








Rechnernetze

Grundlagen konkreter Umsetzungen anhand Simulationsprogramm Filius



Bauteile in Filius

 Rechner	Beide Computerarten sind bezüglich ihrer Funktionalität identisch, allerdings bietet es sich an, eine logische Unterscheidung vorzunehmen:
 Notebook	Rechner = Computer mit Server-Funktion
	Notebook = Computer mit Client-Funktion
 Switch	Switch = Knotenpunkt zur Verbindung mehrerer Rechner eines Netzwerkes untereinander – "merkt" sich nach der ersten Netzwerkanfrage die an ihm angeschlossenen Computer und leitet Netzwerksignale entsprechend weiter
 Vermittlungsrechner	Vermittlungsrechner = „Router-Ersatz“ – Vermittlung von IP-Paketen über Netzwerkgrenzen hinweg mit Hilfe (manuell) eingerichteter Weiterleitungstabelle (ohne Verwendung richtiger Routing-Protokolle oder klassischer Routing-Algorithmen zum Aufbau der Weiterleitungstabellen)
 Modem	Bauteil zur Vernetzung mehrerer Filius-Programme über ein real existierendes Netzwerk

Standardkonfiguration eines Rechners:



Name	Neues Notebook
MAC-Adresse	74:7D:0D:E8:83:4A
IP-Adresse	192.168.0.10
Netzmaske	255.255.255.0
Gateway	
Domain Name Server	

Verbindung zweier Rechner + Befehlszeile



```
root /> ipconfig
IP Adresse . . . : 192.168.0.10
Netzmaske. . . . : 255.255.255.0
Physische Adresse: 59:0A:FE:3F:D7:7E
Standardgateway. :
DNS-Server . . . :
```



```
root /> ping 192.168.0.11
PING 192.168.0.11 (192.168.0.11)
From 192.168.0.11 (192.168.0.11): icmp_seq=1 ttl=64 time=208ms
From 192.168.0.11 (192.168.0.11): icmp_seq=2 ttl=64 time=104ms
From 192.168.0.11 (192.168.0.11): icmp_seq=3 ttl=64 time=103ms
From 192.168.0.11 (192.168.0.11): icmp_seq=4 ttl=64 time=104ms
--- 192.168.0.11 Paketstatistik ---
4 Paket(e) gesendet, 4 Paket(e) empfangen, 0% Paketverlust
```

Datenaustausch zu obigem ping-Befehl (nur Netzzugangs- und Vermittlungsschicht aktiv!)

Rechner 0.10 - 192.168.0.10						
Nr.	Zeit	Quelle	Ziel	Protokoll	Schicht	Bemerkungen
1	09:28:59.435	192.168.0.10	192.168.0.11	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.0.11, 192.168.0.10: FA:D8:44:35:A1:07
2	09:28:59.593	192.168.0.11	192.168.0.10	ARP	Vermittlung	192.168.0.11: A6:41:0D:B4:98:C5
3	09:28:59.594	192.168.0.10	192.168.0.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
4	09:28:59.695	192.168.0.11	192.168.0.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
5	09:29:00.631	192.168.0.10	192.168.0.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2
6	09:29:00.732	192.168.0.11	192.168.0.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2
7	09:29:01.831	192.168.0.10	192.168.0.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 3
8	09:29:01.933	192.168.0.11	192.168.0.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 3
9	09:29:03.032	192.168.0.10	192.168.0.11	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 4
10	09:29:03.133	192.168.0.11	192.168.0.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-Nr.: 4

Nr.: 1 / Zeit: 09:28:59.435

Netzzugang

Quelle: FA:D8:44:35:A1:07

Ziel: FF:FF:FF:FF:FF:FF

Bemerkungen: 0x806

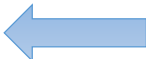
Vermittlung

Quelle: 192.168.0.10

Ziel: 192.168.0.11

Protokoll: ARP

Bemerkungen: Suche nach MAC für 192.168.0.11, 192.168.0.10: FA:D8:44:35:A1:07

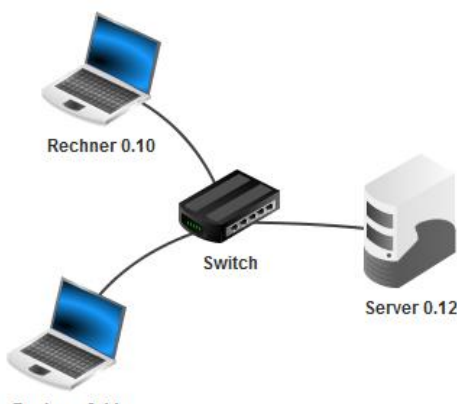


Infos zur ausgewählten und darunterliegenden Schichten!

Infos zur ausgewählten und darunterliegenden Schichten!

Verbindung mehrerer Rechner über einen Switch + SAT-Tabelle + Echo-Client-Server

Der Switch merkt sich im Aktionsmodus alle an ihm angeschlossenen Rechner-Adressen (vgl. SAT-Tabelle unten), so dass er nach der ersten Netzwerkaktivität stets die Datenpakete an die richtige Adresse weiterleiten kann.



Rechner 0.10 - 192.168.0.10

Einfacher Client

Server-Adresse: 192.168.0.12
Server-Port: 55555
Trennen
Nachricht:
Senden
Verbindung hergestellt
<<Hallo
>>Hallo

Netzwerk Status

IP-Adresse: 192.168.0.10
Netzmaske: 255.255.255.0
Gateway:
DNS-Server:
MAC-Adresse: 90:9B:1E:BF:A3:15

Server 0.12 - 192.168.0.12

Echo-Server

Anhalten Port: 55555
Annahme von Verbindungsanfragen gestartet
Verbindung zu 192.168.0.10:3899 hergestellt
>>Hallo
<<Hallo

Netzwerk Status

IP-Adresse: 192.168.0.12
Netzmaske: 255.255.255.0
Gateway:
DNS-Server:
MAC-Adresse: 94:2A:F6:53:C6:2F

SAT Tabelle Switch

MAC	Port
94:2A:F6:53:C6:2F	Port 2
90:9B:1E:BF:A3:15	Port 0

Datenaustausch zur Echo-Kommunikation

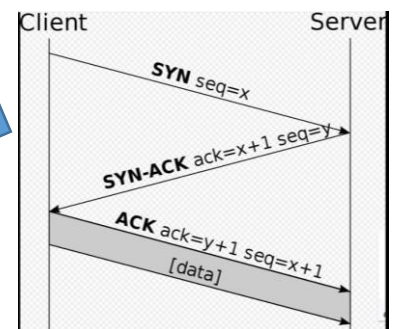
Rechner 0.10 - 192.168.0.10		Server 0.12 - 192.168.0.12					
Nr.	Zeit	Quelle	Ziel	Protokoll	Schicht	Bemerkungen	
1	09:44:25.884	192.168.0.10	192.168.0.12	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.0.12, 192.168.0.10: 90:9B:1E:BF:A3:15	
2	09:44:26.088	192.168.0.12	192.168.0.10	ARP	Vermittlung	192.168.0.12: 94:2A:F6:53:C6:2F	
3	09:44:26.089	192.168.0.10:3899	192.168.0.12:55555	TCP	Transport	SYN, SEQ: 2281048895	
4	09:44:26.293	192.168.0.12:55555	192.168.0.10:3899	TCP	Transport	SYN, ACK:2281048896, SEQ: 2867100449	
5	09:44:26.295	192.168.0.10:3899	192.168.0.12:55555	TCP	Transport	ACK: 2867100450	
6	09:44:31.074	192.168.0.10:3899	192.168.0.12:55555		Anwendung	Hallo	
7	09:44:31.278	192.168.0.12:55555	192.168.0.10:3899	TCP	Transport	ACK: 2281048897	
8	09:44:31.330	192.168.0.12:55555	192.168.0.10:3899		Anwendung	Hallo	
9	09:44:31.331	192.168.0.10:3899	192.168.0.12:55555	TCP	Transport	ACK: 2867100451	

Nr.: 6 / Zeit: 09:44:31.074

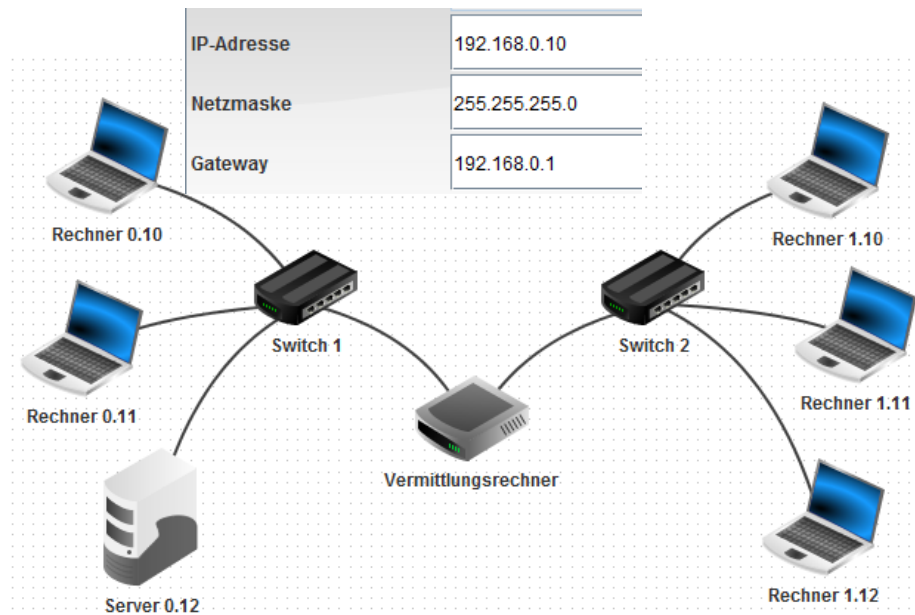
Netzzugang	
Quelle:	90:9B:1E:BF:A3:15
Ziel:	94:2A:F6:53:C6:2F
Bemerkungen:	0x800
Vermittlung	
Quelle:	192.168.0.10
Ziel:	192.168.0.12
Protokoll:	IP
Bemerkungen:	Protokoll:6, TTL: 64

Transport	
Quelle:	3899
Ziel:	55555
Protokoll:	TCP
Bemerkungen:	SEQ: 2281048896
Anwendung	
Bemerkungen:	Hallo

3-Wege-Handschlag (TCP)



Verbindung mehrerer (logisch getrennter) Netzwerke über einen „Router“



Name	Vermittlungsrechner
Gateway	
Automatisches Routing	<input type="checkbox"/>
Allgemein	
<input type="button" value="Firewall einrichten"/> <input type="button" value="Verbindungen verwalten"/>	
192.168.0.1	192.168.1.1 Weiterleitungstabelle
Verbunden mit Switch 1	
IP-Adresse	192.168.0.1
Netzmaske	255.255.255.0
MAC-Adresse	CB:CA:63:8E:6D:EC

Allgemein

 192.168.0.1

 192.168.1.1

Weiterleitungstabelle

☒ Alle Einträge anzeigen

Neuer Eintrag

Eintrag Löschen

Als Fenster öffnen

Ziel	Netzmaske	Nächstes Gateway	Über Schnittstelle
192.168.1.1	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
192.168.0.1	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.1	192.168.1.1
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.1	192.168.0.1
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1

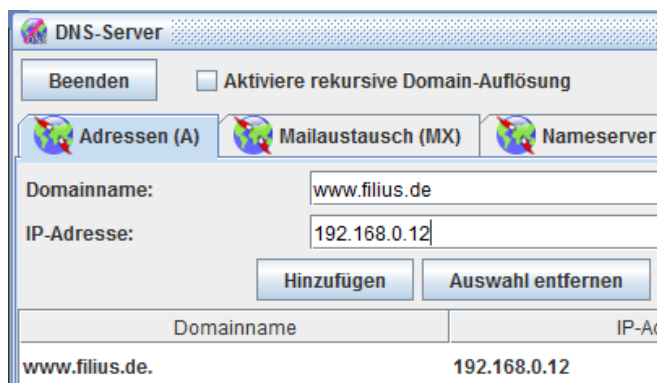
Im obigen Beispiel haben die Netzwerkkarten die IPs 192.168.0.1 bzw. 192.168.1.1. Die Konfiguration der Rechner muss allerdings ebenfalls angepasst werden – wie oben beispielhaft erkennbar, ist unter „Gateway“ die Adresse der entsprechenden Netzwerkkarte des Vermittlungsrechners einzutragen. Die Weiterleitungstabelle des Vermittlungsrechners gibt an, wie eingehende Pakete weitergeleitet werden.

Datenaustausch zu einer ping-Abfrage über den Vermittlungsrechner

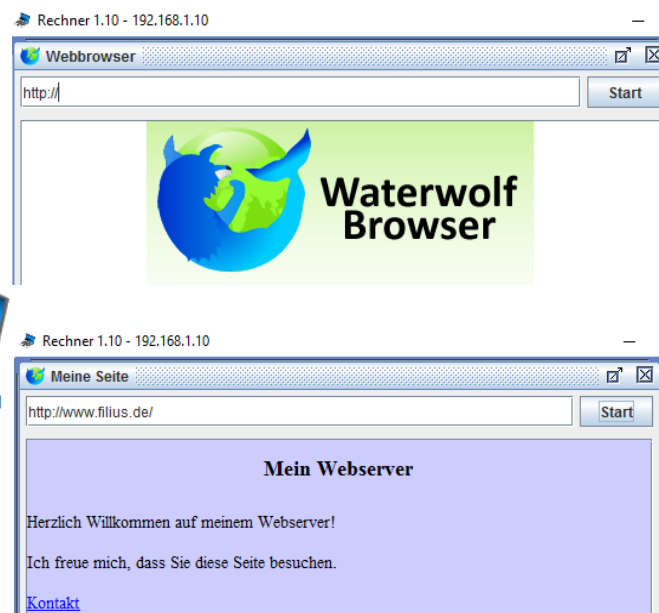
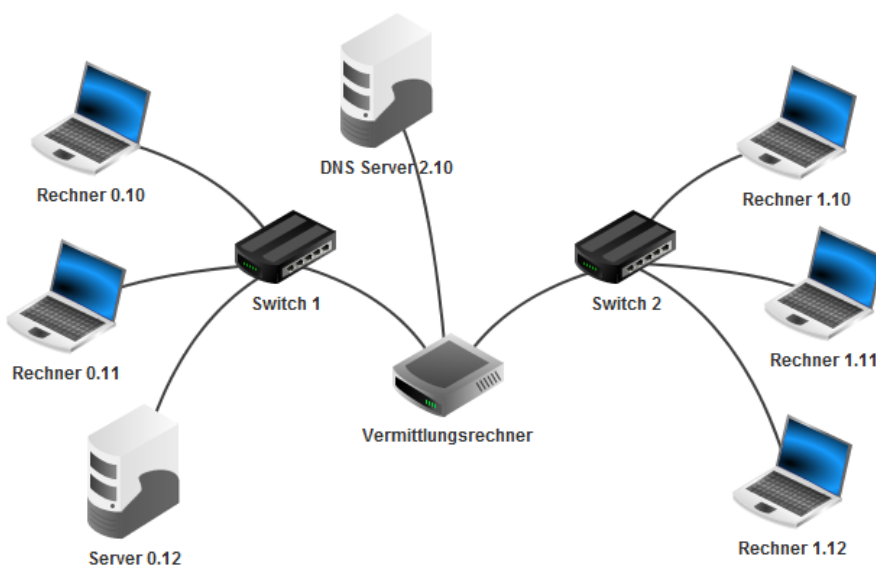
Rechner 0.10 - 192.168.0.10		Vermittlungsrechner - 192.168.0.1		Vermittlungsrechner - 192.168.1.1		
Nr.	Zeit	Quelle	Ziel	Protokoll	Schicht	Bemerkungen
1	10:20:07.020	192.168.0.10	192.168.0.1	ARP	Vermittlung	Suche nach MAC für 192.168.0.1, 192.168.0.10: 0F:C8:91:CD:58:D5
2	10:20:07.228	192.168.0.1	192.168.0.10	ARP	Vermittlung	192.168.0.1: CB:CA:63:8E:6D:EC
3	10:20:07.229	192.168.0.10	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 1
4	10:20:07.837	192.168.1.10	192.168.0.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 63, Seq.-Nr.: 1
5	10:20:08.215	192.168.0.10	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 2
6	10:20:08.632	192.168.1.10	192.168.0.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 63, Seq.-Nr.: 2
7	10:20:09.419	192.168.0.10	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 3
8	10:20:09.824	192.168.1.10	192.168.0.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 63, Seq.-Nr.: 3
9	10:20:10.623	192.168.0.10	192.168.1.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-Nr.: 4
10	10:20:11.030	192.168.1.10	192.168.0.10	ICMP	Vermittlung	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 63, Seq.-Nr.: 4

Beispiel Web-Client-Server + DNS-Server

Der Vermittlungsrechner bekommt nun eine dritte Schnittstelle, an die ein Rechner mit DNS-Server-Funktion angeschlossen werden soll, der bzgl. einer Webserver-Anfrage die Namensauflösung bereitstellen soll. Dafür muss die IP des DNS-Servers beim Webclient eingetragen werden. Der DNS-Server hingegen muss den Namen der Webseite sowie die zugehörige IP des Webserver abspeichern.



Name	Rechner 1.10
MAC-Adresse	61:41:F6:B3:C6:D4
IP-Adresse	192.168.1.10
Netzmaske	255.255.255.0
Gateway	192.168.1.1
Domain Name Server	192.168.2.10



Rechner 1.10 - 192.168.1.10						
Nr.	Zeit	Quelle	Ziel	Protokoll	Schicht	Bemerkungen
2	20:10:31.970	192.168.1.1	192.168.1.10	ARP	Vermittlung	192.168.1.1: 5B:EF:3D:1E:4D:41
3	20:10:31.970	192.168.1.10:1771	192.168.2.10:53	Anwendung		ID=5891 QR=0 RCODE=0 QDCOUNT=1 ANCOUNT=0 NSCOUNT=0 ARCOUNT=0 www.filius....
4	20:10:32.399	192.168.2.10:53	192.168.1.10:1771	Anwendung		ID=5891 QR=1 RCODE=0 QDCOUNT=0 ANCOUNT=1 NSCOUNT=0 ARCOUNT=0 www.filius....
5	20:10:32.403	192.168.1.10:12745	192.168.0.12:80	TCP	Transport	SYN, SEQ: 664447091
6	20:10:32.973	192.168.1.10:22664	192.168.2.10:53	Anwendung		ID=11617 QR=0 RCODE=0 QDCOUNT=1 ANCOUNT=0 NSCOUNT=0 ARCOUNT=0 www.filius...
7	20:10:33.015	192.168.0.12:80	192.168.1.10:12745	TCP	Transport	SYN, ACK:664447092, SEQ: 1994785968
8	20:10:33.284	192.168.2.10:53	192.168.1.10:22664	Anwendung		ID=11617 QR=1 RCODE=0 QDCOUNT=0 ANCOUNT=1 NSCOUNT=0 ARCOUNT=0 www.filius...
9	20:10:33.286	192.168.1.10:39327	192.168.0.12:80	TCP	Transport	SYN, SEQ: 1696800519
10	20:11:07.067	192.168.1.10:17356	192.168.2.10:53	Anwendung		ID=11040 QR=0 RCODE=0 QDCOUNT=1 ANCOUNT=0 NSCOUNT=0 ARCOUNT=0 www.filius...
11	20:11:07.380	192.168.2.10:53	192.168.1.10:17356	Anwendung		ID=11040 QR=1 RCODE=0 QDCOUNT=0 ANCOUNT=1 NSCOUNT=0 ARCOUNT=0 www.filius...
12	20:11:07.381	192.168.1.10:33476	192.168.0.12:80	TCP	Transport	SYN, SEQ: 1688148300
13	20:11:07.787	192.168.0.12:80	192.168.1.10:33476	TCP	Transport	SYN, ACK:1688148301, SEQ: 1216143151
14	20:11:07.788	192.168.1.10:33476	192.168.0.12:80	TCP	Transport	ACK: 1216143152
15	20:11:07.840	192.168.1.10:33476	192.168.0.12:80	Anwendung		GET / HTTP/1.1 Host: www.filius.de
16	20:11:08.251	192.168.0.12:80	192.168.1.10:33476	TCP	Transport	ACK: 1688148302
17	20:11:08.305	192.168.0.12:80	192.168.1.10:33476	Anwendung		HTTP/1.1 200 OK Content-type: text/html <html> <head> <title>Meine...
18	20:11:08.306	192.168.1.10:33476	192.168.0.12:80	TCP	Transport	ACK: 1216143153
19	20:11:08.372	192.168.1.10:33476	192.168.0.12:80	TCP	Transport	FIN

Nr.: 11 / Zeit: 20:11:07.380

```

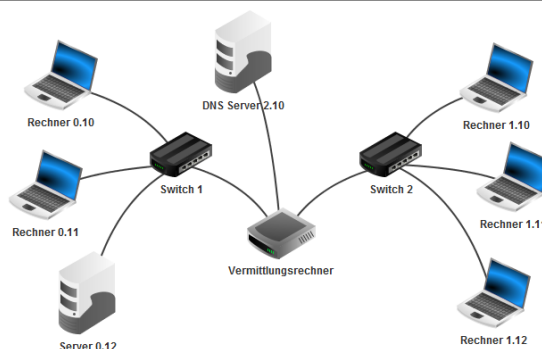
Metzzugang
  Quelle: 5B:EF:3D:1E:4D:41
  Ziel: 61:41:F6:B3:C6:D4
  Bemerkungen: 0x800
Vermittlung
  Quelle: 192.168.2.10
  Ziel: 192.168.1.10
  Protokoll: IP
  Bemerkungen: Protokoll:17, TTL: 63
Transport
  Quelle: 53
  Ziel: 17356
  Protokoll: UDP
Anwendung
  Bemerkungen:
    ID=11040 QR=1 RCODE=0 QDCOUNT=0 ANCOUNT=1 NSCOUNT=0 ARCOUNT=0
    www.filius.de. A 3600 192.168.0.12

```

**Datenaustausch zu
oben dargestellter
Webserver-Anfrage**

exemplarisch ein paar Erklärungen zum DNS-Header:

ID = Marker zur Wiedererkennung
QR = 0 (Anfrage) oder 1 (Antwort)
RCODE = Fehlercodierungen (0 = kein Fehler)
QDCOUNT = Anzahl an Anfragen



Beispiel E-Mail

Hierzu muss auf einem E-Mail-Server ein Konto eingerichtet werden. Ein E-Mail-Client ruft die Mails über ein entsprechendes Konto vom Server ab. Der DNS-Server muss zusätzlich die Mail-Domain dem entsprechenden Mail-Server zugeordnet haben.

DNS Server 2.10 - 192.168.2.10

DNS-Server

Beenden ☐ Aktiviere rekursive Domain-Auflösung

Adressen (A) Mailaustausch (MX) Nameserver (NS)

Maildomain:

Domainname Mailserver:

Hinzufügen Auswahl entfernen

Maildomain	Domainname Mailserver
filius.de.	www.filius.de.

Server 0.12 - 192.168.0.12

E-Mail-Server

Anhalten Maildomain: fili.us.de

E-Mail Adresse	Anzahl Mails
bob@filius.de	0

Neues Konto
Konten-Liste
Log Fenster

Rechner 0.10 - 192.168.0.10

E-Mail-Programm

E-Mail-Konto verwalten

Name: bob

E-Mail-Adresse: bob@filius.de

POP3-Server: www.filius.de

POP3-Port: 110

SMTP-Server: www.filius.de

SMTP-Port: 25

Benutzername: bob

Passwort: ...

Speichern Abbrechen

Abrufen und Senden von Mails – POP3- bzw. SMTP-Protokoll

Server 0.12 - 192.168.0.12

E-Mail-Server

Anhalten Maildomain: filius.de

Neues Konto
Konten-Liste
Log Fenster

```

192.168.0.10> +OK POP3 server ready
192.168.0.10< USER bob
192.168.0.10> +OK enter password
192.168.0.10< PASS bob
192.168.0.10> +OK Mailbox locked and ready
192.168.0.10< STAT
192.168.0.10> +OK 0 0
192.168.0.10< QUIT
192.168.0.10> +OK
    
```

Server 0.12 - 192.168.0.12

E-Mail-Server

Anhalten Maildomain: filius.de

Neues Konto
Konten-Liste
Log Fenster

```

192.168.0.10> 220 Willkommen bei filius.de
192.168.0.10< HELO 192.168.0.10
192.168.0.10> 250 Hello 192.168.0.10
192.168.0.10< MAIL FROM: <bob@filius.de>
192.168.0.10> 250 Sender OK
192.168.0.10< RCPT TO: <bob@filius.de>
192.168.0.10> 250 Recipient OK
192.168.0.10< DATA
192.168.0.10> 354 End data with <CR><LF>. <CR><LF>
192.168.0.10< From: bob <bob@filius.de>
To: <bob@filius.de>
Subject: Test

Schau her

192.168.0.10> 250 Mail queued for delivery
E-Mail für bob im Postfach gespeichert.
192.168.0.10< QUIT
192.168.0.10> 221 Server beendet Verbindung.
    
```

Wichtigste POP3-Kommandos mit Erklärung

Kommando	Erläuterung
STAT	liefert den Status der Mailbox, u.a. die Anzahl aller E-Mails im Postfach und deren Gesamtgröße (in Byte).
LIST (n)	liefert die Anzahl und die Größe der (n-ten) E-Mail(s).
RETR n	holt die n-te E-Mail vom E-Mail-Server.
DELE n	löscht die n-te E-Mail am E-Mail-Server. Wirkt allerdings erst bei Abmeldung.
NOOP	keine Funktion, der Server antwortet mit +OK.
RSET	setzt alle DELE-Kommandos zurück.
QUIT	beendet die aktuelle POP3-Sitzung und führt alle DELE-Kommandos durch.

Beispiel DHCP-Server

In großen Netzwerken ist es günstig, die IP-Adress-Vergabe der Computer in diesem Netzwerk automatisch durchzuführen; ein DHCP-Server übernimmt diese Aufgabe (sobald die Clients erreichbar sind).

Name	Rechner 1
MAC-Adresse	0A:4D:92:B8:EC:CD
IP-Adresse	10.0.0.1
Netzmaske	255.255.255.0

vorher

nachher

Rechner 1 - 10.0.0.101

Netzwerk Status

IP-Adresse: 10.0.0.101

So Netzmaske: 255.255.255.0

Gateway: 0.0.0.0

DNS-Server: 0.0.0.0

MAC-Adresse: 0A:4D:92:B8:EC:CD

DHCP-Server einrichten

Grundeinstellungen Statische Adresszuweisung

Adress-Untergrenze 10.0.0.100

Adress-Obergrenze 10.0.0.200

Netzmaske 255.255.255.0

Gateway 0.0.0.0

DNS-Server 0.0.0.0

☐ Manuelle Einstellungen

☒ DHCP aktivieren

OK

