



CCNA-PRÜFUNGSHANDBUCH



CCNA ICND2 Prüfungshandbuch

Die offizielle Vorbereitung für Examen
Nr. 640-816 und 640-802



Teil II

IP-Routing

| | | |
|---|--|-----|
| 4 | IP-Routing: Statische und direkt verbundene Routen | 221 |
| 5 | VLSM und Routenzusammenfassung | 267 |
| 6 | IP-ACLs | 297 |
| 7 | Troubleshooting beim IP-Routing | 343 |

In diesem Teil behandelte offizielle¹ Cisco-ICND2-Prüfungsthemen:

Switch mit VLANs und Switch-übergreifender Kommunikation konfigurieren und verifizieren und Problembehebung durchführen

- VLAN-übergreifendes Routing konfigurieren und verifizieren und Problembehebung durchführen

IP-Adressierungsschema und IP-Dienste implementieren, um die Anforderungen an ein Zweigstellennetzwerk in einem mittelgroßen Unternehmen zu erfüllen

- VLSM-IP-Adressdesign berechnen und auf ein Netzwerk anwenden
- Geeignetes klassenloses Adressierungsschema unter Verwendung von VLSM und Routensummierung bestimmen, um die Adressierungsanforderungen in einer LAN-/WAN-Umgebung zu erfüllen
- Allgemeine Probleme in Verbindung mit der IP-Adressierungs- und der Host-Konfiguration erkennen und beheben

1. Die aktuellen Versionen der Prüfungsziele finden Sie stets unter <http://www.cisco.com>.

Grundlegenden Betrieb und Routing auf Cisco-Geräten konfigurieren und Problembehebung durchführen

- Konfiguration und Konnektivität mit ping, traceroute und telnet oder SSH überprüfen
- Probleme der Routing-Implementierung beheben
- Betrieb von Router-Hardware und -Software mit show- und debug-Befehlen überprüfen
- Grundlegende Router-Sicherheit implementieren

NAT und ACLs im Netzwerk der Zweigstelle eines mittelgroßen Unternehmens implementieren und überprüfen und Problembehebung durchführen

- Zweck und Typen von ACLs beschreiben
- ACLs basierend auf den Filteranforderungen konfigurieren und anwenden
- ACL konfigurieren und anwenden, um den Telnet- und SSH-Zugriff auf den Router einzuschränken
- ACLs in einer Netzwerkumgebung verifizieren und überwachen
- Probleme der ACL-Implementierung beheben

VLSM und Routenzusammenfassung

Während Kapitel 4, »Problembhebung beim IP-Routing«, den Schwerpunkt auf Themen in Verbindung mit dem IP-Routing legte, wollen wir uns in dem nun folgenden Kapitel auf Themen konzentrieren, die mit der IP-Adressierung in Zusammenhang stehen: VLSM (Variable Length Subnet Masking) sowie die manuelle und die automatische Routenzusammenfassung. Diese Funktionen stehen in Verbindung mit dem IP-Adressbereich, der durch eine gegebene Adresse und Maske oder ein Subnetz definiert wird, das Bestandteil einer Summenroute ist. Aus diesem Grund erfordert dieses Kapitel ein umfassendes Verständnis der IP-Adressierung, um die hier gegebenen Beispiele nachvollziehen zu können.

In diesem Kapitel werden in erster Linie Konzepte beschrieben und show-Ausgaben gezeigt, während nur wenige neue Konfigurationsbefehle behandelt werden.

5.1 Überprüfen Sie Ihren Wissensstand

Dieser Abschnitt gestattet es Ihnen zu ermitteln, ob Sie das gesamte Kapitel lesen müssen. Wenn Sie maximal eine der folgenden acht Fragen zur Selbsteinschätzung nicht oder falsch beantworten, können Sie mit dem Abschnitt »Aufgaben zur Prüfungsvorbereitung« fortfahren. Tabelle 5.1 listet die wichtigsten Überschriften dieses Kapitels und die Nummern der Fragen auf, die sich auf die betreffenden Abschnitte beziehen. Auf diese Weise können Sie Ihr Wissen in den jeweiligen Bereichen selbst einschätzen. Die Antworten zu den Fragen in diesem Abschnitt finden Sie in Anhang A.

Tabelle 5.1: Zuordnung der folgenden Fragen zu den einzelnen Themengebieten

| Grundlagenthema | Fragen |
|---|---------|
| VLSM | 1 bis 3 |
| Manuelle Routenzusammenfassung | 4 bis 6 |
| Automatische Routenzusammenfassung und nicht zusammenhängende klassenbezogene Netzwerke | 7 und 8 |

1. Welches der folgenden Routing-Protokolle unterstützt VLSM?
 - a) RIPv1
 - b) RIPv2
 - c) EIGRP
 - d) OSPF
2. Wofür steht das Akronym »VLSM«?
 - a) Variable Length Subnet Mask
 - b) Very Long Subnet Mask
 - c) Vociferous Longitudinal Subnet Mask
 - d) Vector Length Subnet Mask
 - e) Vector Loop Subnet Mask
3. Auf R1 wurde die Schnittstelle Fa0/0 mit dem Befehl `ip address 10.5.48.1 255.255.240.0` konfiguriert. Welches der folgenden Subnetze würde, wenn es auf einer anderen Schnittstelle von R1 konfiguriert würde, nicht als überlappendes VLSM-Subnetz betrachtet werden?
 - a) 10.5.0.0 255.255.240.0
 - b) 10.4.0.0 255.254.0.0
 - c) 10.5.32.0 255.255.224.0
 - d) 10.5.0.0 255.255.128.0
4. Welches der folgenden Subnetze stellt die kleinste zusammengefasste Route – d. h. die Summenroute mit dem kleinsten Adressbereich – dar, die die Subnetze 10.3.95.0, 10.3.96.0 und 10.3.97.0 (Subnetzmaske 255.255.255.0) enthält?
 - a) 10.0.0.0 255.0.0.0
 - b) 10.3.0.0 255.255.0.0
 - c) 10.3.64.0 255.255.192.0
 - d) 10.3.64.0 255.255.224.0
5. Welches der folgenden Subnetze ist keine gültige Zusammenfassung, welche die Subnetze 10.1.55.0, 10.1.56.0 und 10.1.57.0 (Subnetzmaske 255.255.255.0) enthält?
 - a) 10.0.0.0 255.0.0.0
 - b) 10.1.0.0 255.255.0.0

- c) 10.1.55.0 255.255.255.0
 - d) 10.1.48.0 255.255.248.0
 - e) 10.1.32.0 255.255.224.0
6. Welches der folgenden Routing-Protokolle unterstützt die manuelle Routenzusammenfassung?
- a) RIPv1
 - b) RIPv2
 - c) EIGRP
 - d) OSPF
7. Welches oder welche Routing-Protokolle führen in ihrer Default-Einstellung die automatische Routenzusammenfassung durch?
- a) RIPv1
 - b) RIPv2
 - c) EIGRP
 - d) OSPF
8. In einem Netzwerk ist ein nicht zusammenhängendes Netzwerk 10.0.0.0 vorhanden. Nun gibt es Probleme mit diesem Netzwerk. Alle Router verwenden RIPv1 mit allen Standardeinstellungen. Welcher der folgenden Schritte kann ohne zusätzliche Maßnahmen das Problem lösen und ein funktionsfähiges, im Adressbereich nicht zusammenhängendes Netzwerk ermöglichen?
- a) Stellen Sie alle Router auf die Verwendung von OSPF um und belassen Sie – soweit möglich – die Default-Einstellungen.
 - b) Deaktivieren Sie die Autosummierung mit dem RIP-Konfigurationsbefehl `no auto-summary`.
 - c) Stellen Sie auf EIGRP um und belassen Sie – soweit möglich – die Voreinstellungen.
 - d) Das Problem kann erst gelöst werden, nachdem aus dem Netzwerk 10.0.0.0 ein durchgehendes Netzwerk gemacht wurde.

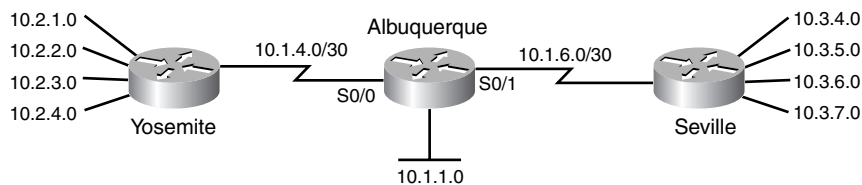
5.2 Wissensgrundlage

Dieses Kapitel behandelt drei verwandte Themen: VLSM sowie manuelle und automatische Routenzusammenfassung. Diese Themen sind insofern miteinander verbunden, als ihnen ähnliche mathematische Ansätze zugrunde liegen. Beide setzen voraus, dass der Netzwerktechniker in der Lage ist, anhand einer Subnetzadresse und -maske schnell den zugehörigen Adressbereich zu bestimmen. Beginnen wollen wir dieses Kapitel mit VLSM. Später werden wir uns der manuellen Routenzusammenfassung und schließlich der automatischen Routenzusammenfassung zuwenden.

5.3 VLSM

VLSM findet statt, wenn ein Netzwerk mehrere verschieden große Subnetzmasken in den Subnetzen eines einzelnen Klasse-A-, -B- oder -C-Netzwerks benutzt. Mithilfe von VLSM kann ein Netzwerktechniker die Anzahl vergebener IP-Adressen in jedem Subnetz verringern; dies ermöglicht die Bildung einer größeren Zahl von Subnetzen, ohne dass man hierfür eine weitere registrierte IP-Netzwerkadresse von einer zentralen Registrierungsstelle beantragen müsste. Aber auch bei Verwendung privater IP-Netzwerke (gemäß Definition in RFC 1918) müssen große Unternehmen häufig Adressraum einsparen, was sich ebenfalls mit VLSM bewerkstelligen lässt.

Abbildung 5.1 zeigt exemplarisch die Anwendung von VLSM im Klasse-A-Netzwerk 10.0.0.0.



Maske: 255.255.255.0, sofern nicht anders angegeben

Abbildung 5.1: VLSM im Netzwerk 10.0.0.0, Masken 255.255.255.0 und 255.255.255.252

Abbildung 5.1 zeigt eine typische Auswahl: die Verwendung des Präfixes /30 (Subnetzmaske 255.255.255.252) für serielle Point-to-Point-Verbindungen und einer anderen Maske (in diesem Fall 255.255.255.0) in den LAN-Subnetzen. Alle Subnetze gehören zum Klasse-A-Netzwerk 10.0.0.0, und es werden zwei verschiedene Subnetzmasken verwendet, wodurch die Definition für VLSM erfüllt ist.

Eigentümlicherweise besteht ein häufig gemachter Fehler darin, dass angenommen wird, VLSM bedeute »mehr als eine Subnetzmaske verwenden« statt »mehr als eine Maske in einem einzelnen klassenbezogenen Netzwerk verwenden«. Beispielsweise werden auch dann, wenn in einem Netzwerkdiagramm alle Subnetze des Netzwerks 10.0.0.0 die Subnetzmaske 255.255.240.0 verwenden, während alle Subnetze des Netzwerks 11.0.0.0 die Maske 255.255.255.0 benutzen, zwei verschiedene Masken eingesetzt. Allerdings wird in den beiden klassenbezogenen Netzwerken jeweils nur eine Maske benutzt, was bedeutet, dass es sich *nicht* um VLSM handelt.

Listing 5.1 zeigt die Routing-Tabelle von Albuquerque aus Abbildung 5.1. Albuquerque verwendet – wie aus der hervorgehobenen Zeile hervorgeht – im Netzwerk 10.0.0.0 zwei Masken.

Listing 5.1: Routing-Tabelle von Albuquerque mit VLSM

```
Albuquerque#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 11 subnets, 2 masks
D    10.2.1.0/24 [90/2172416] via 10.1.4.2, 00:00:34, Serial0/0
D    10.2.2.0/24 [90/2172416] via 10.1.4.2, 00:00:34, Serial0/0
D    10.2.3.0/24 [90/2172416] via 10.1.4.2, 00:00:34, Serial0/0
D    10.2.4.0/24 [90/2172416] via 10.1.4.2, 00:00:34, Serial0/0
D    10.3.4.0/24 [90/2172416] via 10.1.6.2, 00:00:56, Serial0/1
D    10.3.5.0/24 [90/2172416] via 10.1.6.2, 00:00:56, Serial0/1
D    10.3.6.0/24 [90/2172416] via 10.1.6.2, 00:00:56, Serial0/1
D    10.3.7.0/24 [90/2172416] via 10.1.6.2, 00:00:56, Serial0/1
C    10.1.1.0/24 is directly connected, Ethernet0/0
C    10.1.6.0/30 is directly connected, Serial0/1
C    10.1.4.0/30 is directly connected, Serial0/0
```

5.3.1 Klassenbezogene und klassenlose Routing-Protokolle

Wenn ein Routing-Protokoll VLSM unterstützen will, muss es bei der Bekanntgabe von Routen nicht nur die Subnetzadresse, sondern auch die Subnetzmaske bekannt machen. Außerdem muss das Routing-Protokoll Subnetzmasken in seine Routing-Updates einbinden, um die manuelle Routenzusammenfassung zu ermöglichen.

Wenn ein Routing-Protokoll die Maske in Routing-Updates integriert, ist es klassenlos, andernfalls klassenbezogen. Jedes Routing-Protokoll ist seinem Wesen nach entweder klassenlos oder klassenbezogen – es gibt keinen Befehl, mit dem man die Klassenbezogenheit eines Routing-Protokolls aktivieren oder deaktivieren könnte. Tabelle 5.2 führt die Routing-Protokolle auf und zeigt, welche klassenbezogen bzw. klassenlos sind. Außerdem enthält sie Angaben zu den beiden Funktionen (VLSM und manuelle Routenzusammenfassung), die sich durch die Einbindung von Masken in die Routing-Updates aktivieren lassen.

Tabelle 5.2: Klassenbezogene und klassenlose interne Routing-Protokolle

| Routing-Protokoll | Klassenlos? | Sendet Masken in den Updates | Unterstützt VLSM | Unterstützt die manuelle Routenzusammenfassung |
|-------------------|-------------|------------------------------|------------------|--|
| RIPv1 | Nein | Nein | Nein | Nein |
| IGRP | Nein | Nein | Nein | Nein |
| RIPv2 | Ja | Ja | Ja | Ja |
| EIGRP | Ja | Ja | Ja | Ja |
| OSPF | Ja | Ja | Ja | Ja |

Wichtig!

5.3.2 Überlappende VLSM-Subnetze

Die Adressbereiche von Subnetzen, die im Design eines IP-Netzwerkverbundes verwendet werden sollen, dürfen sich nicht überlappen. Wenn in einem Netzwerk nur eine Subnetzmaske vorhanden ist, sind auftretende Überschneidungen offenkundig; bei VLSM allerdings sind solche Überschneidungen nicht unbedingt offensichtlich. Wenn sich mehrere Subnetze überschneiden, dann tun dies auch die Einträge in der Routing-Tabelle eines Routers. Infolgedessen wird das Routing unvorhersehbar, und einige Hosts können nur aus bestimmten Teilen des Netzwerks heraus erreicht werden. Kurz gesagt, muss ein Adressentwurf, in dem überlappende Subnetze auftreten, als inkorrekt angesehen werden und darf nicht eingesetzt werden.

Es gibt – sowohl in der Praxis als auch bei den Prüfungen – zwei allgemeine Kategorien von Problemen mit überlappenden Subnetzen: die Analyse eines vorhandenen Designs zur Ermittlung von Überschneidungen sowie die Auswahl neuer VLSM-Subnetze derart, dass keine überlappende Subnetze auftreten. Um sich auf Aufgaben vorzubereiten, die in den Prüfungen zum Thema VLSM und überlappende Subnetze vorkommen können, betrachten Sie bitte Abbildung 5.2. Hier wird ein einzelnes Klasse-B-Netzwerk 172.16.0.0 gezeigt, welches ein VLSM-Design mit drei verschiedenen Masken – /23, /24 und /30 – verwendet.

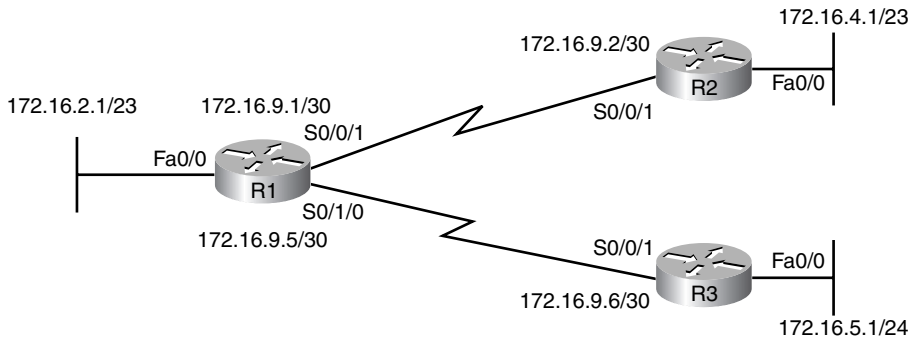


Abbildung 5.2: VLSM-Design mit möglicher Überschneidung

Stellen wir uns nun vor, diese Abbildung erschiene in einer Prüfungsaufgabe, in der – direkt oder indirekt – gefragt wird, ob überlappende Subnetze vorhanden sind. Bei einer solchen Aufgabe könnte beispielsweise angegeben sein, dass einige Hosts einander keine ping-Befehle senden können, und unter Umständen ist noch nicht einmal erwähnt, dass eine Überlappung der Subnetze als Ursache in Frage kommt. Um eine solche Frage zu beantworten, könnten Sie die folgenden Schritte abarbeiten, die zwar einfach, aber sehr arbeitsaufwendig sind:

1. Sie berechnen die Subnetzadresse und die Broadcast-Adresse aller Subnetze und erhalten als Ergebnis die Adressbereiche der einzelnen Subnetze.
2. Sie vergleichen die Adressbereiche in den einzelnen Subnetzen miteinander und suchen nach Überschneidungen.

Wichtig!

In Abbildung 5.2 beispielsweise würden Sie fünf Subnetze überprüfen und in Schritt 1 zunächst die Subnetzadressen, Broadcast-Adressen und Adressbereiche berechnen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5.3 aufgeführt.

Tabelle 5.3: Subnetze und Adressbereiche in Abbildung 5.2

| Subnetzposition | Subnetzadresse | Erste Adresse | Letzte Adresse | Broadcast-Adresse |
|---------------------------|----------------|---------------|----------------|-------------------|
| LAN R1 | 172.16.2.0 | 172.16.2.1 | 172.16.3.254 | 172.16.3.255 |
| LAN R2 | 172.16.4.0 | 172.16.4.1 | 172.16.5.254 | 172.16.5.255 |
| LAN R3 | 172.16.5.0 | 172.16.5.1 | 172.16.5.254 | 172.16.5.255 |
| Serielle Verbindung R1-R2 | 172.16.9.0 | 172.16.9.1 | 172.16.9.2 | 172.16.9.3 |
| Serielle Verbindung R1-R3 | 172.16.9.4 | 172.16.9.5 | 172.16.9.6 | 172.16.9.7 |

Schritt 2 beschreibt den nun naheliegenden Schritt, die Adressbereiche zu vergleichen, um festzustellen, ob Überschneidungen vorkommen. Beachten Sie, dass keine Subnetzadressen identisch sind; eine genauere Überprüfung von LAN R2 und LAN R3 zeigt aber, dass diese beiden Subnetze sich überlappen. In diesem Fall ist das Design aufgrund der Überschneidung unbrauchbar, und eines der beiden Subnetze müsste geändert werden.

5.3.3 Mit VLSM ein Subnetzschema bilden

Das CCENT/CCNA ICND1-Prüfungshandbuch erläutert, wie man das IP-Adressierungsschema für einen neuen Netzwerkentwurf entwickelt, indem man nämlich IP-Subnetze mit einer einzigen Subnetzmaske für ein vollständiges klassenbezogenes Netzwerk einsetzt. Zu diesem Zweck werden zunächst die Designanforderungen analysiert, um die Anzahl der Subnetze und die Anzahl der Hosts im größten Subnetz zu bestimmen. Hierauf wird eine Subnetzmaske ausgewählt. Schließlich werden alle bei Verwendung der Maske möglichen Subnetze des Netzwerks benannt. Aus dieser Liste werden dann die tatsächlich zu benutzenden Subnetze ausgewählt. Nehmen wir an, das Klasse-B-Netzwerk 172.16.0.0 benötigt ein Design mit mindestens zehn Subnetzen, deren größtes 200 Hosts unterstützen soll. Die Maske 255.255.255.0 erfüllt diese Anforderungen, denn sie bietet je acht Subnetz- und Hostbits und unterstützt so 256 Subnetze mit jeweils 254 Hosts. Die Subnetzadressen lauteten 172.16.0.0, 172.16.1.0, 172.16.2.0 usw.

Wenn Sie VLSM in einem Design verwenden, steht am Anfang des Entwicklungsvorgangs die Frage, wie viele Subnetze welcher Größe gebraucht werden. So benötigen die meisten Installationen beispielsweise Subnetze mit dem Präfix /30 für serielle Verbindungen, weil solche Subnetze genau zwei IP-Adressen unterstützen – mehr braucht man für eine Point-to-Point-Verbindung nun einmal nicht. LAN-basierte Subnetze stellen häufig unterschiedliche Anforderungen: kürzere Präfixlängen (d. h. mehr Hostbits) für

eine größere Zahl von Hosts pro Subnetz oder aber längere Präfixe (also weniger Hostbits) für eine kleinere Anzahl von Hosts im Subnetz.

ANMERKUNG

Um die Entwicklung von Subnetzen unter Verwendung von Subnetzmasken statischer Länge (SLSM) zu wiederholen, lesen Sie noch einmal Kapitel 12 des CCENT/CCNA ICND1-Prüfungshandbuchs. (Sie finden das Kapitel auch als Anhang H auf der CD zu diesem Buch. Zudem enthält auch der ebenfalls auf der CD vorhandene Anhang D, »Praxis der Subnetzbildung«, praxisrelevante Problemstellungen.)

Nachdem die Anzahl der Subnetze pro Subnetzmaske ermittelt wurde, besteht der nächste Schritt darin, die Subnetzadressen festzustellen, die den Anforderungen entsprechen. Diese Aufgabe ist nicht besonders schwierig, da Sie bereits wissen, wie man mithilfe von Masken statischer Länge die Subnetzadressen bestimmt. Allerdings kann auch eine formale Beschreibung hilfreich sein, wie sie nachfolgend aufgeführt ist:

1. Bestimmen Sie basierend auf den Designanforderungen die Anzahl der Subnetze, die pro Maske/Präfix benötigt wird.
2. Ermitteln Sie – beginnend mit der kürzesten Präfixlänge (d. h. der größten Zahl von Hostbits) – die Anzahl der Subnetze im klassenbezogenen Netzwerk bei Verwendung dieser Maske. Wiederholen Sie den Vorgang, bis die erforderliche Anzahl von Subnetzen festgestellt wird.
3. Ermitteln Sie die nächste numerische Subnetzadresse unter Verwendung derselben Maske wie im vorherigen Schritt.
4. Ermitteln Sie – beginnend mit der im vorherigen Schritt ermittelten Subnetzadresse – kleinere Subnetze basierend auf dem nächstlängeren für das Design erforderlichen Präfix. Wiederholen Sie den Vorgang, bis am Ende die erforderliche Anzahl von Subnetzen der gewählten Größe vorliegt.
5. Wiederholen Sie die Schritte 3 und 4, bis alle Subnetze aller Größen ermittelt wurden.

Offen gestanden, erscheint die Verwendung der oben beschriebenen Anleitung ein wenig schwierig. Ein Beispiel würde den Vorgang wahrscheinlich besser veranschaulichen. Stellen wir uns also ein Netzdesign vor, für das die folgenden Designanforderungen ermittelt wurden, wie es in Schritt 1 vorgeschlagen wird.

Bei diesem Design liegt die Verwendung des Klasse-B-Netzwerks 172.16.0.0 nahe:

- 3 Subnetze mit der Subnetzmaske /24 (255.255.255.0)
- 3 Subnetze mit der Subnetzmaske /26 (255.255.255.192)
- 4 Subnetze mit der Subnetzmaske /30 (255.255.255.252)

Schritt 2 bedeutet in diesem Fall, dass die ersten drei Subnetze des Netzwerks 172.16.0.0 mit der Maske /24 ermittelt werden, denn /24 ist das kürzeste der drei in den Anforderungen aufgeführten Präfixe. Wir setzen dazu die im CCENT/CCNA ICND1-Prüfungshandbuch detailliert beschriebene mathematische Methode ein und erhalten als erste drei Subnetze 172.16.0.0/24, 172.16.1.0/24 und 172.16.2.0/24:

- 172.16.0.0/24: Bereich 172.16.0.1–172.16.0.254
- 172.16.1.0/24: Bereich 172.16.1.1–172.16.1.254
- 172.16.2.0/24: Bereich 172.16.2.1–172.16.2.254

Laut Schritt 3 müssen wir nun ein weiteres Subnetz mit der Maske /24 ermitteln, das heißt, das nächste numerische Subnetz wäre 172.16.3.0/24.

Bevor wir mit Schritt 4 fortfahren, sehen wir uns einmal Abbildung 5.3 an. Der obere Teil der Abbildung zeigt die Ergebnisse von Schritt 2: Hier werden drei Subnetze aufgeführt, die in diesem Schritt als *Zugeordnet* erkannt wurden, weil sie als Subnetze in diesem Design verwendet werden. Ebenfalls aufgeführt ist das nächste Subnetz, das wir in Schritt 3 ermitteln. Es ist *Nicht zugeordnet*, weil es noch nicht als Bestandteil des Designs ausgewählt wurde.

Schritt 2: Find subnets with /24 prefix

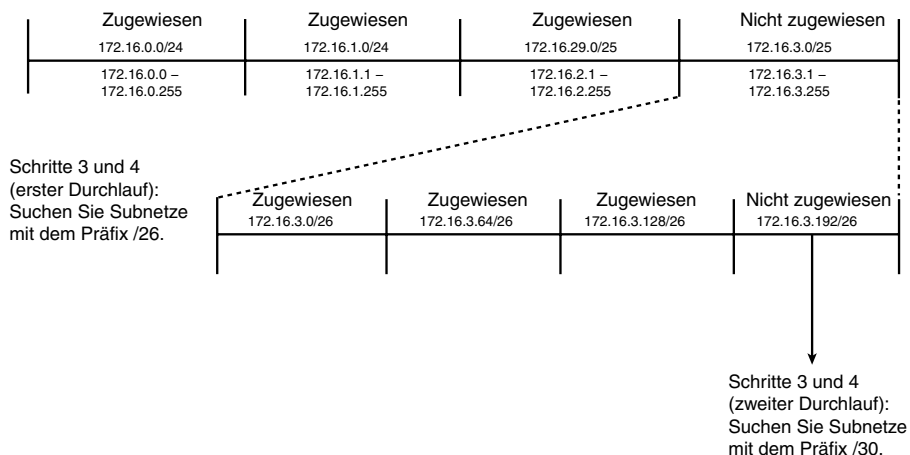


Abbildung 5.3: Netzdesign mit VLSM-Subnetzen

Um in Schritt 4 die Subnetze zu finden, beginnen Sie mit der nicht zugeordneten Subnetzadresse, die Sie in Schritt 3 ermittelt haben. In Schritt 4 wenden Sie nun jedoch das nächstlängere Präfix an – in unserem Beispiel /26. Dieser Prozess hat stets zum Ergebnis, dass die erste Subnetzadresse die im vorherigen Schritt gefundene Adresse ist (hier also 172.16.3.0). Die drei Subnetze sind die folgenden:

- 172.16.3.0/26: Bereich 172.16.3.1–172.16.3.62
- 172.16.3.64/26: Bereich 172.16.3.65–172.16.3.126
- 172.16.3.128/26: Bereich 172.16.3.129–172.16.3.190

Schritt 5 schließlich besagt, dass die Schritte 3 und 4 zu wiederholen sind, bis alle Subnetze gefunden wurden. In diesem Fall wird durch Wiederholung von Schritt 3 das nächste Subnetz gefunden, das das Präfix /26 verwendet (nämlich 172.16.3.192/26). Das Subnetz gilt zu diesem Zeitpunkt als nicht zugeordnet. Um Schritt 4 für das nächstlängste Präfix zu wiederholen, verwendet Schritt 4 das Präfix /30 und beginnt mit der Subnetzadresse 172.16.3.192. Das erste Subnetz ist 172.16.3.192 mit der Subnetzmaske /30, die nächsten drei Subnetze weisen dieselbe Maske auf:

- 172.16.3.192/30: Bereich 172.16.3.193–172.16.3.194
- 172.16.3.196/30: Bereich 172.16.3.197–172.16.3.198
- 172.16.3.200/30: Bereich 172.16.3.201–172.16.3.202
- 172.16.3.204/30: Bereich 172.16.3.205–172.16.3.206

Die Formulierung in diesem formalisierten Prozess mag etwas umständlich erscheinen, hat jedoch VLSM-Subnetze zum Ergebnis, die sich nicht überschneiden. Mithilfe eines strukturierten Ansatzes, bei dem im Wesentlichen die größeren und erst dann die kleineren Subnetze zugeordnet werden, können Sie die Subnetze so auswählen, dass die Adressbereiche sich nicht überschneiden.

5.3.4 Neues Subnetz zu vorhandenem Design hinzufügen

Eine weitere Aufgabe, die bei der Arbeit mit VLSM-basierten Netzwerken erledigt werden muss, besteht in der Auswahl einer neuen, zusätzlich erforderlichen Subnetzadresse für einen vorhandenen Netzwerkentwurf. Spezielle Sorgfalt muss man insbesondere bei der Auswahl neuer Subnetzadressen walten lassen, um Überschneidungen zwischen dem neuen Subnetz und den vorhandenen Subnetzen zu vermeiden. Betrachten Sie beispielsweise das Netzwerk in Abbildung 5.2 mit dem klassenbezogenen Netzwerk 172.16.0.0. In einer Prüfungsaufgabe könnte etwa angegeben sein, dass zu

diesem Design ein neues Subnetz mit dem Präfix /23 hinzugefügt werden muss. Die Frage könnte auch lauten: »Wählen Sie die kleinste Subnetznummer aus, die für dieses neue Subnetz verwendet werden kann«. Insofern müssen zunächst die Subnetze ermittelt und nachfolgend ein Subnetz ohne Überschneidungen ausgewählt werden.

Um ein solches Problem anzugehen, müssen Sie im Wesentlichen alle Subnetzadressen ermitteln, die sich in diesem klassenbezogenen Netzwerk erstellen lassen. Hierzu verwenden Sie die in der Aufgabe angegebene oder eine entsprechend erforderliche Maske. Danach müssen Sie sicherstellen, dass das neue Subnetz sich nicht mit den vorhandenen Subnetzen überschneidet. Hierzu könnten Sie wie folgt vorgehen:

Wichtig!

1. Sofern nicht bereits in der Frage aufgeführt, wählen Sie die Subnetzmaske (Präfixlänge) basierend auf den beschriebenen Anforderungen aus, d. h. in den meisten Fällen auf der Anzahl der im Subnetz benötigten Hosts.
2. Berechnen Sie alle möglichen Subnetzadressen des klassenbezogenen Netzwerks unter Verwendung der in Schritt 1 bestimmten Maske. (Falls in der Aufgabe nach der numerisch größten oder kleinsten Subnetzadresse gefragt wird, könnten Sie die Berechnungen durchaus auf die ersten oder letzten paar Subnetze beschränken.)
3. Berechnen Sie für alle in Schritt 2 ermittelten, in Frage kommenden Subnetze die Broadcast-Adressen und den Adressbereich.
4. Vergleichen Sie die Listen der potenziellen und der tatsächlich vorhandenen Subnetze und Adressbereiche. Schließen Sie alle potenziellen Subnetze aus, bei denen eine Überlappung mit einem vorhandenen Subnetz vorliegt.
5. Wählen Sie aus der in Schritt 2 ermittelten Liste eine Subnetzadresse aus, die keine Überlappung mit vorhandenen Subnetzen aufweist, und achten Sie darauf, ob in der Aufgabe nach der kleinsten oder der größten Subnetzadresse gefragt wird.

Im vor der Liste beschriebenen Beispiel wurde eine geforderte Präfixlänge von /23 für das in Abbildung 5.2 gezeigte Netzwerk angegeben, was Schritt 1 entspricht. Tabelle 5.4 führt die Ergebnisse für die Schritte 2 und 3 auf, d. h. die Subnetzadressen, Broadcast-Adressen und Adressbereiche für die ersten fünf möglichen /23-Subnetze.

Tabelle 5.4: Die ersten fünf möglichen /23-Subnetze

| Subnetz | Subnetzadresse | Erste Adresse | Letzte Adresse | Broadcast-Adresse |
|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------------|
| Erstes (Null) | 172.16.0.0 | 172.16.0.1 | 172.16.1.254 | 172.16.1.255 |
| Zweites | 172.16.2.0 | 172.16.2.1 | 172.16.3.254 | 172.16.3.255 |
| Drittes | 172.16.4.0 | 172.16.4.1 | 172.16.5.254 | 172.16.5.255 |
| Viertes | 172.16.6.0 | 172.16.6.1 | 172.16.7.254 | 172.16.7.255 |
| Fünftes | 172.16.8.0 | 172.16.8.1 | 172.16.9.254 | 172.16.9.255 |

In Schritt 4 werden die Angaben aus der Tabelle mit den vorhandenen Subnetzen verglichen. In diesem Fall liegen beim zweiten, dritten, vierten und fünften Subnetz Überschneidungen mit den in Abbildung 5.2 gezeigten vorhandenen Subnetzen vor.

Schritt 5 schließlich ist eher für Prüfungsaufgaben als für die Praxis relevant. Bei Multiple-Choice-Fragen sind manchmal auf genau eine Antwort beschränkt, das heißt, die Frage nach dem numerisch kleinsten oder größten Subnetz löst das Problem. Im vorliegenden Fall wurde nach der kleinsten Subnetzadresse gefragt, und das Subnetz Null ist noch vorhanden (172.16.0.0/23 mit der Broadcast-Adresse 172.16.1.255). Wenn die Aufgabe die Verwendung des Subnetzes Null gestattet, dann wäre Subnetz Null (172.16.0.0/23) die korrekte Antwort. Wäre das Subnetz Null hingegen von der Verwendung ausgeschlossen, so stünden die ersten vier in Tabelle 5.4 gezeigten Subnetze nicht zur Verfügung; in diesem Fall wäre das sechste Subnetz (172.16.10.0/23) die richtige Antwort. Beachten Sie, dass das im Anhang F, »Weitere Szenarien«, auf der beiliegenden CD beschriebene Szenario 5 Ihnen die Möglichkeit bietet, genau diesen Vorgang zu üben.

ANMERKUNG

In der Prüfung sollte das Subnetz Null nicht verwendet werden, falls

- a) die Frage auf die Verwendung klassenbezogener Routing-Protokolle hinweist,
- b) die Router mit dem globalen Konfigurationsbefehl `no ip subnet-zero` konfiguriert werden.

Andernfalls können Sie davon ausgehen, dass das Subnetz Null eingesetzt werden darf.

5.3.5 VLSM konfigurieren

Router können VLSM nicht aktivieren oder deaktivieren. Aus konfigurations-technischer Sicht ist VLSM lediglich ein Nebeneffekt des Schnittstellenbefehls `ip address`. Router benutzen VLSM, weil sie über mindestens zwei Router-Schnittstellen am selben Router oder über alle Router im Verbund hinweg verfügen, die zwar IP-Adressen im selben klassenbezogenen Netzwerk aufweisen, aber mit unterschiedlichen Subnetzmasken arbeiten. Listing 5.2 zeigt ein einfaches Beispiel auf Router R3 aus Abbildung 5.2: Der Schnittstelle Fa0/0 wird die IP-Adresse 172.16.5.1/24 und der Schnittstelle S0/0/1 die Adresse 172.16.9.6/30 zugewiesen. Auf diese Weise kommen im Netzwerk 172.16.0.0 mindestens zwei unterschiedliche Masken zum Einsatz.

Listing 5.2: VLSM konfigurieren

```
R3#configure terminal
R3(config)#interface Fa0/0
R3(config-if)#ip address 172.16.5.1 255.255.255.0
R3(config-if)#interface S0/0/1
R3(config-if)#ip address 172.16.9.6 255.255.255.252
```

Klassenlose Routing-Protokolle, die VLSM unterstützen, müssen nicht für die Aktivierung von VLSM konfiguriert werden: Die Unterstützung für VLSM ist ein Merkmal, das diesen Routing-Protokollen eigen ist.

Nun wollen wir mit dem zweiten großen Themenbereich des Kapitels fortfahren: der Zusammenfassung von Routen.

5.4 Manuelle Zusammenfassung von Routen

Bei kleinen Netzwerken verfügen die Router oft nur über ein paar Dutzend Routen in den Routing-Tabellen. Je größer jedoch das Netzwerk ist, desto größer ist auch die Anzahl der Routen. Internet-Router verfügen in manchen Fällen über 100.000 und mehr Routen.

In umfangreichen IP-Netzwerken wird die Routing-Tabelle oft zu groß. Je stärker die Routing-Tabellen an Umfang zunehmen, desto mehr Speicher benötigen sie im Router. Zudem benötigt jeder Router mehr Zeit, um ein Paket zu routen, da er zunächst eine passende Route in der Tabelle finden muss, was bei größeren Tabellen naturgemäß länger dauert. Außerdem dauert bei einer umfangreichen Routing-Tabelle auch die Behebung von Problemen länger, da die mit dem Netzwerk befassten Techniker mehr Daten überprüfen müssen.

Die Routenzusammenfassung verringert die Größe von Routing-Tabellen, behält aber Routen zu allen Zielen im Netzwerk bei. Auf diese Weise lässt sich die Routing-Leistung verbessern, und auf dem Router kann Speicher eingespart werden. Zudem verbessert die Zusammenfassung auch die Konvergenz, denn ein Router, der die Routen summiert, muss nicht mehr alle Änderungen am Status einzelner Subnetze bekannt geben. Dadurch, dass die gesamte Route entweder als aktiv oder inaktiv ausgewiesen wird, muss der Router mit der Summenroute nicht jedes Mal aufs Neue konvergieren, wenn eines der beteiligten Subnetze aktiv bzw. inaktiv wird.

In diesem Kapitel wird die Zusammenfassung von Routen als *manuelle* Routenzusammenfassung bezeichnet – im Gegensatz zum letzten großen Thema des Kapitels, der Autosummierung. Der Begriff »manuell« verweist auf die Tatsache, dass die manuelle Routenzusammenfassung nur erfolgt, falls ein Techniker sie mit einem oder mehreren Befehlen konfiguriert. Die Autosummierung hingegen findet automatisch und ohne Eingriff statt.

In den folgenden Abschnitten werden wir zunächst die Zusammenfassung von Routen behandeln und die Frage betrachten, wie man gute Summenrouten ermittelt. Beachten Sie, dass wir zwar das Prinzip, nicht aber die Konfiguration manuell zusammengefasster Routen in diesem Buch behandeln.

5.4.1 Prinzip der Routenzusammenfassung

Techniker setzen die Routenzusammenfassung ein, um die Größe der Routing-Tabellen im Netzwerk zu verringern. Die Routenzusammenfassung bewirkt, dass eine Anzahl spezifischerer Routen durch eine Einzelroute ersetzt werden, die alle IP-Adressen enthält, die von den Subnetzen der Ursprungsrouten abgedeckt wurden.

Summenrouten, die mehrere Routen ersetzen, müssen von einem Netzwerktechniker konfiguriert werden. Zwar sieht der Konfigurationsbefehl nicht ganz genau so aus wie ein Befehl für statische Routen, doch es werden dieselben Grundinformationen konfiguriert. Nun gibt das Routing-Protokoll nicht mehr die Originalrouten, sondern nur noch die Summenroute bekannt.

Die Routenzusammenfassung funktioniert wesentlich besser, wenn das Netzwerk bereits in der Netzdesignphase darauf vorbereitet wird. So zeigt Abbildung 5.1 weiter oben in diesem Kapitel die Folgen guter geplanter Routenzusammenfassung. In diesem Netzwerk hat der Netzwerktechniker seine Entscheidungen bezüglich der Subnetzadressen im Hinblick auf die Tatsache getroffen, dass die Routenzusammenfassung eingesetzt wird. Alle Subnetze, die vom Hauptstandort Albuquerque ausgehen (einschließlich der WAN-Verbindungen), beginnen mit 10.1. Alle von Yosemite ausgehenden

LAN-Subnetze beginnen mit 10.2, und analog beginnen auch alle Subnetze von Seville mit 10.3.

Listing 5.1 weiter oben in diesem Kapitel zeigte eine Kopie der Routing-Tabelle von Albuquerque ohne Zusammenfassung. Dort waren vier Routen zu Subnetzen vorhanden, deren Adressen mit 10.2 beginnen und die alle über die serielle Schnittstelle S0/0 zu Yosemite verlaufen. Weiter waren vier Routen zu Subnetzen vorhanden, deren Adressen mit 10.3 beginnen und die alle über die serielle Schnittstelle S0/1 zu Seville verlaufen. Ein solches Design gestattet den Routern Yosemite und Seville die Bekanntmachung einer Einzelroute anstelle von jeweils vier Routen, die gegenwärtig gegenüber Albuquerque bekannt gegeben werden.

Listing 5.3 zeigt die Ergebnisse der Konfiguration einer manuellen Routenzusammenfassung auf Yosemite und Seville. In diesem Fall weist Yosemite eine Summenroute nach 10.2.0.0/16 aus, die den Adressbereich 10.2.0.0-10.2.255.255 darstellt (d. h. alle Adressen, die mit 10.2 beginnen). Seville weist eine Summenroute nach 10.3.0.0/16 aus, die den Adressbereich 10.3.0.0-10.3.255.255 darstellt (d. h. alle Adressen, die mit 10.3 beginnen).

Listing 5.3: Routing-Tabelle von Albuquerque nach der Routenzusammenfassung

```
Albuquerque#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route
```

Gateway of last resort is not set

```
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
D    10.2.0.0/16 [90/2172416] via 10.1.4.2, 00:05:59, Serial0/0
D    10.3.0.0/16 [90/2172416] via 10.1.6.3, 00:05:40, Serial0/1
C    10.1.1.0/24 is directly connected, Ethernet0/0
C    10.1.6.0/30 is directly connected, Serial0/1
C    10.1.4.0/30 is directly connected, Serial0/0
```

Die resultierende Routing-Tabelle routet die Pakete weiterhin korrekt, tut dies jedoch effizienter und mit geringerem Speicherverbrauch. Zugegeben: Eine Verbesserung von elf auf fünf Routen ist nicht besonders hilfreich. Aber wenn Sie das Konzept auf wesentlich größere Netzwerke anwenden, können Sie einen erheblichen Effekt durchaus feststellen.

Die Folgen der Routenzusammenfassung lassen sich auch auf den beiden anderen Routern in der Abbildung erkennen. Listing 5.4 zeigt die Konfiguration der Routenzusammenfassung und die Routing-Tabelle von Yosemite, Listing 5.5 dieselben Informationen zu Seville.

Listing 5.4: Konfiguration und Routing-Tabelle von Yosemite nach der Routenzusammenfassung

```
Yosemite#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Yosemite(config)#interface serial 0/0
Yosemite(config-if)#ip summary-address eigrp 1 10.2.0.0 255.255.0.0
Yosemite(config-if)#^Z

Yosemite#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 9 subnets, 3 masks
D    10.2.0.0/16 is a summary, 00:04:57, Null0
D    10.3.0.0/16 [90/2684416] via 10.1.4.1, 00:04:30, Serial0/0
C    10.2.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
D    10.1.1.0/24 [90/2195456] via 10.1.4.1, 00:04:52, Serial0/0
C    10.2.2.0/24 is directly connected, Loopback2
C    10.2.3.0/24 is directly connected, Loopback3
C    10.2.4.0/24 is directly connected, Loopback4
D    10.1.6.0/30 [90/2681856] via 10.1.4.1, 00:04:53, Serial0/0
C    10.1.4.0/30 is directly connected, Serial0/0
```

Listing 5.5: Konfiguration und Routing-Tabelle von Seville nach der Routenzusammenfassung

```
Seville#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Seville(config)#interface serial 0/0
Seville(config-if)#ip summary-address eigrp 1 10.3.0.0 255.255.0.0
Seville(config-if)#^Z
Seville#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
```

Listing 5.5: Konfiguration und Routing-Tabelle von Seville nach der Routenzusammenfassung (Forts.)

| | |
|--|--|
| | E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP |
| | i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area |
| | * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR |
| | P - periodic downloaded static route |

Gateway of last resort is not set

| | |
|---|--|
| | 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 9 subnets, 3 masks |
| D | 10.2.0.0/16 [90/2684416] via 10.1.6.1, 00:00:36, Serial0/0 |
| D | 10.3.0.0/16 is a summary, 00:00:38, Null0 |
| D | 10.1.1.0/24 [90/2195456] via 10.1.6.1, 00:00:36, Serial0/0 |
| C | 10.3.5.0/24 is directly connected, Loopback5 |
| C | 10.3.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0 |
| C | 10.1.6.0/30 is directly connected, Serial0/0 |
| C | 10.3.7.0/24 is directly connected, Loopback7 |
| D | 10.1.4.0/30 [90/2681856] via 10.1.6.1, 00:00:36, Serial0/0 |
| C | 10.3.6.0/24 is directly connected, Loopback6 |

Die Konfiguration der Routenzusammenfassung unterscheidet sich je nach Routing-Protokoll. Im vorliegenden Beispiel verwenden wir EIGRP (Enhanced IGRP). Die Summenrouten für EIGRP werden auf Yosemite und Seville mit dem Schnittstellenbefehl `ip summary-address` erstellt. Dieser Befehl definiert jeweils eine neue zusammenfassende Route und weist EIGRP an, über diese Schnittstelle nur die Summenroute und keine in ihr enthaltenen Einzelrouten bekannt zu geben. So definiert Yosemite beispielsweise eine Summenroute nach 10.2.0.0 mit der Maske 255.255.0.0. Diese Route hat als Ziel alle Hosts, deren IP-Adressen mit 10.2 beginnen. Im Endeffekt bewirkt dieser Befehl, dass Yosemite und Seville statt ihrer ursprünglichen vier LAN-Subnetze jeweils nur die Route 10.2.0.0 255.255.0.0 bzw. 10.3.0.0 255.255.0.0 bekannt machen.

Beachten Sie, dass die Routing-Tabelle von Albuquerque in Listing 5.3 weiter oben eine Route nach 10.2.0.0 255.255.0.0 enthält (die Maske wird als Präfix /16 angegeben), aber keines der ursprünglichen vier Subnetze, die auf 10.2 beginnen. Gleiches gilt für die Route 10.3.0.0/16.

Die Routing-Tabellen auf Yosemite und Seville sehen ein bisschen anders aus als die von Albuquerque. Wenn wir uns zunächst Yosemite (Listing 5.4) ansehen, stellen wir fest, dass die vier Routen in Subnetzen erscheinen, die mit 10.2 beginnen, da es sich um direkt angeschlossene Subnetze handelt. Die vier 10.3-Routen kennt Yosemite hingegen nicht. Stattdessen ist eine Summenroute angegeben, weil Albuquerque jetzt nur noch die Summenroute 10.3.0.0/16 bekannt macht. Das Gegenteil gilt für Seville (Listing 5.5):

Hier sind, weil diese direkt angeschlossen sind, alle vier mit 10.3 beginnenden Routen sowie zusätzlich eine Summenroute für 10.2.0.0/16 angegeben.

Der interessanteste Teil der Routing-Tabellen von Yosemite ist die Route nach 10.2.0.0/16, denn hier ist als Ausgangsschnittstelle null0 festgelegt. Wenn eine Route diese Ausgangsschnittstelle angibt, bedeutet dies, dass Pakete, die über diese Route gesendet würden, verworfen werden. EIGRP hat diese Route einschließlich der Schnittstelle null0 aufgrund des Befehls `ip summary-address` hinzugefügt. Logisch gesehen ist Folgendes passiert:

Yosemite benötigt diese eigentlich abwegig erscheinende Route, weil er durchaus Pakete empfangen kann, die für andere 10.2-Adressen als die vier vorhandenen 10.2-Subnetze vorgesehen sind. Wenn ein Paket eintrifft, das als Ziel eines der vier vorhandenen 10.2.x-Subnetze ausweist, verfügt Yosemite dafür immer über eine korrekte, spezifischere Route. Wird hingegen ein Paket empfangen, dessen Empfängeradresse zwar mit 10.2 beginnt, aber kein Bestandteil der vier Subnetze ist, dann ist diese Nullroute die passende Route, und Yosemite verwirft das Paket. Genau so soll es sein.

Die Routing-Tabelle von Seville sieht hinsichtlich der Tabelleneinträge und aufgrund ihres Vorhandenseins ähnlich aus wie die von Yosemite.

5.4.2 Strategien der Routenzusammenfassung

Wie bereits erwähnt, funktioniert die Zusammenfassung von Routen am besten, wenn der Netzwerktechniker die Vergabe der Subnetzadressen bereits in dem Wissen durchführt, dass eine solche Zusammenfassung erfolgen wird. Die bisher aufgeführten Beispiele gingen von einer wohlgedachten Planung aus. So wurden etwa alle vom Router Yosemite abgehenden Subnetze mit dem Adressbereich 10.2.x versehen. Diese Konvention gestattete die Erstellung einer Summenroute für alle Adressen, die mit 10.2 beginnen. Hierzu gibt Yosemite eine Route bekannt, die das Subnetz 10.2.0.0 mit der Maske 255.255.0.0 betrifft.

Einige Summenrouten fassen mehrere Routen zu einer zusammen, aber dies muss nicht immer die »beste« Zusammenfassung sein. Die »beste« Summenroute ist im Zusammenhang mit der Konfiguration von Summenrouten diejenige, die alle erforderlichen Subnetze, aber so wenig andere Adressen wie möglich enthält. In obigem Beispiel fasste Yosemite vier Subnetze (10.2.1.0, 10.2.2.0, 10.2.3.0 und 10.2.4.0, jeweils mit der Subnetzmaske 255.255.255.0) zur Summenroute 10.2.0.0/16 zusammen. Diese Zusammenfassung enthält jedoch auch eine Menge IP-Adressen, die *nicht* Bestandteil dieser vier Subnetze sind. Funktioniert eine solche Kombination im Hinblick auf die Ziele des Netzdesigns? Gewiss. Doch statt einfach eine Zusammenfassung zu definieren, die zahlreiche in einem Netzwerk nicht

vorhandene Adressen umfasst, sollte der Netzwerktechniker stets die knappste – also »beste« – Zusammenfassung wählen: diejenige, die alle erforderlichen, aber so wenig zusätzliche (d. h. noch nicht zugeordnete) Subnetze wie möglich enthält. In diesem Abschnitt wird eine Strategie beschrieben, um diese prägnanteste Summenroute zu finden.

Die folgende Liste beschreibt einen allgemeinen binären Rechenweg, mit dem man für eine Gruppe von Subnetzen die beste Summenroute ermittelt:

Wichtig!

1. Notieren Sie alle zu summierenden Subnetzadressen in Binärform.
2. Ermitteln Sie von links nach rechts die ersten n Bits, die bei allen Subnetzadressen gleich sind. (Dieser Teil wird im Folgenden als »gemeinsamer« Teil bezeichnet.)
3. Um die Netzwerkadresse des summierenden Routers zu ermitteln, notieren Sie die gemeinsamen Bits aus Schritt 2 und füllen die verbleibenden Bits mit binären Nullen auf. Konvertieren Sie den resultierenden Wert wieder in das Dezimalformat, und zwar jeweils acht Bits gleichzeitig.
4. Um die Netzmaske der Summenroute zu ermitteln, notieren Sie n binäre Einsen; n ist dabei die Anzahl der in Schritt 2 ermittelten gemeinsamen Bits. Füllen Sie die Subnetzmaske dann mit binären Nullen auf. Konvertieren Sie den resultierenden Wert wieder in das Dezimalformat, und zwar jeweils acht Bits gleichzeitig.
5. Überprüfen Sie den Vorgang, indem Sie den Bereich der gültigen IP-Adressen, die neue Summenroute impliziert, berechnen und ihn mit den zu summierenden Subnetzen vergleichen. Die neue Summenroute sollte alle IP-Adressen in den summierten Subnetzen umfassen.

Durch die binäre Darstellung können Sie die gemeinsamen Bits in allen Subnetzadressen schneller ausmachen. Die beste Summenroute finden Sie dann durch Ermittlung der größten Anzahl gemeinsamer Bits. In den nächsten beiden Abschnitten ermitteln wir exemplarisch die besten – also prägnantesten – Routen für das in Abbildung 5.1 gezeigte Netzwerk.

Beste Summenroute für Seville (Beispiel)

An Seville sind die Subnetze 10.3.4.0, 10.3.5.0, 10.3.6.0 und 10.3.7.0 angeschlossen, die alle die Subnetzmaske 255.255.255.0 haben. Notieren Sie zunächst alle Subnetzadressen in ihrer jeweiligen Binärform:

```

0000 1010 0000 0011 0000 01 | 00 0000 0000 - 10.3.4.0
0000 1010 0000 0011 0000 01 | 01 0000 0000 - 10.3.5.0
0000 1010 0000 0011 0000 01 | 10 0000 0000 - 10.3.6.0
0000 1010 0000 0011 0000 01 | 11 0000 0000 - 10.3.7.0

```

Schritt 2 sieht vor, dass Sie alle gemeinsamen Bits am Anfang aller Subnetze ermitteln. Noch bevor Sie sich die Binärzahlen genauer ansehen, wissen Sie bereits, dass die ersten beiden Oktette in allen vier Subnetzen identisch sind. Ein kurzer Blick auf die ersten 16 Bits aller vier Subnetzadressen bestätigt diese Annahme. Dies bedeutet, dass der gemeinsame Anteil (Schritt 2) mindestens 16 Bit lang ist. Die weitere Überprüfung fördert zutage, dass die ersten sechs Bits des dritten Oktetts ebenfalls überall dieselben sind; das siebte Bit im dritten Oktett jedoch weist unterschiedliche Werte bei den verschiedenen Subnetzen auf. Insofern umfasst der gemeinsame Anteil der vier Subnetze die ersten 22 Bits.

Schritt 3 sieht die Erstellung einer Subnetzadresse für die Summenroute vor. Hierzu werden die ermittelten gemeinsamen Bits notiert und für die verbleibenden Bits binäre Nullen ergänzt. In diesem Fall sieht das wie folgt aus:

```
0000 1010 0000 0011 0000 01|00 0000 0000 - 10.3.4.0
```

In Schritt 4 wird die Maske erstellt. Hierzu werden für den gemeinsamen Teil binäre Einsen gesetzt, die verbleibenden Bits werden als Nullen notiert:

```
1111 1111 1111 1111 1111 11|00 0000 0000 - 255.255.252.0
```

Am Ende steht die Summenroute mit dem Subnetz 10.3.4.0 und der Subnetzmaske 255.255.252.0.

Schritt 5 beschreibt eine Methode zur Überprüfung des Vorgangs. Die Summenroute sollte alle IP-Adressen in den zu summierenden Routen umfassen. In diesem Fall beginnt der Adressbereich für die Summenroute bei 10.3.4.0. Die erste gültige IP-Adresse ist 10.3.4.1, die letzte 10.3.7.254. Als Broadcast-Adresse wird 10.3.7.255 verwendet. Die Summenroute enthält alle IP-Adressen in den vier zusammengefassten Routen und keine Fremdadressen.

Beste Summenroute für Yosemite (Beispiel)

Die vier Subnetze auf Yosemite können nicht so effizient zusammengefasst werden wie bei Seville. Bei Seville erstreckt sich die Summenroute über die gleiche Anzahl von IP-Adressen wie die vier Subnetze; zusätzliche Adressen sind nicht vorhanden. Wie Sie feststellen werden, enthält die beste Summenroute auf Yosemite doppelt so viele Adressen, wie in den ursprünglichen vier Subnetzen vorhanden sind.

An Yosemite sind die Subnetze 10.2.1.0, 10.2.2.0, 10.2.3.0 und 10.2.4.0 angeschlossen, die alle die Subnetzmaske 255.255.255.0 besitzen. Der Vor-

gang beginnt damit, dass Sie alle Subnetzadressen in ihrer jeweiligen Binärf orm notieren:

```
0000 1010 0000 0010 0000 0|001 0000 0000 - 10.2.1.0
0000 1010 0000 0010 0000 0|010 0000 0000 - 10.2.2.0
0000 1010 0000 0010 0000 0|011 0000 0000 - 10.2.3.0
0000 1010 0000 0010 0000 0|100 0000 0000 - 10.2.4.0
```

In Schritt 2 sind die ersten beiden Oktette in allen vier Subnetzen identisch. Hinzu kommen die ersten fünf Bits des dritten Oktetts, die ebenfalls überall dieselben sind. Also besteht der gemeinsame Teil aus den ersten 21 Bits der vier Subnetzadressen.

Schritt 3 sieht die Erstellung einer Subnetzadresse für die Summenroute vor. Hierzu werden die ermittelten gemeinsamen Bits notiert und für die verbleibenden Bits binäre Nullen ergänzt. In diesem Fall sieht das wie folgt aus:

```
0000 1010 0000 0010 0000 0|000 0000 0000 - 10.2.0.0
```

In Schritt 4 wird die Maske für die Summenroute erstellt. Hierzu werden binäre Einsen für den gemeinsamen Teil gesetzt, die dann mit binären Nullen ergänzt werden. Der gemeinsame Teil umfasst in diesem Beispiel die ersten 21 Bits:

```
1111 1111 1111 1111 1111 1|000 0000 0000 - 255.255.248.0
```

Die beste Summenroute ist also 10.2.0.0 mit der Maske 255.255.248.0.

Schritt 5 beschreibt eine Methode zur Überprüfung des Vorgangs. Die Summenroute sollte alle IP-Adressen in den summierten Routen umfassen. In diesem Fall beginnt der Adressbereich bei 10.2.0.0. Die erste gültige IP-Adresse ist 10.2.0.1, die letzte 10.2.7.254. Als Broadcast-Adresse wird 10.2.7.255 verwendet. Die Summenroute fasst hier eine größere Menge von Adressen zusammen als nur die vier Subnetze. Enthalten sind aber alle Adressen aus den vier Subnetzen.

5.5 Autosummierung und nicht zusammenhängende klassenbezogene Netzwerke

Wie in den vorherigen Abschnitten beschrieben, kann die manuelle Routenzusammenfassung durch Verkürzen der Routing-Tabellen die Effizienz des Routings verbessern, den Speicherverbrauch verringern und die Konvergenz optimieren. Der letzte Abschnitt dieses Kapitels befasst sich mit der automatischen Zusammenfassung von Routen an den Grenzen klassenbezogener Netzwerke. Hierzu kommt eine als Autosummierung bezeichnete Funktionalität zum Einsatz.

Da klassenbezogene Routing-Protokolle keine Angaben zu Subnetzmasken weitergeben, enthalten die Routing-Updates zwar Subnetzadressen, aber nicht die zugehörigen Masken. Ein Router, der ein Routing-Update mit einem klassenbezogenen Routing-Protokoll empfängt, überprüft die Subnetzadresse im Update, muss aber dann selbst Vermutungen darüber anstellen, welche Maske mit dem Subnetz verknüpft ist. Wenn beispielsweise an die Cisco-Router R1 und R2 Subnetze desselben Klasse-A-, -B- oder -C-Netzwerks angeschlossen sind und R2 nun ein Update von R1 empfängt, geht R2 davon aus, dass die Routen, die im Update von R1 beschrieben sind, dieselbe Maske verwenden wie R2. Mit anderen Worten erfordern klassenbezogene Routing-Protokolle eine SLSM (Static Length Subnet Mask, Subnetzmaske fester Länge) im gesamten klassenbezogenen Netzwerk, damit jeder Router begründet annehmen kann, dass die für seine eigenen Schnittstellen konfigurierte Maske mit der in diesem klassenbezogenen Netzwerk verwendeten identisch ist.

Verfügt ein Router über Schnittstellen in mehreren Klasse-A-, -B- oder -C-Netzwerken, dann kann er eine einzelne Route für ein gesamtes Klasse-A-, -B- oder -C-Netzwerk im anderen klassenbezogenen Netzwerk bekannt geben. Diese Funktionalität heißt Autosummierung. Sie lässt sich wie folgt charakterisieren:

Sofern Routen über eine Schnittstelle bekannt gegeben werden, deren IP-Adresse sich nicht im Netzwerk X befindet, werden Routen in das Netzwerk X summiert und als einzelne Route weitergegeben. Die Route bezieht sich dann auf das gesamte jeweilige Klasse-A-, -B- oder -C-Netzwerk von X.

Wichtig!

Anders formuliert: Wenn R3 über Schnittstellen in den Netzwerken 10.0.0.0 und 11.0.0.0 verfügt und nun Routing-Updates über Schnittstellen bekannt gibt, deren IP-Adressen mit 11 beginnen, dann enthalten die Updates genau eine Route in das Netzwerk 10.0.0.0. Ähnlich gibt R3 genau eine Route nach 11.0.0.0 über diejenigen seiner Schnittstellen bekannt, deren IP-Adressen mit 10 beginnen.

5.5.1 Autosummierung: Ein Beispiel

Wie üblich kann auch hier ein Beispiel das Prinzip wesentlich deutlicher veranschaulichen. Betrachten Sie Abbildung 5.4. Hier kommen zwei Netzwerke zum Einsatz: 10.0.0.0 und 172.16.0.0. Seville verfügt über vier (angeschlossene) Routen in die Subnetze von 10.0.0.0. Listing 5.6 zeigt die Ausgabe des Befehls `show ip route` auf Albuquerque sowie die Ausgabe des RIPv1-Befehls `debug ip rip`.

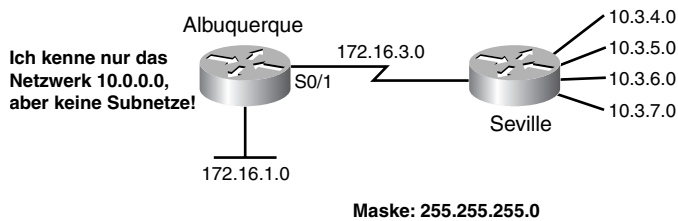


Abbildung 5.4: Autosummierung

Listing 5.6: Routen und RIP-Debugging auf Albuquerque

```
Albuquerque#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      172.16.1.0 is directly connected, Ethernet0/0
C      172.16.3.0 is directly connected, Serial0/1
R 10.0.0.0/8 [120/1] via 172.16.3.3, 00:00:28, Serial0/1
```

```
Albuquerque#debug ip rip
RIP protocol debugging is on
```

```
00:05:36: RIP: received v1 update from 172.16.3.3 on Serial0/1
00:05:36:      10.0.0.0 in 1 hops
```

Wie aus Listing 5.6 hervorgeht, enthält das von Albuquerque auf S0/1 empfangene Update, das von Seville stammt, nur das Klasse-A-Netzwerk 10.0.0.0, weil die Autosummierung auf Seville (standardmäßig) aktiviert ist. Infolgedessen gibt die Routing-Tabelle auf Albuquerque nur eine einzige Route in das Netzwerk 10.0.0.0 an.

Dieses Beispiel veranschaulicht zudem noch einen anderen Faktor, aufgrund dessen klassenbezogene Routing-Protokolle Annahmen treffen. Albuquerque verfügt über keine Schnittstelle im Netzwerk 10.0.0.0. Insofern nimmt Albuquerque beim Empfang des Routing-Updates an, dass die bei 10.0.0.0 verwendete Maske 255.0.0.0 sein muss, denn dies ist die Standardmaske eines Klasse-A-Netzwerks. Mit anderen Worten gehen klassenbezogene Routing-Protokolle davon aus, dass immer eine Autosummierung stattfindet.

5.5.2 Nicht zusammenhängende klassenbezogene Netzwerke

Die Autosummierung ist unproblematisch, solange das summierte Netzwerk zusammenhängend ist. In den Vereinigten Staaten beispielsweise kennt man das Konzept eines nicht zusammenhängenden Netzwerks: Es gibt den gängigen Begriff *Contiguous 48*, der auf die 48 zusammenhängenden US-Bundesstaaten verweist. Ausnahmen sind Alaska und Hawaii. Wenn Sie also aus den *Contiguous 48* nach Alaska fahren wollen, müssen Sie ein Drittland durchqueren (nämlich Kanada – nur für den Fall, dass Sie Ihren Weltatlas gerade nicht zur Hand haben). Es gibt keine direkte Verbindung mit den 48 anderen Staaten – Alaska ist also abgetrennt (engl. *discontiguous*).

Um die Bedeutung der Begriffe »zusammenhängend« und »nicht zusammenhängend« in der Netzwerktechnik besser verstehen zu können, lesen Sie die beiden folgenden formalen Definitionen und behalten Sie sie beim Studieren des nachfolgenden Beispiels zu einem nicht zusammenhängenden Netzwerk im Hinterkopf:

- **Zusammenhängendes Netzwerk:** Ein klassenbezogenes Netzwerk, in dem Pakete, die zwischen zwei Subnetzen ausgetauscht werden, nur Subnetze desselben klassenbezogenen Netzwerks passieren können. Subnetze anderer klassenbezogener Netzwerke können nicht passiert werden.
- **Nicht zusammenhängendes Netzwerk:** Ein klassenbezogenes Netzwerk, in dem Pakete, die zwischen zwei Subnetzen ausgetauscht werden, Subnetze eines anderen klassenbezogenen Netzwerks passieren müssen.

Wichtig!

Abbildung 5.5 zeigt exemplarisch das nicht zusammenhängende Netzwerk 10.0.0.0. In diesem Fall werden Pakete, die aus den Subnetzen des Netzwerks 10.0.0.0 auf der linken Seite (bei Yosemite) in die Subnetze desselben Netzwerks auf der rechten Seite (bei Seville) gesendet werden müssen, über Subnetze des Netzwerks 172.16.0.0 übertragen.

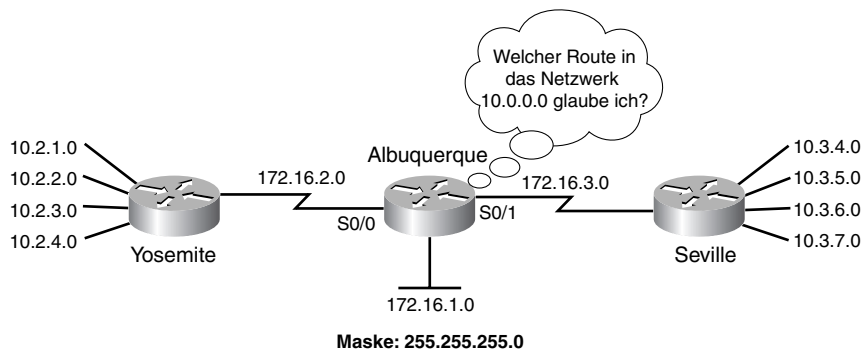


Abbildung 5.5: Nicht zusammenhängendes Netzwerk 10.0.0.0

Die Autosummierung verhindert das einwandfreie Funktionieren eines Netzwerkverbundes mit einem nicht zusammenhängenden Netzwerk. Listing 5.7 zeigt die Ergebnisse der Verwendung der Autosummierung im in Abbildung 5.5 gezeigten Netzwerk. In diesem Fall wurde das klassenbezogene Routing-Protokoll RIPv1 eingesetzt.

Listing 5.7: Routing-Tabelle von Albuquerque: Die Autosummierung verursacht Routing-Probleme mit dem nicht zusammenhängenden Netzwerk 10.0.0.0.

```
Albuquerque#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C      172.16.1.0 is directly connected, Ethernet0/0
C      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0
C      172.16.3.0 is directly connected, Serial0/1
R      10.0.0.0/8 [120/1] via 172.16.3.3, 00:00:13, Serial0/1
          [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:04, Serial0/0
```

Wie Listing 5.7 zeigt, verfügt Albuquerque nun über zwei Routen in das Netzwerk 10.0.0.0/8: eine, die nach links in Richtung Yosemite weist, und eine zweite, die rechtsherum nach Seville führt. Doch statt Pakete, die an die Subnetze von Yosemite gerichtet sind, über S0/0 zu versenden, schickt Albuquerque einige Pakete über S0/1 an Seville! Albuquerque führt lediglich einen Lastausgleich des Paketversands über zwei Routen durch, weil aus seiner Sicht die beiden Routen für dasselbe Ziel – das Gesamtnetzwerk 10.0.0.0 – den gleichen Kostenwert aufweisen. Insofern können Anwendungen in diesem Netzwerk nicht mehr korrekt funktionieren.

Die Lösung dieses Problems besteht im Abschalten der Autosummierung. Da klassenbezogene Routing-Protokolle immer die Autosummierung benutzen, verlangt diese Lösung eine Umstellung auf ein klassenloses Routing-Protokoll und die Deaktivierung der Autosummierung. Listing 5.8 zeigt den Netzwerkverbund aus Abbildung 5.5 und Listing 5.7, allerdings kommt hier das (klassenlose) EIGRP-Protokoll zum Einsatz, und die Autosummierung wurde deaktiviert.

Listing 5.8: Klassenloses Routing-Protokoll ohne Autosummierung zur Unterstützung nicht zusammenhängender Netzwerke

Albuquerque#show ip route

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
 D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
 N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
 i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
 * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
 P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

```

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C    172.16.1.0 is directly connected, Ethernet0/0
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0
C    172.16.3.0 is directly connected, Serial0/1
10.0.0.0/24 is subnetted, 8 subnets
D    10.2.1.0/24 [90/2172416] via 172.16.2.2, 00:00:01, Serial0/0
D    10.2.2.0/24 [90/2297856] via 172.16.2.2, 00:00:01, Serial0/0
D    10.2.3.0/24 [90/2297856] via 172.16.2.2, 00:00:01, Serial0/0
D    10.2.4.0/24 [90/2297856] via 172.16.2.2, 00:00:01, Serial0/0
D    10.3.5.0/24 [90/2297856] via 172.16.3.3, 00:00:29, Serial0/1
D    10.3.4.0/24 [90/2172416] via 172.16.3.3, 00:00:29, Serial0/1
D    10.3.7.0/24 [90/2297856] via 172.16.3.3, 00:00:29, Serial0/1
D    10.3.6.0/24 [90/2297856] via 172.16.3.3, 00:00:29, Serial0/1

```

Wird die Autosummierung sowohl auf Yosemite als auch auf Seville deaktiviert, dann gibt keiner der Router gegenüber Albuquerque eine automatische Zusammenfassung des Netzwerks 10.0.0.0/8 bekannt. Stattdessen weist jeder Router die einzelnen bekannten Subnetze aus, das heißt, Albuquerque kennt die vier von Yosemite abgehenden LAN-Subnetze ebenso wie die an Seville angeschlossenen LAN-Subnetze.

5.5.3 Unterstützung und Konfiguration der Autosummierung

Klassenbezogene Routing-Protokolle müssen die Autosummierung verwenden. Es gibt klassenlose Routing-Protokolle, die die Autosummierung unterstützen und auch standardmäßig verwenden, dazu jedoch mit dem Router-Befehl `no autosummary` die Möglichkeit der Abschaltung anbieten. Andere klassenlose Routing-Protokolle hingegen unterstützen die Autosummierung schlichtweg nicht. Unter diesen ist an erster Stelle OSPF (Open Shortest Path First) zu nennen. Tabelle 5.5 fasst die Fakten zur Autosummierung auf Cisco-Routern zusammen.



Tabelle 5.5: Unterstützung und Default-Einstellung der Autosummierung

| Routing-Protokoll | Klassenlos? | Unterstützt Autosummierung? | Verwendet die Autosummierung standardmäßig?* | Autosummierung abschaltbar? |
|-------------------|-------------|-----------------------------|--|-----------------------------|
| RIPv1 | Nein | Ja | Ja | Nein |
| RIPv2 | Ja | Ja | Ja | Ja |
| EIGRP | Ja | Ja | Ja | Ja |
| OSPF | Ja | Nein | | |

* ab Cisco IOS Software IOS 12.4

Beachten Sie außerdem, dass sich die Autosummierung nur bei Routern auswirkt, an die Teile mehrerer klassenbezogener Netzwerke angeschlossen sind, nicht jedoch bei Routern, deren Schnittstellen alle mit demselben klassenbezogenen Netzwerk verbunden sind. In Abbildung 5.5 etwa erfordert die Lösung (wie in Listing 5.8 gezeigt) das Absetzen des EIGRP-Befehls `no auto-summary` auf den Routern Yosemite und Seville. Albuquerque hingegen, dessen Schnittstellen sich alle im selben Netzwerk (nämlich dem Klasse-B-Netzwerk 172.16.0.0) befinden, würde sein Verhalten in diesem Fall weder auf den Befehl `auto-summary` noch auf den Befehl `no auto-summary` ändern.

5.6 Aufgaben zur Prüfungsvorbereitung

5.6.1 Wiederholung



Wiederholen Sie die wichtigsten Themen aus diesem Kapitel. Diese sind in der Randspalte mit dem entsprechenden Symbol gekennzeichnet. Tabelle 5.6 listet diese Themen sowie die Seitennummern auf, auf denen die Themen zu finden sind.

Tabelle 5.6: Schlüsselthemen in Kapitel 5

| Element | Beschreibung | Seite |
|-------------|--|-------|
| Tabelle 5.2 | Liste der IP-Routing-Protokolle mit Angaben zu Klassenbezogenheit, VLSM-Support und Summierungsunterstützung | 272 |
| Liste | Strategie zur Ermittlung überlappender VLSM-Subnetze | 273 |
| Liste | Strategie zur Auswahl eines neuen, nicht überlappenden Subnetzes | 278 |
| Liste | Prozess zur Ermittlung der besten manuellen Summenroute | 286 |
| Definition | Allgemeine Informationen zur Autosummierung | 289 |

Tabelle 5.6: Schlüsselthemen in Kapitel 5 (Forts.)

| Element | Beschreibung | Seite |
|--------------|--|-------|
| Definitionen | Definitionen zu zusammenhängenden und nicht zusammenhängenden Netzwerken | 291 |
| Tabelle 5.5 | Liste der Routing-Protokolle und Angaben zur Auto-summierung | 294 |

5.6.2 Vervollständigen Sie die Listen und Tabellen

Drucken Sie aus Anhang J, »Tabellen zur Übung« (auf der CD vorhanden), den Abschnitt zu diesem Kapitel aus und vervollständigen Sie die Tabellen und Listen aus dem Gedächtnis. Der ebenfalls auf der CD enthaltene Anhang K, »Lösungen zu den Übungen«, enthält die vollständigen Tabellen und Listen, mit denen Sie Ihre Lösungen überprüfen können.

5.6.3 Wichtige Definitionen

Definieren Sie die folgenden Schlüsselbegriffe aus diesem Kapitel und überprüfen Sie Ihre Antworten anhand des Glossars:

Autosummierung, klassenbezogenes Netzwerk, klassenbezogenes Routing-Protokoll, klassenloses Routing-Protokoll, nicht zusammenhängendes Netzwerk, überlappende Subnetze, Summenroute, VLSM, zusammenhängendes Netzwerk

5.6.4 Szenarien in Anhang F lesen

Anhang F, »Weitere Szenarien«, enthält fünf detaillierte Szenarien, die Ihnen die Möglichkeit bieten, unterschiedliche Netzwerkentwürfe, Probleme und Befehlsausgaben zu analysieren, und Ihnen zeigen, wie Konzepte mehrerer unterschiedlicher Kapitel miteinander verwoben sind. Anhang F, Szenario 1, Teil A sowie das gesamte Szenario 5 erlauben Ihnen das Üben und Entwickeln von Fertigkeiten in Verbindung mit VLSM.

5.6.5 Befehlsreferenz

Dieses Kapitel führt nur einen einzigen neuen Befehl ein, der zuvor noch nicht genannt wurde, nämlich den Router-Konfigurationsbefehl `auto-summary`. Dieser Befehl aktiviert die Autosummierung. Wird die Option `no` vorangestellt, so wird die Autosummierung hingegen deaktiviert.

Das Kapitel enthält diese Befehlsreferenz lediglich, damit Sie diesen einen Befehl aus diesem Kapitel nicht vergessen.