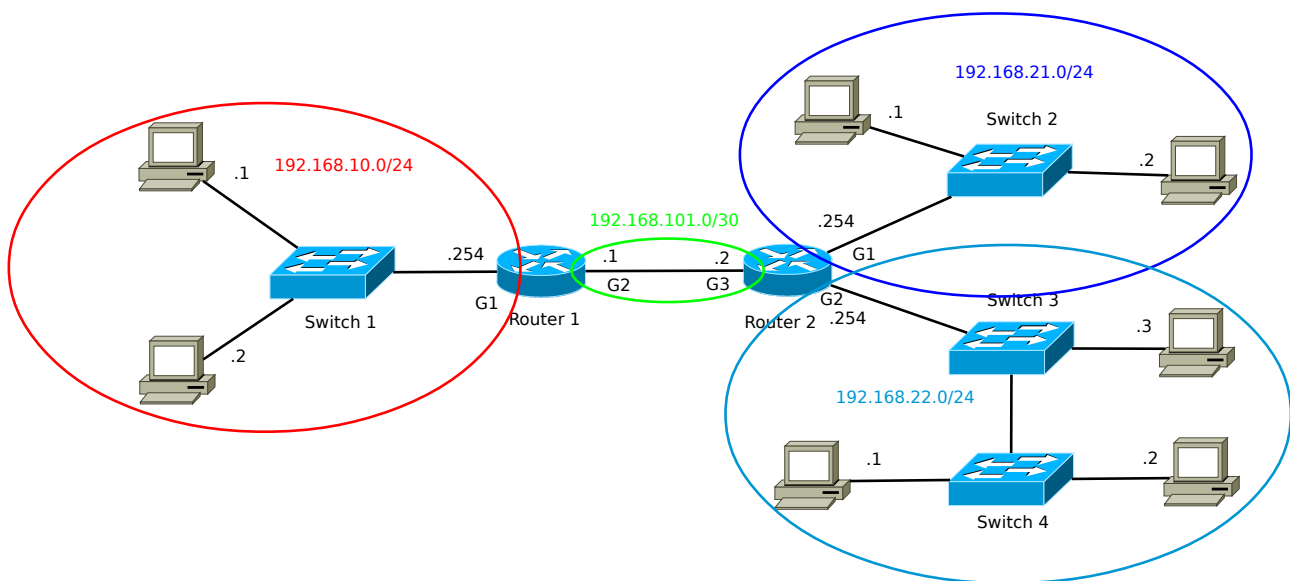


Routing in der Praxis

Größere Netzwerke, die viele Endgeräte (PCs, Drucker, Telefone, IoT-Geräte, ...) vernetzen sollen, können nicht alleine mit Switches aufgebaut werden. Vielmehr ist die Strukturierung des Netzwerkes durch Router ('Segmentierung') sinnvoll und notwendig. Hierzu ist allerdings das Verständnis des Routingvorgangs und für die Konfiguration und Fehlersuche das Verständnis des Prinzips der Routingtabelle notwendig.

Ein Netzwerk kann aus mehreren L2 - Segmenten bestehen, die sich über mehrere Switches erstrecken können. Ein L2-Segment entspricht dabei einem L3-IP-Subnetz. Die Router verbinden dabei zwei oder mehr Subnetze. Sie haben dafür in jedem dieser Netze eine eigene IP-Adresse.



Im Beispiel ist Router 1 Mitglied im roten und im grünen Netz. Sein Anschluss G1 hat im roten Netz die IP-Adresse 192.168.10.254 mit der Netzmaske /24, während er im grünen (Verbindungs-) Netz über G2 mit der Adresse 192.168.101.1/30 vertreten ist. Auf den Endgeräten im roten Netz ist Router 1 in der Netzwerk-Konfiguration als Gateway ('Standard-Gateway', 'Default-Gateway') eingetragen. Die Netzwerk-Konfiguration des oberen PCs im roten Netz sieht also folgendermaßen aus:

IP-Adresse: 192.168.10.1
Netzmaske: 255.255.255.0
Gateway: 192.168.10.254

Für die korrekte Funktion der Router benötigen diese eine vollständige Routingtabelle. Auf den Routern werden zunächst die IP-Adressen mit den zugehörigen Netzmasken auf den Anschlüssen ('Interfaces') konfiguriert. Bei Router 1 wären dies

Interface G1: 192.168.10.254/24
Interface G2: 192.168.101.1/30

Router 1 bildet daraus die folgende Routingtabelle automatisch, indem er die zu den IP-Adressen zugehörige Netzadresse berechnet:

	Ziel	via
C	192.168.10.0/24	G1
C	192.168.101.0/30	G2

Die automatisch eingetragenen Routen in die direkt angeschlossenen Netze (d.h. die Netze, in denen der Router direkt vertreten ist) werden mit C ('connected') markiert. In der Spalte 'Ziel' der Routingtabelle stehen dabei Netzadressen (immer mit Netzmaske). Die Spalte 'via' gibt an, wie man dorthin gelangt (in diesem Fall der entsprechende Anschluß).

Router 1 kennt allerdings noch nicht die beiden blauen Netze. Würde ein Endgerät im roten Netz ein Paket mit einer Ziel-Adresse in einem der blauen Netze an Router 1 senden, so würde dieser mit einer Fehlermeldung ('Netzwerk nicht erreichbar') antworten.

Die beiden blauen Netze müssen also in der Routingtabelle von Router 1 nachgerüstet werden. Dies kann von Hand ('statisch', Kennbuchstabe S) oder mit Hilfe eines Routingprotokolls ('dynamisch', verschiedene Kennbuchstaben, z.B. R für RIP oder O für OSPF) geschehen.

Die vollständige Routingtabelle von Router 1 sieht also z.B. so aus:

	Ziel	via
C	192.168.10.0/24	G1
C	192.168.101.0/30	G2
S	192.168.21.0/24	192.168.101.2
S	192.168.22.0/24	192.168.101.2

Die beiden zusätzlichen Einträge senden Pakete für die beiden blauen Netze an Router 2, dessen IP-Adresse im grünen Netz (die einzige Verbindung zwischen Router 1 und Router 2) 192.168.101.2 ist. Diese Adresse wird auch als 'Next Hop'-Adresse bezeichnet (nächster Schritt auf dem Weg zum Ziel).

Ein Ping-Paket von einem der PCs im roten Netz zu einem PC in einem der beiden blauen Netze wird aber erst beantwortet, wenn das Routing auch auf den Rückweg funktioniert. Hierzu muss auch die Routingtabelle auf Router 2 vollständig sein (d.h. das rote Netz enthalten).

Aufgabe 1: Geben Sie die vollständige Routingtabelle von Router 2 an.

Bei größeren Netzen wäre der Aufwand erheblich, auf jedem Router alle vorhandenen Netze einzutragen. Zwar können Routingprotokolle wie OSPF diese Aufgabe automatisieren, die meisten (kleineren) Router verfügen aber oft nur über statisches Routing. Eine andere Möglichkeit die Routingtabellen klein zu halten, ist die Zusammenfassung von Zielnetz-Adressen mit gleichen Next Hop -Adressen mit Hilfe einer Netzadresse eines (fiktiven) größeren Netzes, das alle Zieladressen beinhaltet ('Summary-Route').

Die Netzadressen der beiden blauen Netze sind allerdings leider nicht so gewählt, dass sie sich einfach zu einem /23-Netz zusammenfassen lassen (**Aufgabe:** Warum ist das so?). Das fiktive Netz 192.168.20.0/22 würde beide Netze enthalten (aber auch noch zwei weitere nicht vorhandene /24-Netze).

Eine andere Möglichkeit ist die Benutzung des Zielnetzes 0.0.0.0/0, das immer alle möglichen Netze enthält. Eine Route mit Ziel 0.0.0.0/0 wird auch als 'Default-Route' bezeichnet. Bei der Auswahl einer passenden Route aus der Routingtabelle wählt der Router wenn mehrere Routen die Ziel-IP des zu routenden Paketes enthalten, die Route mit der größten Netzmaske (also höchsten Zahl hinter dem Schrägstrich) aus ('Longest Match'-Prinzip). Die 0.0.0.0/0-Route wird also nur benutzt, wenn es keine besser passende Route in der Tabelle gibt.

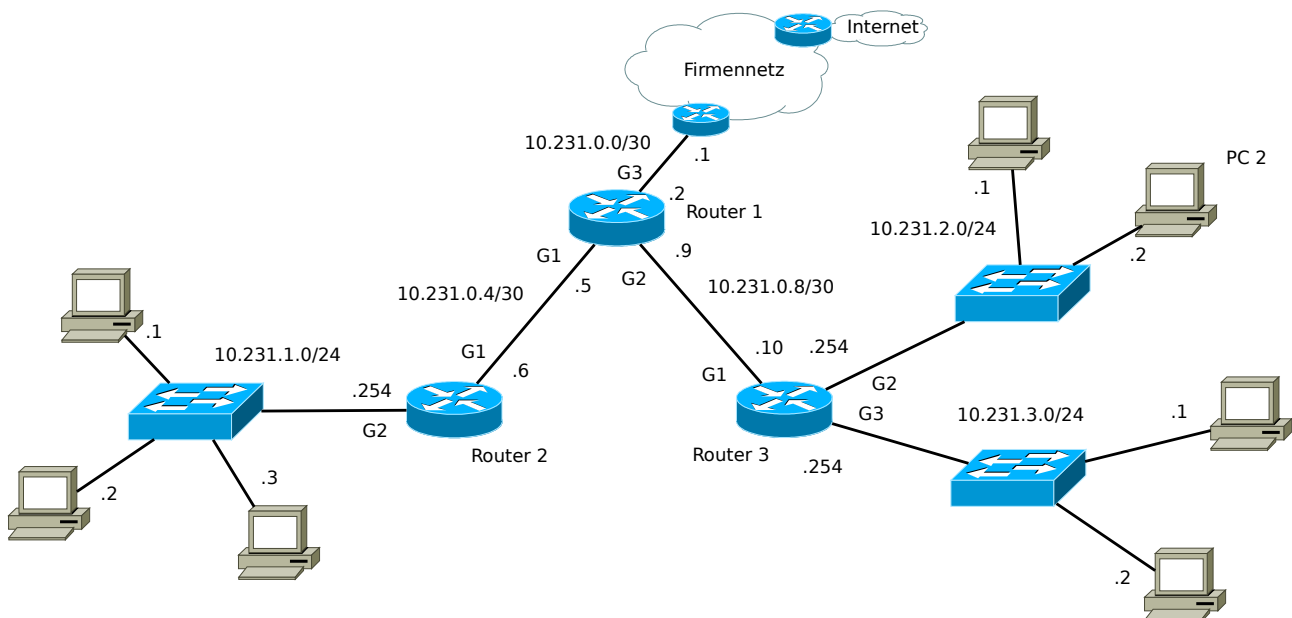
Die Routingtabelle von Router 1 könnte also auch so aussehen:

	Ziel	via
C	192.168.10.0/24	G1
C	192.168.101.0/30	G2
S	0.0.0.0/0	192.168.101.2

Würde man auch auf Router 2 eine Default-Route 0.0.0.0/0 in Richtung Router 1 benutzen, so würden (versehentliche) Pakete mit unbekannten Zieladressen zwischen den Router hin und her kreisen, bis die TTL (Lebensdauer) der Pakete abgelaufen wäre. Die Default-Route sollte also immer nur in einer Richtung benutzt werden. In die andere Richtung sollten einzelne Routen oder eine geeignete Summary-Route benutzt werden.

In der Praxis sind Netze selten so wie im Bild oben isoliert, sondern üblicherweise an ein übergeordnetes Netzwerk (Firmennetz und/oder Internet) angebunden. Die Default-Route zeigt dann immer in diese Richtung, d.h. die Router müssen die Adressen in den übergeordneten Netzen nicht kennen ('Hierarchisches Routing').

Ein entsprechendes Teil-Netz eines Firmennetzes könnte so aussehen:



Der Router am unteren Rand des Firmennetzes könnte z.B. das gesamte Netz 10.231.0.0/16 zu Router 1 routen. Aufwärts in der Hierarchie werden Default-Routen 0.0.0.0/0 benutzt, nach unten konkrete Subnetze oder Summary-Routen.

Die Routingtabelle von Router 2 würde dann so aussehen:

	Ziel	via
C	10.231.1.0/24	G2
C	10.231.0.4/30	G1
S	0.0.0.0/0	10.231.0.5

Aufgabe 2a: Geben Sie eine Routingtabelle für Router 3 an.

Aufgabe 2b: Geben Sie die Netzwerkkonfiguration für PC 2 (oben rechts) an.

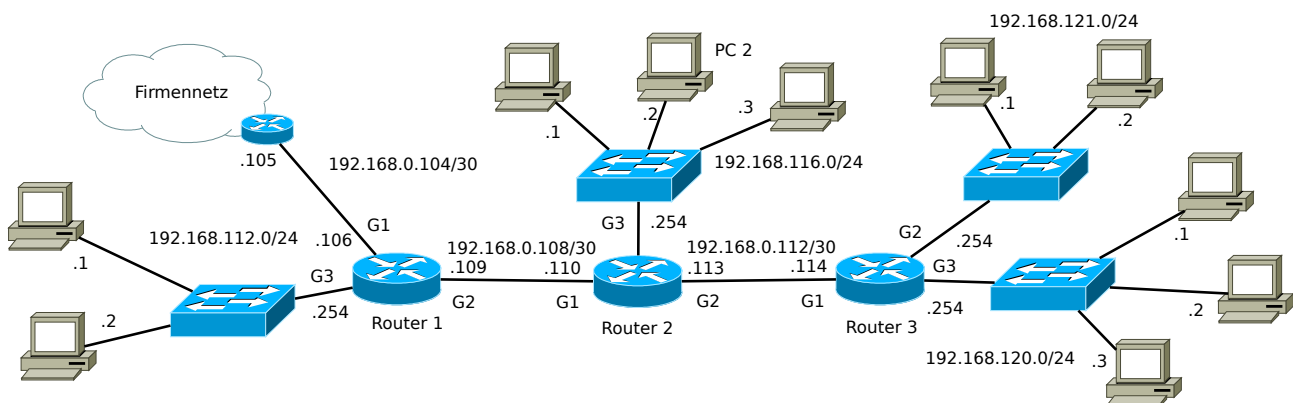
Die beiden Netze rechts an Router 3 lassen sich diesmal über eine Summary-Route zusammenfassen.

Aufgabe 3a: Wie lautet die passende Summary-Netzadresse (kleinstmögliches Summary-Netz) ?

Aufgabe 3b: Geben Sie eine Routingtabelle für Router 1 an.

Hinweis: In der Praxis werden als Geräte 'Layer 3 -Switches' eingesetzt. Diese beinhalten Router und Switches in einem einzigen Gerät.

Aufgabe 4: Betrachten Sie das folgende Netz:



Geben Sie möglichst kleine Routingtabellen für die drei Router an. Es sollen alle Netze untereinander und aus dem Firmennetz erreichbar sein. Summary-Routen sollen aber keine nicht vorhandenen Netze umfassen. Geben Sie auch die Netzwerkkonfiguration für PC 2 an.