

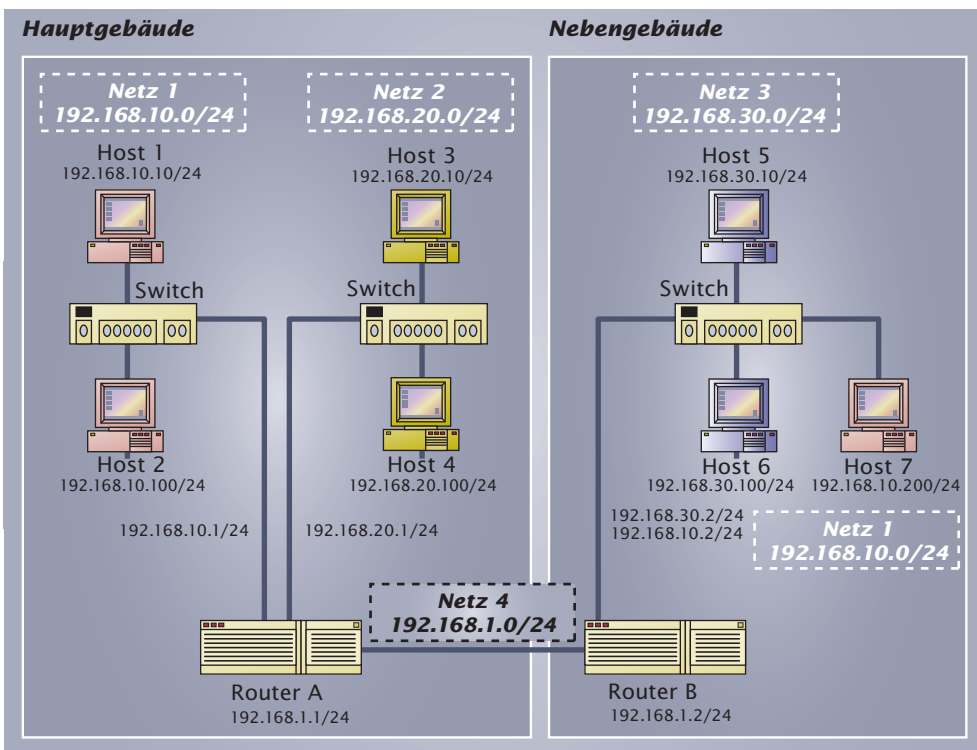
1. Problemstellung

Für das Verständnis des Routings soll an einem Beispiel die Bildung von statischen Routen in einem Netzwerk vertieft werden. Basis dafür ist das Grundwissen aus dem Kapitel 11: Routing.

Insgesamt werden drei Subnetze miteinander verbunden (siehe Grafik 1). Im Gebäude A befinden sich zwei Netze (Netz 1 und Netz 2). Sie sind durch den Router A miteinander verbunden. Dieser Router stellt über eine Standleitung auch die Verbindung zum Gebäude B her (Netz 4). Dort organisiert der Router B die Netzwerkverbindungen. An Router B befinden sich die Systeme des Netzes 3. Grundsätzlich ist nur der Zugriff der Clients auf die Server von Bedeutung. Für Administrationszwecke können nur Clients des Netzes 2 genutzt werden. Als Besonderheit ist ein Client-System (Host 7) zu betrachten, welches zwar physikalisch an den Switch des Netzes 3 angeschlossen ist, aber nur auf den Server (Host 1) des Netzes 1 zugreifen darf.

Folgende organisatorischen Rahmenbedingungen wurden für die Vergabe von IP-Adressen festgelegt:

- Die Netzadressen werden im Adressraum 192.168.XX.0 vergeben (192.168.10.0 bis 192.168.30.0, also „zweistellig“).
- Die Netzadresse des verbindenden Backbone-Netzes hat die IP-Adresse 192.168.1.0 (also „einstellig“).
- Die Server der Netze sind „zweistellig“ zu adressieren (z. B. 192.168.10.10 bis 192.168.10.99).
- Die Clients der Netze sind „dreistellig“ zu adressieren (z. B. 192.168.10.100 bis 192.168.10.254).

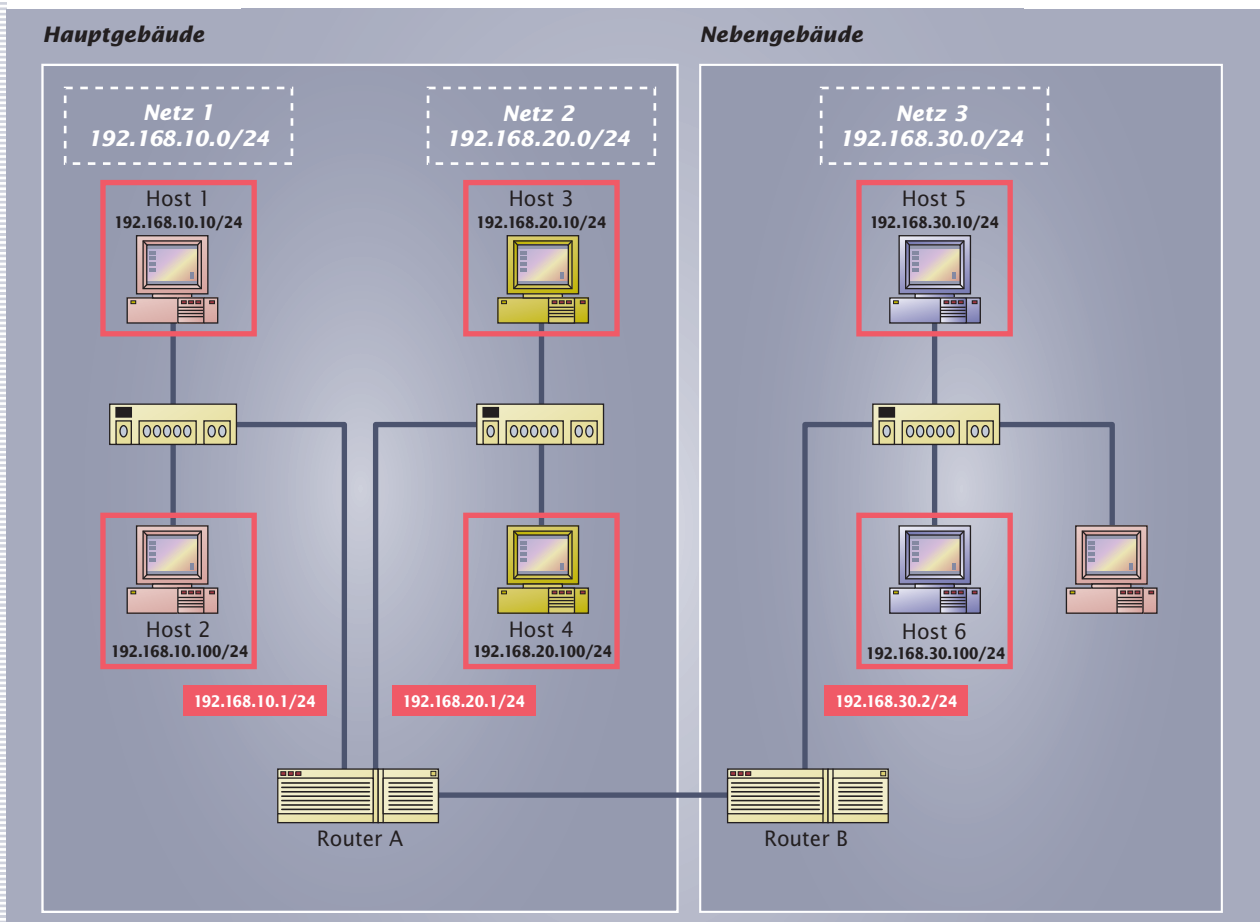


1 Gesamtnetzplan

Für die Organisation der Kommunikation sind für alle im Netzwerk befindlichen Systeme die entsprechenden Routingtabellen zu entwickeln.

2. Erster Ansatz

Für eine strukturierte Vorgehensweise ist es sinnvoll, die einzelnen Routingtabellen jeweils aus der Position des einzelnen Hosts zu betrachten. Dies entspricht auch der Vorgehensweise in der Praxis, da überwiegend Geräte zu Systemen hinzugefügt werden. Oder mit anderen Worten: für den Zugang zum Intranet/Internet interessiert nicht die Kenntnis des Gesamtsystems sondern nur der Zugang zum nächsten Übertragungssystem (Router). Ausgenommen aus den Betrachtungen ist das gesondert zu behandelnde System im Nebengebäude (Host 7). Diese Verbindung wird erst zum Abschluss betrachtet.



2 Konfiguration der Hosts

Für die einzelnen Hosts (Client und Server) sind in den Betriebssystemen folgende Informationen einzutragen:

- IP-Adresse
- Subnetzmaske
- Standardroute

Der Begriff Standardroute bezeichnet eine Adresse, an die alle im Netz nicht adressierbaren Pakete weitergeleitet werden. Dieser Begriff wird leider von den Betriebssystemherstellern nicht konsequent angewendet, sondern man findet auch die

Bezeichnungen Default (-Route, -Gateway) und Gateway. Aus der Sicht eines Host bedeutet dies, dass die eigene Hostadresse und die dazugehörige Subnetzmaske eingetragen werden müssen. Über diese Kombination ist automatisch die Netzadresse festgelegt. Für alle nicht im Subnetz bekannten IP-Adressen soll ein System (Router) die Anforderungen weiterleiten.

Für die einzelnen Hosts ergeben sich deshalb folgende Einstellungen:

Host Nr.	IP-Adresse	Subnetzmaske	Standardroute
Host 1	192.168.10.10	255.255.255.0	192.168.10.1
Host 2	192.168.10.100	255.255.255.0	192.168.10.1
Host 3	192.168.20.10	255.255.255.0	192.168.20.1
Host 4	192.168.20.100	255.255.255.0	192.168.20.1
Host 5	192.168.30.10	255.255.255.0	192.168.30.2
Host 6	192.168.30.100	255.255.255.0	192.168.30.2

Das Betriebssystem erzeugt aus diesen Einträgen eine Routingtabelle. Dabei werden auch Standardeinträge erzeugt, die für die korrekte Kommunikation notwendig sind, wie z. B. die Loopback-Adresse der Netzwerkkarte. Die Standardeinträge wurden im Kapitel 11 „Routing“ erläutert. Zu beachten ist der Server Host 1, der für die besonderen Anforderungen des Host-Routing nachkonfiguriert werden muss. Host 7 ist bezüglich der Standardroute besonders zu konfigurieren.

Der tatsächliche Aufbau der Routingtabelle kann zum Beispiel in Windows durch den Aufruf von „route print“ angezeigt werden. Für den Host 3 ergibt sich folgende Routingtabelle:

Verwendung	Netzwerkadresse	Subnetzmaske	Gateway-Adresse	Schnittstelle	Anzahl
Default Route	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.20.1	192.168.20.10	1
Loopback Network	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
Directly attached Network	192.168.20.0	255.255.255.0	192.168.20.10	192.168.20.10	1
Local Host	192.168.20.10	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
Network Broadcast	192.168.20.255	255.255.255.255	192.168.20.10	192.168.20.10	1
Multicast Address	224.0.0.0	224.0.0.0	192.168.20.10	192.168.20.10	1
Limited Broadcast	255.255.255.255	255.255.255.255	192.168.20.10	192.168.20.10	1

Im jetzt erreichten Zustand sollten alle Hosts in ihren Subnetzen miteinander kommunizieren können. Das betrifft evtl. auch die im jeweilige Subnetz beheimatete Seite des angeschlossenen Routers. Eine Kommunikation über die Router hinaus ist nicht möglich, da diese noch nicht konfiguriert sind. Zu überprüfen ist dieser Zustand durch den Aufruf des „ping“-Befehls (siehe Kapitel 9: Netzwerkprotokolle). Mit Hilfe dieses Befehls wird der erfolgreiche Aufbau eines TCP/IP-Protokollstapels überprüft. Auf die Kommunikationsaufforderung hin quittiert die Gegenstelle diese Anforderung mit einer Rückmeldung. Als erstes sollte die eigene IP-Adresse angesprochen werden, um zu überprüfen, ob der eigene Rechner kommunikationsfähig ist (siehe Loopback).

Folgendermaßen könnte eine erfolgreiche Überprüfung der Kommunikation zwischen Host 1 und Router A aus der Sicht des Host 1 aussehen:

```
C:\ping 192.168.10.1
Ping wird ausgeführt für 192.168.10.1 mit 32 Bytes Daten:

Antwort von 192.168.10.1: Bytes=32 Zeit=5ms TTL=128
Antwort von 192.168.10.1: Bytes=32 Zeit=2ms TTL=128
Antwort von 192.168.10.1: Bytes=32 Zeit=2ms TTL=128
Antwort von 192.168.10.1: Bytes=32 Zeit=2ms TTL=128

Ping-Statistik für 192.168.10.1:
    Pakete: Gesendet = 4, Empfangen = 4, Verloren = 0
            (0% Verlust),
    Ca. Zeitangaben in Millisek.:
    Minimum = 2, Maximum = 5, Mittelwert = 2
```

Im Fehlerfall kann z.B. folgendes Ergebnis für einen nicht angeschlossenen Rechner gemeldet werden:

```
C:\ping 192.168.10.1
Ping wird ausgeführt für 192.168.10.1 mit 32 Bytes Daten:

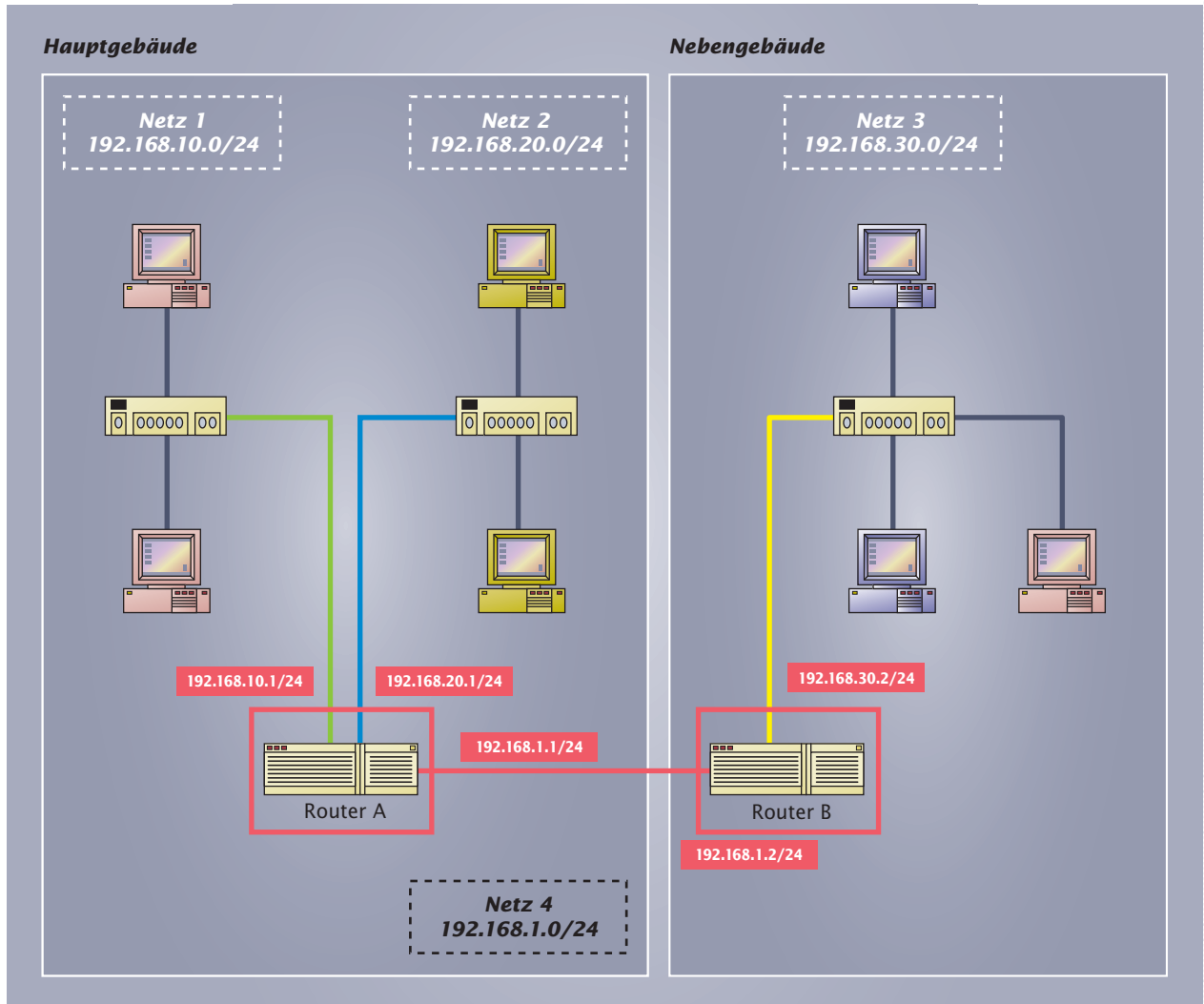
Zeitüberschreitung der Anforderung
Zeitüberschreitung der Anforderung
Zeitüberschreitung der Anforderung
Zeitüberschreitung der Anforderung

Ping-Statistik für 192.168.10.1:
    Pakete: Gesendet = 4, Empfangen = 0, Verloren = 4
            (100% Verlust)
```

Die IP-Konfiguration eines Systems kann z. B. mit dem Windows-Befehl „ipconfig“ (LINUX: ifconfig) überprüft werden (siehe Kapitel 9: Netzwerkprotokolle). Es werden dann die Adresskonfigurationen aller im Hostsystem befindlichen und aktiven Netzadapter angezeigt.

3. Zweiter Ansatz

Im zweiten Durchlauf können die Routingtabellen aus der Position der beiden Router entwickelt werden. Auch jetzt noch soll die besondere Situation des Hosts 7 unberücksichtigt bleiben.



3 Konfiguration der Router

Für die Konfiguration der Router sind folgende Einträge zu berücksichtigen:

- IP-Adressen der Netzwerkschnittstellen
- IP-Adressen der angeschlossenen Netze
- IP-Adressen angeschlossener Router
- Standardrouten

Auch bei den Routern werden einige Standardeinträge wie Standardrouten und Loopback-Adressen erzeugt bzw. müssen eingegeben werden. Außerdem ist möglicherweise zu beachten, dass in einigen Betriebssystemen die Funktion „IP-Forwarding“ aktiviert ist.

Für die Router ergeben sich folgende Routingtabellen (Beispiel Windows):

Ausschnitt aus der Routingtabelle des Routers A. Gekennzeichnet sind die Festlegungen für die Netze 1,2 und 4 sowie die Route in das Netz 3.

Netzwerkziel	Subnetzmaske	Gateway	Schnittstelle	Anzahl
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1	1
192.168.1.1	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.1.255	255.255.255.255	192.168.1.1	192.168.1.1	1
192.168.10.0	255.255.255.0	192.168.10.1	192.168.10.1	1
192.168.10.1	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.10.255	255.255.255.255	192.168.10.1	192.168.10.1	1
192.168.20.0	255.255.255.0	192.168.20.1	192.168.20.1	1
192.168.20.1	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.20.255	255.255.255.255	192.168.20.1	192.168.20.1	1
192.168.30.0	255.255.255.0	192.168.1.2	192.168.1.1	1
224.0.0.0	224.0.0.0	192.168.1.1	192.168.1.1	1
224.0.0.0	224.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.1	1
224.0.0.0	224.0.0.0	192.168.20.1	192.168.20.1	1

Ausschnitt aus der Routingtabelle des Routers B. Gekennzeichnet sind die Festlegungen für die Netze 3 und 4 sowie die Route in die Netze 1 und 2.

Netzwerkziel	Subnetzmaske	Gateway	Schnittstelle	Anzahl
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.2	192.168.1.2	1
192.168.1.2	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.1.255	255.255.255.255	192.168.1.2	192.168.1.2	1
192.168.10.0	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.2	1
192.168.20.0	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.2	1
192.168.30.0	255.255.255.0	192.168.30.2	192.168.30.2	1
192.168.30.2	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.30.255	255.255.255.255	192.168.30.2	192.168.30.2	1
224.0.0.0	224.0.0.0	192.168.1.2	192.168.1.2	1
224.0.0.0	224.0.0.0	192.168.30.2	192.168.30.2	1
255.255.255.255	255.255.255.255	192.168.30.2	192.168.30.2	1

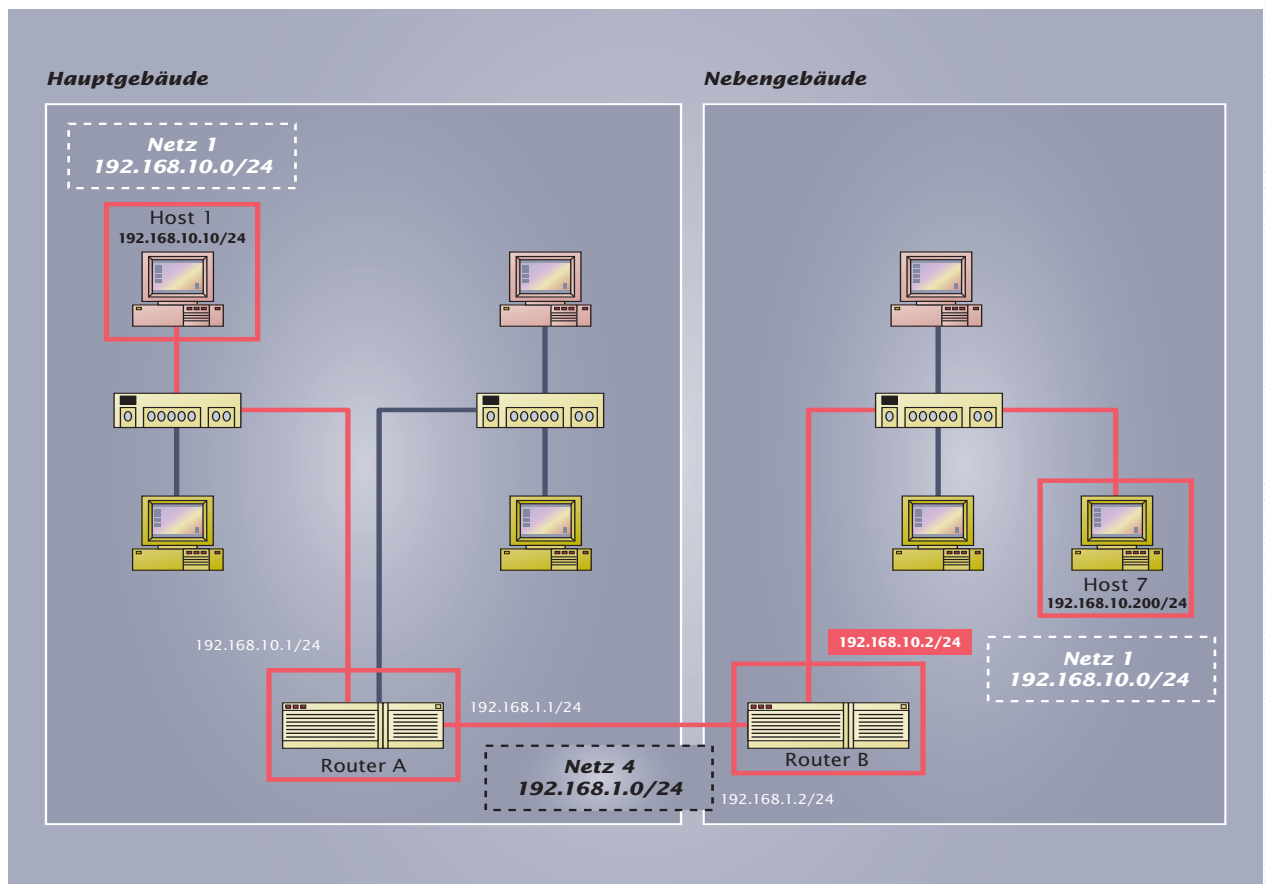
Auffällig ist, dass auf den Routern keine Default-Routen eingetragen wurden. Diese sind auch nicht notwendig, da keine weiteren Verbindungen mit „unbekannten“ Netzadressen wie zum Beispiel Internetverbindungen vorgesehen sind.

1. Analysieren Sie alle Einträge der Routingtabellen der Router. Beschreiben Sie in kurzen Sätzen die jeweiligen Aufgaben der Einträge.
2. Vergleichen Sie die Routingtabellen der Router. Erläutern Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede.
3. Überprüfen Sie die Routingfunktionen auf dem aktuellen Stand der Router- und Hostkonfigurationen. Nutzen Sie dazu in der Kommandozeile den „ping“-Befehl und den „tracert“-Befehl (Windows).

4. Konfiguration des Host-Routings

Im letzten Durchlauf soll der Zugriff des Hosts 7 auf den Host 1 (Server) organisiert werden. Zu beachten ist, dass der Host 7 nicht auf andere Server und Hosts als auf den fest zugewiesenen Partner zugreifen darf. Dies vereinfacht zusätzlich die Entwicklung der Routingtabellen, da dann nur folgende beteiligte Systeme konfiguriert werden müssen:

- Router A
- Router B
- Host 1
- Host 7



Für den Router A ist die Route zum Host 7 über den Router B der Routingtabelle hinzuzufügen.

Ergänzung der Routingtabelle des Routers A:				
Netzwerkziel	Subnetzmaske	Gateway	Schnittstelle	Anzahl
...
...
192.168.10.0	255.255.255.0	192.168.10.1	192.168.10.1	1
192.168.10.1	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.10.200	255.255.255.255	192.168.1.2	192.168.1.1	1
192.168.10.255	255.255.255.255	192.168.10.1	192.168.10.1	1
...
...

Für Router B gilt Ähnliches. Zusätzlich zu dem Eintrag des Netzes 192.168.10.0 sind die Einträge für die spezielle Verbindung zwischen der (neuen) Schnittstelle 192.168.10.2 und dem Host 1 inklusive der Broadcast-Nachrichten zu berücksichtigen. Dies bedeutet auch, dass dem Netzwerkkadapter auf der Seite zum Netz 3 zwei IP-Adressen zugewiesen wurden.

Ergänzung der Routingtabelle des Routers B:				
Netzwerkziel	Subnetzmaske	Gateway	Schnittstelle	Anzahl
...
...
192.168.1.255	255.255.255.255	192.168.1.2	192.168.1.2	1
192.168.10.0	255.255.255.0	192.168.10.2	192.168.30.2	1
192.168.10.2	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.10.10	255.255.255.255	192.168.1.1	192.168.1.2	1
192.168.10.255	255.255.255.255	192.168.10.2	192.168.30.2	1
192.168.20.0	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.2	1
...
...

Untersuchen Sie die zusätzlichen Einstellungen. Vergleichen Sie dazu die Routingtabellen mit den vorherigen Tabellen (s. o.)
Überprüfen Sie mit dem „ipconfig“ (Windows) die Zuordnung der IP-Adressen zu den Netzwerkkarten der Router.

Der Host 7 erhält die folgende Routingtabelle. Zu beachten ist, dass keine Default-Route eingetragen ist. Ein Eintrag z. B. der Routerschnittstelle 192.168.30.2 wäre nicht zulässig, da sonst eine Kommunikation mit einem anderen Netz möglich wäre. Gekennzeichnet ist die Route zum Host 1 über den Router B.

Ausschnitt aus der Routingtabelle des Hosts 7:				
Netzwerkziel	Subnetzmaske	Gateway	Schnittstelle	Anzahl
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.1.1	255.255.255.255	192.168.10.2	192.168.10.200	1
192.168.10.0	255.255.255.0	192.168.10.200	192.168.10.200	1
192.168.10.10	255.255.255.255	192.168.10.2	192.168.10.200	1
192.168.10.200	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.10.255	255.255.255.255	192.168.10.200	192.168.10.200	1
224.0.0.0	224.0.0.0	192.168.10.200	192.168.10.200	1
255.255.255.255	255.255.255.255	192.168.10.200	192.168.10.200	1

Als letztes Gerät wird der Host 1 konfiguriert. Hier ist die Festlegung der Route zum Host 7 über den Router A von Bedeutung.

Ausschnitt aus der Routingtabelle des Hosts 1:				
Netzwerkziel	Subnetzmaske	Gateway-Adresse	Schnittstelle	Anzahl
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.10.0	255.255.255.0	192.168.10.10	192.168.10.10	1
192.168.10.10	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.10.200	255.255.255.255	192.168.10.1	192.168.10.10	1
192.168.10.255	255.255.255.255	192.168.10.10	192.168.10.10	1
224.0.0.0	224.0.0.0	192.168.10.10	192.168.10.10	1
255.255.255.255	255.255.255.255	192.168.10.10	192.168.10.10	1

5. Überprüfung des Routings

Nachdem alle Systeme konfiguriert worden sind, müssen alle Kommunikationswege überprüft werden. Dies geschieht zum Beispiel durch die Verwendung des „ping“-Befehls. Auf diese Weise sollten dann alle Rechner im Gesamtsystem unter den vorgegebenen Rahmenbedingungen erreichbar sein. Der tatsächliche Verlauf der Routen von einem Host zu einem Ziel kann jetzt mit dem Windows-Aufruf „tracert Zieladresse“ (LINUX: „traceroute Zieladresse“) überprüft werden. Sinnvollerweise sind auch die Wege zu prüfen, die eigentlich nicht zur Verfügung stehen sollen (Beispiel: Zugriff von Host 7 auf einen Host des Netzes 3).

1. Erstellen Sie für jeden Host eine Tabelle, in der aufgeführt ist, auf welche Hosts dieses System per „ping“ zugreifen kann und von welchen Hosts auf das System zugegriffen werden kann.
2. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit der vorgegebenen Aufgabenstellung.
3. Ermitteln Sie die komplette Route von Ihrem Arbeitsplatzrechner zu einem Server im Netzwerk Ihres Betriebs/Ihrer Schule. Interpretieren Sie alle angezeigten Informationen.