# Hinweise zur Umsetzung

Der jahrgangsübergreifende Hauptfachkurs Informatik 11/12 setzt Elemente des Problemlösens in der Programmiersprache Java voraus. Zum Angleichen der Voraussetzungen der Mitschüler der Jahrgangsstufe 11 an Ihre, müssen diese einige Grundlagen aufarbeiten. Sie setzen sich in der Zwischenzeit vertieft mit Rechnernetzen auseinander.

Als Ergebnis gestalten Sie ein Portfolio mit folgenden Elementen:

* vom Lehrer erhaltene Aufgaben
* von Ihnen entwickelte Lösungen (handschriftliche Beschreibungen und Beobachtungen, …)
* handschriftliches Glossar über die zu recherchierenden Fachbegriffe
* (Zusatz) Vorbereitungen und Protokolle des Praktikums

Das Portfolio wird bewertet.

# Einleitung

Mit Hilfe des Netzwerksimulators Netemul konnten wir die Arbeitsweise von 🡭 Endgeräten (Client, Server) und 🡭 Koppelelementen (Hub, Switch, Router) sowie die Grundprinzipien einiger 🡭 Protokolle (ARP, UDP, TCP) in Rechnernetzen auf einfache Weise kennenlernen. Damit sind die Grundlagen für komplexe 🡭 Dienste, wie Web-, E-Mail- und DNS-Server-Systeme gelegt, die mit dem Programm **Filius 1.5.1** untersucht werden können.

Aufgabenbeschreibung

Unsere Simulation beschreibt zunächst ein kleines Privat-LAN im Netz 192.168.1.0/24 mit zwei Notebooks und einem Server und ein miniaturisiertes Schul-LAN mit einem Verwaltungsnotebook und den Servern für E-Mail, Web und DNS im Netz 10.1.1.0/24 der Enigma-Schule. Beide Netze sind über einen Router miteinander verbunden.

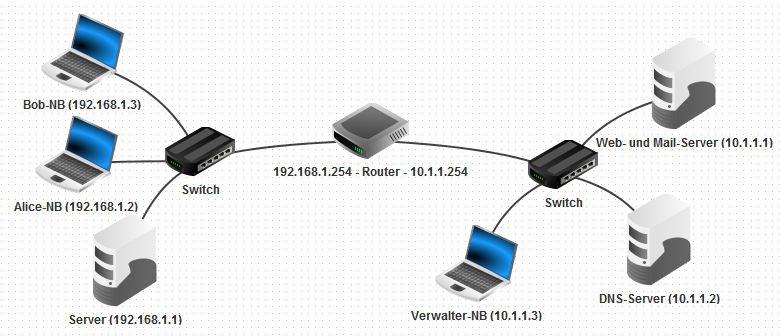
Diese Grundkonfiguration soll schrittweise so erweitert werden, dass sie einer realen Netzstruktur immer näher kommt. Leider unterstützt Filius nicht das sog. NAT-Verfahren (Network Address Translation), das automatisiert Adressinformationen in Datenpaketen durch andere ersetzen, um z. B. Netze mit 🡭 privaten IP-Adressen mit dem öffentlichen Netz zu verbinden.

Voraussetzungen

Für das Durchlaufen des Kurses werden folgende Begriffe und Verfahren vorausgesetzt:

* 🡭 Grundprinzip des DoD- oder OSI-Schichtenmodells
* 🡭 Prinzip der Paketvermittlung
* 🡭 IPv4-Adressierung (IP-Adressen incl. Darstellung, Subnetzmaske, private Adressen)
* 🡭 Client-Server-Prinzip
* Grundlegende Arbeitsweise der Netzkoppelelemente 🡭 Hub, 🡭 Switch, 🡭 Router
* 🡭 Allgemeine Aufgaben der Protokolle beim Netzverbund
* Grundlegende Prinzipien der Protokolle 🡭 ARP, 🡭 UDP und 🡭 TCP

# Netzwerkaufbau mit Filius



Aufbau des Netzes

Bauen Sie das Netz im Entwurfsmodus  auf.

Konfigurieren Sie für den Router (Vermittlungsrechner):

* drei Schnittstellen
* automatisches Routing
* keine 🡭 Gateway

Richten Sie die Netzkonfiguration aller Endgeräte entsprechend der Abbildung ein. Achten Sie auf den korrekten Gateway-Eintrag (Router-IP-Adresse des Teilnetzes).

Test auf Funktionsfähigkeit des Netzes

1. Wechseln Sie in den Aktionsmodus . Verkleinern Sie das Fenster so, dass geradeso alle Netzgeräte sichtbar sind. Wir benötigen den Platz auf unserem Desktop für diverse weitere Fenster!
2. *Begründen Sie die Aktivität im Netz, sichtbar durch das Aufleuchten der Kabel.*

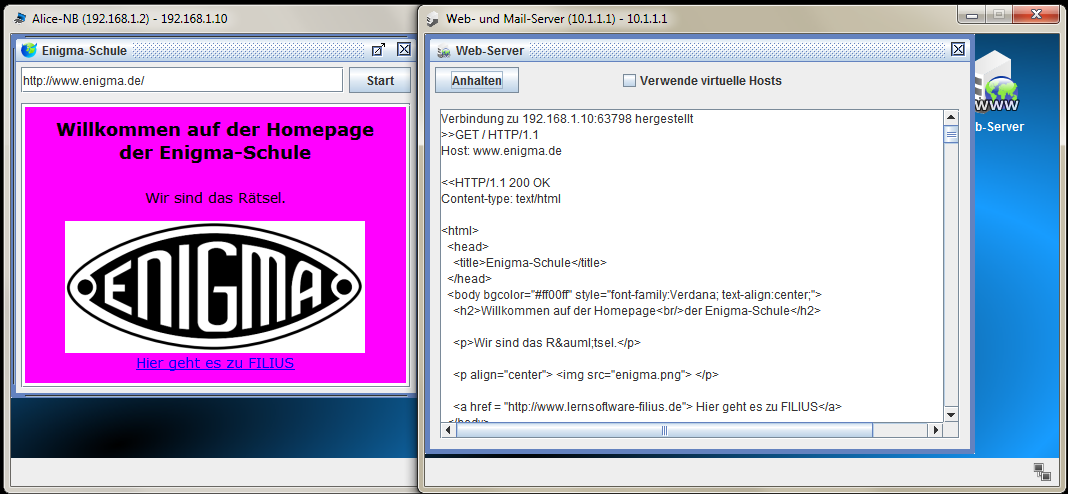
Jedes Endgerät besitzt einen Desktop und kann darauf Programme installieren.

1. Öffnen Sie das Alice-NB. Installieren Sie auf dem Desktop das Terminal zur Simulation einer einfachen Eingabe-Konsole.
2. Wechseln Sie auf das Terminal. Das System zeigt Ihnen alle Konsolenbefehle an. Pingen Sie das Bob-NB mit dem Befehl **ping 192.168.1.3** an. Prüfen Sie, ob der 🡭 Ping erfolgreich war. Sollte der Ping nicht erfolgreich gewesen sein, so wechseln Sie in den Entwurfsmodus zurück und prüfen Sie die Konfiguration der beiden Clients.
3. Verwenden Sie den Befehl **ping <IP-Adresse>**, um die 🡭 Konnektivität im Privat-LAN zu überprüfen.
4. Pingen Sie alle Rechner im anderen Netz an. Prüfen Sie, ob die Pings erfolgreich waren. Wechseln Sie bei Fehlern in den Entwurfsmodus. Prüfen Sie dann die IP-Konfiguration der Endgeräte im Schul-LAN, die Gateway-Einträge und die Router-Konfiguration.
5. Installieren Sie das Terminal auf dem Verwalter-NB. Prüfen Sie das Netz mit Hilfe von Ping-Befehlen.
6. *Beschreiben Sie aufgetretene Probleme und deren Lösung.*
7. *Was haben Sie bis hierher gelernt/erfahren? Welche Probleme gab es im Lernprozess?*

# Web-Server

ist Auf dem Rechner mit der IP-Adresse 10.1.1.1 des Schul-LANs ist ein öffentlicher 🡭 Web-Server für die Homepage geplant. Der Web-Dienst nutzt das 🡭 Client-Server-Prinzip, d. h. auf dem Server läuft eine Software, die die Web-Seiten anbietet und auf dem Client wird ein Programm zur Abfrage und Anzeige der Web-Seite benötigt.

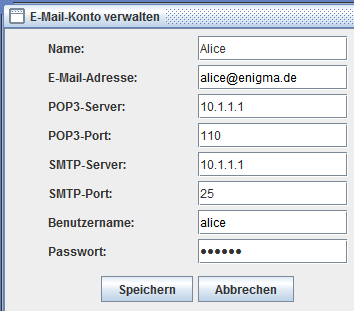
1. Installieren Sie auf dem **Alice-NB** einen 🡭 **Web-Browser**.
2. Starten Sie den Browser und geben Sie die IP-Adresse des Web-Servers 10.1.1.1 als Ziel ein. *Begründen Sie die Antwort des Systems.*
3. Installieren Sie auf dem Rechner mit der IP-Adresse 10.1.1.1 die Software **Web-Server** und aktivieren Sie diese. Lassen Sie das Fenster geöffnet.
4. Rufen Sie vom Alice-NB erneut die Adresse des Webservers auf.   
   *Beschreiben Sie das Ergebnis.*
5. Betrachten Sie das Statusfenster auf dem Web-Server.   
   *Beschreiben Sie den Ablauf der Kommunikation (🡭 Protokollablauf beim* ***H****yper****T****ext* ***T****ransfer* ***P****rotocol).*
6. **(Zusatz)** Die angezeigte Web-Seite (index.html) ist sehr bescheiden und soll nun geändert werden. Nutzen Sie dazu auf dem Server die Software **Text-Editor** und ggf. den **Datei-Explorer** zum Hochladen von Bildern. Verwenden Sie die Sprache HTML (🡭 **H**yper**T**ext **M**arkup **L**anguage) zur Gestaltung der Seite.
7. Prüfen Sie, ob die Web-Seite auch von anderen Clients aus erreichbar ist. Aktivieren/Deaktivieren Sie dazu auch den Serverdienst.
8. *Beschreiben Sie den erreichten Status des Netzes. Beschreiben Sie mit eigenen Worten kurz die durchgeführten Schritte.*
9. Schalten Sie für Alice-NB die Option „Datenaustausch anzeigen“ ein. Rufen Sie vom Alice-NB erneut die Adresse des Webservers auf. *Beschreiben Sie mit Hilfe der Ausgabe im Datenaustausch und eines Schichtenmodells den Weg einer Anfrage an den Webserver.*



# E-Mail-Server

Zur Simulation der E-Mail-Dienste sind erneut Server- und Client-Software einzurichten. Für die E-Mail-Kommunikation werden Protokolle eingesetzt: **SMTP** zum Senden (🡭 **S**imple **M**ail **T**ransfer **P**rotocol) und **POP3** zum Empfangen (🡭 **P**ost **O**ffice **P**rotocol Version **3**).

Mailserver- und Mailclienteinrichtung

1. Installieren Sie auf den Rechner 10.1.1.1 den **Mail-Server** und konfigurieren Sie ihn wie folgt:
   1. Maildomain: **enigma.de**
   2. Neues Konto: **alice** und Passwort **geheim**
   3. Neues Konto: **bob** und Passwort **12345**
   4. Neues Konto: **verwalter** und Passwort **qwertz**
2. Starten Sie den E-Mail-Server (und damit den SMTP- und den POP3-Server).
3. Richten Sie auf dem Alice-NB das E-Mail-Programm ein. Tragen Sie unter **Konto einrichten** die Daten wie nebenstehend ein.
4. Richten Sie auf dem Bob-NB das E-Mail-Programm mit den zugehörigen Daten ein.

Untersuchung des E-Mail-Verkehrs

*Erfassen Sie den Ablauf der Kommunikation und die übertragenen Daten. Nutzen Sie dazu ein 🡭 Zeit-Sequenz- oder ein Zustands-Diagramm. Prüfen Sie, ob jeweils ein Kennwort verlangt wurde.*

1. Senden Sie vom Alice-NB eine Nachricht an bob@enigma.de. Analysieren Sie das Protokoll auf dem E-Mail-Server(🡭 **SMTP**).
2. Rufen Sie vom Bob-NB Mails ab. Analysieren Sie das Protokoll auf dem E-Mail-Server (🡭 **POP3**).

Sicherheit des E-Mails-Verkehrs

1. Öffnen Sie auf dem E-Mail-Server mit Hilfe eines **Text-Editors** den Inhalt der Datei **konten.txt** im Ordner **mailserver**. *Beschreiben Sie den Inhalt.*
2. Antworten Sie vom Bob-NB auf die E-Mail, rufen Sie diese aber noch nicht mit dem Alice-NB ab.

8a. Wechseln Sie in den Bearbeitungs- und wieder in den Aktionsmodus, um den Bug in Filius 1.5.1 zu umgehen.

1. Öffnen Sie erneut auf dem E-Mail-Server mit Hilfe eines **Text-Editors** den Inhalt der Datei **konten.txt** im Ordner **mailserver**. *Beschreiben Sie den Inhalt.*
2. Richten Sie auf dem Verwalter-NB ein E-Mail-Programm mit gefälschtem Konto zum E-Mail-Versand ein. Nutzen Sie die E-Mail-Adresse kanzler@regierung.de und den SMTP-Server 10.1.1.1 an Port 25. Lassen Sie die anderen Felder frei. Senden Sie damit eine E-Mail an alice@enigma.de. Prüfen Sie auf dem E-Mail-Server die Annahme der E-Mail.
3. Rufen Sie vom Alice-NB alle Mails ab und lesen Sie diese.

*Leiten Sie Schlussfolgerungen für die Sicherheit des E-Mail-Verkehrs und der Daten auf dem Server des Providers ab. Begründen Sie die Notwendigkeit der Datenverschlüsselung. Beschreiben Sie eine Möglichkeit, den Verursacher der gefälschten E-Mail zu ermitteln.*

1. Richten Sie das E-Mail-Konto auf dem Verwalter-NB korrekt ein und prüfen Sie die Funktionalität.
2. *Welche Dienste bietet der Server mit der IP-Adresse 10.1.1.1 bislang an?*
3. *Beschreiben Sie kurz den Status des Netzes.*

# DNS-Server

Zurzeit müssen für Sender- und Empfängerangaben für eine Kommunikation durch die Dienste Ping, Web, E-Mail stets die IP-Adresse angegeben werden. Da wir uns aber Zahlen schlecht merken und sich diese auch ändern können, werden IP-Adressen durch Domänen-Namen angegeben, statt z. B139.30.8.153 also uni-rostock.de. Die „Übersetzung“ übernehmen hierarchisch strukturierte DNS-Server (🡭 **D**omain **N**ame **S**ystem).

Einrichtung des DNS-Servers

1. Installieren Sie auf dem Rechner mit der IP-Adresse 10.1.1.2 einen DNS-Server und starten Sie diesen.
2. Legen Sie einen Adressen-A-Eintrag für die Zuordnung zum DNS-Server an:  
   **Domainname: dns.enigma.de, IP-Adresse: 10.1.1.2**   
   *Interpretieren Sie diese Zeile der Tabelle.*

Prüfung des DNS-Servers

1. Prüfen Sie, ob der DNS-Server korrekt arbeitet. Geben Sie auf dem Verwalter-NB im Terminal die folgenden Befehle ein:
   1. **host dns.enigma.de**
   2. **ping 10.1.1.2**
   3. **ping dns.enigma.de**
   4. 🡭 **ipconfig**
2. Lassen Sie sich auf dem Verwalter-NB die Netzkonfiguration anzeigen (Symbol ).
3. *Beschreiben Sie die Ergebnisse. Interpretieren Sie diese.*

Korrektur der Einrichtung und Erweiterung

1. Wechseln Sie in den **Entwurfsmodus**.
2. Tragen Sie auf **allen Rechnern** in der Netzkonfiguration unter Domain Name Server die IP-Adresse des DNS-Servers 10.1.1.2 nach (auch auf dem DNS-Server selbst).
3. Wechseln Sie zurück in den Aktionsmodus.
4. Prüfen Sie erneut die Erreichbarkeit des Servers dns.enigma.de auf dem Verwalter-NB wie in Aufgabe 3.

*Begründen Sie, dass mit der aktuellen Einstellung auf dem DNS-Server der Web-Server unter dem Namen www.enigma.de nicht erreichbar ist.*

Erweiterungen

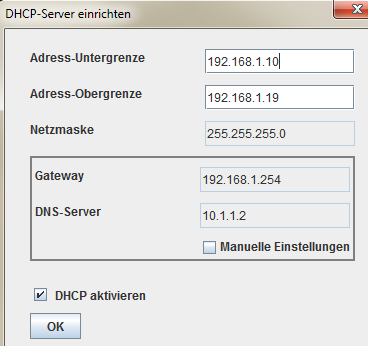
1. Legen Sie einen neuen DNS-Eintrag für den Web-Server 10.1.1.1 fest. Die Domain soll www.enigma.de lauten. Testen Sie anschließend, ob Sie von einem beliebigen Web-Client den Web-Server über http://www.enigma.de erreichen können.
2. *Beobachten Sie den Datenfluss (Aufleuchten der Kabel). Beschreiben Sie die Reihenfolge. Nutzen Sie die Ausgabe im Datenaustausch und ein Schichtenmodell. Verlangsamen Sie ggf. zeitweise die Simulation.*
3. Legen Sie für den E-Mail-Server 10.1.1.1 die Zuordnungen zu pop3.enigma.de und zu smtp.enigma.de fest. Tauschen Sie **in allen E-Mail-Konten** auf den Notebooks den Eintragung 10.1.1.1 gegen pop3.enigma.de bzw. smtp.enigma.de. Testen Sie anschließend den E-Mail-Verkehr.
4. *Beschreiben Sie den erreichten Status des Netzes.*

# Automatische Netzkonfiguration mit DHCP

In Netzen mit vielen Clients ist die Einrichtung der Netzwerkkonfiguration der Rechner schon aus zeitlichen und technischen Gründen kaum möglich. Es gibt jedoch die Möglichkeit der automatischen Konfiguration eines Netzes mit Hilfe eines DHCP-Servers (🡭 **D**ynamic **H**ost **C**onfiguration **P**rotocol). Dieses soll nun exemplarisch für die Notebooks im privaten LAN angewandt werden.

Hinweis

Der DHCP-Dienst läuft in Filius nicht immer stabil. Insbesondere nach einem Wechsel in den Entwurfsmodus und zurück in den Aktionsmodus wird die Konfiguration unvollständig umgesetzt. Prüfen Sie daher stets die Einstellungen der Clients im Aktionsmodus über das Symbol . Bei Problemen hilft oft nur ein Neustart von Filius.

Einrichtung des DHCP-Servers

1. Wechseln Sie in den **Entwurfsmodus**.
2. Prüfen Sie auf dem Server 192.168.1.1 die Netzkonfiguration, da diese die Grundlage der DHCP-Einstellung ist.
3. Wählen Sie in der Konfiguration den Eintrag **DHCP-Server einrichten**.
4. Legen Sie die beiden Adressgrenzen mit 192.168.1.10 und 192.168.1.19 fest.
5. Prüfen Sie den Gateway 192.168.1.254 und den DNS 10.1.1.2 und setzen Sie diese ggf. manuell.
6. Aktivieren Sie DHCP.
7. Aktivieren Sie nun für Alice NB und Bob-NB den Eintrag **DHCP zur Konfiguration** verwenden.

Test und Analyse des DHCP-Servers

1. Wechseln Sie in den **Aktionsmodus** und beobachten Sie die Startaktivitäten.
2. Ermitteln Sie die automatisch zugewiesenen Adressen der beiden Notebooks (Symbol ).
3. Prüfen Sie, ob die bisherige Netzfunktionalität erhalten geblieben ist.
4. Lassen Sie sich den Datenaustausch vom Alice-NB anzeigen. *Beschreiben Sie die Initialisierungsphase mittels DHCP.*
5. Prüfen Sie, ob die IP-Adresszuordnung beim Wechsel in den Aktionsmodus stets gleich ist.
6. *Beschreiben Sie die Parameter, die DHCP auf den Clients einrichtet.*

# Simulation des E-Mail-Verkehrs

In der Regel sind am E-Mail-Verkehr verschiedene Provider und damit verschiedene Server beteiligt. Schreibt man eine E-Mail vom Uni-Account, so landet diese im Uni-Server und wird dann zum Empfänger-Server zugestellt. Dieses Szenario soll nun entwickelt werden. Dazu benötigen wir einen weiteren E-Mail-Server, außerdem erhält Alice ein neues E-Mail-Konto, da Filius nur ein Konto pro Mailclient verwalten kann.

Einrichtung des zweiten E-Mail-Servers und -kontos

1. Installieren Sie auf dem Server im privaten LAN einen neuen Mail-Server mit den Daten:
   1. **Maildomain: privat.de**
   2. **Neues Konto**: **alice2** und Passwort **geheim**
2. Starten Sie den E-Mail-Server.
3. Ändern Sie auf dem Alice-NB das E-Mail-Konto wie nebenstehend ab. *Beschreiben Sie die Änderungen.*
4. Löschen Sie auf dem Mail-Server 10.1.1.1 den Nutzer Alice.

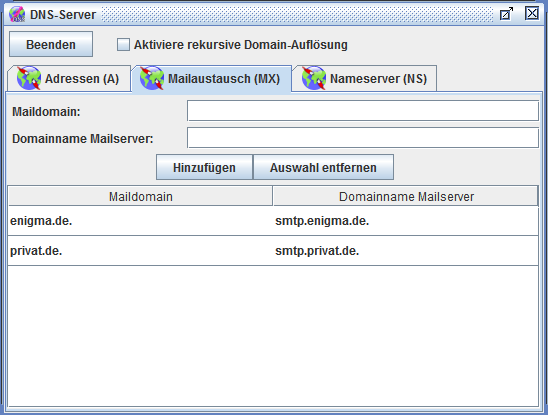
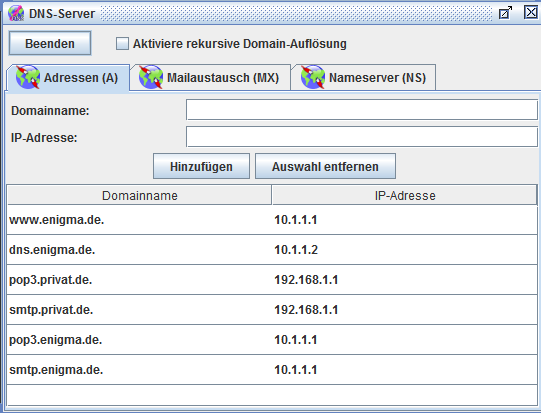
Anpassen des DNS-Servers

Wir haben damit zwei Mail-Domains: privates LAN mit privat.de, Schul-LAN mit enigma.de

1. Rufen Sie E-Mails vom Alice-NB ab. *Begründen Sie die Fehlermeldung.*
2. Korrigieren Sie auf dem DNS-Server die Zuordnungen smtp.privat.de und pop3.privat.de zum neuen E-Mail-Server 192.168.1.1.
3. Rufen Sie erneut E-Mails vom Alice-NB ab. *Begründen Sie das Fehlen der Fehlermeldung.*
4. Senden Sie nun vom Alice-NB eine E-Mail an alice2@privat.de und eine an bob@enigma.de. *Beschreiben Sie die Orte, an denen die Mails lagern. Nutzen Sie das Server-Log.*
5. Rufen Sie die E-Mails auf dem Alice-NB und auf dem Bob-NB ab. Prüfen Sie, ob alle gesendeten E-Mails auch angekommen sind.
6. Offensichtlich funktioniert die Kommunikation zwischen dem Mailserver privat.de und dem Mailserver enigma.de nicht.

Tragen Sie im DNS auf der Registerkarte **Mailaustausch (MX)** die beiden Mail-Server ein, also enigma.de – smtp.enigma.de und privat.de – smtp.privat.de. Diese Einträge sorgen dafür, dass E-Mails mit der Domain enigma.de auch an den korrekten SMTP-Server smtp.enigma.de weitergegeben werden.

1. Testen Sie nun erneut das Senden und Empfangen von E-Mails zwischen Alice, Bob und dem Verwalter. *Beobachten Sie den Sendungsverlauf. Beschreiben Sie diesen.*
2. *Beschreiben Sie den erreichten Status des Netzes.*
3. *Was haben Sie bis hierher gelernt/erfahren? Welche Probleme gab es im Lernprozess?*



# (Zusatz) Aufbau einer DNS-Server-Struktur

Die bisherige DNS-Einstellung ist bei genauer Betrachtung sehr unrealistisch, da der Administrator in der Schule alle Informationen aus dem privaten Netz kennen und auf dem DNS eintragen müsste. In der Realität sind verschiedene DNS-Server vorhanden. Oberste Instanz sind **🡭 DNS-Root-Server**, die Informationen über alle **🡭 Top-Level-Domain**-DNS-Server haben. Geben wir also eine Adresse www.wer.tw an, wird der Rootserver nach einem DNS für tw-Adressen gefragt. Hat er einen solchen gefunden, fragt er diesen weiter nach wer.tw usw., bis der vollständige Name aufgelöst wurde. Zur Vereinfachung fangen wir nicht mit einem echten Root-Server an. Stattdessen soll ein DE-DNS-Server am Router eingerichtet werden, der die untergeordneten DE-Server dns.enigma.de und dns.privat.de kennt.

Einrichten der Hardwarekonfiguration der DNS-Server

1. Wechseln Sie in den Entwurfsmodus. Installieren Sie einen neuen Rechner und schließen Sie ihn an die dritte Schnittstelle des Routers an. Der Anschluss des DE-DNS-Servers am Router soll mit der IP-Adresse 1.1.1.254 festgelegt werden.
2. Einrichtung des DE-DNS-Servers:
   1. Anschluss des neuen Servers an die eben eingerichtete Router-Schnittstelle
   2. Konfiguration: IP-Adresse 1.1.1.1/24, Gateway 1.1.1.254, DNS 1.1.1.1
3. Einrichtung eines DNS-Servers im privaten LAN:
   1. Server 192.168.1.1: Domain Name Server 192.168.1.1.
   2. Kontrolle DHCP-Server einrichten: DNS 192.168.1.1.

*Erläutern Sie die Einstellungen unter Punkt 2 und 3. Begründen Sie, dass auf den beiden Notebooks keine Änderung der Einstellung notwendig ist.*

Einrichtung der DNS-Tabellen

Konfigurieren Sie nun die drei DNS-Server im Aktionsmodus wie folgt:

1. DE-DNS-Server 1.1.1.1:
   1. Installation und Aktivierung DNS-Sever
   2. Adressen (A): dns.de – 1.1.1.1, dns.enigma.de – 10.1.1.2, dns.privat.de – 192.168.1.1
   3. Nameserver (NS): enigma.de – dns.enigma.de, privat.de – dns.privat.de
2. DNS-Server im Schul-LAN:
   1. Löschen alle Eintragungen (A und MX) zum privaten Netz (Zeilen mit privat.de).
   2. Registerkarte Nameserver (NS): Angabe von DNS-Servern, an die Anfragen weitergeleitet werden. Eintrag: Domain **de** und Nameserver dns.**de**
   3. Registerkarte Adressen (A): Domain dns.**de** – Adresse 1.1.1.1
3. DNS-Server 192.168.1.1 im privaten LAN:
   1. Installation und Aktivierung DNS-Sever
   2. Adressen (A):   
      pop3.privat.de, smtp.privat.de, dns.privat.de, dns.privat.de auf 192.168.1.1, dns.de auf 1.1.1.1
   3. Mailaustausch (MX): privat.de – smtp.privat.de ein.
   4. Nameserver (NS): Domain **de** und Nameserver **dns.de**

*Begründen Sie die Eintragungen auf den DNS-Servern.*

Test des Netzes

1. Testen Sie das komplette Netz mit ping, 🡭 traceroot, WWW und E-Mail-Austausch. Beobachten Sie die Reihenfolge der Abfragen.

# Internetverbund

Root-DNS, Schul-LAN und Privat-LAN sind über einen einzigen Router direkt miteinander verbunden. In der Realität wird aber in einem solchen LAN ein Router mit DSL-Modem die Anbindung ans Internet über einen Provider vornehmen. Jedes Teilnetz (auch das des Root-Servers) bekommt also einen Router, dessen dem LAN abgewandten Ports ins Internet zeigt.

Planung

Ändern Sie die vorhandene Struktur so ab, dass jedes Teilnetz über einen Router verfügt, die in der Wolke Internet miteinander verbunden sind.

1. *Erläutern Sie die Netztopologie*.
2. *Planen Sie eine IP-Konfiguration für den Routerverbund mit dem Internet. Begründen Sie Ihre Konfiguration.*

Umsetzung

1. Bauen Sie im vorhandenen System die neue Struktur ein. Die Wolke erhalten Sie durch Einfügen eines Switch und Wahl der Wolkendarstellung.
2. Aktivieren Sie auf allen Routern das automatische Routen.
3. Testen Sie den Netzverkehr durch Nutzung verschiedener Dienste und Tools.

Analyse der Routertabellen

1. …

# Netzwerksicherheit durch eine Firewall

Firewall auf Rechner, Firewall in Router.

# Ausblick (Gnutella, Firewall, Modem)

Damit haben wir ein fast realistisches kleines Netz erhalten. Filius kann aber noch weitere Dienste simulieren. So sind die Visualisierung von P2P-Netzwerken (Gnutella, Tauschbörsen) oder die Simulation über verschiedene Rechner hinweg (jeder Schüler verwaltet ein Teilnetz) möglich.