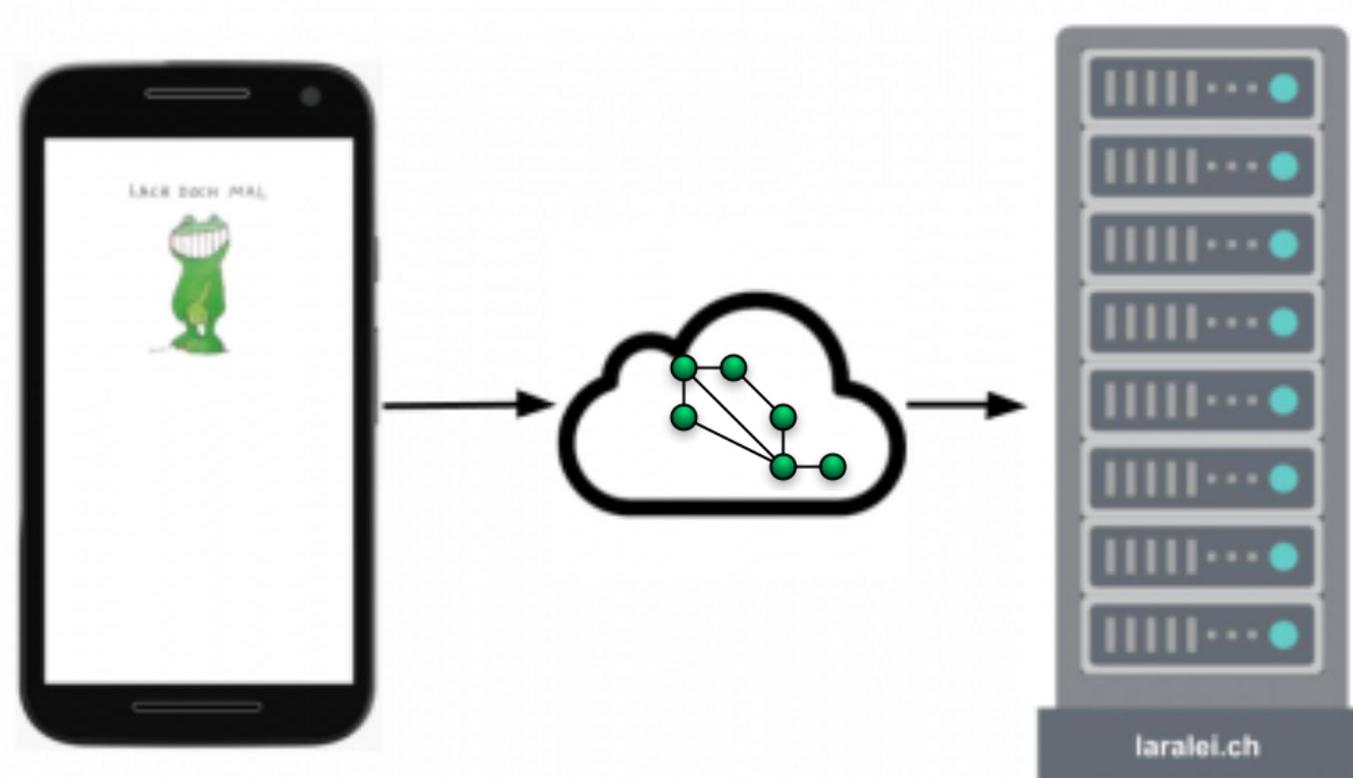
«Es ist 14:15 Uhr.»

«Kein Problem, Ihnen auch, wiedersehen!»



Wir fragen nicht
direkt, wir begrüßen
uns zuerst ...

Was passiert in der Wolke?



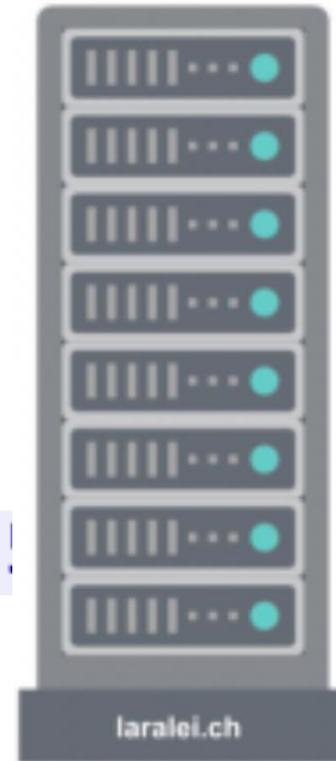
Ein Gespräch auf oberster Ebene



GET / HTTP/1.1
Host: laralei.ch

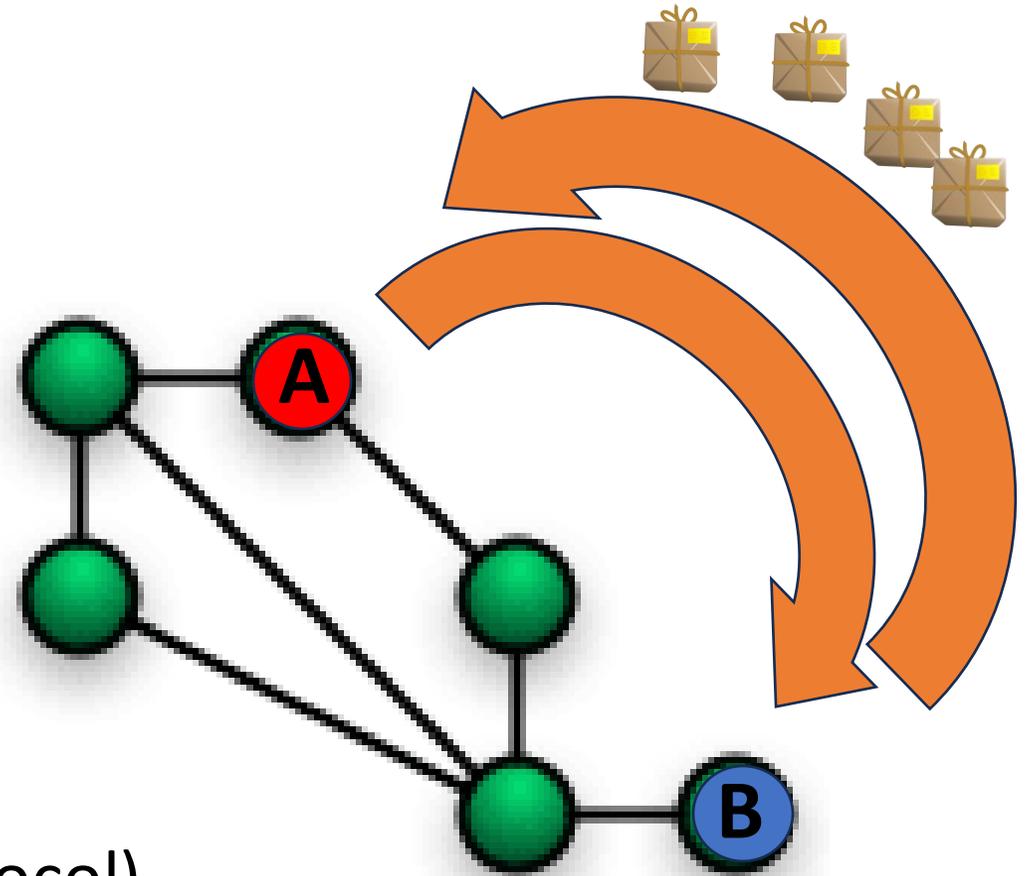
HTTP/1.1 200 OK
Date: Tue, 16 Nov 2021 22:37:00
Content-Type: text/html

```
<html>  
  <head>  
    <title>Laralei &mdash; Lach Doch Mal
```



Transportschicht

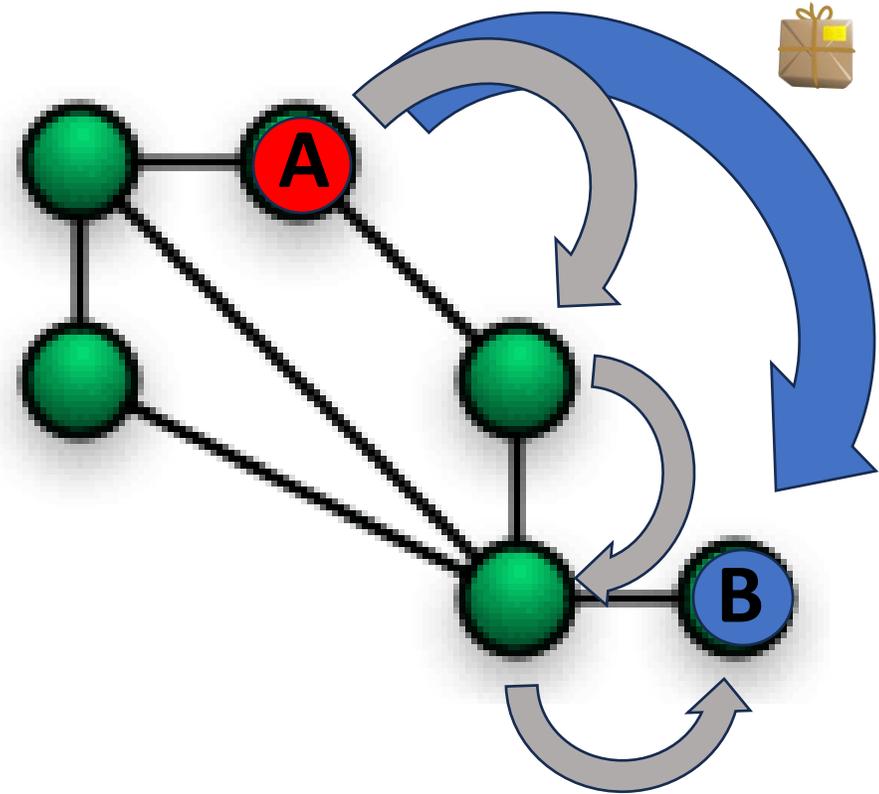
- Ein Datenstrom aus vielen Paketen
 - ... von A nach B
 - ... in der richtigen Reihenfolge
 - ... ohne Verlust oder Doppel
 - ... in beide Richtungen
-
- Protokoll: TCP (Transport Control Protocol)



Vermittlungsschicht

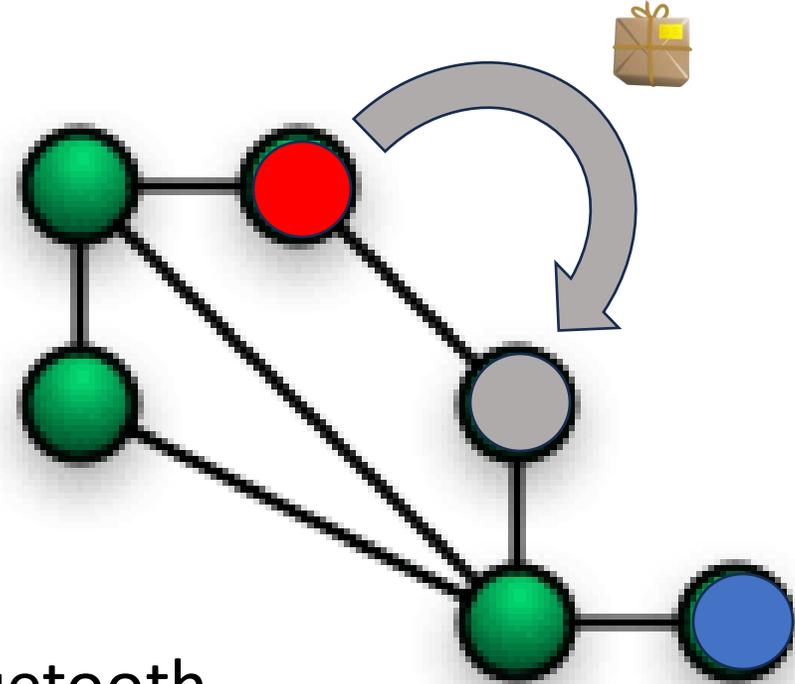
- Auch **Internetschicht**
- Ein einzelnes Paket
- von A nach B

- Protokoll: IP (Internet Protocol)



Netzzugangschicht

- Ein Paket
- ... zum nächsten Knoten

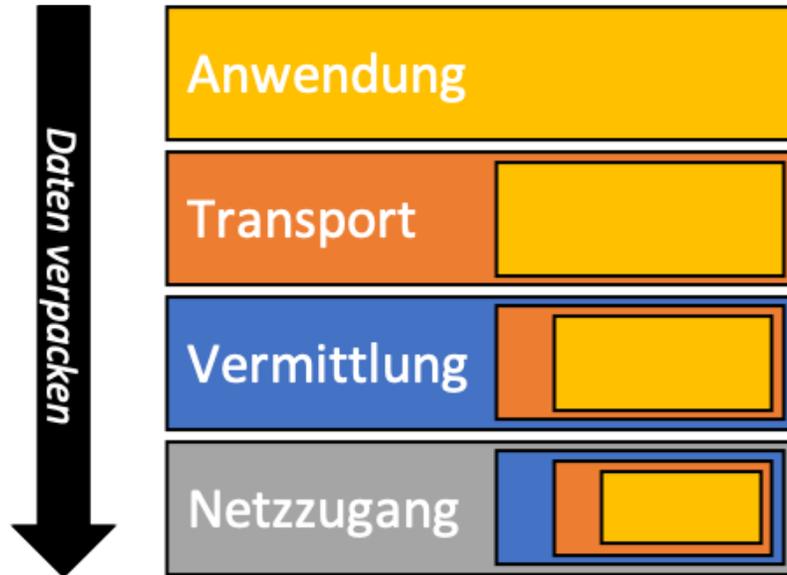


- Protokolle: Ethernet (LAN), WLAN, Bluetooth...

Schichtenmodell – im Inneren der Wolke



Schichten



Abstraktion

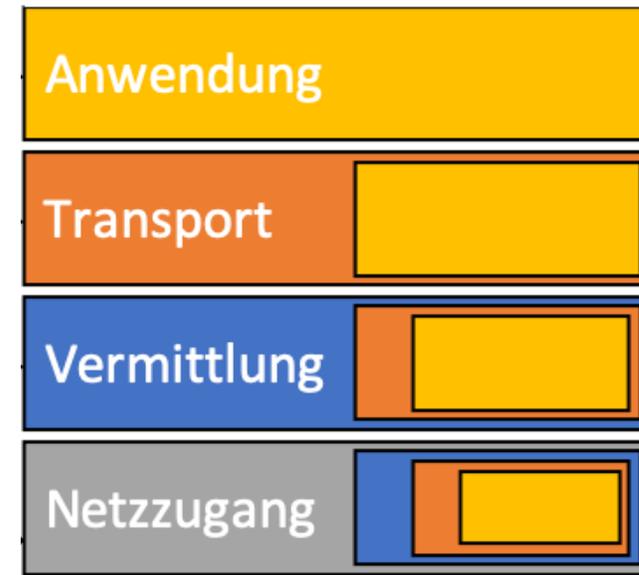
Datenstrom

Pakete End-zu-End

Pakete zum
nächsten Hop



Schichten



Daten entpacken

Auftrag

Romanshorn



Basel



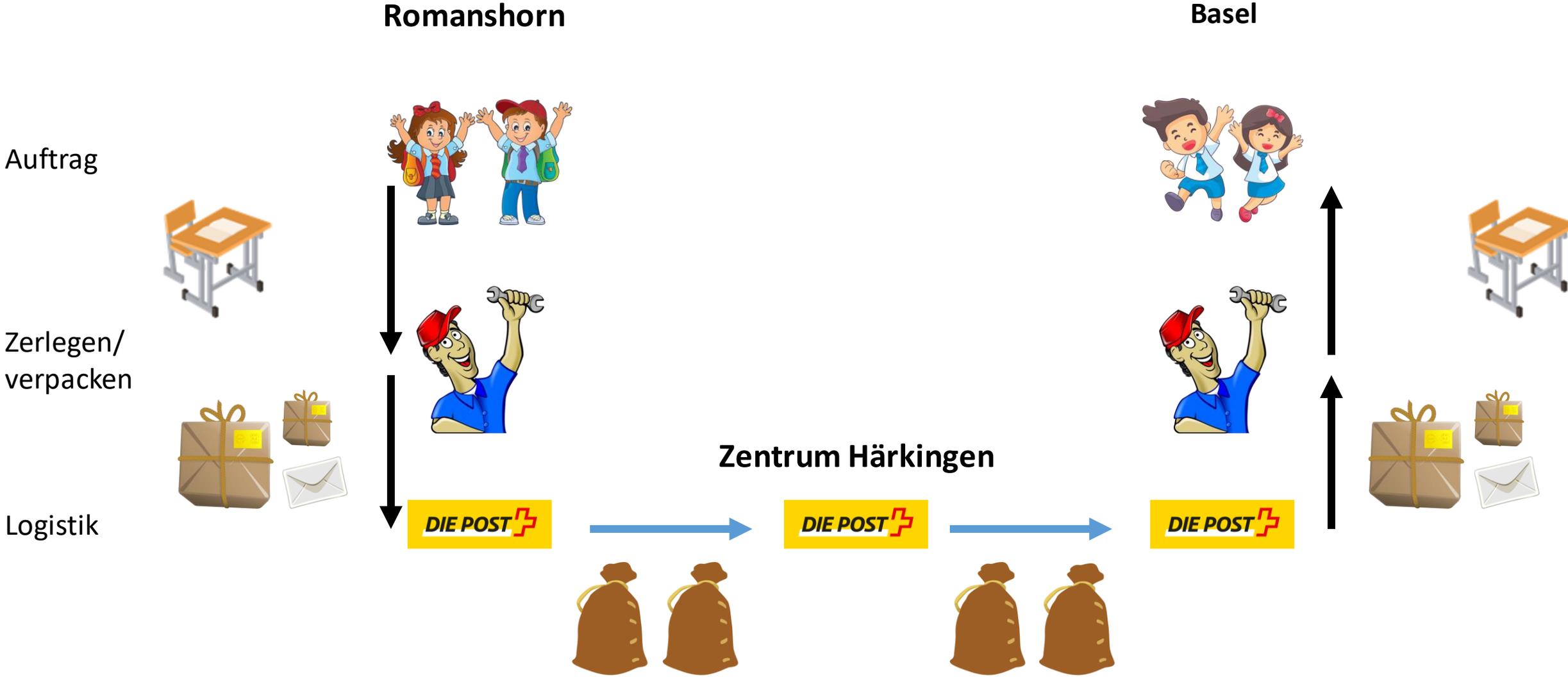
Romanshorn

Basel

Auftrag

Zerlegen/
verpacken





Auftrag

Zerlegen/
verpacken

Logistik

Romanshorn

Basel

Zentrum Härkingen



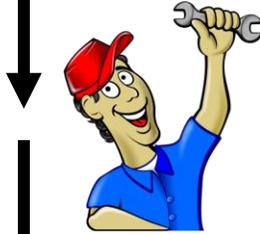
Romanshorn

Basel

Auftrag



Zerlegen/
verpacken



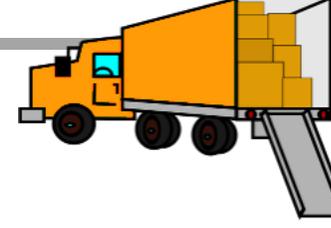
Logistik



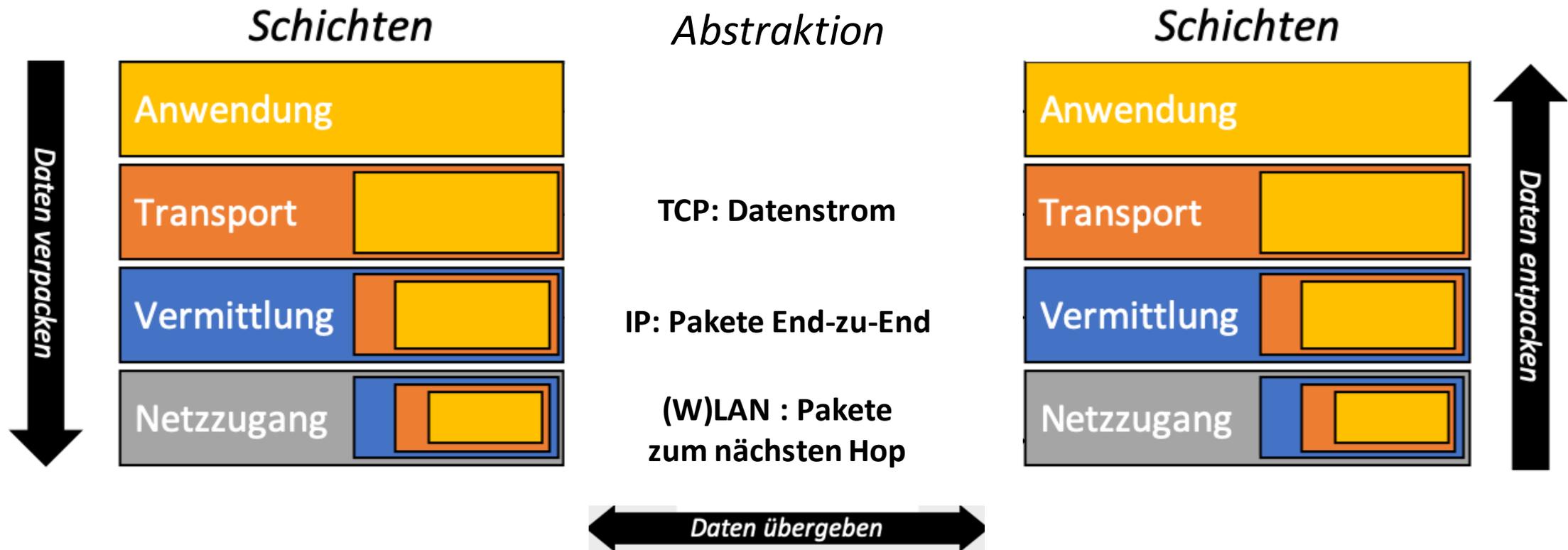
Zentrum Härkingen



Spedition



Schichtenmodell und Protokolle



Protokolle bei uns Menschen

«Guten Tag, darf ich Sie etwas fragen?»

«Hallo, klar, schießen Sie los!»

«Wie spät ist es?»

«Es ist 14:15 Uhr.»

«Entschuldigung, ich habe Sie nicht verstanden.»

«Es ist 14:15 Uhr.»

«Danke und einen schönen Tag, tschüss.»

«Kein Problem, Ihnen auch, wiedersehen!»

Protokolle bei uns Menschen

Verbindungs-
aufbau

Sicherstellen, dass
alles korrekt
verstanden wird.

«Guten Tag, darf ich Sie etwas fragen?»

«Hallo, klar, schießen Sie los!»

Transportschicht

«Wie spät ist es?»

«Es ist 14:15 Uhr.»

Anwendungsschicht

«Entschuldigung, ich habe Sie nicht verstanden.»

«Es ist 14:15 Uhr.»

Transportschicht

«Danke und einen schönen Tag, tschüss.»

«Kein Problem, Ihnen auch, wiedersehen!»

Beenden der
Verbindung

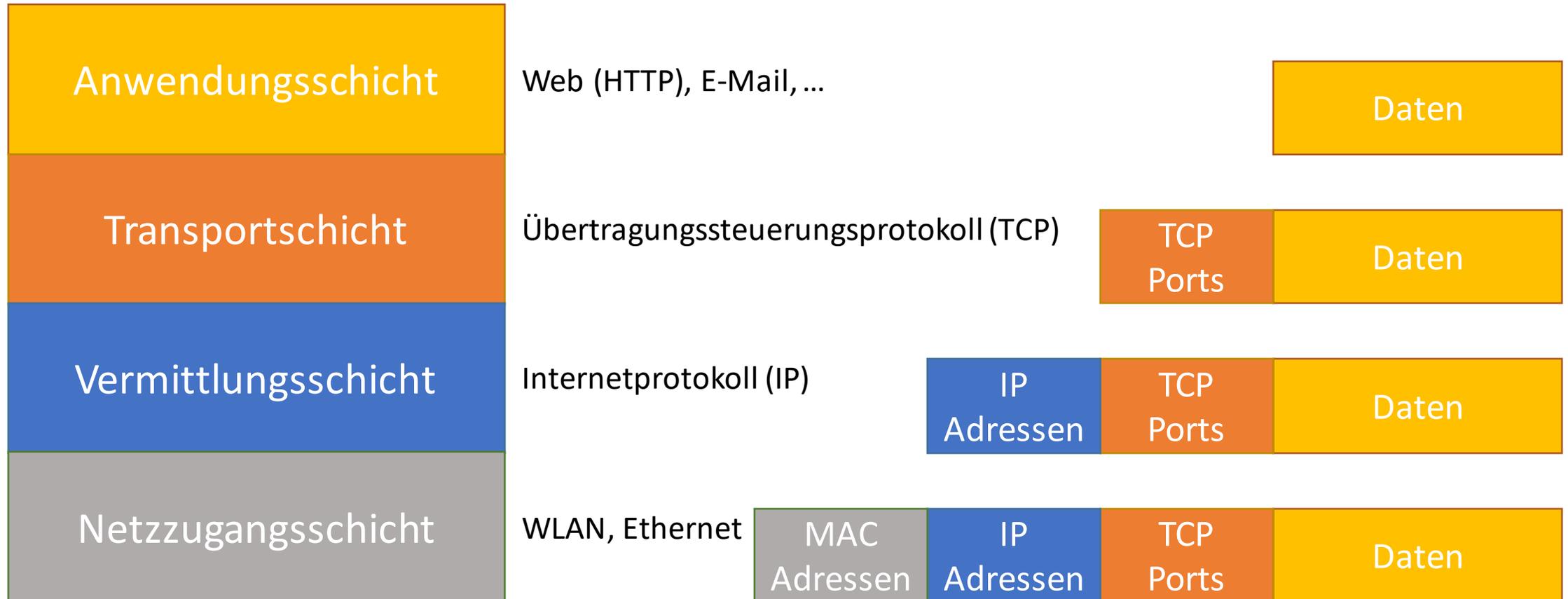
Protokolle bei uns Menschen

«Guten Tag, darf ich Sie etwas fragen?»	Vermittlungsschicht
«Hallo, klar, schießen Sie los!»	Vermittlungsschicht
«Wie spät ist es?»	Vermittlungsschicht
«Es ist 14:15 Uhr.»	Vermittlungsschicht
«Entschuldigung, ich habe Sie nicht verstanden.»	Vermittlungsschicht
«Es ist 14:15 Uhr.»	Vermittlungsschicht
«Danke und einen schönen Tag, tschüss.»	Vermittlungsschicht
«Kein Problem, Ihnen auch, wiedersehen!»	Vermittlungsschicht

Vorteile des Schichtenmodells

- Aufbau auf bestehenden Schichten
 - Paket-Post funktioniert für Lebensmittel, Möbel
 - TCP/IP funktioniert für Webseiten (HTTP), Email, Whatsapp
- Austauschbare Schichten
 - Statt per Lastwagen kann das Paket per Zug transportiert werden.
 - Anstelle von WLAN kann Mobilfunk oder LAN-Kabel verwendet werden.

Adressierung im Internet



1. Anwendungsschicht

Client ⚙️

Router ⚙️

Server ⚙️

Anwendungsschicht

GET /index.html
HTTP/1.1 Host: www.nksa.ch

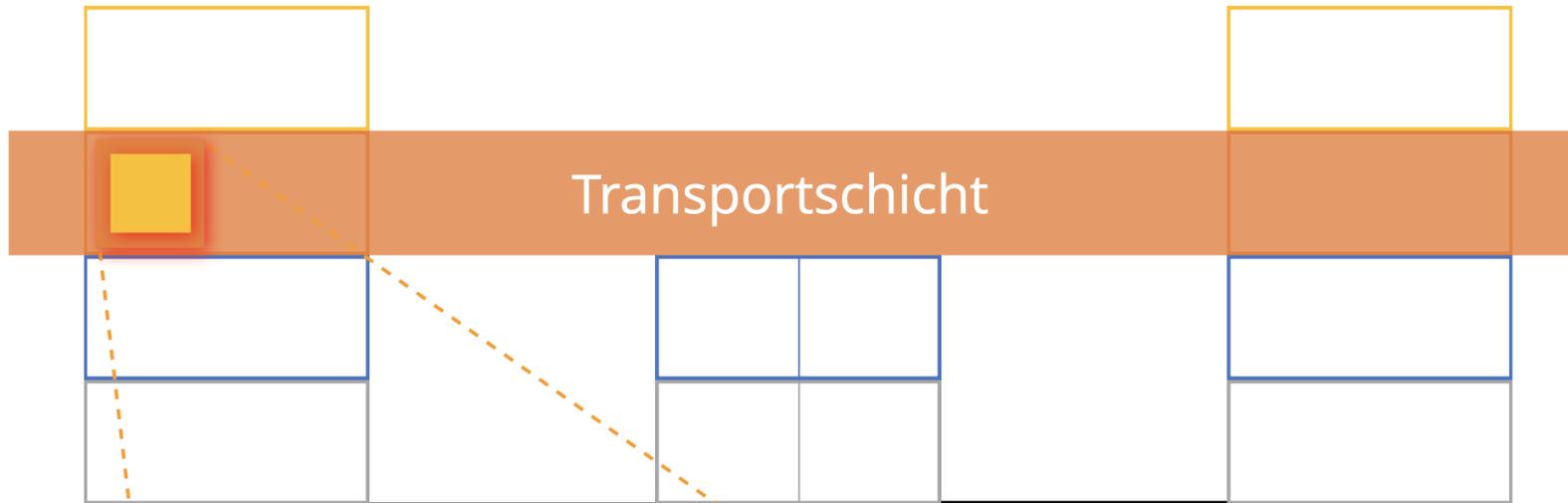
- Korrekt formulierter GET-Request für Website

2. Transportschicht

Client ⚙️

Router ⚙️

Server ⚙️



Transportschicht

Quellport	99
Zielport	80
SYN ACK FIN	1 0 0
Sequenznummer	1 / 1

GET /index.html
HTTP/1.1 Host: www.nksa.ch

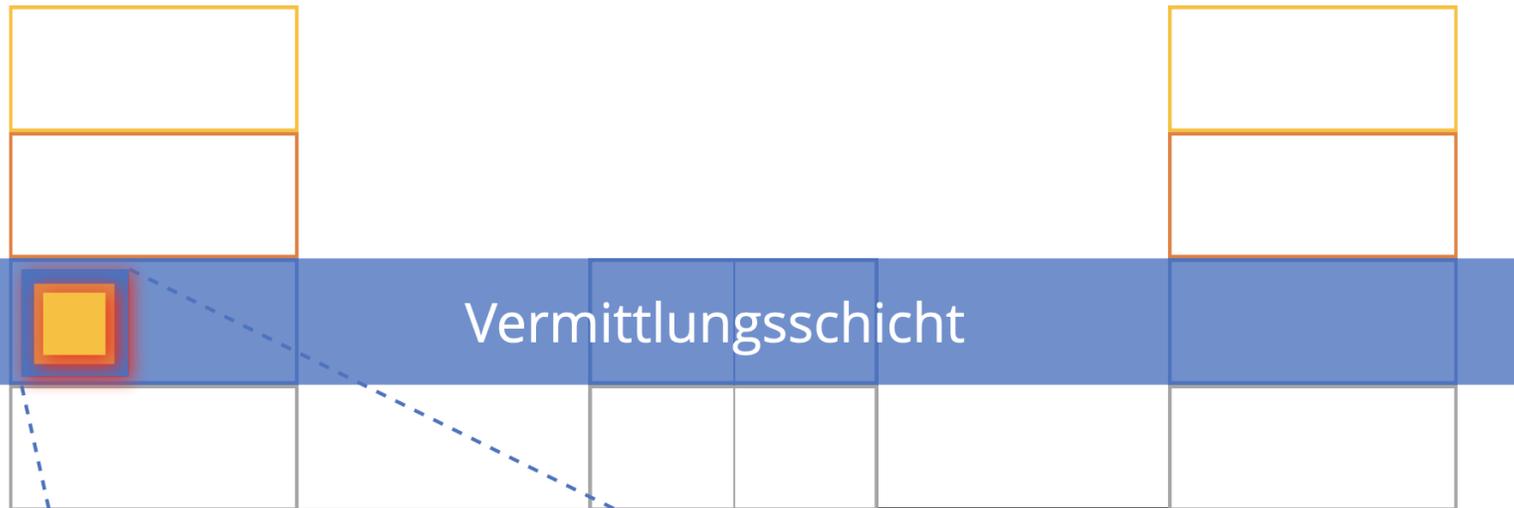
- Analogie: Hausdienst
- «Gespräch» wird koordiniert und gewissermassen 'verpackt'
- Quell- und Zielport festgelegt
- Port: Adressen für versch. Anwendungen:
 - TCP 80: HTTP
 - TCP 25/587: Mail
- Pakete nummerieren

3. Vermittlungsschicht

Client ⚙️

Router ⚙️

Server ⚙️



Vermittlungsschicht

Quell_IP	1.2.3.4
Ziel_IP	3.3.5.4
...	...

- Analogie: Post
- Sender und Empfänger aus verschiedenen Subnetzen verbinden
- Quell- & Ziel-IP Adresse
- **IP-Adresse:** Adresse von Gerät in Internet

4. Physikalische Schicht / Netzzugangsschicht

Client ⚙️

Router ⚙️

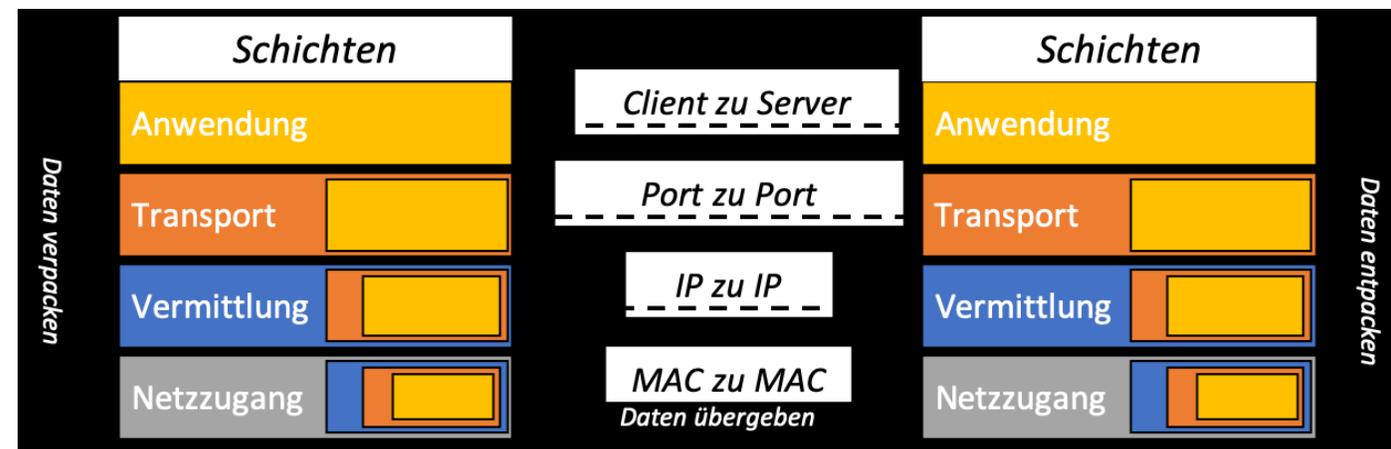
Server ⚙️

Netzzugangsschicht

Quell_MAC	4A-77-3F-EB-43
Ziel_MAC	98-D4-12-AA-7B
...	...

- Analogie: Lastwagen
- Übergabe von einer Netzwerkkarte an andere
- **MAC-Adresse**: *eindeutige* Hardware-Adresse von jedem Netzwerkadapter (hat nichts mit Apple-Computer zu tun)

Schichtenmodell: Datenpaket

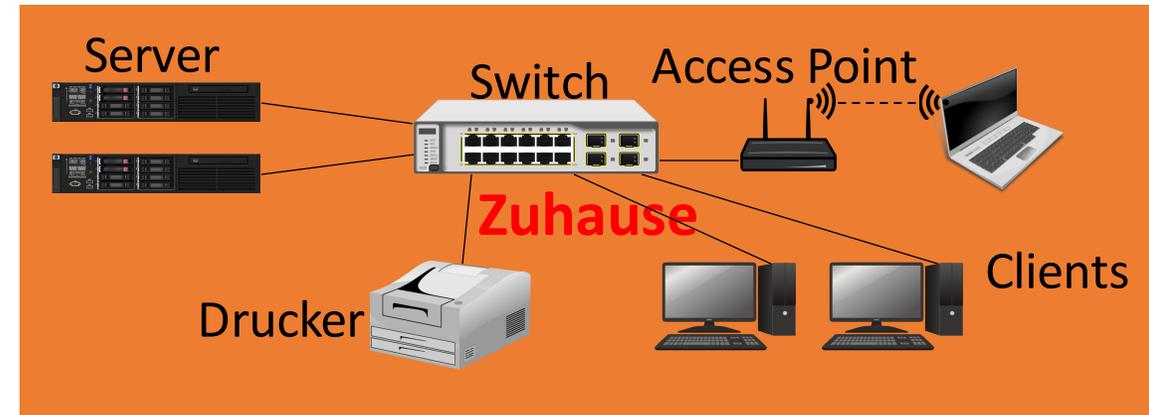


Ethernet frame		IP-Header		TCP-Header		HTTP-Request
Quell_MAC	4A-77-3F-EB-43	Quell_IP	1.2.3.4	Quellport	99	
Ziel_MAC	98-D4-12-AA-7B	Ziel-IP	3.3.5.4	Zielport	80	
...	...			SYN ACK FIN	1 0 0	
				Seqencnr	1 / 1	GET /index.html HTTP/1.1 Host: www.nksa.ch

- Bei Ankunft an Zielort wird Datenpaket entpackt: Zuerst 'Ethernet-Frame' der physikalischen Schicht, ...
- Essentiell: **Adressen** von Geräten im Internet: IP & Mac
- Um besser zu verstehen, müssen anschauen, wie **Netzwerke** aufgebaut sind

Netzwerk

- **Subnetz:** Zusammenschluss mehrerer Geräte (Computer, Drucker, ...)
 - Z.B. an KSR, Zuhause, in Firma, ...
- Geräte können direkt miteinander kommunizieren (ohne Routing)
- Jedes Gerät in Netzwerk hat eigene (lokale) **IP-Adresse**, z.B.:
 - Laptop: 192.168.1.106
 - Smartphone: 192.168.1.127
- Pro IP-Adresse (IPv4) 4 Bytes: von 0.0.0.0 bis 255.255.255.255

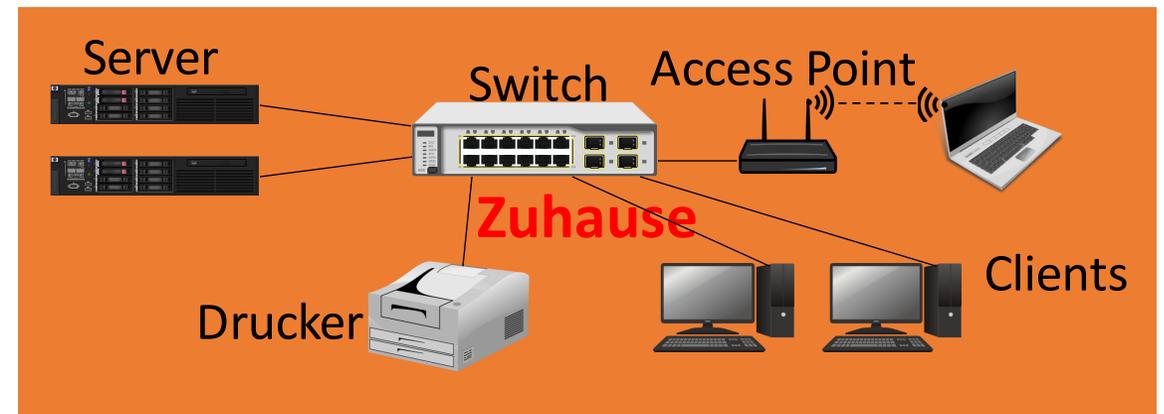


Netzwerk

- IP auf Computer abfragen:
(zuhause)

IPv4-Adresse: 192.168.1.106
Teilnetzmaske: 255.255.255.0

- Was bedeutet (Teil)**Netzmaske**?
- **Netzmaske** gibt an, wie viele Stellen in IP von allen Geräten im Netzwerk übereinstimmen müssen



Zuteilung von IP-Adressen

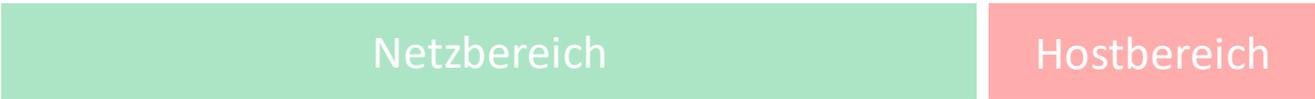
- IP-Bereiche werden weltweit von der IANA zugeteilt.
 - Der zugeteilte Bereich hat ein fixes Präfix (alle Bits sind gleich)
 - ... und einen variablen Host-Bereich

Netzwerk

IPv4-Adresse: 192.168.1.106
Teilnetzmaske: 255.255.255.0

- IP & Netzmaske von Computer:

- IP: 192.168.1.106 = 11 00 00 00. 10 10 10 00. 00 00 00 01. 01 10 10 10
- Maske: 255.255.255.0 = 11 11 11 11. 11 11 11 11. 11 11 11 11. 00 00 00 00



- IP aller Geräte in diesem Subnetz stimmen in ersten 3 Bytes überein:
 - Laptop: 192.168.1.106
 - Smartphone: 192.168.1.127
- Achtung: zwei IP-Adressen im erlaubten Bereich werden nicht vergeben an Hosts, da für andere Zwecke reserviert, später mehr dazu

Masken vs. CIDR

IPv4-Adresse: 192.168.1.106
Teilnetzmaske: 255.255.255.0

- IP & Netzmaske von Computer:

- IP: 192.168.1.106 = 11 00 00 00. 10 10 10 00. 00 00 00 01. 01 10 10 10
- Maske: 255.255.255.0 = 11 11 11 11. 11 11 11 11. 11 11 11 11. 00 00 00 00



- Statt Maske wird heute meist einfach die Anzahl Bits angegeben:
 - Dieses Subnetz hat den Adressraum 192.168.1.0/24
- Diese Notation nennt sich CIDR

Warm-Up

- Sie sind Netzwerkadmin und wollen ein Netzwerk für 50 Geräte bauen.
 - -> Wieviele Bits benötigen Sie?
 - 6bits ($2^6 = 64$)
 - -> Was wäre die Netzmaske?
 - 255.255.255.192 (192 = 0b11000000)
 - -> Ein Gerät hat die IP-Adresse 192.168.3.136
 - Teile auf in Netz und Host
 - Netz: 192.168.3.128 (136 = 0b10001000)
 - Host: 0.0.0.8

Zuteilung von IP-Adressen

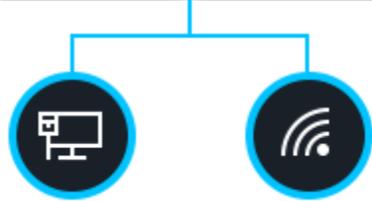
- IP-Bereiche werden weltweit von der IANA zugeteilt.
 - Der zugeteilte Bereich hat ein fixes Präfix (alle Bits sind gleich)
 - ... und einen variablen Host-Bereich

- Einige Bereiche sind reserviert für den lokalen Gebrauch
 - Werden im öffentlichen Internet nicht weitergeleitet.
 - 192.168.*
 - 10.*
 - 172.16.* - 172.31.*

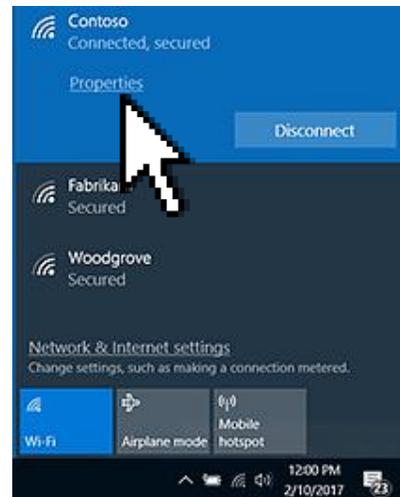
Die eigene IP-Adresse finden

Windows

- Netzwerk-Symbol



- Eigenschaften der Verbindung



Mac

- Systemeinstellungen
- Netzwerk



Die eigene IP-Adresse finden (Alternative)

Windows

- Eingabeaufforderung öffnen
- Befehl: `ipconfig`
- IP-Adresse in der Ausgabe suchen

Mac/Linux

- Terminal (unter Dienstprogramme) öffnen
- Befehl: `ifconfig`
- IP-Adresse in der Ausgabe suchen

IP-Adresse

Meine IP-
Adresse

```
C:\>ipconfig

Windows-IP-Konfiguration

Ethernet-Adapter Ethernet:

    Verbindungsspezifisches DNS-Suffix:
    Verbindungslokale IPv6-Adresse . . : fe80::95ee:e228:5ba:1920%7
    IPv4-Adresse . . . . . : 10.0.2.15
    Subnetzmaske . . . . . : 255.255.255.0
    Standardgateway . . . . . : 10.0.2.2

C:\>
```

Nächstes
Verteilzentrum
(Router)

Ping

- Netzwerkdiagnose-Tool
- Prüft die Datenübertragung
- Achtung: Kann von einer Firewall auch unterbunden werden
- Befehl: `ping 192.168.10.62`

Was ist Ping?

- Herkunft
 - 2. Weltkrieg
 - Sonar zum Aufspüren von U-Booten
 - Ausgesandtes Schallsignal tönt wie «ping»
 - Trifft das Signal auf ein U-Boot, wird es reflektiert
 - Video: https://youtu.be/Ft0f_i3kp0E
- Programm sendet Signal aus
- Entfernter Computer antwortet

Aufgaben – Ping

- Führen Sie Ping mit folgenden IP-Adressen aus
 - 192.168.10.62
 - 8.8.8.8
 - 185.237.144.226
 - 194.150.245.142
 - 123.194.387.14
 - IP-Adresse Ihres Pultnachbars
- Was bedeutet die Ausgabe?
- Wieso gibt es Unterschiede?

Aufgaben B

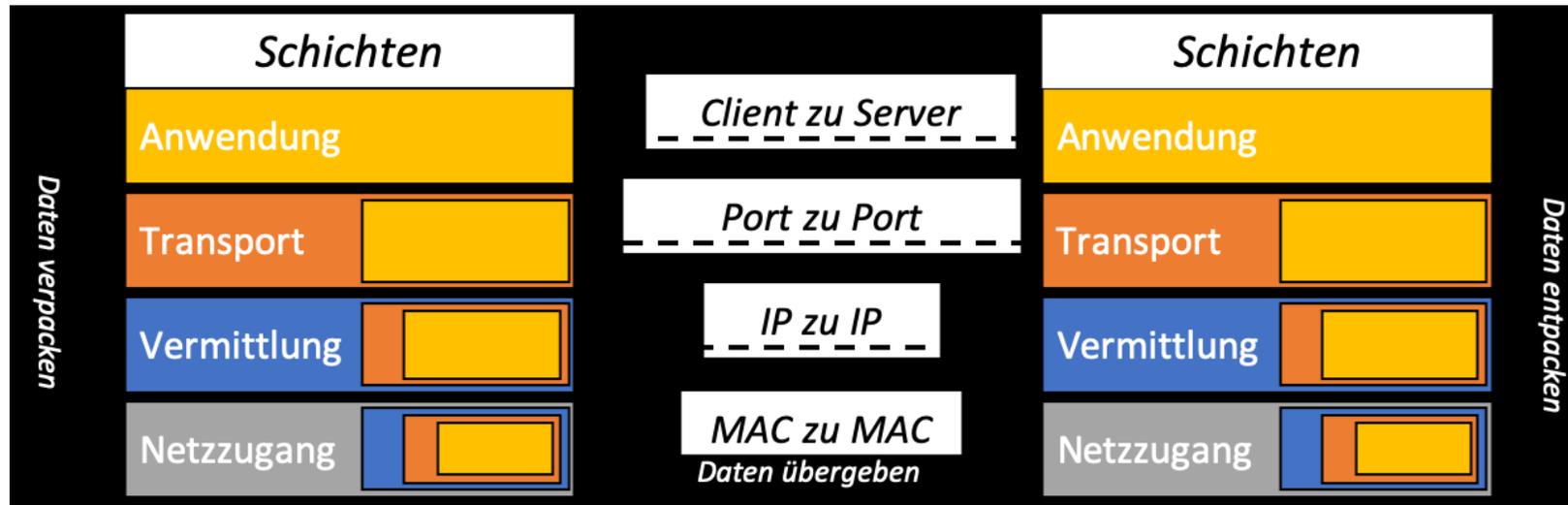
- Siehe Wiki
- HA: B1 & B2

Vom Subnetz zum Internet

Lektion 7

Warm-Up I

- Was besagt das Schichtenmodell und wozu wird es im Internet Schichtenmodell verwendet?



Ethernet frame		IP-Header		TCP-Header		HTTP-Request
Quell_MAC	4A-77-3F-EB-43	Quell_IP	1.2.3.4	Quellport	99	
Ziel_MAC	98-D4-12-AA-7B	Ziel-IP	3.3.5.4	Zielport	80	
...	...			SYN ACK FIN	1 0 0	
				Seqencnr	1 / 1	
						GET /index.html HTTP/1.1 Host: www.nksa.ch

Warm-Up II

- MAC-Adresse vs. IP-Adresse:
 - Gemeinsamkeiten?
 - Unterschiede?
- Antwort:
 - Beides Adressen im Internet
 - MAC-Adresse:
 - Auf Netzzugangsschicht (unterste)
 - Weltweit *eindeutige* Hardware-Adresse von jedem Netzwerkadapter
 - IP-Adresse:
 - Auf Vermittlungsschicht
 - Nicht zwingend eindeutig (z.B. lokale IPs in Subnetzen)
 - Kann ändern für gleiches Gerät
 - Wenn z.B. defektes Gerät in Netzwerk ersetzt durch neues Gerät, IP bleibt gleich (MAC aber nicht)

Warm-Up III

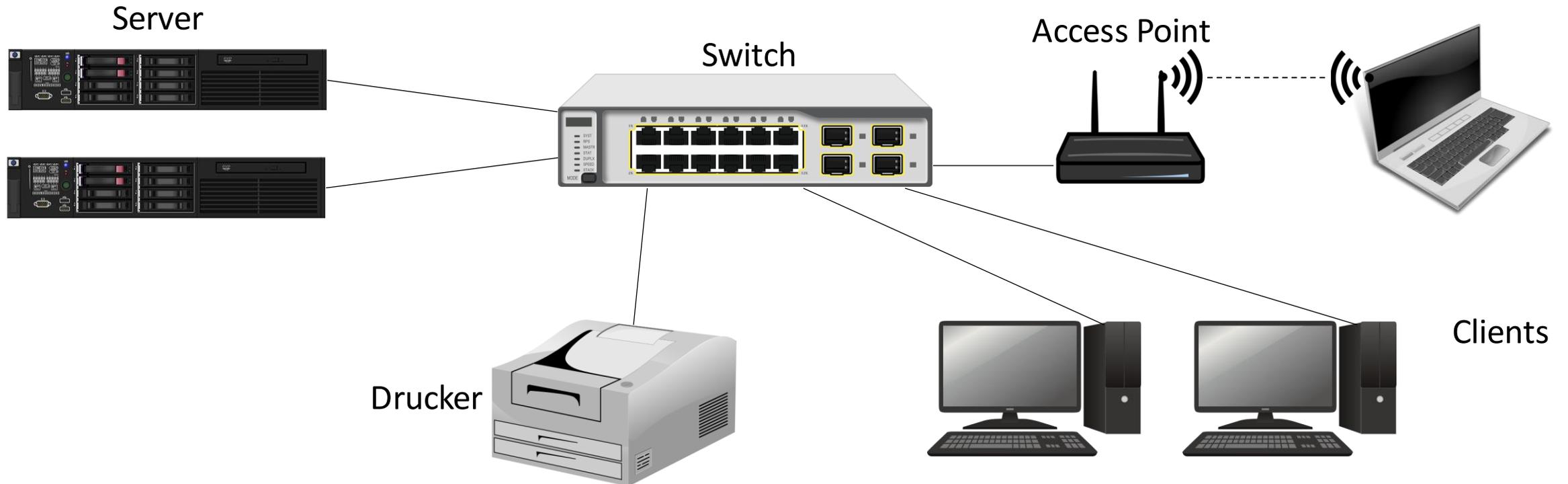
- Was ist die Subnetzmaske in einem Netzwerk?

IPv4-Adresse: 192.168.1.106

Teilnetzmaske: 255.255.255.0

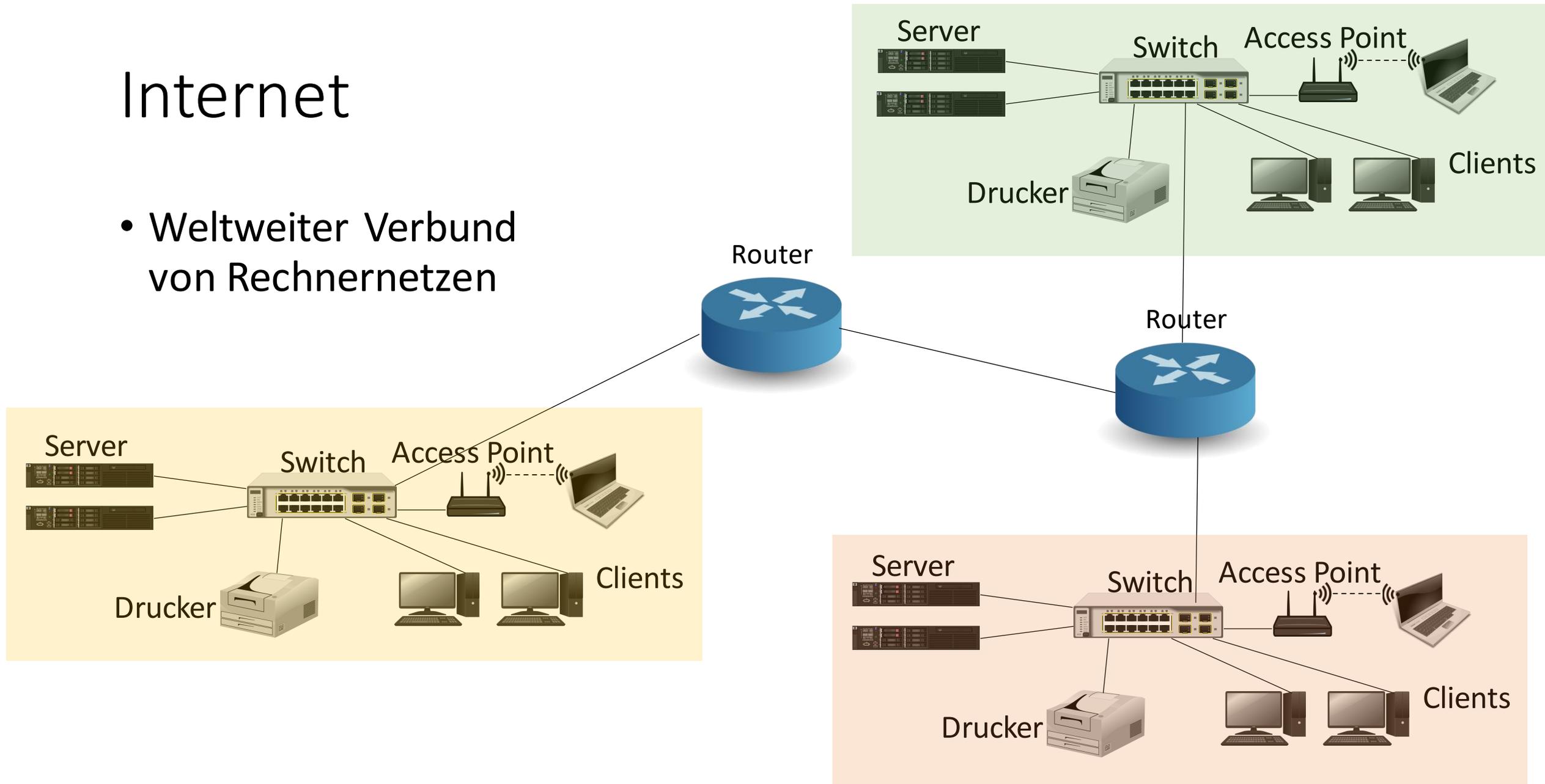
Netzwerk/Rechnernetz

- Zusammenschluss mehrerer Computer
- Computer kommunizieren über Protokolle miteinander



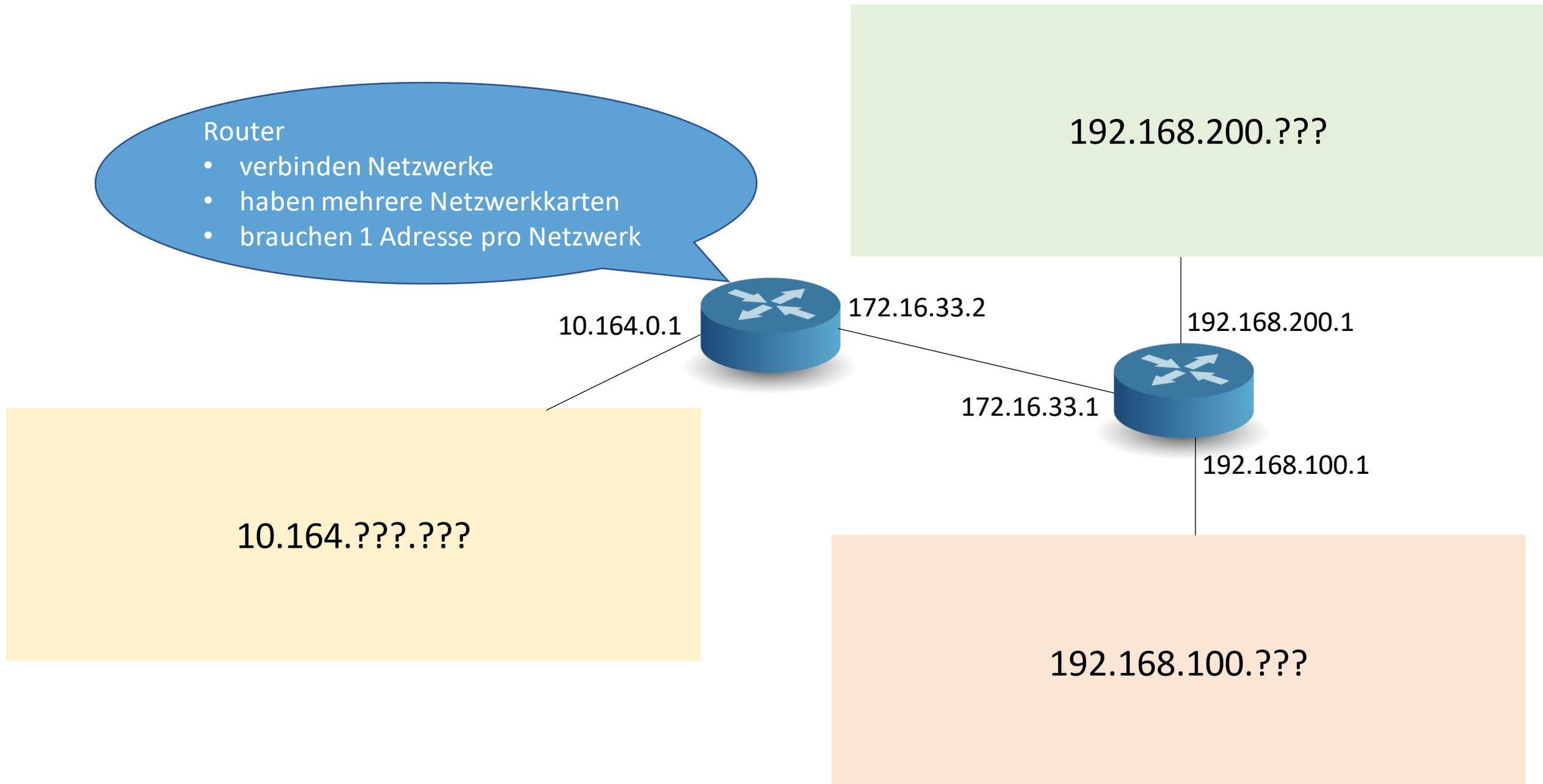
Internet

- Weltweiter Verbund von Rechnernetzen



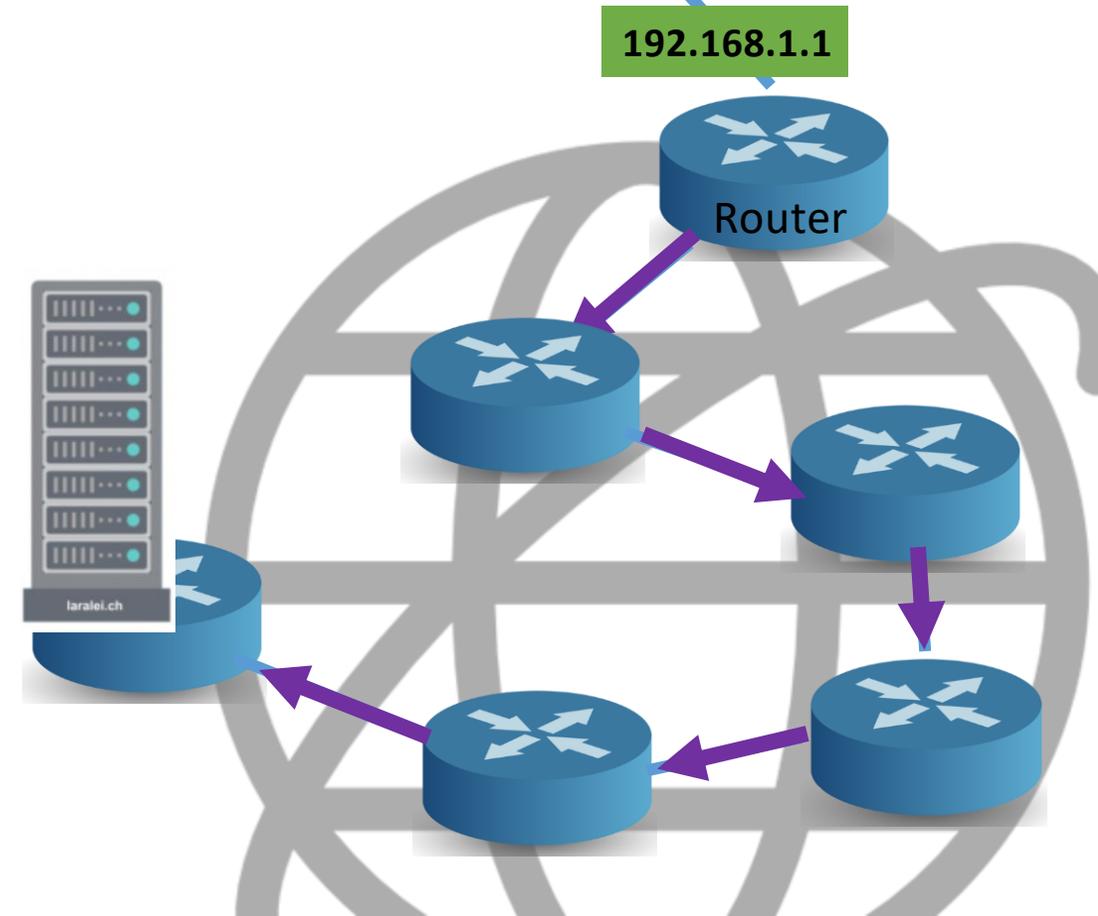
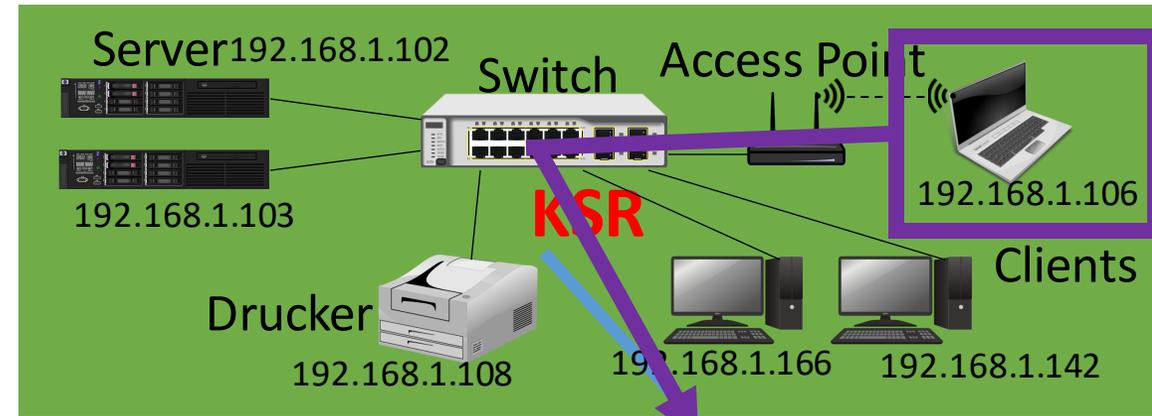
Router

- verbinden Netzwerke
- haben mehrere Netzwerkkarten
- brauchen 1 Adresse pro Netzwerk



Routing

- Am KSR Website laralei.ch aufrufen
- Anfrage an Server, der Website hostet, geht über mehrere Stationen
- Frage: **Wie findet Datenpaket Weg zum richtigen Ziel?**
- Antwort: **Routing!**
- Aussprache: beides ok
 - «ruuting» (BE)
 - «rauting» (AE)



Routing

- Idee: Paket geht 'hop' für 'hop' von Router zu Router
- Router schickt Packet an nächsten Router, von dem er glaubt, dass er etwas näher am Ziel liegt
 - Auf der Vermittlungsschicht!
- Dazu verwendet: **Routing-Tabelle**
 - Gibt Router vor, was er mit welchen Ziel-IPs machen soll
 - Jedes Gerät hat solche Tabelle, Beispiel für Laptop

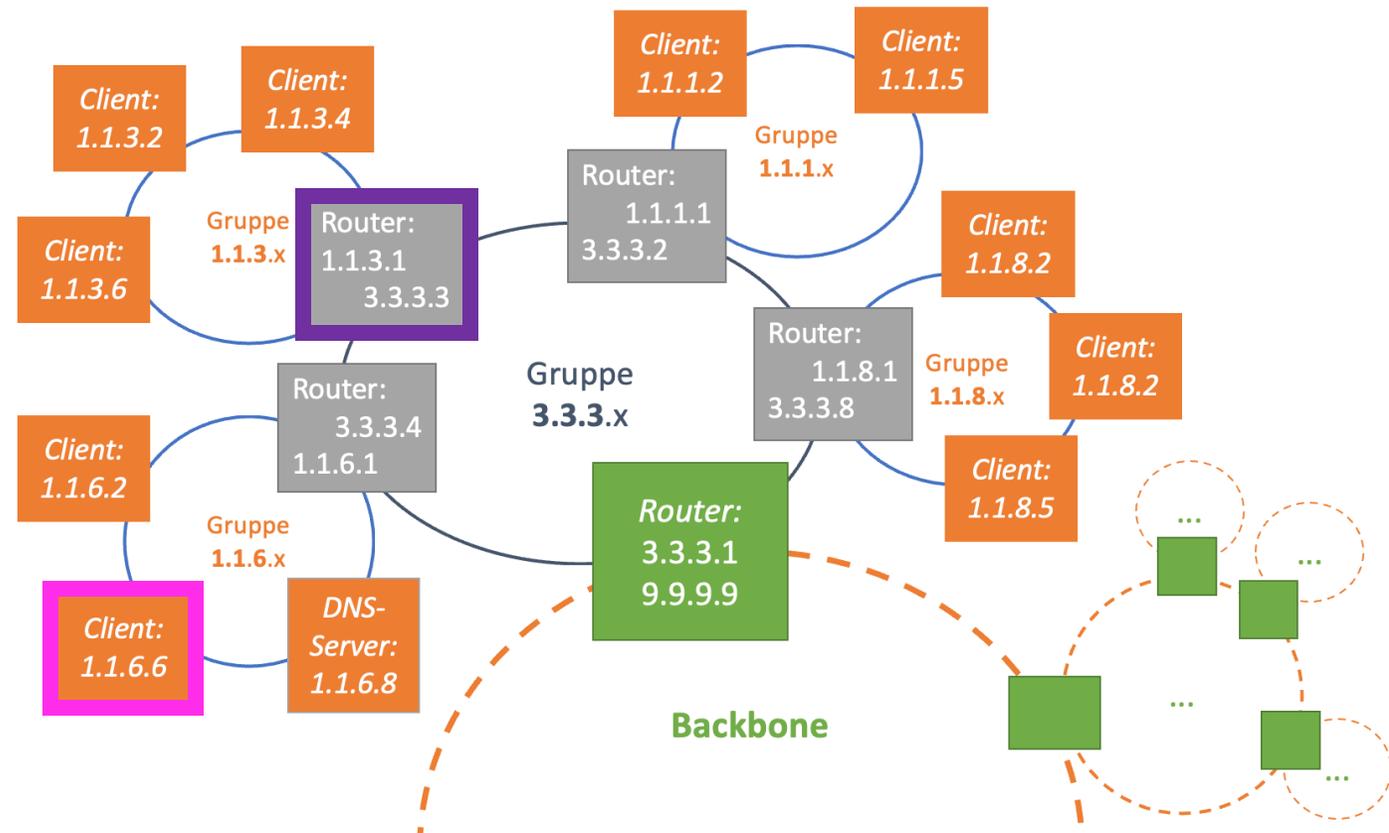
Ziel-IP	Handlung
Gehört dem Gerät selbst	Paket empfangen
Im gleichen Subnetz wie das Gerät	Paket direkt an das Zielgerät senden
Alles andere	An den Router (auch <i>Gateway</i>) senden zur Weiterleitung

- Abfragen: *netstat -rn* (Mac, Linux) oder *route print* (Windows)

Routing

IP-Präfix	Router	Handlung
1.1.3.1/32	–	Paket empfangen (eigene Adresse)
3.3.3.3/32	–	Paket empfangen (eigene Adresse)
1.1.3.0/24	–	Direkt versenden über Netzwerkkarte 1, Ziel im gleichen Subnetz 1.1.3
3.3.3.0/24	–	Direkt versenden über Netzwerkkarte 2, Ziel im gleichen Subnetz 3.3.3
1.1.1.0/24	3.3.3.2	Weiterleiten über 3.3.3.2
1.1.8.0/24	3.3.3.8	Weiterleiten über 3.3.3.8
1.1.6.0/24	3.3.3.4	Weiterleiten über 3.3.3.4
0.0.0.0/0	3.3.3.1	Default-Route: An den Router (auch Gateway) 3.3.3.1 senden zur Weiterleitung

- Beispiel: Router oben links erhält Paket für 1.1.6.6
- **Auftrag: Wende Routing-Tabelle an, um zu entscheiden was zu tun ist**
- Lösung:
 - Z7: -> 3.3.3.4
 - Z4: -> direkt versenden über NW-Karte 2 (Ziel im Subnetz 3.3.3)
- Warum zwei Einträge?
 - Z7: bestimmt, wohin nächster **Hop** geht
 - Z4: ... in welchem Netzwerk
- Nachdem Router oben links Paket an Router 3.3.3.4 versendet hat, geht weiteren Verlauf nichts mehr an



CIDR vs. Maske

CIDR-Notation
1.1.3.1/32
1.1.3.0/24
0.0.0.0/0

Netzadresse	Maske

CIDR vs. Maske

CIDR-Notation
1.1.3.1/32
1.1.3.0/24
0.0.0.0/0

Netzadresse	Maske
1.1.3.1	255.255.255.255

CIDR vs. Maske

CIDR-Notation
1.1.3.1/32
1.1.3.0/24
0.0.0.0/0

Netzadresse	Maske
1.1.3.1	255.255.255.255
1.1.3.0	255.255.255.0

CIDR vs. Maske

CIDR-Notation
1.1.3.1/32
1.1.3.0/24
0.0.0.0/0

Netzadresse	Maske
1.1.3.1	255.255.255.255
1.1.3.0	255.255.255.0
0.0.0.0	0.0.0.0

default
*

Auftrag

- Aufgabe D1-D4 (**HA**)