

## VLAN Router-on-a-Stick - Erweiterte Konfiguration

### Lernsituation

#### Ausgangssituation

Die Nova GmbH plant eine umfassende Netzwerk-Segmentierung mit erweiterten Sicherheitsfeatures. Das Unternehmen verfügt über verschiedene Abteilungen mit unterschiedlichen Sicherheitsanforderungen:

- **Verwaltung (VLAN 10):** IT-Administration und Netzwerk-Management - höchste Sicherheitsstufe
- **Entwicklung (VLAN 20):** Software-Entwicklung und Testing - mittlere Sicherheitsstufe
- **Vertrieb (VLAN 30):** Sales und Customer Relations - mittlere Sicherheitsstufe
- **Voice (VLAN 40):** IP-Telefonie mit QoS-Anforderungen
- **Management (VLAN 99):** Dediziertes Switch-Management VLAN
- **Native VLAN (88):** Separates Native VLAN für erhöhte Sicherheit

Die Implementierung soll Best Practices für Netzwerksicherheit berücksichtigen, einschließlich verschlüsselter Passwörter, separatem Native VLAN, und Voice VLAN-Konfiguration.

#### Lernziele

Nach Abschluss dieser Übung können Sie: - Erweiterte VLAN-Konfigurationen mit unterschiedlichen Subnetzgrößen implementieren - Sicherheits-Best-Practices wie separate Native VLANs konfigurieren - Voice VLANs mit QoS (Quality of Service) einrichten - Management VLANs (SVI) für Switch-Administration konfigurieren - Passwort-Verschlüsselung und Banner implementieren - Router-on-a-Stick mit mehreren Subinterfaces konfigurieren - Trunk-Konfigurationen mit allowed VLANs optimieren - Spanning Tree PortFast für Access-Ports aktivieren - Netzwerksicherheit durch Port-Deaktivierung erhöhen

### Topologie

#### Netzwerkgeräte

- **1x Router:** Cisco 4331 (R-Nova)
- **1x Switch:** Cisco 2960 (S1)
- **6x PCs:** Endgeräte in VLANs 10, 20, 30
- **1x IP-Telefon:** Voice VLAN 40

### VLAN- und IP-Adressplan

VLAN	Name	Zweck	Netz	Maske	Gateway (Router)	Hosts
10	Verwaltung	IT/Netz-Admin	10.10.10.0/25	255.255.255.128	10.10.10.1	126
20	Entwicklung	Software-Dev	10.10.20.0/26	255.255.255.192	10.10.20.1	62
30	Vertrieb	Sales/CRM	10.10.30.0/27	255.255.255.224	10.10.30.1	30
40	Voice	IP-Telefonie	10.10.40.0/28	255.255.255.240	10.10.40.1	14
99	Management	Switch-Mgmt	10.10.99.0/29	255.255.255.248	10.10.99.1	6
88	Native	Trunk Native	-	-	-	-

## Sicherheitsfeatures

- **Passwort-Verschlüsselung:** `service password-encryption`
- **Enable Secret:** verschlüsselt mit MD5
- **Banner MOTD:** Warnhinweis für unbefugten Zugriff
- **Separates Native VLAN:** VLAN 88 (nicht Default VLAN 1)
- **Allowed VLANs:** Trunk erlaubt nur benötigte VLANs
- **Voice VLAN:** QoS Trust COS für IP-Telefone
- **Spanning Tree PortFast:** Schnellere Konvergenz für Access-Ports
- **Ungenutzte Ports:** Deaktiviert mit `shutdown`

## Netzwerkarchitektur

**Physische Verbindungen:** - R-Nova G0/0/0 S1 Gi0/1 (802.1Q Trunk) - S1 Fa0/1-2 → PC-Verwaltung (Access VLAN 10) - S1 Fa0/3-4 → PC-Entwicklung (Access VLAN 20) - S1 Fa0/5-6 → PC-Vertrieb (Access VLAN 30) - S1 Fa0/7 → IP-Telefon (Access VLAN 20 für PC dahinter + Voice VLAN 40 für Telefon)

**Router-Subinterfaces:** - G0/0/0.10 → VLAN 10 (10.10.10.1/25) - G0/0/0.20 → VLAN 20 (10.10.20.1/26) - G0/0/0.30 → VLAN 30 (10.10.30.1/27) - G0/0/0.40 → VLAN 40 (10.10.40.1/28) - G0/0/0.99 → VLAN 99 (10.10.99.1/29) - G0/0/0.88 → Native VLAN (keine IP)

## Arbeitsauftrag

### Aufgabe 1: Basis-Konfiguration und Verkabelung

**1.1 Verkabelung vorbereiten** Verkabeln Sie die Geräte gemäß der Topologie: - R-Nova G0/0/0 S1 Gi0/1 (Copper Straight-Through) - Verbinden Sie die PCs und das IP-Telefon mit den entsprechenden Switch-Ports

### Aufgabe 2: Router-Konfiguration (R-Nova)

#### 2.1 Basis-Sicherheitskonfiguration

```
enable
configure terminal
hostname R-Nova
no ip domain-lookup

! Passwort-Sicherheit
enable secret class
line console 0
  password cisco
  login
line vty 0 4
  password cisco
  login
service password-encryption

! Banner Message of the Day
banner motd $ Authorized Users Only! $
```

#### 2.2 Router-on-a-Stick mit Subinterfaces

```
! Physisches Interface aktivieren (wichtig!)
interface GigabitEthernet0/0/0
  no shutdown

! VLAN 10 - Verwaltung
interface GigabitEthernet0/0/0.10
  description VLAN10 Verwaltung
  encapsulation dot1Q 10
```

```

ip address 10.10.10.1 255.255.255.128

! VLAN 20 - Entwicklung
interface GigabitEthernet0/0/0.20
description VLAN20 Entwicklung
encapsulation dot1Q 20
ip address 10.10.20.1 255.255.255.192

! VLAN 30 - Vertrieb
interface GigabitEthernet0/0/0.30
description VLAN30 Vertrieb
encapsulation dot1Q 30
ip address 10.10.30.1 255.255.255.224

! VLAN 40 - Voice
interface GigabitEthernet0/0/0.40
description VLAN40 Voice
encapsulation dot1Q 40
ip address 10.10.40.1 255.255.255.240

! VLAN 99 - Management
interface GigabitEthernet0/0/0.99
description VLAN99 Management
encapsulation dot1Q 99
ip address 10.10.99.1 255.255.255.248

! Native VLAN 88 (keine IP-Adresse!)
interface GigabitEthernet0/0/0.88
description Native VLAN
encapsulation dot1Q 88 native
! keine IP auf Native VLAN

! G0/0/1 für WAN-Reserve (optional)
interface GigabitEthernet0/0/1
no shutdown

```

```

end
write memory
show ip interface brief

```

**Wichtige Hinweise:** - Das physische Interface G0/0/0 muss mit `no shutdown` aktiviert werden - Native VLAN erhält keine IP-Adresse - Jedes Subinterface benötigt die `encapsulation dot1Q` Anweisung

### Aufgabe 3: Switch-Konfiguration (S1)

#### 3.1 Basis-Sicherheitskonfiguration

```

enable
configure terminal
hostname S1
no ip domain-lookup

! Passwort-Sicherheit
enable secret class
line console 0
password cisco
login
line vty 0 15

```

```

password cisco
login
service password-encryption

! Banner Message of the Day
banner motd $ Authorized Users Only! $

```

### 3.2 VLAN-Erstellung

```

! VLANs anlegen und benennen
vlan 10
  name Verwaltung
vlan 20
  name Entwicklung
vlan 30
  name Vertrieb
vlan 40
  name Voice
vlan 88
  name Native
vlan 99
  name Management

```

### 3.3 Access-Ports konfigurieren

```

! VLAN 10 - Verwaltung (Ports Fa0/1-2)
interface range FastEthernet0/1 - 2
  switchport mode access
  switchport access vlan 10
  spanning-tree portfast
  description PC-Verwaltung

! VLAN 20 - Entwicklung (Ports Fa0/3-4)
interface range FastEthernet0/3 - 4
  switchport mode access
  switchport access vlan 20
  spanning-tree portfast
  description PC-Entwicklung

! VLAN 30 - Vertrieb (Ports Fa0/5-6)
interface range FastEthernet0/5 - 6
  switchport mode access
  switchport access vlan 30
  spanning-tree portfast
  description PC-Vertrieb

! VLAN 20 + Voice VLAN 40 (Port Fa0/7 für IP-Telefon)
interface FastEthernet0/7
  switchport mode access
  switchport access vlan 20
  mls qos trust cos
  switchport voice vlan 40
  spanning-tree portfast
  description IP-Phone mit Voice VLAN

```

**Erklärung Voice VLAN:** - switchport access vlan 20: Datennetzwerk für PC hinter Telefon - switchport voice vlan 40: Separates VLAN für Sprachverkehr - mls qos trust cos: QoS aktivieren, COS-Werte vom Telefon vertrauen

### 3.4 Trunk-Port zum Router

```
! Trunk zu R-Nova
interface GigabitEthernet0/1
description Trunk zu R-Nova G0/0/0
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 88
switchport trunk allowed vlan 10,20,30,40,88,99
no shutdown
```

**Best Practices Trunk:** - Explizit `switchport mode trunk` setzen (DTP vermeiden) - Native VLAN ändern (nicht Default VLAN 1) - Nur benötigte VLANs erlauben (`allowed vlan`)

### 3.5 Management VLAN (SVI)

```
! Switch Virtual Interface für Management
interface vlan 99
description Mgmt-SVI
ip address 10.10.99.2 255.255.255.248
no shutdown
exit
```

```
! Default Gateway für Switch
ip default-gateway 10.10.99.1
```

### 3.6 Ungenutzte Ports sichern

! Ungenutzte Ports deaktivieren (Beispiel: Fa0/8-24, Gi0/2)  
! Best Practice: Dediziertes "Unused" VLAN für Sicherheit

```
vlan 999
name Unused

interface range FastEthernet0/8 - 24
switchport mode access
switchport access vlan 999
shutdown
description Unused - Security

interface GigabitEthernet0/2
switchport mode access
switchport access vlan 999
shutdown
description Unused - Security
```

```
end
write memory
```

**Hinweis:** Ungenutzte Ports sollten in ein dediziertes VLAN (z.B. VLAN 999) ohne Routing verschoben werden, nicht in ein produktives VLAN.

## Aufgabe 4: Endgeräte-Konfiguration

**4.1 IP-Konfiguration der PCs** Konfigurieren Sie die PCs mit folgenden IP-Adressen (statisch):

**VLAN 10 - Verwaltung:** - PC-Verwaltung: 10.10.10.10 / 255.255.255.128, Gateway: 10.10.10.1

**VLAN 20 - Entwicklung:** - PC-Entwicklung: 10.10.20.10 / 255.255.255.192, Gateway: 10.10.20.1

**VLAN 30 - Vertrieb:** - PC-Vertrieb: 10.10.30.10 / 255.255.255.224, Gateway: 10.10.30.1

**VLAN 40 - Voice (IP-Telefon):** - Optional: Statisch oder DHCP im Bereich 10.10.40.0/28

**Switch Management (SVI):** - Bereits konfiguriert: 10.10.99.2/29, Gateway: 10.10.99.1

## Verifikation und Tests

### Test 1: VLAN-Konfiguration prüfen

```
! Auf S1
S1# show vlan brief
S1# show interfaces trunk
```

**Erwartetes Ergebnis:** - Alle VLANs (10, 20, 30, 40, 88, 99) sichtbar - Ports korrekt zugewiesen - Trunk Gi0/1 aktiv mit Native VLAN 88

### Test 2: Router-Subinterfaces prüfen

```
! Auf R-Nova
R-Nova# show ip interface brief
R-Nova# show interfaces GigabitEthernet0/0/0
R-Nova# show vlans
```

**Erwartetes Ergebnis:** - Alle Subinterfaces .10, .20, .30, .40, .88, .99 sind "up/up" - IP-Adressen korrekt konfiguriert

### Test 3: Intra-VLAN Konnektivität

Von einem PC im VLAN 10:

```
ping 10.10.10.1    (Gateway - sollte erfolgreich sein)
```

Von einem PC im VLAN 20:

```
ping 10.10.20.1    (Gateway - sollte erfolgreich sein)
```

### Test 4: Inter-VLAN Routing

Von PC-Verwaltung (VLAN 10):

```
ping 10.10.20.10    (PC in VLAN 20 - sollte erfolgreich sein)
ping 10.10.30.10    (PC in VLAN 30 - sollte erfolgreich sein)
```

Von PC-Entwicklung (VLAN 20):

```
ping 10.10.10.10    (PC in VLAN 10 - sollte erfolgreich sein)
ping 10.10.30.10    (PC in VLAN 30 - sollte erfolgreich sein)
```

### Test 5: Switch-Management-Zugriff

Von einem beliebigen PC:

```
ping 10.10.99.2    (Switch SVI - sollte erfolgreich sein)
```

Von R-Nova:

```
telnet 10.10.99.2  (Telnet zu S1 - mit Passwort "cisco" einloggen)
```

### Test 6: Voice VLAN Funktionalität

Prüfen Sie auf S1:

```
S1# show interfaces FastEthernet0/7 switchport
```

**Erwartetes Ergebnis:** - Access VLAN: 20 - Voice VLAN: 40 - Administrative Mode: static access

## Troubleshooting

### Problem 1: Keine Kommunikation zwischen VLANs

**Symptome:** PCs in verschiedenen VLANs können nicht kommunizieren

**Mögliche Ursachen und Lösungen:** 1. **Router-Interface nicht aktiviert** `cisco interface GigabitEthernet0/0/0 no shutdown`

2. **Falsche Subinterface-Konfiguration**

- Prüfen: VLAN-ID in `encapsulation dot1Q` stimmt überein
- Prüfen: IP-Adresse und Maske korrekt

3. **Default Gateway am PC falsch**

- Muss auf Router-Subinterface-IP zeigen

### Problem 2: Native VLAN Mismatch

**Symptome:** CDP-Warnungen, intermittierende Verbindungsprobleme

**Lösung:**

! Auf beiden Seiten (Router und Switch) muss Native VLAN übereinstimmen

! Switch:

```
interface GigabitEthernet0/1
switchport trunk native vlan 88
```

! Router:

```
interface GigabitEthernet0/0/0.88
encapsulation dot1Q 88 native
```

### Problem 3: Trunk erlaubt VLAN nicht

**Symptome:** VLAN funktioniert nicht über Trunk

**Lösung:**

```
interface GigabitEthernet0/1
switchport trunk allowed vlan 10,20,30,40,88,99
```

Alternativ alle VLANs erlauben (nicht empfohlen):

```
switchport trunk allowed vlan all
```

### Problem 4: Voice VLAN funktioniert nicht

**Symptome:** IP-Telefon erhält keine IP oder kann nicht telefonieren

**Lösung:**

```
interface FastEthernet0/7
switchport mode access
switchport access vlan 20
switchport voice vlan 40
mls qos trust cos
spanning-tree portfast
```

Prüfen Sie: - Voice VLAN ist auf Switch erstellt - Voice VLAN ist im Trunk allowed - Router hat Subinterface für Voice VLAN

### Problem 5: Switch-Management nicht erreichbar

**Symptome:** Kann nicht zu Switch SVI pingen oder telnet

**Lösung:**

```

! SVI muss "no shutdown" haben
interface vlan 99
  ip address 10.10.99.2 255.255.255.248
  no shutdown
exit

! Default Gateway muss gesetzt sein
ip default-gateway 10.10.99.1

! VLAN 99 muss im Trunk erlaubt sein
interface GigabitEthernet0/1
  switchport trunk allowed vlan add 99

```

## Typische Stolperfallen

1. **Native VLAN Mismatch** zwischen Router und Switch
  - Lösung: VLAN 88 auf beiden Seiten als Native konfigurieren
2. **Physisches Interface nicht aktiviert** (Router G0/0/0)
  - Lösung: no shutdown auf G0/0/0 nicht vergessen
3. **Subinterface ohne encapsulation dot1Q**
  - Lösung: Jedes Subinterface benötigt diese Anweisung
4. **Default Gateway am PC falsch oder fehlt**
  - Lösung: Gateway muss Router-Subinterface-IP sein
5. **VLAN existiert nicht auf Switch**
  - Lösung: VLANs müssen explizit mit vlan X erstellt werden
6. **VLAN nicht im Trunk allowed**
  - Lösung: switchport trunk allowed vlan Liste prüfen
7. **PortFast auf Trunk-Port aktiviert**
  - Lösung: PortFast nur auf Access-Ports verwenden
8. **Voice VLAN ohne QoS Trust**
  - Lösung: mls qos trust cos auf Voice-Port setzen

## Erweiterte Konfigurationsoptionen

### Option A: DTP (Dynamic Trunking Protocol) deaktivieren

Für erhöhte Sicherheit DTP explizit deaktivieren:

```

interface GigabitEthernet0/1
  switchport mode trunk
  switchport nonegotiate

```

### Option B: Port Security aktivieren

Access-Ports gegen MAC-Flooding schützen:

```

interface range FastEthernet0/1 - 6
  switchport port-security
  switchport port-security maximum 2
  switchport port-security violation restrict
  switchport port-security mac-address sticky

```

### Option C: VTP (VLAN Trunking Protocol) Mode

Für Single-Switch-Umgebung VTP transparent schalten:

```

vtp mode transparent

```



## Option D: DHCP für Endgeräte (optional)

Statt statischer IPs DHCP-Pools auf Router konfigurieren:

```
! Auf R-Nova
ip dhcp excluded-address 10.10.10.1 10.10.10.10
ip dhcp pool VLAN10
  network 10.10.10.0 255.255.255.128
  default-router 10.10.10.1
  dns-server 8.8.8.8

ip dhcp excluded-address 10.10.20.1 10.10.20.10
ip dhcp pool VLAN20
  network 10.10.20.0 255.255.255.192
  default-router 10.10.20.1
  dns-server 8.8.8.8
```

## Dokumentationsaufgaben

1. **Netzwerk-Dokumentation erstellen:**
  - Dokumentieren Sie alle IP-Adressen
  - Erstellen Sie eine Port-Zuordnungstabelle
  - Notieren Sie alle Passwörter (in Produktivumgebung verschlüsselt speichern!)
2. **Testergebnisse festhalten:**
  - Screenshot von `show vlan brief`
  - Screenshot von `show interfaces trunk`
  - Screenshot von `show ip interface brief`
  - Ping-Tests dokumentieren
3. **Sicherheits-Begründung schriftlich:**
  - Warum separates Native VLAN?
  - Welche Risiken senkt VLAN-Trennung?
  - Warum eigenes Management-VLAN?
  - Welche Vorteile hat Voice VLAN?

## Zusammenfassung

In dieser Übung haben Sie gelernt:

**Router-on-a-Stick** mit mehreren Subinterfaces zu konfigurieren  
**Erweiterte VLAN-Strukturen** mit unterschiedlichen Subnetzgrößen zu implementieren  
**Sicherheits-Best-Practices** wie separates Native VLAN anzuwenden  
**Voice VLANs** mit QoS-Unterstützung einzurichten  
**Switch-Management** über dediziertes VLAN (SVI) zu realisieren  
**Trunk-Konfigurationen** mit allowed VLANs zu optimieren  
**Passwort-Verschlüsselung** und Banner zu implementieren  
**Systematische Verifikation** und Troubleshooting durchzuführen

## Nächste Schritte

- **Erweitern Sie die Topologie** mit einem zweiten Switch (Hierarchisches Design)
- **Implementieren Sie ACLs** (Access Control Lists) für erweiterte Sicherheit
- **Konfigurieren Sie DHCP** anstelle statischer IP-Adressen
- **Fügen Sie einen zweiten Router hinzu** für WAN-Connectivity
- **Implementieren Sie Routing-Protokolle** (OSPF, EIGRP)

---

Viel Erfolg bei der Implementierung!