

Technische Dokumentation

Umsetzung eines IPv6-Netzwerksegmentes mit Internetanbindung für die FastForward GmbH

Jahresprojekt der FS22 HHBK, 20. April 2016

Geplant und umgesetzt von:
Kilian Engelhardt
Mirko Großmann
Tom Vogler

Contents

Anmerkungen	1
Informationen	2
Verwendete Hardware	2
DNS	2
SixXS	2
Adresskonzept	2
Netzwerkplan	3
Router: Konfiguration	4
Switch: Konfiguration	6
Hypervisor	7
Installation	7
Konfiguration	7
libvirt	7
Netzwerk	8
Linux-Server	9
Installation	9
Konfiguration	9
Netzwerk	10
Domain Controller	11
Installation	11
Konfiguration	11
Tests	12
Erreichbarkeit intern	12
Allgemeine Erreichbarkeit	12
Erreichbarkeit Webserver	13
Erreichbarkeit Mailserver	13
Erreichbarkeit extern	14
Allgemeine Erreichbarkeit	14
Erreichbarkeit Webserver	14
Erreichbarkeit Mailserver	15
Firewall	15
Test Domain-Controller	15

Anmerkungen

Alle im Projekt verwendeten Passwörter wurden aus Datenschutzgründen in der Dokumentation durch die Zeichenfolge „password123“ ersetzt. Alle Kommandoaufrufe wurden zur Vereinfachung als Benutzer root in einer Bash-Shell ausgeführt.¹ Folgt einer Zeile mit einem Kommandoaufruf das Zeichen \ (Backslash), so gehört die nächste Zeile ebenfalls zum Kommandoaufruf.²

Darstellung von Kommandozeilenaufrufen:

```
> Kommandozeilenaufufe werden in einem weißen Kasten in Monospace mit einem \  
  vorangestellten > (Größer-als-Zeichen) dargestellt .
```

Darstellung von Konfigurationen:

```
1 Konfigurationen werden ähnlich wie Kommandozeileaufrufe in einem weißen Kasten  
2 dargestellt , jedoch mit nummerierten Zeilen .
```

¹Um Verwechslungen in der Dokumentation durch ständiges Wechseln zwischen einem Normalbenutzer und dem Superuser, sowie die Verwendung von sudo-Aufrufen und unnötige Komplikationen mit Zugriffsrechten zu vermeiden.

²Auszug aus man bash: „A non-quoted backslash (\) is the escape character. It preserves the literal value of the next character that follows, with the exception of <newline>. If a <newline> pair appears, and the backslash is not itself quoted, the <newline> is treated as a line continuation (that is, it is removed from the input stream and effectively ignored).“

Informationen

Verwendete Hardware

- Router: Cisco 2801
- Switch: Cisco C2960
- no-name Server:
 - CPU AMD Phenom X2 II 965 4x 3,4Ghz
 - RAM 4x Kingston DDR3-1333Mhz 4GB
 - SSD OCZ-VERTEX3 60GB
 - HDD Hitachi HDS72105 500GB
 - LAN 4x Gigabit-Ethernet
 - Linux-Server
 - vCPUs 1
 - RAM 4GB
 - HDD 100GB
 - Domain Controller
 - vCPUs 3
 - RAM 8GB
 - HDD 300GB

DNS

Folgende DNS-Einstellungen wurden vorgenommen, um den Linux-Server aus dem Internet über die Domain fastforward.hhbk.de erreichbar zu machen.

fastforward.hhbk.de.	A	212.72.180.241
fastforward.hhbk.de.	AAAA	2001:4dd0:fc0b:a::4
fastforward.hhbk.de.	MX	fastforward.hhbk.de

SixXS

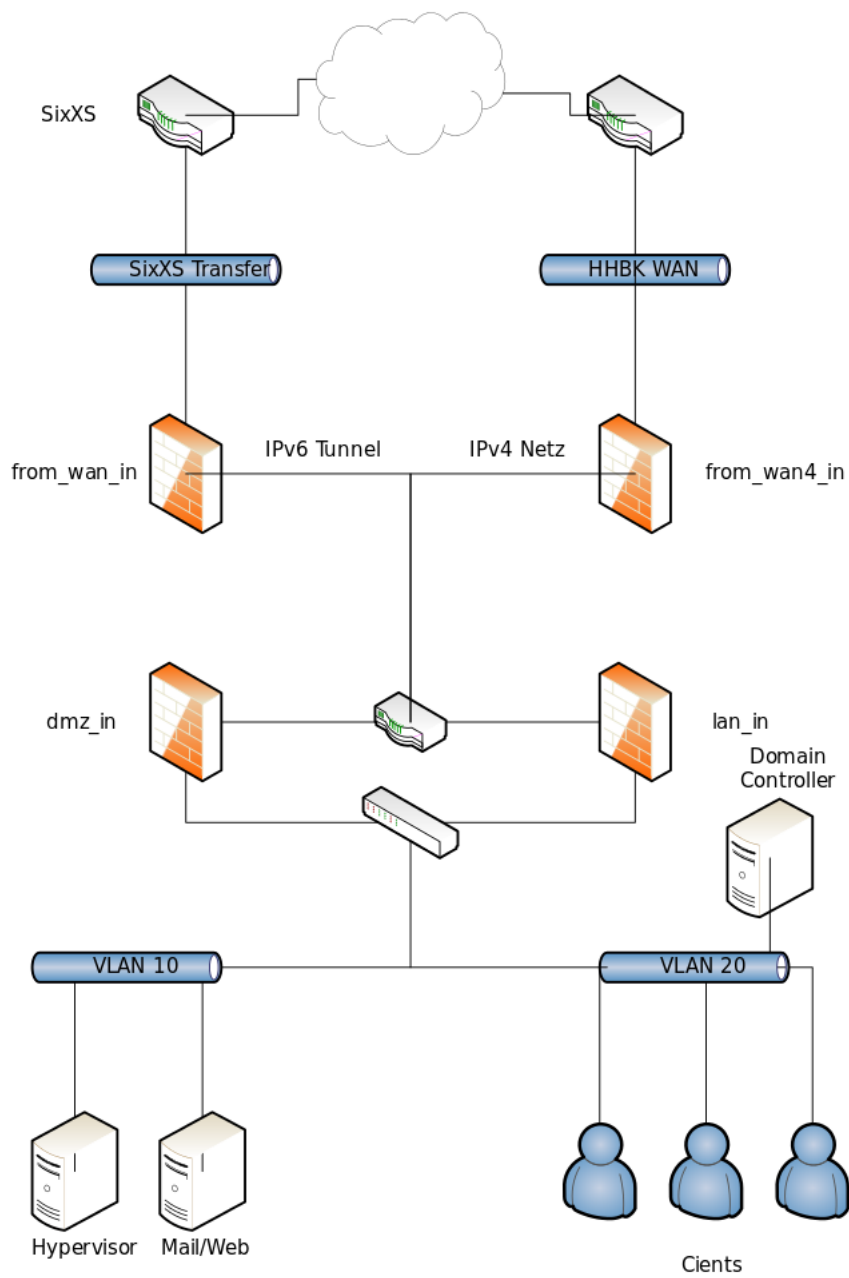
Folgende Daten wurden verwendet, um mit einem CISCO Router einen IPv6-via-IPv4-Tunnel mit SixXS aufzubauen.

Beschreibung	Daten
Router IP	212.72.180.241
SixXS PoP IPv4	78.35.24.124
IPv6 Prefix	/64
Lokaler Router IPv6	2001:4dd0:ff00:147f::2
SixXS Router IPv6	2001:4dd0:ff00:147f::1
TCP Adjust-MSS	1420
Tunnel Mode	ipv6ip

Adresskonzept

	LAN: VLAN 20	DMZ: VLAN 10
Router	2001:4dd0:fc0b:f4::1/128	2001:4dd0:fc0b:a::1/128
Switch	2001:4dd0:fc0b:f4::2/128	2001:4dd0:fc0b:a::2/128
Hypervisor	2001:4dd0:fc0b:f4::3/128	2001:4dd0:fc0b:a::3/128
Linux-Server		2001:4dd0:fc0b:a::4/128
Domain Controller	2001:4dd0:fc0b:f4::5/128	
Client01	2001:4dd0:fc0b:f4::a/128	
Client02	2001:4dd0:fc0b:f4::b/128	
Client03	2001:4dd0:fc0b:f4::c/128	

Netzwerkplan



Router: Konfiguration

Abweichend von der einleitenden Anmerkung wurden folgende Befehle unter Ciscos iOS verwendet, um die Konfiguration des Routers vorzunehmen.

```
#Basics
r1(config)#enable secret password123
r1(config)#enable password password123
r1(config)#ipv6 unicast-routing
r1(config)#ip name-server 8.8.8.8

#Vlan Deklaration
r1#vlan database
r1(vlan)#vlan 10
r1(vlan)#vlan 20
r1(vlan)#apply
r1(vlan)#exit

#Subinterface vlan 10
r1(config)#interface FastEthernet0/1.10
r1(config-subif)#description subinterface vlan 10
r1(config-subif)#encapsulation dot1Q 10
r1(config-subif)#ipv6 address 2001:4dd0:fc0b:a::1/64
r1(config-subif)#no shutdown
r1(config-subif)#exit

#Subinterface vlan 20
r1(config)#interface FastEthernet0/1.20
r1(config-subif)#description subinterface vlan 20
r1(config-subif)#encapsulation dot1Q 20 native
r1(config-subif)#ipv6 address 2001:4dd0:fc0b:f4::1/64
r1(config-subif)#no shutdown
r1(config-subif)#exit

#Interface ins Schulnetz
r1(config)#interface fastethernet 0/0
r1(config-if)#ip address 212.72.180.241 255.255.255.224
r1(config-if)#ip default-gateway 212.72.180.225
r1(config-if)#no shutdown
r1(config-if)#exit

#SSH
r1(config)#ip domain-name fastforward.hhbk.de
r1(config)#crypto key generate rsa general-keys modulus 1024
r1(config)#username admin privilege 15 secret password123
r1(config)#line vty 0 4
r1(config-line)#transport input telnet ssh
r1(config-line)#login local
r1(config-line)#end

#Routing
r1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 fastethernet 0/0
r1(config)#ipv6 route 2001:4dd0:fc0b:a::/64 FastEthernet0/1.10
r1(config)#ipv6 route 2001:4dd0:fc0b:f4::/64 FastEthernet0/1.20

#SixXS Tunnel
r1(config)#interface Tunnel61
r1(config-if)#description 6in4 tunnel to SixXS
r1(config-if)#no ip address
r1(config-if)#ip tcp adjust-mss 1420
r1(config-if)#ipv6 address 2001:4dd0:ff00:147f::2/64
r1(config-if)#ipv6 enable
r1(config-if)#tunnel source fastethernet 0/0
r1(config-if)#tunnel destination 78.35.24.124
r1(config-if)#tunnel mode ipv6ip
r1(config-if)#exit
r1(config)#ipv6 route ::/0 Tunnel61

#Tunnel Prüfen
r1(config)#do show ip interface tunnel61
r1(config)#do show ipv6 interface tunnel61
```

Konfiguration der Firewall:

```
#Firewalling

#WAN In

r1(config)#ipv6 access-list from_wan_in
r1(config-ipv6-acl)#permit icmp any any
r1(config-ipv6-acl)#permit tcp any any eq 22 reflect dmz-wan-reflexive timeout 300
r1(config-ipv6-acl)#permit tcp any any eq www reflect dmz-wan-reflexive timeout 5
r1(config-ipv6-acl)#permit tcp any any eq 443 reflect dmz-wan-reflexive timeout 5
r1(config-ipv6-acl)#permit tcp any any eq smtp reflect dmz-wan-reflexive timeout 5
r1(config-ipv6-acl)#evaluate wan-dmz-reflexive
r1(config-ipv6-acl)#evaluate wan-lan-reflexive
r1(config-ipv6-acl)#exit

r1(config)#interface Tunnel61
r1(config-if)#ipv6 traffic-filter from_wan_in in

#DMZ In

r1(config)#ipv6 access-list dmz_in
r1(config-ipv6-acl)#permit icmp any any
r1(config-ipv6-acl)#permit udp any any eq domain reflect wan-dmz-reflexive timeout 5
r1(config-ipv6-acl)#permit tcp any any eq 22 reflect wan-dmz-reflexive timeout 5
r1(config-ipv6-acl)#permit tcp any any eq www reflect wan-dmz-reflexive timeout 5
r1(config-ipv6-acl)#permit tcp any any eq 443 reflect wan-dmz-reflexive timeout 5
r1(config-ipv6-acl)#permit tcp any any eq smtp reflect wan-dmz-reflexive timeout 5
r1(config-ipv6-acl)#evaluate dmz-wan-reflexive
r1(config-ipv6-acl)#evaluate wan-lan-reflexive
r1(config-ipv6-acl)#exit

r1(config)#interface FastEthernet0/1.10
r1(config-if)#ipv6 traffic-filter dmz_in in

#LAN In

r1(config)#ipv6 access-list lan_in
r1(config-ipv6-acl)#permit ipv6 any any reflect wan-lan-reflexive timeout 5
r1(config-ipv6-acl)#exit

r1(config)#interface FastEthernet0/1.20
r1(config-if)#ipv6 traffic-filter lan_in in

#IPv4 WAN In

r1(config)#ip access-list extended from_wan_v4_in
r1(config-ext-nacl)#permit ip host 78.35.24.124 any
r1(config-ext-nacl)#permit tcp any any eq 22
r1(config-ext-nacl)#exit

r1(config)#interface FastEthernet0/0
r1(config-if)#ip access-group from_wan_v4_in in
r1(config-ext-nacl)#permit icmp any any
r1(config-ext-nacl)#exit

#Firewall Regeln auslesen
r1(config)#do show ipv6 access-list
r1(config)#do show ip access-list
```

Switch: Konfiguration

Abweichend von der einleitenden Anmerkung wurden folgende Befehle unter Cisco's iOS verwendet, um die Konfiguration des Switches vorzunehmen.

```
#Basic
switch(config)#enable secret Willkommen2016
switch(config)#enable password Willkommen2016
switch(config)#sdm prefer dual-ipv4-and-ipv6
switch(config)#end
switch# reload

#Vlan Deklaration
switch#vlan database
switch(vlan)#vlan 10
switch(vlan)#vlan 20
switch(vlan)#exit

#interface vlan 10
switch(config)#interface range gigabitEthernet f0/1-24
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 10
Switch(config-if-range)#end
Switch(config)#interface vlan 10
Switch(config-if)#ipv6 address 2001:4dd0:fc0b:a::2/64
Switch(config-if)#no shut down
Switch(config-if)#exit

#interface vlan 20
switch(config)# interface range gigabitEthernet f0/25-46
Switch(config-if-range)# switchport access vlan 20
Switch(config-if-range)# end
Switch(config)#interface vlan 20
Switch(config-if)#ipv6 address 2001:4dd0:fc0b:f4::2/64
Switch(config-if)#no shut down
Switch(config-if)# exit

#trunk
switch(config)#interface gigabitEthernet 0/43
Switch(config-if)#switchport mode trunk
Switch(config-if)#switchport trunk native vlan 20
Switch(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10,20

#SSH
Switch(config)#ip domain-name fastforward.hhbk.de
Switch(config)#crypto key generate rsa general-keys modulus 1024
Switch(config)#username admin privilege 15 secret Willkommen2016
Switch(config)#line vty 0 4
Switch(config-line)#transport input telnet ssh
Switch(config-line)#login local
Switch(config-line)#en
```


Hypervisor

Installation

Die Installation erfolgt per graphischen Installationsdialog. Englisch wurde gewählt, da es die Lingua franca in der IT darstellt. Zusätzlich wurde OpenSSH bei der Installation ausgewählt, um den Server ohne graphische Oberfläche aus der Ferne zu administrieren. Insgesamt wurden während der Installation folgende Einstellungen vorgenommen:

Language Englisch
Territory Germany
Keyboard german
Hostname hypervisor
Domain name fastforward.hhbk.de
Username user
Password password123
Partitioning Guided: use entire disk
Choose software Default, OpenSSH
Grub MBR sdb

Nach der Installation wurde darüberhinaus folgende Software installiert: qemu-kvm libvirt-bin virtinst.

Konfiguration

libvirt

Zunächst muss der QEMU-Treiber von libvirt konfiguriert werden, damit dieser weiß, mit welchem User QEMU ausgeführt wird.

Konfigurationsdatei: /etc/libvirt/qemu.conf

```
1 user = "root"  
2 group = "root"
```

Anschließend wird die HDD mit 500GB formatiert und die Volume Group vg0 definiert.

```
> parted /dev/sda  
  mklabel GPT  
  mkpart primary 1M 100%  
  set 1 lvm on  
> pvcreate /dev/sda1  
> vgcreate vg0 /dev/sda1
```

Die Volume Group vg0 wird verwendet, um den Pool vg0 einzurichten. Die folgende Konfiguration muss erstellt werden, um anschließend mit den aufgeführten Befehlen den Pool zu aktivieren.

Konfigurationsdatei: /etc/libvirt/qemu/storage/vg0.xml

```
1 <pool type='logical'>
2   <name>vg0</name>
3   <source>
4     <device path='/dev/sda1' />
5   </source>
6   <target>
7     <path>/dev/vg0</path>
8   </target>
9 </pool>
```

```
> virsh pool-define /etc/libvirt/qemu/storage/vg0.xml
> virsh pool-start vg0
> virsh pool-autostart vg0
```

Netzwerk

Der Hypervisor wurde mit zwei Interfaces an den Switch angebunden. Das Interface enp4s0 wurde an einen Port mit VLAN 10 angeschlossen und enp2s0 an einen Port mit VLAN 20. Dadurch ist es später einfacher, die virtuellen Server einem VLAN zuzuordnen (s. Kapitel „Linux-Server“). Für DNS wurde ein Server von Google ausgewählt.

Konfigurationsdatei: /etc/network/interfaces

```
1 source /etc/network/interfaces.d/*
2
3 # The loopback network interface
4 auto lo
5 iface lo inet loopback
6
7 # The primary network interface
8 auto enp4s0
9 iface enp4s0 inet manual
10     dns-nameservers 2001:4860:4860::8888
11
12 auto enp2s0
13 iface enp2s0 inet manual
14     dns-nameservers 2001:4860:4860::8888
15
16 auto br0
17 iface br0 inet manual
18
19 iface br0 inet6 static
20     bridge_ports    enp4s0
21     address 2001:4dd0:fc0b:a::3
22     netmask 64
23     gateway 2001:4dd0:fc0b:a::1
24
25 auto br1
26 iface br1 inet manual
27
28 iface br1 inet6 static
29     bridge_ports    enp2s0
30     address 2001:4dd0:fc0b:f4::3
31     netmask 64
```

Linux-Server

Installation

Die virtuelle Maschine wurde auf dem Hypervisor mithilfe von virtinst und folgendem Befehl initialisiert. Die Bridge „br0“ dient dazu, die VM an das physische Netzwerk anzubinden.

```
> virt-install --connect qemu:///system --hvm --name webserver --ram 4096 --vcpus 1 \
--disk pool=vg0,size=100,bus=virtio,cache=none,sparse=false \
--cdrom=/root/isos/ubuntu-16.04-server-amd64.iso --os-type linux \
--network bridge=br0,model=virtio \
--graphics vnc,port=10123,listen=0.0.0.0,keymap=de,password=password123 \
--boot cdrom
```

Über die IP des Hypervisors und den Port 10123 wurde eine Verbindung per VNC hergestellt, um anschließend die Installation per graphischem Installationsdialog durchzuführen. Englisch wurde gewählt, da es die Lingua franca in der IT darstellt. Zusätzlich wurde OpenSSH bei der Installation ausgewählt, um den Server ohne graphische Oberfläche aus der Ferne zu administrieren. Insgesamt wurden während der Installation folgende Einstellungen vorgenommen:

Language Englisch
Territory Germany
Keyboard german
Hostname webserver
Domain name fastforward.hhbk.de
Username user
Password password123
Partitioning Guided: use entire disk
Choose software Default, OpenSSH
Grub MBR vda

Nach der Installation wurde darüberhinaus folgende Software installiert: apache2 postfix.

Konfiguration

Nach der Installation von Apache wurde die Defaultwebseite durch eine ersetzt, die „Hello World!“ ausliefert. Während des Installationsdialoges von Postfix wurde „Internet with Smarthost“ gewählt. Der SMTP-Server bleibt unkonfiguriert. Als Domain wird „fastforward.hhbk.de“ angegeben.

Konfigurationsdatei: /var/www/html/index.html

```
1 Hello World!
```

Netzwerk

Konfigurationsdatei: /etc/network/interfaces

```
1 source /etc/network/interfaces.d/*
2
3 # The loopback network interface
4 auto lo
5 iface lo inet loopback
6
7 # The primary network interface
8 auto ens3
9 iface ens3 inet manual
10
11 iface ens3 inet6 static
12     address      2001:4dd0:fc0b:a::4
13     netmask       64
14     gateway       2001:4dd0:fc0b:a::1
15     dns-nameservers 2001:4860:4860::8888
```

Domain Controller

Installation

Die virtuelle Maschine wurde auf dem Hypervisor mithilfe von virtinst und folgendem Befehl initialisiert.

```
> virt-install --hvm --connect qemu:///system --name win2012 --ram 8192 --vcpus 2 \
--disk pool=vg0,size=300,bus=virtio,cache=none,sparse=false \
--disk path=/root/isos/virtio-win.iso,device=cdrom,perms=ro \
--cdrom /root/isos/win2012r2.iso \
--os-type windows \
--network bridge=br0,model=virtio \
--graphics vnc,port=10234,listen=0.0.0.0,keymap=de,password=password123 \
--boot cdrom,hd,menu=on
```

Anschließend wurde sich per VNC verbunden, um den Domain Controller per graphischem Installationsdialog zu installieren. Dabei wurde eine Installation mit graphischer Oberfläche gewählt, da dies der üblichen Administrationsweise unter Windows entspricht. Während der Installation müssen über die zusätzlich eingebundene CD „virtio-win“ die Treiber für das Netzwerk (NetKVM > WIN2012R2 > amd64) und die Festplatte (viosstor > WIN2012 R2 > amd64) installiert werden. Bei der Partitionierung wurde die gesamte Festplatte gewählt und abschließend dem Administrator das Passwort „password123“ gegeben.

Konfiguration

- Es wurde eine Standard Windows Server 2012 R2 Installation durchgeführt.
- IPv6 Adresse vergeben:
- PowerShell: New-NetIPAddress -IPAddress 2001:4dd0:fc0b:f4::6 -AddressFamily IPV6 -InterfaceIndex 12 -DefaultGateway 2001:4dd0:fc0b:f4::1 -PrefixLength 64 SET-DNSClientServerAddress -InterfaceIndex 12 -ServerAddresses 2001:4dd0:fc0b:f4:5
- Installation des Active-Directory-Diensts installiert und den Server als Domänencontroller eingestellt.
- RDP Dienst installiert.
- Installation des DNS-Diensts: Notwendig um Rechner zum AD hinzuzufügen Hier ist zu beachten, dass der DNS-Dienst für IPV6 eingestellt wird.

Sämtliche Installationen wurden mit Setup-Wizards installiert ohne spezielle Einstellungen.

Tests

Erreichbarkeit intern

Allgemeine Erreichbarkeit

Mit dem folgenden Skript wurde die allgemeine Erreichbarkeit der Server aus dem LAN getestet.

Shell-Skript: test-ping.sh

```
1 #!/bin/bash
2
3 #killall dhclient
4
5 RIP1="2001:4dd0:fc0b:a::1"
6 RIP2="2001:4dd0:fc0b:f4::1"
7 SIP1="2001:4dd0:fc0b:a::2"
8 SIP2="2001:4dd0:fc0b:f4::2"
9 KVM1="2001:4dd0:fc0b:a::3"
10 KVM2="2001:4dd0:fc0b:f4::3"
11 SRV="2001:4dd0:fc0b:a::4"
12 DC="2001:4dd0:fc0b:f4::5"
13
14 LOG="test-ping\_$(date +%Y%d%m).log"
15
16 IP="{RIP1} {RIP2} {SIP1} {SIP2} {KVM1} {KVM2} {SRV} {DC}"
17
18 echo -e "#####" >> ${LOG}
19 echo -e "Ping-Test $(date +%Y%m%d):\n" >> ${LOG}
20 for i in ${IP}; do
21     ping6 -c 1 ${i} 2> /dev/null
22     if [[ $? -eq 0 ]]; then
23         echo -e "${i}\t\tworks" >> ${LOG}
24     else
25         echo -e "${i}\t\tfailed!" >> ${LOG}
26     fi
27 done
28 echo -e "\n" >> ${LOG}
```

Log-Datei: test-ping_20160622.log

```
1 #####
2 Ping-Test 20160622:
3
4 2001:4dd0:fc0b:a::1      works
5 2001:4dd0:fc0b:f4::1    works
6 2001:4dd0:fc0b:a::2    works
7 2001:4dd0:fc0b:f4::2    works
8 2001:4dd0:fc0b:a::3    works
9 2001:4dd0:fc0b:f4::3    works
10 2001:4dd0:fc0b:a::4    works
11 2001:4dd0:fc0b:f4::5    works
```

Erreichbarkeit Webserver

Die interne Erreichbarkeit des Webserver wurde von der Kommandozeile per curl getestet.

```
> curl -v fastforward.hhbk.de
* Rebuilt URL to: fastforward.hhbk.de/
* Hostname was NOT found in DNS cache
*   Trying 2001:4dd0:fc0b:a::4 ...
* Connected to fastforward.hhbk.de (2001:4dd0:fc0b:a::4) port 80 (#0)
> GET / HTTP/1.1
> User-Agent: curl/7.35.0
> Host: fastforward.hhbk.de
> Accept: */*
>
< HTTP/1.1 200 OK
< Date: Wed, 22 Jun 2016 14:04:00 GMT
* Server Apache/2.4.18 (Ubuntu) is not blacklisted
< Server: Apache/2.4.18 (Ubuntu)
< Last-Modified: Mon, 20 Jun 2016 07:40:59 GMT
< ETag: "d-535b0d3581c7e"
< Accept-Ranges: bytes
< Content-Length: 13
< Content-Type: text/html
<
Hello World!
* Connection #0 to host fastforward.hhbk.de left intact
```

Erreichbarkeit Mailserver

Die interne Erreichbarkeit des Mailserver wurde von der Kommandozeile per telnet getestet.

```
> telnet fastforward.hhbk.de 25
Trying 2001:4dd0:fc0b:a::4 ...
Connected to fastforward.hhbk.de.
Escape character is '^]'.
220 webserver ESMTPE postfix (Ubuntu)
HELO fastforward.hhbk.de
250 webserver
mail from: <test@test.com>
250 2.1.0 Ok
rcpt to: <kilian@fastforward.hhbk.de>
250 2.1.5 Ok
subject: test
Line one
Line two
.
250 2.0.0 Ok: queued as 9BE1C6494B
quit
221 2.0.0 Bye
Connection closed by foreign host.
```

```
> tail /var/mail/kilian
X-Original-To: kilian@fastforward.hhbk.de
Delivered-To: kilian@fastforward.hhbk.de
Received: from fastforward.hhbk.de (unknown [IPv6:2a02:908:1251:7160:495e:958d:9e35:f017])
    by webserver (Postfix) with SMTP id 9BE1C6494B
    for <kilian@fastforward.hhbk.de>; Wed, 22 Jun 2016 15:32:16 +0200 (CEST)

subject: test
Line one
Line two
```

Erreichbarkeit extern

Allgemeine Erreichbarkeit

Zum Testen der allgemeinen Erreichbarkeit von extern wurde der Ping-Test an einem Internetanschluss mit Dualstack mit der IP [2a02:908:1251:7160:495e:958d:9e35:f017] wiederholt.

```
1 #####
2 Ping-Test 20160622:
3
4 2001:4dd0:fc0b:a::1      works
5 2001:4dd0:fc0b:f4::1    works
6 2001:4dd0:fc0b:a::2      works
7 2001:4dd0:fc0b:f4::2    works
8 2001:4dd0:fc0b:a::3      works
9 2001:4dd0:fc0b:f4::3    works
10 2001:4dd0:fc0b:a::4      works
11 2001:4dd0:fc0b:f4::5    works
```

Erreichbarkeit Webserver

Die Erreichbarkeit des Webserver wurde von der Kommandozeile per curl getestet.

```
> curl -v fastforward.hhbk.de
* Rebuilt URL to: fastforward.hhbk.de/
* Hostname was NOT found in DNS cache
*   Trying 2001:4dd0:fc0b:a::4 ...
* Connected to fastforward.hhbk.de (2001:4dd0:fc0b:a::4) port 80 (#0)
> GET / HTTP/1.1
> User-Agent: curl/7.35.0
> Host: fastforward.hhbk.de
> Accept: */*
>
< HTTP/1.1 200 OK
< Date: Wed, 22 Jun 2016 15:03:00 GMT
* Server Apache/2.4.18 (Ubuntu) is not blacklisted
< Server: Apache/2.4.18 (Ubuntu)
< Last-Modified: Mon, 20 Jun 2016 07:40:59 GMT
< ETag: "d-535b0d3581c7e"
< Accept-Ranges: bytes
< Content-Length: 13
< Content-Type: text/html
<
Hello World!
* Connection #0 to host fastforward.hhbk.de left intact
```


Erreichbarkeit Mailserver

Die Erreichbarkeit des Mailservers wurde von der Kommandozeile per telnet getestet.

```
> telnet fastforward.hhbk.de 25
Trying 2001:4dd0:fc0b:a::4...
Connected to fastforward.hhbk.de.
Escape character is '^]'.
220 webserver ESMTPE postfix (Ubuntu)
HELO fastforward.hhbk.de
250 webserver
mail from: <test@test.com>
250 2.1.0 Ok
rcpt to: <kilian@fastforward.hhbk.de>
250 2.1.5 Ok
subject: test
Line one
Line two
.
250 2.0.0 Ok: queued as 1BF1B6099B
quit
221 2.0.0 Bye
Connection closed by foreign host.
```

```
> tail /var/mail/kilian
X-Original-To: kilian@fastforward.hhbk.de
Delivered-To: kilian@fastforward.hhbk.de
Received: from fastforward.hhbk.de (unknown [IPv6:2a02:908:1251:7160:495e:958d:9e35:f017])
    by webserver (Postfix) with SMTP id 1BF1B6099B
    for <kilian@fastforward.hhbk.de>; Wed, 22 Jun 2016 16:49:47 +0200 (CEST)

subject: test
Line one
Line two
```

Firewall

Mit den folgenden Kommandos wurde getestet, ob die Firewall nicht freigeschaltete Ports blockiert. Dazu wurde auf dem Linux-Server mit netcat ein Port geöffnet und von extern geprüft, ob sich zu diesem Port verbunden werden kann.

```
#Listening auf dem Linux-Server
> netcat -l -p 1337

#Vom externen Host
> telnet 2001:4dd0:fc0b:a::4 1337
Trying 2001:4dd0:fc0b:a::4...
telnet: connect to address 2001:4dd0:fc0b:a::4: Permission denied
```

Test Domain-Controller

Es wurde ein virtueller Windows Client im internen Netz eingerichtet, um die Dienste des Domänen-Kontrollers zu überprüfen. Die Tests waren alle erfolgreich, womit bewiesen wurde, dass alle geforderten Dienste des Servers im internen IPv6-Netz funktionieren.

Test	Ergebnis
Test-User anlegen	Erfolgreich
Client in die Domäne hinzufügen	Erfolgreich
Mit dem Test-User sich am Client anmelden	Erfolgreich
Den Server per VPN erreichen	Erfolgreich