

Routingprotokolle

	Interior Gateway				Exterior Gateway
	Distance Vector		Link State		Path Vector
Classful	RIP	IGRP			EGP
Classless	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS	BGPv4
IPv6	RIPng	EIGRP for IPv6	OSPFv3	IS-IS for IPv6	BGPv4 for IPv6

	Distance Vector			Link-State
	RIP	RIPv2	EIGRP	OSPF
Metrik	Hopcount (1 - 15)		bandwidth delay (reliability) (load)	cost = $10^8 / \text{bandwidth in bps}$
classless VLSM / CIDR	-			
Administrative Distanz	120		(summary 5) internal 90 (external 170)	110
Authentication	-			
Algorithmus	Bellman-Ford		DUAL	Dijkstra
Tabellen	Routing Table		Neighbor Table Topology Table Routing Table	Adjacency Database Link-State Database Routing Table
Transport- protokoll	UDP Port 520		-(RTP ∈ EIGRP)	-
Pakete	Routing Table - ZiellIP - Hopcount	Routing Table - ZiellIP - SM - Next Hop - Hopcount	Hello ACK Update Query Reply	Hello DBD LSR LSU (mit LSAs) LSAck
Updates	alle 30s 255.255.255.255	alle 30s 224.0.0.9	bei Bedarf 224.0.0.10	bei Bedarf 224.0.0.5 (Hello) 224.0.0.6 (sonst)
anfällig für Routingloops	Ja => Split-Horizon, Holddown-Timer		Nein	Nein

Konfiguration eines Cisco-Routers

RIP

```
ROUTER(config)# router rip
ROUTER(config-router)# network 192.168.1.0
```

RIP aktivieren
am Router angeschlossene Netze angeben

RIPv2

```
ROUTER(config)# router rip
ROUTER(config-router)# version 2
ROUTER(config-router)# network 192.168.1.0
ROUTER(config-router)# no auto-summary
```

RIP aktivieren
umschalten auf RIP v2
am Router angeschlossene Netze angeben
tatsächliche Subnetmasken übertragen

EIGRP

```
ROUTER(config)# router eigrp 100
ROUTER(config-router)# network 192.168.1.0
ROUTER(config-router)# network 192.168.2.0 0.0.0.255
ROUTER(config-router)# no auto-summary
ROUTER(config-if)# bandwidth 56
```

EIGRP für **autonomes System** 100 aktivieren
am Router angeschlossene Netze angeben
(optional mit **Wildcardmask**)
tatsächliche Subnetmasken übertragen
Bandbreite in kbps

OSPF

```
ROUTER(config)# router ospf 1
ROUTER(config-router)# network 10.64.0.0 0.0.0.255 area 0
ROUTER(config-if)# bandwidth 56
```

OSPF aktivieren (1=**process-ID**)
(**Wildcardmask** statt Subnetmask!)
Bandbreite in kbps

11.3.2 Dynamisches Routing

Für komplexere Netze sowie bei Netzen, die häufigen Änderungen unterworfen sind, ist es sinnvoll, die Routen berechnen zu lassen, anstatt sie vorzugeben. So kann auch besser auf gestörte Leitungsverbindungen reagiert werden. Um diese Aufgaben zu erfüllen, müssen zum einen die angeschlossenen Router ständig die aktuellen Verbindungen überprüfen und zum anderen die Router diese Informationen untereinander austauschen. Auf diese Weise ist der Weg eines Datenpaketes nicht genau vorherbestimmt und kann sich dynamisch verändern. Das hat zur Folge, dass beim Austausch von Datenpaketen unterschiedliche Hin- und Rückwege verwendet werden können.

Für die Berechnung der Routen und für den Austausch von Routinginformationen werden spezielle Algorithmen eingesetzt. Diese werden in den entsprechenden Routingprotokollen beschrieben. In die Berechnung können folgende Kriterien eingehen:

- Länge des Weges
- Kosten der Verbindung
- Bandbreite
- Auslastung
- Wegverzögerung.

Die Metrik ist eine Maßzahl für die Bewertung einer Netzwerkverbindung.

Die Bewertungen der Kriterien werden als Metriken bezeichnet.

Auch dynamisch routende Systeme arbeiten auf den Schichten 1 bis 3 des ISO/OSI-Referenzmodells. Der Austausch und die Verarbeitung von Informationen erfolgt jedoch auf höheren Schichten.

Die Ergebnisse der Berechnungen der Routen führen dann zu einer Anpassung der Routing-Tabellen. Auf der Basis der Metriken lassen sich zwei klassische Routing Verfahren ableiten.

Distance Vector Routing

Das Distance Vector Routing¹ basiert auf dem Distance Vector Algorithmus. Hier werden grundsätzlich alle Router des Netzes unabhängig von ihrer Position im Gesamtnetz als gleichwertig und gleichberechtigt betrachtet. Sie tauschen in kurzen Zeitabständen untereinander Informationen aus, die ihre aktuellen Pfade sowie die Kosten eines Kommunikationsweges betreffen. Diese Kosten basieren auf der Annahme, dass ein Zusammenhang besteht zwischen der relativen Entfernung zu einem Ziel und den Kosten. Die relative Entfernung wird angegeben in der An-

zahl der Zwischenstationen bzw. der Sprünge, die eine Nachricht über Zwischenstationen durchführen muss.

Die Anzahl der Sprünge werden als Hops² angegeben.

Damit es nicht zu möglichen Schleifenbildungen in einer komplexen Struktur kommt, ist von vornherein die Anzahl der zulässigen Hops auf 16 begrenzt. Das Protokoll ist relativ einfach zu implementieren, benötigt jedoch eine gewisse Netzkapazität für den Austausch der Informationen. Typische Vertreter wie das klassische RIP (Routing Information Protocol) und das firmenspezifische IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) der Firma CISCO basieren auf Implementierungen des Distance Vector Algorithmus.

¹ Distance Vector Routing: engl. Routing nach der Richtung und Entfernung der Stationen

² Hops: engl. Sprünge

Link State Routing

Das Link State Routing¹ basiert auf dem Link State Algorithmus. Auch beim Link State Routing werden zwischen den Routern Informationen ausgetauscht. Die Informationen enthalten Angaben darüber, ob angeschlossene Verbindungswege betriebsbereit sind und wie die bisher erkannte Struktur des Netzes aussieht. Dieser Informationsaustausch geschieht jedoch in erheblich längeren Zeitintervallen. Werden zwischen den Zeitintervallen von einem Router Änderungen z. B. bezüglich des Status benachbarter Router erkannt, so werden diese umgehend an alle Router gemeldet. Aus allen verfügbaren Informationen generiert jeder Router ein komplettes Netzabbild. Für die Berechnung des Netzabbildes müssen die Router über eine höhere lokale Rechenleistung verfügen. Dafür ist das Nachrichtenaufkommen im Netz geringer, was wiederum die Bandbreite des Netzes weniger stark belastet. Typische Vertreter sind das OSPF-Protokoll (Open Shortest Path First) und das Intermediate-System-to-Intermediate-System-Protokoll (IS-IS).

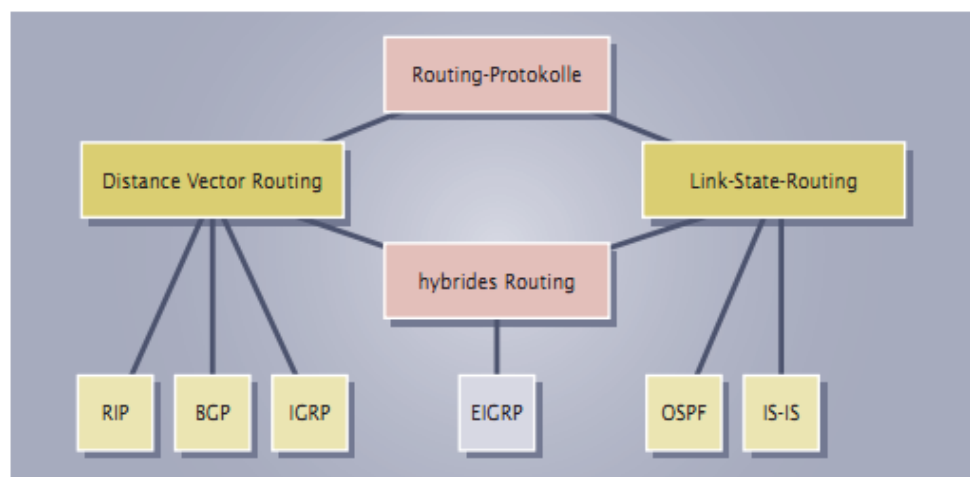
Diese Autonomen Systeme tauschen dann wiederum an ihren Verbindungsstellen Routinginformationen aus. Aus dieser Einteilung heraus werden Routingprotokolle nicht primär nach dem verwendeten Algorithmus eingeteilt, sondern nach ihrem Einsatz in Autonomen Systemen oder zwischen Autonomen Systemen.

- Routingprotokolle, die zu den Interior Gateway Protocols (IGP) gehören, werden in Autonomen Systemen verwendet.
- Routingprotokolle, die zu den Exterior Gateway Protocols (EGP) gehören, werden zur Kommunikation zwischen Autonomen Systemen verwendet.

Stehen Netze unter einer gemeinsamen Verwaltung mit einer einheitlichen Routingstrategie, bezeichnet man sie als Autonome Systeme (AS).

Router, die zwischen Autonomen Systemen routen, werden als Core-Router² bezeichnet.

Die folgende Grafik ordnet die gängigsten Routingprotokolle ein:



11.3.2-1
Einordnung von
Routingprotokollen

Beispielhaft sollen im Folgenden drei typische Routing-Protokolle vorgestellt werden:

Routing Information Protocol

Das Routing Information Protocol (RIP³) ist eng mit der Entwicklung von UNIX und damit der Protokollfamilie TCP/IP verbunden. Es ist eines der ältesten dynamischen Routingprotokolle. Da eine Vielzahl von Internet-Servern auf der Basis von UNIX oder einem Derivat arbeiten, ist RIP auch heute noch weit verbreitet. RIP gehört zu

¹ **Link State Routing:**
engl. Routing nach dem
Status der Verbindung

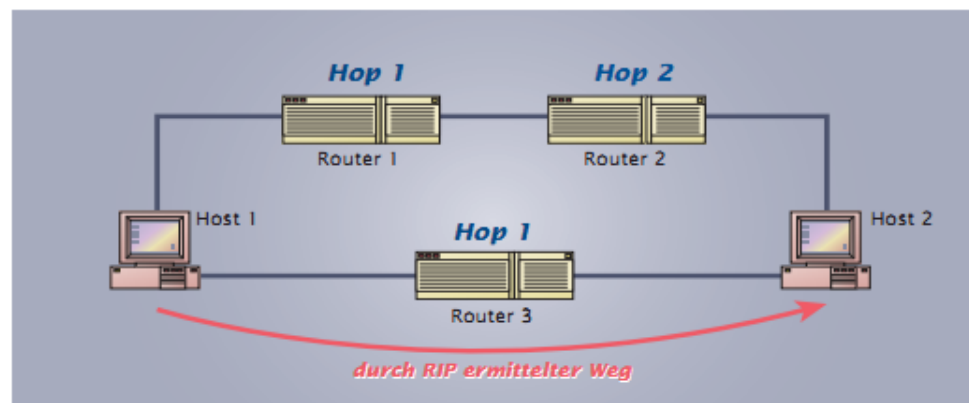
² **Core:** engl. Kern

³ **RIP:** Routing Information
Protocol, engl.
Routing Informations
Protokoll

den Distance Vector Protokollen. Bei der Nutzung von RIP werden die Routerinformationen regelmäßig alle 30 Sekunden mit Hilfe eines so genannten RIP-Broadcast allen erreichbaren Routern mitgeteilt. Die übermittelten Informationen betreffen diejenigen Netzwerke,

- auf die der sendende Router zugreifen kann
- und welches der jeweils kürzeste Weg für ein Datenpaket ist.

Die Nachrichten werden über den UDP-Port 520 und das UDP-Protokoll versandt. RIP-Datagramme haben eine Paketgröße von 520 Bytes. Sind die Informationen umfangreicher, so wird die Nachricht in einzelne aufeinander folgende UDP-Datagramme zerlegt. Wird innerhalb von 180 Sekunden keine Information von einem Router empfangen, so wird der Eintrag über diese Gegenstelle als nicht mehr erreichbar betrachtet. Darin liegt eine der Schwachstellen des Protokolls. Ein nicht erreichbarer Router wird frühestens nach 180 Sekunden erkannt. Innerhalb dieser Zeit wird dieser Weg jedoch weiterhin genutzt, was zu einem erhöhten Kommunikationsaufkommen führt. In den Informationen wird auch angegeben, welche Ziele der sendende Router erreichen kann und wie viele Hops die Nachricht zum Ziel benötigt. Die Auswahl der Route basiert im Wesentlichen auf den Informationen über die Anzahl der Hops zum Zielhost. Da diese Anzahl durch das UDP-Protokoll auf 16 Hops begrenzt ist, werden Ziele, die weiter entfernt sind, nicht erreicht. Gängige eingesetzte Version ist RIP2, die auf RIP1 aufbaut.

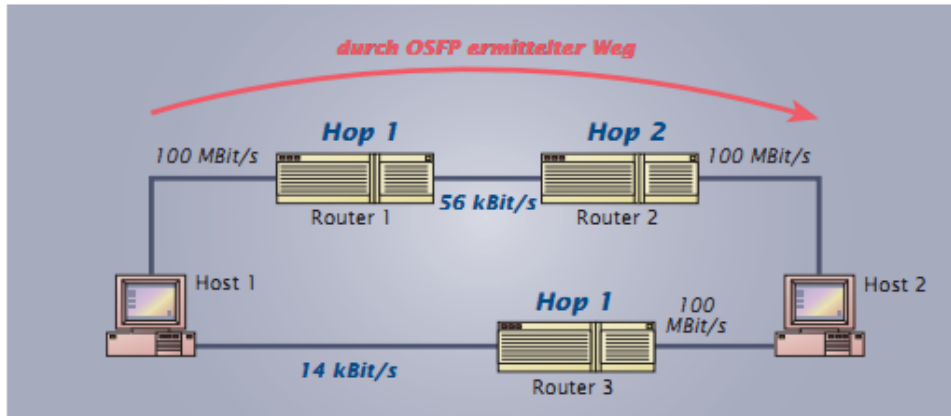


11.3.2-2
Funktionsweise
von RIP

OSPF-Protokoll

Das OSPF-Protokoll (Open Shortest Path First¹) basiert auf dem Link-State-Algorithmus. Router, die nach diesem Verfahren arbeiten, senden an ihre Nachbarn Angebote aus, die den Namen und eine Kenngröße für die Verbindungskosten enthalten. Diese Angebote werden als Link-State-Advertise (LSA) bezeichnet. Jedes LSA wird wiederum vom empfangenden Router an alle benachbarten Router weitergeleitet. So erhält jeder Router eine Übersicht über die Struktur des Netzes und über die einzelnen Verbindungskosten. Auf dieser Basis kann er dann die optimale Verbindung für die Übertragung einer Nachricht berechnen. OSPF ist deshalb besonders für den Einsatz innerhalb von Autonomen Systemen geeignet, da immer die Topologieinformationen vorhanden sind. OSPF-organisierte Netze sind in Bereiche (Areas) aufgeteilt. Alle Router einer Area haben die gleichen Topologieinformationen gespeichert. Über spezielle Router (Area Border Router) werden die einzelnen Areas miteinander in einer Art Backbone verbunden. Besteht ein OSPF-Netz nur aus einer Area, ist diese zugleich auch als Backbone zu betrachten. Der Verbund von Areas ist ein Autonomes System, das mit anderen Autonomen Systemen über „AS Boundary Router“ unter Verwendung eines Exterior Gateway Protocols eine Verbindung organisiert.

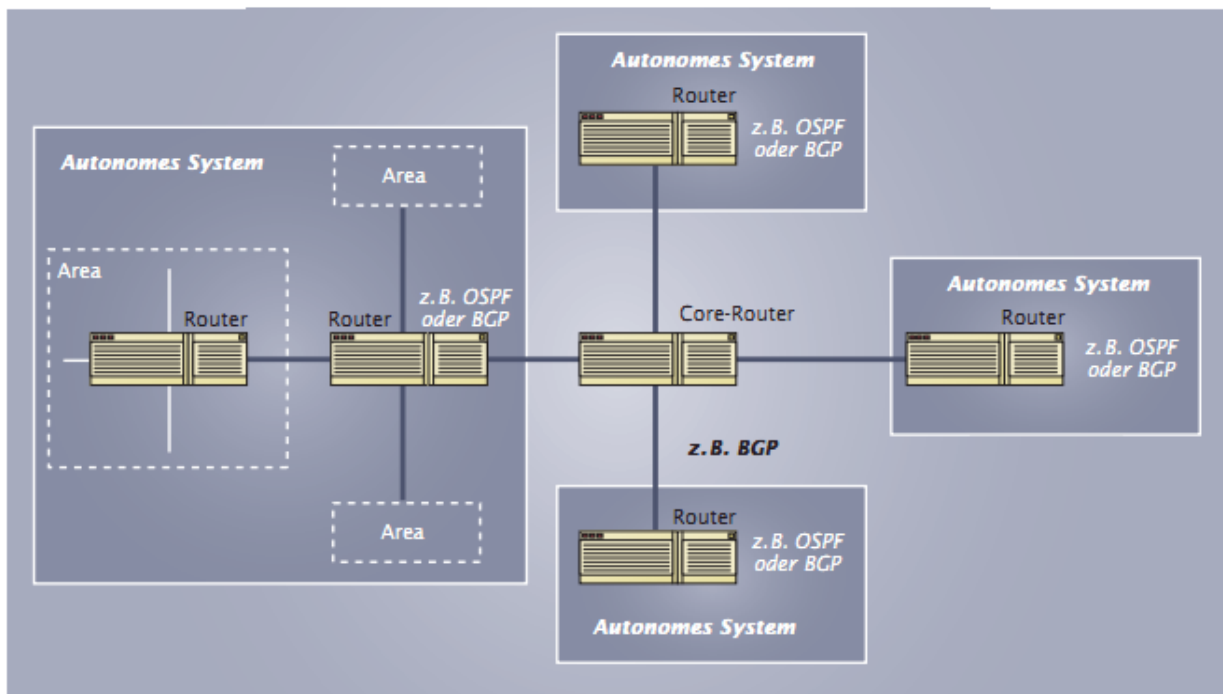
¹ OSPF: Open Shortest Path First, engl. „öffne den kürzesten Pfad zuerst“



11.3.2-3
Funktionsweise
von OSPF

Border Gateway Protocol

Das Border Gateway Protocol (BGP) gehört zu den Exterior Gateway Protokollen. Es beschreibt, wie Router untereinander die Verfügbarkeit von Verbindungswegen zwischen zwei Netzen austauschen. Somit stellt es die Verbindung zwischen Autonomen Systemen her. BGP kann mit OSPF zusammenarbeiten. Dazu werden periodisch die benachbarten Router kontaktiert und es wird überprüft, ob sie noch vorhanden sind. Die übermittelten Entfernungen beziehen sich dabei stets auf das sendende System. Bei einem ersten Kontakt werden jeweils die kompletten Routing-Tabellen übertragen. Die folgenden Kommunikationen zwischen den Routern werden lediglich für die Aktualisierung der Tabellen genutzt. Für diese Update-Nachrichten wird TCP verwendet, was eine sichere Übertragung dieser Informationen garantiert. Der unberechtigte Zugriff auf einen Router wird durch eine Authentisierung vermieden. BGP-Router speichern alle möglichen Wege zu angeschlossenen Netzen in ihren Routingtabellen. Für die Übertragung von Update-Nachrichten werden jedoch nur die besten Wege genutzt.



11.3.2-4 Dynamisches Routen zwischen Autonomen Systemen