
Praktikum Rechnernetze

Protokoll zu Versuch 7 (OpenVPN) von Gruppe 1

Jakob Waibel, Daniel Hiller, Elia Wüstner, Felix Pojtinger

2021-11-30

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	3
1.1 Mitwirken	3
1.2 Lizenz	3
2 CA (=Zertifizierungsstelle) und Schlüssel erzeugen und signieren	4
2.1 Fragen zur Aufgabe	12
3 Konfiguration von Client und Server	13
3.1 Server konfigurieren	13
3.2 Erklären Sie die einzelnen Parameter/Optionen der „server.conf“ und der „client.conf“.	16
3.3 Versuchen Sie ebenfalls mit einem Windows-Client eine Verbindung zu Ihrem Server aufzubauen. Die Client-Software können Sie von: https://openvpn.net/index.php/open-source/downloads.html herunterladen.	17
4 Analyse	18
4.1 Analyse der Logs	18
4.2 Funktionstest	21
5 Betrachtung via Wireshark	23
6 Bis hierher haben wir nur Datenverbindung vom Client bis zum Server realisiert (In der Grafik grün dargestellt). Der Sinn einer VPN-Verbindung ist häufig die Network-to-Network-Anbindung. Eine ähnliche Verbindung ist eine Client-Verbindung über den VPN-Server nach draußen ins Internet. Folgende Grafik veranschaulicht die gewünschte Verbindung (rot dargestellt):	25
6.1 Änderung der Konfiguration	26
6.2 Funktionstest	27
7 Angenommen ein Client soll keinen Zugriff mehr über Ihren OpenVPN-Server erhalten. Wie verhindern Sie das, ohne dass Sie Zugang zum Client bekommen? Am Ende des Versuchs können sie die Methode für alle vergebenen Client-Zertifikate durchführen und testen. Können Sie diesen Vorgang wieder rückgängig machen, so das der Client wieder am VPN „teilnehmen“ kann?	28

1 Einführung

1.1 Mitwirken

Diese Materialien basieren auf [Professor Kiefers “Praktikum Rechnernetze”-Vorlesung der HdM Stuttgart](#).

Sie haben einen Fehler gefunden oder haben einen Verbesserungsvorschlag? Bitte eröffnen Sie ein Issue auf GitHub (github.com/pojntfx/uni-netpractice-notes):



Abbildung 1: QR-Code zum Quelltext auf GitHub

Wenn Ihnen die Materialien gefallen, würden wir uns über einen GitHub-Stern sehr freuen.

1.2 Lizenz

Dieses Dokument und der enthaltene Quelltext ist freie Kultur bzw. freie Software.



Abbildung 2: Badge der AGPL-3.0-Lizenz

Uni Network Practice Notes (c) 2021 Jakob Waibel, Daniel Hiller, Elia Wüstner, Felix Pojtinger

SPDX-License-Identifier: AGPL-3.0

2 CA (=Zertifizierungsstelle) und Schlüssel erzeugen und signieren

Verzeichnis erstellen und betreten:

```
1 # mkdir openvpn
2 # cd openvpn
```

Git installieren:

```
1 apt install git
```

Repository klonen:

```
1 # git clone https://github.com/OpenVPN/easy-rsa
2 Cloning into 'easy-rsa'...
3 remote: Enumerating objects: 2095, done.
4 remote: Counting objects: 100% (13/13), done.
5 remote: Compressing objects: 100% (11/11), done.
6 remote: Total 2095 (delta 3), reused 4 (delta 0), pack-reused 2082
7 Receiving objects: 100% (2095/2095), 11.72 MiB | 7.01 MiB/s, done.
8 Resolving deltas: 100% (914/914), done.
```

Verschieben und Umbenennen einiger Ordner:

```
1 # mv easy-rsa/easyrsa3 easyrsa && rm -r easy-rsa && cd easyrsa
```

PKI-Infrastruktur erstellen:

```
1 root@gl1:~/openvpn/easyrsa# ./easyrsa init-pki
2
3 init-pki complete; you may now create a CA or requests.
4 Your newly created PKI dir is: /root/openvpn/easyrsa/pki
```

Zertifizierungsstelle erstellen:

```
1 # ./easyrsa build-ca
2 Using SSL: openssl OpenSSL 1.1.0l 10 Sep 2019
3
4 Enter New CA Key Passphrase:
5 Re-Enter New CA Key Passphrase:
6 Generating RSA private key, 2048 bit long modulus
7 .....+++++
8 .....+++++
9 e is 65537 (0x010001)
10 You are about to be asked to enter information that will be
    incorporated
11 into your certificate request.
12 What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a
    DN.
13 There are quite a few fields but you can leave some blank
```

```
14 For some fields there will be a default value,
15 If you enter '.', the field will be left blank.
16 -----
17 Common Name (eg: your user, host, or server name) [Easy-RSA CA]:g1.mi.
   hdm-stuttgart.de
18 CA creation complete and you may now import and sign cert requests.
19 Your new CA certificate file for publishing is at:
20 /root/openvpn/easyrsa/pki/ca.crt
```

Entfernen der Passphrase vom RSA Private Key:

```
1 # openssl rsa -in pki/private/ca.key -out pki/private/ca.key
2 Enter pass phrase for pki/private/ca.key:
3 writing RSA key
```

Keypair für Server generieren:

```
1 root@g1:~/openvpn/easyrsa# ./easyrsa gen-req server-g1 nopass
2 Using SSL: openssl OpenSSL 1.1.0l 10 Sep 2019
3 Generating a RSA private key
4 .....
5 .....
6 writing new private key to '/root/openvpn/easyrsa/pki/easy-rsa-4141.
   HiTBNm/tmp.JnuJdp'
7 -----
8 You are about to be asked to enter information that will be
   incorporated
9 into your certificate request.
10 What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a
   DN.
11 There are quite a few fields but you can leave some blank
12 For some fields there will be a default value,
13 If you enter '.', the field will be left blank.
14 -----
15 Common Name (eg: your user, host, or server name) [server-g1]:g1.mi.hdm
   -stuttgart.de
16
17 Keypair and certificate request completed. Your files are:
18 req: /root/openvpn/easyrsa/pki/reqs/server-g1.req
19 key: /root/openvpn/easyrsa/pki/private/server-g1.key
```

Keypair für Client generieren:

```
1 root@g1:~/openvpn/easyrsa# ./easyrsa gen-req client-g1 nopass
2 Using SSL: openssl OpenSSL 1.1.0l 10 Sep 2019
3 Generating a RSA private key
4 .....+++++
5 .....
```

```
6 writing new private key to '/root/openvpn/easyrsa/pki/easy-rsa-4162.
   amBaR1/tmp.1aHVQ6'
7 -----
8 You are about to be asked to enter information that will be
   incorporated
9 into your certificate request.
10 What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a
   DN.
11 There are quite a few fields but you can leave some blank
12 For some fields there will be a default value,
13 If you enter '.', the field will be left blank.
14 -----
15 Common Name (eg: your user, host, or server name) [client-g1]:g1.mi.hdm
   -stuttgart.de
16
17 Keypair and certificate request completed. Your files are:
18 req: /root/openvpn/easyrsa/pki/reqs/client-g1.req
19 key: /root/openvpn/easyrsa/pki/private/client-g1.key
```

Analog zur vorherigen Erstellung des Keypairs für den Client haben wir zwei weitere Keypair `client-g1-2` und `client-g1-3` erstellt.

Einzelne Zertifikate signieren:

Server-Zertifikat:

```
1 # ./easyrsa sign server server-g1
2 Using SSL: openssl OpenSSL 1.1.0l 10 Sep 2019
3
4
5 You are about to sign the following certificate.
6 Please check over the details shown below for accuracy. Note that this
   request
7 has not been cryptographically verified. Please be sure it came from a
   trusted
8 source or that you have verified the request checksum with the sender.
9
10 Request subject, to be signed as a server certificate for 825 days:
11
12 subject=
13     commonName                = g1.mi.hdm-stuttgart.de
14
15
16 Type the word 'yes' to continue, or any other input to abort.
17 Confirm request details: yes
18 Using configuration from /root/openvpn/easyrsa/pki/easy-rsa-4226.9Qm0XH
   /tmp.jenIQr
19 Check that the request matches the signature
20 Signature ok
21 The Subject's Distinguished Name is as follows
22 commonName          :ASN.1 12:'g1.mi.hdm-stuttgart.de'
```

```
23 Certificate is to be certified until Mar  4 13:45:08 2024 GMT (825 days
   )
24
25 Write out database with 1 new entries
26 Data Base Updated
27
28 Certificate created at: /root/openvpn/easyrsa/pki/issued/server-g1.crt
```

Client-Zertifikat:

```
1 # ./easyrsa sign client client-g1
2 Using SSL: openssl OpenSSL 1.1.0l  10 Sep 2019
3
4
5 You are about to sign the following certificate.
6 Please check over the details shown below for accuracy. Note that this
   request
7 has not been cryptographically verified. Please be sure it came from a
   trusted
8 source or that you have verified the request checksum with the sender.
9
10 Request subject, to be signed as a client certificate for 825 days:
11
12 subject=
13 commonName          = g1.mi.hdm-stuttgart.de
14
15
16 Type the word 'yes' to continue, or any other input to abort.
17 Confirm request details: yes
18 Using configuration from /root/openvpn/easyrsa/pki/easy-rsa-4288.S5KRe9
   /tmp.oh8FLq
19 Check that the request matches the signature
20 Signature ok
21 The Subject's Distinguished Name is as follows commonName          :
   ASN.1 12:'g1.mi.hdm-stuttgart.de'
22 Certificate is to be certified until Mar  4 13:45:38 2024 GMT (825 days
   )
23
24 Write out database with 1 new entries
25 Data Base Updated
26
27 Certificate created at: /root/openvpn/easyrsa/pki/issued/client-g1.crt
```

Analog wurden auch die zwei zusätzlich generierten Zertifikate signiert.

Generieren der Diffie-Hellman-Parameter:

```
1 # ./easyrsa gen-dh
2 Using SSL: openssl OpenSSL 1.1.0l  10 Sep 2019
3 Generating DH parameters, 2048 bit long safe prime, generator 2
4 This is going to take a long time
```

```
5 .....+.....+.....
6
7
8 DH parameters of size 2048 created at /root/openvpn/easyrsa/pki/dh.pem
```

Gültigkeit der signierten Zertifikate prüfen:

Server-Zertifikat:

```

1 # openssl x509 -in pki/issued/server-g1.crt -text -noout
2 Certificate:
3 Data:
4 Version: 3 (0x2)
5 Serial Number:
6 98:f4:e5:df:00:4d:ce:24:42:e2:26:ae:fe:64:14:bc
7 Signature Algorithm: sha256WithRSAEncryption
8 Issuer: CN = g1.mi.hdm-stuttgart.de
9 Validity
10 Not Before: Nov 30 13:45:08 2021 GMT
11 Not After : Mar  4 13:45:08 2024 GMT
12 Subject: CN = g1.mi.hdm-stuttgart.de
13 Subject Public Key Info:
14 Public Key Algorithm: rsaEncryption
15 Public-Key: (2048 bit)
16 Modulus:
17 00:e3:ee:11:d2:55:a1:cb:fc:2f:78:0c:e7:d5:8b:
18 e2:a0:4b:b4:65:61:8a:75:49:35:1d:69:dd:d2:b9:
19 e9:3e:a8:f1:06:11:3b:d3:84:aa:89:e9:ae:c5:de:
20 ed:37:e4:3f:b3:c0:aa:27:5e:ab:a6:a1:3f:eb:c1:
21 65:89:c1:6a:65:8b:28:10:74:eb:44:50:96:ce:5f:
22 1d:5f:f7:0c:d1:a0:d4:22:2e:46:39:11:fc:89:5e:
23 68:9b:79:8c:28:d0:ea:3c:a2:02:c6:9e:ce:db:d6:
24 3d:5f:e7:2a:ed:02:d9:cb:3e:4d:0a:c1:c6:4e:35:
25 b7:1d:fe:8e:08:c2:ee:a1:b2:a9:7c:66:9f:b3:1b:
26 3b:20:4d:f4:b0:71:b4:5e:b5:4e:62:88:90:bb:f2:
27 87:cd:ba:63:29:68:af:65:96:14:08:2f:78:a3:0d:
28 3c:9b:c8:ac:fa:b3:2a:ed:ff:14:ce:01:af:8c:45:
29 e3:29:4e:3c:19:9b:6a:6e:40:6a:2f:86:ca:6c:9e:
30 1d:dd:ed:2f:72:c6:7a:3e:8a:8d:08:e2:e6:76:b6:
31 33:95:23:54:9a:e6:ea:4e:17:0c:08:c5:86:38:00:
32 2f:d5:70:0e:77:db:47:c4:48:a1:5e:6f:c6:95:1a:
33 4c:9b:b5:5b:41:fb:9d:99:23:8c:f0:55:37:eb:a7:
34 06:cf
35 Exponent: 65537 (0x10001)
36 X509v3 extensions:
37 X509v3 Basic Constraints:
38 CA:FALSE
39 X509v3 Subject Key Identifier:
40 EF:0D:06:76:FE:C8:B5:0B:3B:1E:D6:E9:98:94:25:29:11:C0:84:72
41 X509v3 Authority Key Identifier:

```



```
42 keyid:3F:CC:11:C2:51:85:77:9E:D1:D5:5F:0B:D6:D2:09:7F:79:D8:4D:4C
43 DirName:/CN=g1.mi.hdm-stuttgart.de
44 serial:AE:98:7F:B2:0A:A6:16:A4
45
46 X509v3 Extended Key Usage:
47 TLS Web Server Authentication
48 X509v3 Key Usage:
49 Digital Signature, Key Encipherment
50 X509v3 Subject Alternative Name:
51 DNS:g1.mi.hdm-stuttgart.de
52 Signature Algorithm: sha256WithRSAEncryption
53 97:13:f0:05:3a:91:b5:e7:69:5a:cb:53:70:8e:a4:f5:92:5e:
54 ed:9f:44:a9:11:6c:3f:0f:f8:b2:9e:1b:58:3f:17:a8:e4:9e:
55 79:44:be:c3:63:0c:c7:69:e4:1f:c8:39:8d:3c:3e:cd:ee:ff:
56 a5:88:67:ec:8a:df:6a:c7:45:68:3a:1b:97:b1:21:ba:0f:4f:
57 f2:f2:9d:27:71:cd:a8:f1:14:74:90:96:49:50:de:63:77:ad:
58 b1:87:be:4d:3e:78:59:cd:97:2c:08:b5:0c:f6:48:36:42:97:
59 6c:ab:79:9f:cf:b4:e7:3e:40:ca:65:fe:3f:2d:7a:f3:fc:20:
60 69:84:7b:e2:41:7e:22:db:52:6e:7f:be:9d:21:12:42:92:e3:
61 02:0d:47:3e:42:8a:42:d1:23:5e:c5:6f:16:3b:36:ce:84:c0:
62 71:d8:c6:97:f9:8f:fe:a2:44:92:5b:ee:cd:1b:f2:26:11:84:
63 d6:03:58:eb:44:d7:8e:8f:f7:74:fd:3d:98:17:2e:e1:81:42:
64 d6:77:fc:80:6d:2f:7e:8d:5e:fe:d1:8e:be:ba:9a:01:f8:01:
65 57:cb:5f:09:53:4d:f3:36:e9:cc:ac:25:d0:a2:54:27:28:c6:
66 4b:30:51:e0:13:6a:f2:73:3a:d4:2e:0f:44:72:07:73:56:98:
67 cd:7c:75:35
```

Client-Zertifikat:

```
1 # openssl x509 -in pki/issued/client-g1.crt -text -noout
2 Certificate:
3 Data:
4 Version: 3 (0x2)
5 Serial Number:
6 7d:31:54:75:d7:f4:b3:71:9d:9a:30:52:13:1f:f4:b6
7 Signature Algorithm: sha256WithRSAEncryption
8 Issuer: CN = g1.mi.hdm-stuttgart.de
9 Validity
10 Not Before: Nov 30 13:45:38 2021 GMT
11 Not After : Mar 4 13:45:38 2024 GMT
12 Subject: CN = g1.mi.hdm-stuttgart.de
13 Subject Public Key Info:
14 Public Key Algorithm: rsaEncryption
15 Public-Key: (2048 bit)
16 Modulus:
17 00:de:a5:7f:88:cb:40:dc:92:76:7b:ac:67:38:ad:
18 b8:e5:86:8d:18:e7:ca:35:ba:5f:92:a3:89:d9:18:
19 58:51:79:c2:5e:02:0c:f3:96:4e:1e:fc:73:9b:0c:
20 d9:3f:05:6d:7d:23:15:38:f5:0f:55:89:86:b3:6c:
21 ac:38:cc:85:8d:3f:97:ec:f6:0e:a7:5e:6e:39:fb:
22 bd:e5:78:ac:0c:04:b8:c9:ac:29:8c:84:90:8b:de:
```

```
23 3a:e6:83:b9:c3:82:48:9c:a1:71:d7:0b:15:ef:13:
24 f6:e7:59:84:bb:c9:7e:c3:69:ae:92:1e:f7:b6:39:
25 45:a1:63:72:25:41:a4:30:85:c3:ba:75:23:24:4b:
26 9c:98:58:90:98:38:40:65:1d:09:21:bf:36:9b:3d:
27 f7:2a:65:80:e8:84:67:5b:83:f3:b9:b7:8f:9b:03:
28 d0:db:23:7b:40:4d:f0:9c:c0:a9:81:26:0e:00:7c:
29 24:dd:ee:b0:d8:c5:f2:bf:be:f5:18:86:67:6c:0c:
30 b8:ab:f9:41:a0:c7:60:e2:d2:9c:32:6a:2f:8c:94:
31 c8:bb:1c:2c:80:5c:3b:20:b9:bf:a7:16:80:60:eb:
32 6c:f5:de:cb:34:c1:cc:89:ee:f0:bf:60:7b:56:ef:
33 1b:ca:f0:73:57:ba:b0:0d:a0:52:78:02:a1:d7:7f:
34 78:bf
35 Exponent: 65537 (0x10001)
36 X509v3 extensions:
37 X509v3 Basic Constraints:
38 CA:FALSE
39 X509v3 Subject Key Identifier:
40 A3:F6:BE:EC:50:50:92:A0:A3:1E:12:1A:00:A1:D1:53:B8:33:90:0F
41 X509v3 Authority Key Identifier:
42 keyid:3F:CC:11:C2:51:85:77:9E:D1:D5:5F:0B:D6:D2:09:7F:79:D8:4D:4C
43 DirName:/CN=g1.mi.hdm-stuttgart.de
44 serial:AE:98:7F:B2:0A:A6:16:A4
45
46 X509v3 Extended Key Usage:
47 TLS Web Client Authentication
48 X509v3 Key Usage:
49 Digital Signature
50 Signature Algorithm: sha256WithRSAEncryption
51 6d:18:13:c6:7d:04:58:f8:69:54:c0:74:a1:ec:5c:19:44:74:
52 a5:22:ff:ac:41:96:ca:23:50:4a:14:61:3a:4e:e8:d8:23:03:
53 5e:0c:2b:df:48:db:6c:f0:53:ab:36:57:9f:44:d5:f1:71:ae:
54 24:43:c9:86:52:d1:87:2a:5e:d8:a5:6e:90:c9:86:cc:44:b9:
55 69:2d:47:2a:94:87:46:29:00:8e:32:1b:8c:5e:cf:82:d8:e0:
56 d2:d1:85:87:94:a7:bc:53:c9:8b:eb:74:d2:59:be:44:92:72:
57 7a:85:ce:4c:40:ba:9f:fa:6b:e3:08:da:6a:e6:3b:34:4a:18:
58 25:7a:3d:2a:a1:8c:ad:47:c1:76:cc:a8:5b:46:38:3d:ee:0c:
59 35:68:c4:2f:a1:3b:66:64:e8:88:7a:1e:21:22:99:6e:4d:f2:
60 f1:55:d5:c3:25:ce:ac:27:2b:76:1e:11:6e:5b:78:4f:7b:1e:
61 2b:1e:5f:13:0c:b5:4e:0a:4f:b7:df:e6:85:ef:88:cd:9e:21:
62 e5:70:53:20:16:33:4b:6b:67:28:c7:0c:f5:bd:f6:38:30:47:
63 5a:44:99:c5:28:57:47:88:72:b9:de:a8:ae:ed:d3:c1:78:23:
64 07:9b:d5:2b:92:3f:ad:d8:88:f2:6e:e8:5a:0e:27:d8:7c:b2:
65 94:b5:27:ef
```

Analog wurden auch die weiteren Zertifikate geprüft. Den Daten kann entnommen werden, dass die Zertifikate bis `Mar 4 13:45:38 2024 GMT` gültig sind. Die Zertifikate wurden von `g1.mi.hdm-stuttgart.de` signiert.

Die Ordnerstruktur sieht wie folgt aus:

```
# tree .
.
├── easysrsa
├── openssl-easysrsa.cnf
├── pki
│   ├── ca.crt
│   ├── certs_by_serial
│   │   ├── 1269D2C7D013DEA54189F3EDB5CDDD59.pem
│   │   ├── 7D315475D7F4B3719D9A3052131FF4B6.pem
│   │   ├── 8E88712C77364F4C60E4A61AA654D8DE.pem
│   │   └── 98F4E5DF004DCE2442E226AEFE6414BC.pem
│   ├── dh.pem
│   ├── index.txt
│   ├── index.txt.attr
│   ├── index.txt.attr.old
│   ├── index.txt.old
│   ├── issued
│   │   ├── client-g1-2.crt
│   │   ├── client-g1-3.crt
│   │   ├── client-g1.crt
│   │   └── server-g1.crt
│   ├── openssl-easysrsa.cnf
│   ├── private
│   │   ├── ca.key
│   │   ├── client-g1-2.key
│   │   ├── client-g1-3.key
│   │   ├── client-g1.key
│   │   └── server-g1.key
│   ├── renewed
│   │   ├── certs_by_serial
│   │   ├── private_by_serial
│   │   └── reqs_by_serial
│   ├── reqs
│   │   ├── client-g1-2.req
│   │   ├── client-g1-3.req
│   │   ├── client-g1.req
│   │   └── server-g1.req
│   ├── revoked
│   │   ├── certs_by_serial
│   │   ├── private_by_serial
│   │   └── reqs_by_serial
│   ├── safessl-easysrsa.cnf
│   ├── serial
│   └── serial.old
├── vars.example
├── x509-types
│   ├── ca
│   │   └── client
│   │       ├── code-signing
│   │       │   └── COMMON
│   │       │       ├── email
│   │       │       │   └── kdc
│   │       │       │       ├── server
│   │       │       │       └── serverClient
│   └── serverClient
└── 14 directories, 38 files
```

Abbildung 3: Ordnerstruktur

Abschließend verschieben wir den `pki` Ordner ins Home-Verzeichnis:

```
1 # mv pki ~/pki
```

Aus der bisherigen Struktur generieren wir ein `client package`. Dafür muss man sich im `pki` Ordner befinden:

```
1 tar cf gl.tar ca.crt private/client-gl.key issued/client-gl.crt
```

2.1 Fragen zur Aufgabe

Beschreiben Sie kurz den Sinn der Dateien in diesen Ordnern

TODO `ca.crt` Datei ist öffentlich. User, Server und Client können damit beweisen, dass sie sich im selben vertrauten Netz befinden. Jeder daran beteiligte User und Server muss eine Kopie dieser Datei besitzen.

`ca.key` ist der private Schlüssel, mit dem die CA Zertifikate für Server und Clients signiert werden. Die `ca.key` Datei sollte nur auf der CA Maschine liegen, denn der Schlüssel darf nicht in die Hände eines Angreifers gelangen.

Die Private Keys liegen im Ordner “private” und im Ordner “issued” sind die signierten Zertifikate (Public Keys) für eine gegenseitige Bestätigung zwischen Server und Client.

Wie ist der Ablauf bei der Erstellung eines eigenen Zertifikates (gemeint sind die Schritte bei der Erstellung)?

TODO Wir benötigen ein separates Zertifikat (Public Key) und Private Key für den Server und jeden Client. Außerdem braucht es noch das Zertifikat und Key der CA, um alle Server und Client Zertifikate zu signieren. Bevor sich beide Parteien vertrauen muss der Client die Server Zertifikate authentifizieren und der Server muss die Client Zertifikate authentifizieren. Dieses gegenseitige Authentifizieren erfolgt durch das Sicherstellen, dass ein Zertifikat, welches man bekommt bereits von der CA signiert wurde. Danach kann der Inhalt in dem neu authentifizierten Zertifikat Header, wie z.B. der certificate common name getestet werden.

Schildern Sie den Ablauf der Authentisierung, des Schlüsselaustausches und der Verschlüsselung bei der Verwendung von Zertifikats-basierter Authentisierung in OpenVPN!

TODO Als erstes tauschen Client und Server die Schlüsselpaare aus und verifizieren die Zertifikate. Der Client initiiert mit einer Anfrage an den Server die Verbindung. Der Server verifiziert sich mittels seiner eigenen “certificat chain”. Mithilfe der eigenen Kopie des CA Files kann der Client die “certificat chain” überprüfen. Sofern dies klappt, erfolgt der Vorgang erneut umgekehrt, indem der Server die Client “certificat chain” checkt. CCD Dateien werden überprüft. Sie ermöglichen das Vergeben von spezifischen IP-Adressen an einen Client, um z.B. einen DNS Server einem bestimmten Client zuzuordnen

oder einen Client zeitweise zu deaktivieren. Falls keine Fehler entstehen, kann die Verbindung aufgebaut werden.

Was bewirkt die Option „nopass“ bei der Keypair-Erzeugung und ist diese sinnvoll?

Schlüsselpaare werden mit dem Argument “nopass” unverschlüsselt gelassen, da Server in der Regel ohne Passworteingabe gestartet werden. Dadurch wird ein unverschlüsselter Schlüssel erzeugt, dessen Zugriff und Dateiberechtigungen daher sorgfältig geschützt werden muss.

Erstellen Sie die CA + Keys + Zertifikate auf dem Server. Das sollte man eigentlich nicht machen, warum?

3 Konfiguration von Client und Server

3.1 Server konfigurieren

Analog zu der in der Versuchsanleitung geschilderten Konfigurationsdatei wird im Folgenden eine angepasste `server.conf` dargestellt:

```
1 # cat server.conf
2 proto udp
3 dev tun
4 ca pki/ca.crt
5 cert pki/issued/server-gl.crt
6 key pki/private/server-gl.key
7 dh pki/dh.pem
8 server 10.8.1.0 255.255.255.0
9 keepalive 10 120
10 comp-lzo
11 persist-key
12 persist-tun
13 verb 3
```

Jetzt kann der OpenVPN-Server gestartet werden:

```
1 # sudo openvpn --config server.conf
2 Tue Nov 30 14:20:50 2021 OpenVPN 2.4.0 x86_64-pc-linux-gnu [SSL (
    OpenSSL)] [LZO] [LZ4] [EPOLL] [PKCS11] [MH/PKTINFO] [AEAD] built on
    Oct 14 2018
3 Tue Nov 30 14:20:50 2021 library versions: OpenSSL 1.0.2u 20 Dec 2019,
    LZO 2.08
4 Tue Nov 30 14:20:50 2021 Diffie-Hellman initialized with 2048 bit key
5 Tue Nov 30 14:20:50 2021 ROUTE_GATEWAY 172.31.1.1
6 Tue Nov 30 14:20:50 2021 TUN/TAP device tun0 opened
7 Tue Nov 30 14:20:50 2021 TUN/TAP TX queue length set to 100
8 Tue Nov 30 14:20:50 2021 do_ifconfig, tt->did_ifconfig_ipv6_setup=0
9 Tue Nov 30 14:20:50 2021 /sbin/ip link set dev tun0 up mtu 1500
```

```
10 Tue Nov 30 14:20:50 2021 /sbin/ip addr add dev tun0 local 10.8.1.1 peer
    10.8.1.2
11 Tue Nov 30 14:20:50 2021 /sbin/ip route add 10.8.1.0/24 via 10.8.1.2
12 Tue Nov 30 14:20:50 2021 Could not determine IPv4/IPv6 protocol. Using
    AF_INET
13 Tue Nov 30 14:20:50 2021 Socket Buffers: R=[212992->212992] S
    =[212992->212992]
14 Tue Nov 30 14:20:50 2021 UDPv4 link local (bound): [AF_INET][undef
    ]:1194
15 Tue Nov 30 14:20:50 2021 UDPv4 link remote: [AF_UNSPEC]
16 Tue Nov 30 14:20:50 2021 MULTI: multi_init called, r=256 v=256
17 Tue Nov 30 14:20:50 2021 IFCONFIG POOL: base=10.8.1.4 size=62, ipv6=0
18 Tue Nov 30 14:20:50 2021 Initialization Sequence Completed
```

Mit `scp` senden wir das `client` **package** mit dem Namen `g1.tar` zu unserem Client:

```
1 cp root@135.181.204.42:~/pki/g1.tar ~/
2 root@135.181.204.42's password:
3 g1.tar 100% 20
    KB 389.8KB/s 00:00
```

Nachdem wir die Datei entpackt haben, erstellen wir unser `client.conf` file:

```
1 # cat client.conf
2 client
3 dev tun
4 proto udp
5 remote 135.181.204.42 1194
6 nobind
7 persist-key
8 persist-tun
9 ca ca.crt
10 cert issued/client-g1.crt
11 key private/client-g1.key
12 comp-lzo
13 verb 3
```

Jetzt können wir den client mit unserer Konfiguration starten. Dabei ist zu beachten, dass der OpenVPN-Server auch bereits laufen muss:

```
1 # sudo openvpn --config client.conf
2 [sudo] password for root:
3 2021-11-30 15:58:20 WARNING: Compression for receiving enabled.
    Compression has been used in the past to break encryption. Sent
    packets are not compressed unless "allow-compression yes" is also
    set.
4 2021-11-30 15:58:20 --cipher is not set. Previous OpenVPN version
    defaulted to BF-CBC as fallback when cipher negotiation failed in
    this case. If you need this fallback please add '--data-ciphers-
    fallback BF-CBC' to your configuration and/or add BF-CBC to --data-
    ciphers.
```

```
5 2021-11-30 15:58:20 OpenVPN 2.5.3 x86_64-suse-linux-gnu [SSL (OpenSSL)]
    [LZO] [LZ4] [EPOLL] [PKCS11] [MH/PKTINFO] [AEAD] built on Jun 17
    2021
6 2021-11-30 15:58:20 library versions: OpenSSL 1.1.1l 24 Aug 2021, LZO
    2.10
7 2021-11-30 15:58:20 WARNING: No server certificate verification method
    has been enabled. See http://openvpn.net/howto.html#mitm for more
    info.
8 2021-11-30 15:58:20 TCP/UDP: Preserving recently used remote address: [
    AF_INET]135.181.204.42:1194
9 2021-11-30 15:58:20 Socket Buffers: R=[212992->212992] S
    =[212992->212992]
10 2021-11-30 15:58:20 UDP link local: (not bound)
11 2021-11-30 15:58:20 UDP link remote: [AF_INET]135.181.204.42:1194
12 2021-11-30 15:58:20 TLS: Initial packet from [AF_INET
    ]135.181.204.42:1194, sid=1cf1ee33 f316b385
13 2021-11-30 15:58:20 VERIFY OK: depth=1, CN=g1.mi.hdm-stuttgart.de
14 2021-11-30 15:58:20 VERIFY OK: depth=0, CN=g1.mi.hdm-stuttgart.de
15 2021-11-30 15:58:20 Control Channel: TLSv1.2, cipher TLSv1.2 ECDHE-RSA-
    AES256-GCM-SHA384, peer certificate: 2048bit RSA, signature: RSA-
    SHA256
16 2021-11-30 15:58:20 [g1.mi.hdm-stuttgart.de] Peer Connection Initiated
    with [AF_INET]135.181.204.42:1194
17 2021-11-30 15:58:21 SENT CONTROL [g1.mi.hdm-stuttgart.de]: '
    PUSH_REQUEST' (status=1)
18 2021-11-30 15:58:21 PUSH: Received control message: 'PUSH_REPLY,route
    10.8.1.1,topology net30,ping 10,ping-restart 120,ifconfig 10.8.1.6
    10.8.1.5,peer-id 0,cipher AES-256-GCM'
19 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: timers and/or timeouts modified
20 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: --ifconfig/up options modified
21 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: route options modified
22 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: peer-id set
23 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: adjusting link_mtu to 1625
24 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: data channel crypto options
    modified
25 2021-11-30 15:58:21 Data Channel: using negotiated cipher 'AES-256-GCM'
26 2021-11-30 15:58:21 Outgoing Data Channel: Cipher 'AES-256-GCM'
    initialized with 256 bit key
27 2021-11-30 15:58:21 Incoming Data Channel: Cipher 'AES-256-GCM'
    initialized with 256 bit key
28 2021-11-30 15:58:21 ROUTE_GATEWAY 100.64.84.78/255.255.255.240 IFACE=
    wlp3s0 HWADDR=c8:94:02:bd:60:53
29 2021-11-30 15:58:21 TUN/TAP device tun0 opened
30 2021-11-30 15:58:21 /usr/sbin/ip link set dev tun0 up mtu 1500
31 2021-11-30 15:58:21 /usr/sbin/ip link set dev tun0 up
32 2021-11-30 15:58:21 /usr/sbin/ip addr add dev tun0 local 10.8.1.6 peer
    10.8.1.5
33 2021-11-30 15:58:21 /usr/sbin/ip route add 10.8.1.1/32 via 10.8.1.5
34 2021-11-30 15:58:21 WARNING: this configuration may cache passwords in
    memory -- use the auth-nocache option to prevent this
35 2021-11-30 15:58:21 Initialization Sequence Completed
```

3.2 Erklären Sie die einzelnen Parameter/Optionen der „server.conf“ und der „client.conf“.

Client:

```
1 client # Definiert dass es sich um eine
    Konfigurationsdatei für einen Client handelt.
2 dev tun # Als virtuelles Netzwerkgerät verwenden
    wir tun, welches nur TCP/IP-Verkehr weiterleitet und keinen
    Broadcast-Verkehr über den VPN-Tunnel bereitstellt.
3 proto udp # Hier wird festgelegt, welches Protokoll
    auf Ebene 4 verwendet werden soll.
4 remote 135.181.204.42 1194 # Gibt an mit welcher Adresse sich
    verbunden werden soll. Dies wäre auch mit einem Hostnamen möglich.
5 nobind # Veranlasst OpenVPN dazu einen zufä
    lligen clientseitigen Port zu verwenden.
6 persist-key # Versucht Zustände über den Neustart der
    Verbindung zu erhalten.
7 persist-tun # Versucht Zustände über den Neustart der
    Verbindung zu erhalten.
8 ca ca.crt # Gibt den Pfad zur Zertifikatsdatei der
    Certification Authority an.
9 cert issued/client-gl.crt # Gibt den Pfad zur Zertifikatsdatei des
    Clients an.
10 key private/client-gl.key # Gibt den Pfad zur Key-Datei des Clients
    an.
11 comp-lzo # Definiert dass keine Kompression
    verwendet werden soll.
12 verb 3 # Definiert die Ausführlichkeit des
    Outputs. 3: Infos über Key-Generierung, Routen, Debugging des TUN/
    TAP-Treibers, Push/Pull/Ifconfig-Pool, Authentifizierung
```

Server:

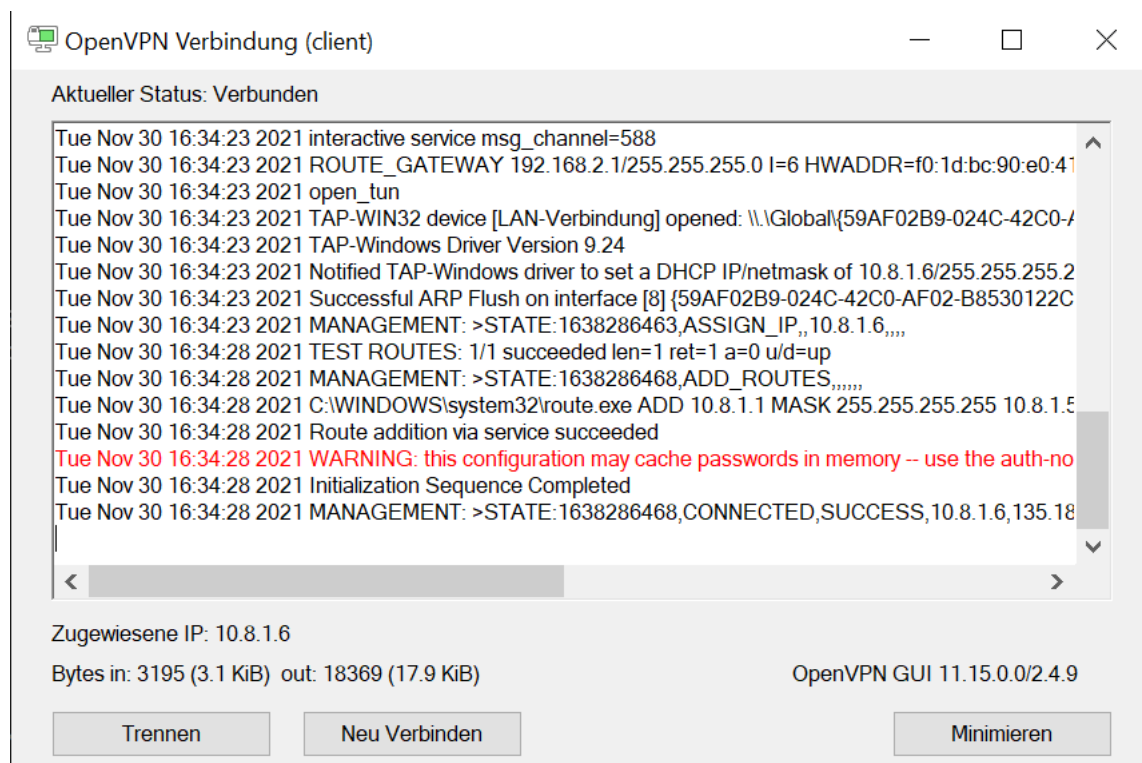
```
1 proto udp # Hier wird festgelegt, welches Protokoll
    auf Ebene 4 verwendet werden soll.
2 dev tun # Als virtuelles Netzwerkgerät verwenden
    wir tun, welches nur TCP/IP-Verkehr weiterleitet und keinen
    Broadcast-Verkehr über den VPN-Tunnel bereitstellt.
3 ca pki/ca.crt # Gibt den Pfad zur Zertifikatsdatei der
    Certification Authority an.
4 cert pki/issued/server-gl.crt # Gibt den Pfad zur Zertifikatsdatei des
    Servers an.
5 key pki/private/server-gl.key # Gibt den Pfad zur Key-Datei des Servers
    an.
6 dh pki/dh.pem # Gibt den Pfad zur Diffie-Hellman-Key-
    Datei des Servers an.
7 server 10.8.1.0 255.255.255.0 # Damit wird ein VPN-Subnetz unter
    Verwendung des Adressbereichs 10.8.1.XXX eingerichtet.
8 keepalive 10 120 # Hier wird alle 10 Sekunden ein Ping
```



```
abgesetzt und wenn nach 120 Sekunden keine Antwort kommt, gilt die
Verbindung als down.
9  comp-lzo                                # Definiert dass keine Kompression
    verwendet werden soll.
10 persist-key                             # Versucht Zustände über den Neustart der
    Verbindung zu erhalten.
11 persist-tun                             # Versucht Zustände über den Neustart der
    Verbindung zu erhalten.
12 verb 3                                  # Definiert die Ausführlichkeit des
    Outputs. 3: Infos über Key-Generierung, Routen, Debugging des TUN/
    TAP-Treibers, Push/Pull/Ifconfig-Pool, Authentifizierung
```

3.3 Versuchen Sie ebenfalls mit einem Windows-Client eine Verbindung zu Ihrem Server aufzubauen. Die Client-Software können Sie von: <https://openvpn.net/index.php/open-source/downloads.html> herunterladen.

TODO:



```
C:\Users\Elia1\OneDrive\Dokumente\MedienInformatik\Lehrstoff\Semester4\PraktRechner\Neuer Ordner>ipconfig

Windows-IP-Konfiguration

Unbekannter Adapter LAN-Verbindung:

    Verbindungsspezifisches DNS-Suffix:
    Verbindungslokale IPv6-Adresse . . : fe80::cb5:9d5e:4c41:db92%8
    IPv4-Adresse . . . . . : 10.8.1.6
    Subnetzmaske . . . . . : 255.255.255.252
    Standardgateway . . . . . :

Drahtlos-LAN-Adapter LAN-Verbindung* 1:

    Medienstatus. . . . . : Medium getrennt
    Verbindungsspezifisches DNS-Suffix:

Drahtlos-LAN-Adapter LAN-Verbindung* 2:

    Medienstatus. . . . . : Medium getrennt
    Verbindungsspezifisches DNS-Suffix:

Drahtlos-LAN-Adapter WLAN:

    Verbindungsspezifisches DNS-Suffix: Speedport_W_724V_Typ_A_05011603_06_003
    IPv6-Adresse. . . . . : 2003:cd:271d:f860:f4f2:d559:fca9:9fb2
    Verbindungslokale IPv6-Adresse . : fe80::f4f2:d559:fca9:9fb2%6
    IPv4-Adresse . . . . . : 192.168.2.104
    Subnetzmaske . . . . . : 255.255.255.0
    Standardgateway . . . . . : fe80::1%6
                                192.168.2.1

Ethernet-Adapter Bluetooth-Netzwerkverbindung:

    Medienstatus. . . . . : Medium getrennt
    Verbindungsspezifisches DNS-Suffix:
```

Windows verlangt, dass wir die “client.conf” in “client.ovpn” umbenennen. Die “client.ovpn” muss dann neben der “ca.crt”, “client-g1.crt”, “client-g1.key” abgelegt werden. Anschließend kann über die Gui eine Verbindung etabliert werden.

4 Analyse

4.1 Analyse der Logs

Inspizieren Sie die Log-Statements des Servers und des Clients. Ist ein Tunnel etabliert?

Client-Log:

```
1 # sudo openvpn --config client.conf
2 [sudo] password for root:
3 2021-11-30 15:58:20 WARNING: Compression for receiving enabled.
    Compression has been used in the past to break encryption. Sent
    packets are not compressed unless "allow-compression yes" is also
    set.
```

```
4 2021-11-30 15:58:20 --cipher is not set. Previous OpenVPN version
    defaulted to BF-CBC as fallback when cipher negotiation failed in
    this case. If you need this fallback please add '--data-ciphers-
    fallback BF-CBC' to your configuration and/or add BF-CBC to --data-
    ciphers.
5 2021-11-30 15:58:20 OpenVPN 2.5.3 x86_64-suse-linux-gnu [SSL (OpenSSL)]
    [LZO] [LZ4] [EPOLL] [PKCS11] [MH/PKTINFO] [AEAD] built on Jun 17
    2021
6 2021-11-30 15:58:20 library versions: OpenSSL 1.1.1l 24 Aug 2021, LZO
    2.10
7 2021-11-30 15:58:20 WARNING: No server certificate verification method
    has been enabled. See http://openvpn.net/howto.html#mitm for more
    info.
8 2021-11-30 15:58:20 TCP/UDP: Preserving recently used remote address: [
    AF_INET]135.181.204.42:1194
9 2021-11-30 15:58:20 Socket Buffers: R=[212992->212992] S
    =[212992->212992]
10 2021-11-30 15:58:20 UDP link local: (not bound)
11 2021-11-30 15:58:20 UDP link remote: [AF_INET]135.181.204.42:1194
12 2021-11-30 15:58:20 TLS: Initial packet from [AF_INET
    ]135.181.204.42:1194, sid=1cf1ee33 f316b385
13 2021-11-30 15:58:20 VERIFY OK: depth=1, CN=g1.mi.hdm-stuttgart.de
14 2021-11-30 15:58:20 VERIFY OK: depth=0, CN=g1.mi.hdm-stuttgart.de
15 2021-11-30 15:58:20 Control Channel: TLSv1.2, cipher TLSv1.2 ECDHE-RSA-
    AES256-GCM-SHA384, peer certificate: 2048 bit RSA, signature: RSA-
    SHA256
16 2021-11-30 15:58:20 [g1.mi.hdm-stuttgart.de] Peer Connection Initiated
    with [AF_INET]135.181.204.42:1194
17 2021-11-30 15:58:21 SENT CONTROL [g1.mi.hdm-stuttgart.de]: '
    PUSH_REQUEST' (status=1)
18 2021-11-30 15:58:21 PUSH: Received control message: 'PUSH_REPLY,route
    10.8.1.1,topology net30,ping 10,ping-restart 120,ifconfig 10.8.1.6
    10.8.1.5,peer-id 0,cipher AES-256-GCM'
19 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: timers and/or timeouts modified
20 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: --ifconfig/up options modified
21 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: route options modified
22 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: peer-id set
23 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: adjusting link_mtu to 1625
24 2021-11-30 15:58:21 OPTIONS IMPORT: data channel crypto options
    modified
25 2021-11-30 15:58:21 Data Channel: using negotiated cipher 'AES-256-GCM'
26 2021-11-30 15:58:21 Outgoing Data Channel: Cipher 'AES-256-GCM'
    initialized with 256 bit key
27 2021-11-30 15:58:21 Incoming Data Channel: Cipher 'AES-256-GCM'
    initialized with 256 bit key
28 2021-11-30 15:58:21 ROUTE_GATEWAY 100.64.84.78/255.255.255.240 IFACE=
    wlp3s0 HWADDR=c8:94:02:bd:60:53
29 2021-11-30 15:58:21 TUN/TAP device tun0 opened
30 2021-11-30 15:58:21 /usr/sbin/ip link set dev tun0 up mtu 1500
31 2021-11-30 15:58:21 /usr/sbin/ip link set dev tun0 up
32 2021-11-30 15:58:21 /usr/sbin/ip addr add dev tun0 local 10.8.1.6 peer
```

```

10.8.1.5
33 2021-11-30 15:58:21 /usr/sbin/ip route add 10.8.1.1/32 via 10.8.1.5
34 2021-11-30 15:58:21 WARNING: this configuration may cache passwords in
    memory -- use the auth-nocache option to prevent this
35 2021-11-30 15:58:21 Initialization Sequence Completed

```

Server-Log:

```

1 # sudo openvpn --config server.conf
2 Tue Nov 30 14:57:41 2021 OpenVPN 2.4.0 x86_64-pc-linux-gnu [SSL (
    OpenSSL)] [LZO] [LZ4] [EPOLL] [PKCS11] [MH/PKTINFO] [AEAD] built on
    Oct 14 2018
3 Tue Nov 30 14:57:41 2021 library versions: OpenSSL 1.0.2u  20 Dec 2019,
    LZO 2.08
4 Tue Nov 30 14:57:41 2021 Diffie-Hellman initialized with 2048 bit key
5 Tue Nov 30 14:57:41 2021 ROUTE_GATEWAY 172.31.1.1
6 Tue Nov 30 14:57:41 2021 TUN/TAP device tun0 opened
7 Tue Nov 30 14:57:41 2021 TUN/TAP TX queue length set to 100
8 Tue Nov 30 14:57:41 2021 do_ifconfig, tt->did_ifconfig_ipv6_setup=0
9 Tue Nov 30 14:57:41 2021 /sbin/ip link set dev tun0 up mtu 1500
10 Tue Nov 30 14:57:41 2021 /sbin/ip addr add dev tun0 local 10.8.1.1 peer
    10.8.1.2
11 Tue Nov 30 14:57:41 2021 /sbin/ip route add 10.8.1.0/24 via 10.8.1.2
12 Tue Nov 30 14:57:41 2021 Could not determine IPv4/IPv6 protocol. Using
    AF_INET
13 Tue Nov 30 14:57:41 2021 Socket Buffers: R=[212992->212992] S
    =[212992->212992]
14 Tue Nov 30 14:57:41 2021 UDPv4 link local (bound): [AF_INET][undef
    ]:1194
15 Tue Nov 30 14:57:41 2021 UDPv4 link remote: [AF_UNSPEC]
16 Tue Nov 30 14:57:41 2021 MULTI: multi_init called, r=256 v=256
17 Tue Nov 30 14:57:41 2021 IFCONFIG POOL: base=10.8.1.4 size=62, ipv6=0
18 Tue Nov 30 14:57:41 2021 Initialization Sequence Completed
19 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 TLS: Initial packet from
    [AF_INET]141.72.244.138:59463, sid=15b6f57f 995bddb5
20 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 VERIFY OK: depth=1, CN=g1
    .mi.hdm-stuttgart.de
21 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 VERIFY OK: depth=0, CN=g1
    .mi.hdm-stuttgart.de
22 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_VER=2.5.3
23 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_PLAT=linux
24 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_PROTO=6
25 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_NCP=2
26 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_CIPHERS=AES
    -256-GCM:AES-128-GCM
27 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_LZ4=1
28 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_LZ4v2=1
29 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_LZO=1
30 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_COMP_STUB=1
31 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_COMP_STUBv2
    =1

```

```
32 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 peer info: IV_TCPNL=1
33 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 WARNING: 'cipher' is
    present in local config but missing in remote config, local='cipher
    BF-CBC'
34 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 Control Channel: TLSv1.2,
    cipher TLSv1/SSLv3 ECDHE-RSA-AES256-GCM-SHA384, 2048 bit RSA
35 Tue Nov 30 14:58:20 2021 141.72.244.138:59463 [gl.mi.hdm-stuttgart.de]
    Peer Connection Initiated with [AF_INET]141.72.244.138:59463
36 Tue Nov 30 14:58:20 2021 gl.mi.hdm-stuttgart.de/141.72.244.138:59463
    MULTI_sva: pool returned IPv4=10.8.1.6, IPv6=(Not enabled)
37 Tue Nov 30 14:58:20 2021 gl.mi.hdm-stuttgart.de/141.72.244.138:59463
    MULTI: Learn: 10.8.1.6 -> gl.mi.hdm-stuttgart.de
    /141.72.244.138:59463
38 Tue Nov 30 14:58:20 2021 gl.mi.hdm-stuttgart.de/141.72.244.138:59463
    MULTI: primary virtual IP for gl.mi.hdm-stuttgart.de
    /141.72.244.138:59463: 10.8.1.6
39 Tue Nov 30 14:58:21 2021 gl.mi.hdm-stuttgart.de/141.72.244.138:59463
    PUSH: Received control message: 'PUSH_REQUEST'
40 Tue Nov 30 14:58:21 2021 gl.mi.hdm-stuttgart.de/141.72.244.138:59463
    SENT CONTROL [gl.mi.hdm-stuttgart.de]: 'PUSH_REPLY,route 10.8.1.1,
    topology net30,ping 10,ping-restart 120,ifconfig 10.8.1.6 10.8.1.5,
    peer-id 0,cipher AES-256-GCM' (status=1)
41 Tue Nov 30 14:58:21 2021 gl.mi.hdm-stuttgart.de/141.72.244.138:59463
    Data Channel Encrypt: Cipher 'AES-256-GCM' initialized with 256 bit
    key
42 Tue Nov 30 14:58:21 2021 gl.mi.hdm-stuttgart.de/141.72.244.138:59463
    Data Channel Decrypt: Cipher 'AES-256-GCM' initialized with 256 bit
    key
```

Aus dem Output lässt sich entnehmen, dass die Verbindung etabliert wurde und damit auch der Tunnel initialisiert wurde. Im Folgenden kann man auch sehen, dass nun die `tun` Netzwerkinterfaces angezeigt werden.

4.2 Funktionstest

Überprüfen Sie mit den Tools `ip link`, `ip address` und `ip route` die erzeugten Netzwerkkonfigurationen. Im Anschluss überprüfen Sie die Funktion des Tunnels mit einem Ping vom Client auf das `tun0` Device des Servers.

Zuerst verwenden wir `ip a`:

```
1 1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
    group default qlen 1000
2     link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
3     inet 127.0.0.1/8 scope host lo
4         valid_lft forever preferred_lft forever
5     inet6 ::1/128 scope host
6         valid_lft forever preferred_lft forever
```

```
7 2: enp2s0f0: <NO-CARRIER,BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state DOWN group default qlen 1000
8   link/ether 84:a9:38:67:f2:18 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
9 3: wlp3s0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue
   state UP group default qlen 1000
10  link/ether c8:94:02:bd:60:53 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
11  inet 100.64.84.65/28 brd 100.64.84.79 scope global dynamic
      noprefixroute wlp3s0
12      valid_lft 31703sec preferred_lft 31703sec
13  inet6 2001:7c7:2126:4b00:1c82:4bbd:d5bc:2749/64 scope global
      temporary dynamic
14      valid_lft 597550sec preferred_lft 78897sec
15  inet6 2001:7c7:2126:4b00:7431:96ca:2ac9:c43b/64 scope global
      dynamic mngtmpaddr noprefixroute
16      valid_lft 2591827sec preferred_lft 604627sec
17  inet6 fe80::3d0a:2eec:1296:52be/64 scope link noprefixroute
18      valid_lft forever preferred_lft forever
19 4: enp6s0f3u1u3c2: <NO-CARRIER,BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state DOWN group default qlen 1000
20  link/ether 00:50:b6:f5:31:44 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
21 6: tun0: <POINTOPOINT,MULTICAST,NOARP,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state UNKNOWN group default qlen 500
22  link/none
23  inet 10.8.1.6 peer 10.8.1.5/32 scope global tun0
24      valid_lft forever preferred_lft forever
25  inet6 fe80::847d:2db8:e5f6:2a09/64 scope link stable-privacy
26      valid_lft forever preferred_lft forever
```

Als Nächstes verwenden wir `ip link`

```
1 # ip link
2 1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
   mode DEFAULT group default qlen 1000
3   link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
4 2: enp2s0f0: <NO-CARRIER,BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state DOWN mode DEFAULT group default qlen 1000
5   link/ether 84:a9:38:67:f2:18 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
6 3: wlp3s0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue
   state UP mode DORMANT group default qlen 1000
7   link/ether c8:94:02:bd:60:53 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
8 4: enp6s0f3u1u3c2: <NO-CARRIER,BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state DOWN mode DEFAULT group default qlen 1000
9   link/ether 00:50:b6:f5:31:44 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
10 6: tun0: <POINTOPOINT,MULTICAST,NOARP,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state UNKNOWN mode DEFAULT group default qlen 500
11  link/none
```

Jetzt noch ein Test mit `ip route`:

```
1 e0 proto dhcp metric 600
2 10.8.1.1 via 10.8.1.5 dev tun0
```



```
3 10.8.1.5 dev tun0 proto kernel scope link src 10.8.1.6
4 100.64.84.64/28 dev wlp3s0 proto kernel scope link src 100.64.84.65
   metric 600
```

Als Letztes noch ein Ping vom Client an das `tun0` interface des Servers:

```

1 NG 10.8.1.1 (10.8.1.1) 56(84) bytes of data.
2 64 bytes from 10.8.1.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=25.5 ms
3 64 bytes from 10.8.1.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=25.3 ms
4 64 bytes from 10.8.1.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=25.5 ms
5 64 bytes from 10.8.1.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=25.0 ms
6 64 bytes from 10.8.1.1: icmp_seq=5 ttl=64 time=25.8 ms
7 64 bytes from 10.8.1.1: icmp_seq=6 ttl=64 time=25.5 ms
8 64 bytes from 10.8.1.1: icmp_seq=7 ttl=64 time=25.2 ms
9 ^C
10 --- 10.8.1.1 ping statistics ---
11 7 packets transmitted, 7 received, 0% packet loss, time 6008ms
12 rtt min/avg/max/mdev = 25.042/25.397/25.771/0.222 ms

```

5 Betrachtung via Wireshark

Stellen Sie den Unterschied der Datenpaketunverschlüsselt) mit Wireshark dar. Nutzen Sie dazu einen einfachen ping-Befehl. Beachten Sie, dass der Verkehr für Wireshark auf unterschiedlichen Interfaces stattfindet.

The screenshot shows a Kali Linux terminal with two windows. The top window displays a list of network packets captured on the interface 'eth3'. The bottom window shows a detailed view of a selected packet (No. 1194), which is an OpenVPN packet. The packet structure is shown in hex and ASCII, including the OpenVPN protocol header and the data payload.

Packet List (Top Window):

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
9360	59.64091133	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
9361	59.64091748	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
9364	59.66231011	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	135	MessageType: P_DATA_V2
9491	60.43396593	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	135	MessageType: P_DATA_V2
9492	60.43977171	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	135	MessageType: P_DATA_V2
9508	60.50822911	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
9525	60.54869008	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
9560	60.86627147	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	151	MessageType: P_DATA_V2
9756	61.86096883	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	151	MessageType: P_DATA_V2
9820	61.54097081	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
9873	62.54898802	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
9913	62.87088719	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	151	MessageType: P_DATA_V2
10054	63.87302360	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	151	MessageType: P_DATA_V2
10181	64.87281521	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	151	MessageType: P_DATA_V2
10251	65.87302360	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	151	MessageType: P_DATA_V2
10324	65.873829578	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	151	MessageType: P_DATA_V2
10436	66.58078827	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
10444	66.87483258	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	151	MessageType: P_DATA_V2
10574	67.461244754	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
10660	68.05280208	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
10667	68.05292543	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
10668	68.05294339	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
10739	68.50878614	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
10830	69.07679442	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
11037	70.54877544	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
11048	70.61278320	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
11057	70.68978448	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2
11067	70.788815765	192.168.178.23	135.181.204.42	OpenVPN	127	MessageType: P_DATA_V2

Packet Details (Bottom Window):

Frame 1194: 80 bytes on wire (640 bits), 80 bytes captured (640 bits) on interface eth3, id 8
 Ethernet II, Src: AVMedia_14:00:c0:ce:1e:a7:14:0b, Dst: Micro-St4:2f:0b:db:cb:8a:c4:2f:0b
 Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.178.23, Dst: 135.181.204.42
 User Datagram Protocol, Src Port: 1194, Dst Port: 55744
 Source Port: 1194
 Destination Port: 55744
 Length: 46
 Checksum: 0x92a2 [unverified]
 (Checksum Status: Unverified)
 [Stream index: 18]
 + [Timestamps]
 UDP payload (38 bytes)
 + OpenVPN Protocol
 - Type: 0x30 [opcode/key_id]
 0011... = 0xcode: P_DATA_V1 (0x0e)
 0000 = Key ID: 0
 - Data (37 bytes)

Hex Dump (Bottom Window):

```

0000  58 cb 81 c4 2f b2 cc e1 af 14 0b 08 00 45 00  E .....E
0010  00 42 c8 06 40 80 34 11 88 04 87 05 c2 2a 09  8 0 4 .....
0020  02 2f 0b c8 0b c8 2e 2e 02 30 08 00 8d 5a 00  -Z
0030  20 2f 0e 1e 7f cf 34 91 81 94 f9 58 02 3b 8d  f4 0 4 .....X...
0040  08 02 a8 62 91 30 94 40 44 47 98 c1 a5 48 67 c5  -b = K Dg -Hg
  
```

Capturing on tun0

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Apply a display filter ... <Ctrl-F>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	10.8.1.1	192.16.134.198	TCP	60	53589 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460 SACK_PERM=1 TSval=...
2	14.336828312	fe8b::f1d0::efe3::ecf2::ff02::12	...	ICMPv6	48	Router Solicitation
3	14.336830403	10.8.1.1	39.145.60.29	TCP	60	43588 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460 SACK_PERM=1 TSval=...
4	17.228926224	10.8.1.1	39.145.60.29	TCP	60	[TCP Retransmission] 43588 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=14...
5	17.775968984	10.8.1.1	39.145.60.29	TCP	60	[TCP Retransmission] 43588 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=14...
6	17.775968984	10.8.1.1	39.145.60.29	TCP	60	[TCP Retransmission] 43588 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=14...
7	17.775968984	10.8.1.1	39.145.60.29	TCP	60	[TCP Retransmission] 43588 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=14...
8	17.775968984	10.8.1.1	39.145.60.29	TCP	60	[TCP Retransmission] 43588 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=14...
9	0.51406397425	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57250, ttl=64 (request in 8)
10	0.52368379255	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 11)
12	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) reply id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (request in 10)
13	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) reply id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (request in 11)
14	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) reply id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (request in 12)
15	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 15)
16	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 16)
17	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 17)
18	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 18)
19	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 19)
20	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 20)
21	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 21)
22	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 22)
23	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 23)
24	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 24)
25	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 25)
26	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 26)
27	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 27)
28	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 28)
29	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 29)
30	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 30)
31	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 31)
32	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 32)
33	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 33)
34	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252, ttl=64 (reply in 34)
35	0.53737834567	10.8.1.1	10.8.1.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0001 seq=57252,

Im Interface `enp3s0` werden die Daten durch ein `OpenVPN` Protokoll gehandelt, diese Daten sind, wie im Screenshot zu sehen, verschlüsselt. Im Interface `tun0` werden die Daten mit einem `IPv4` Protokoll gehandelt.

6 Bis hierher haben wir nur Datenverbindung vom Client bis zum Server realisiert (In der Grafik grün dargestellt). Der Sinn einer VPN-Verbindung ist häufig die Network-to-Network-Anbindung. Eine ähnliche Verbindung ist eine Client-Verbindung über den VPN-Server nach draußen ins Internet. Folgende Grafik veranschaulicht die gewünschte Verbindung (rot dargestellt):

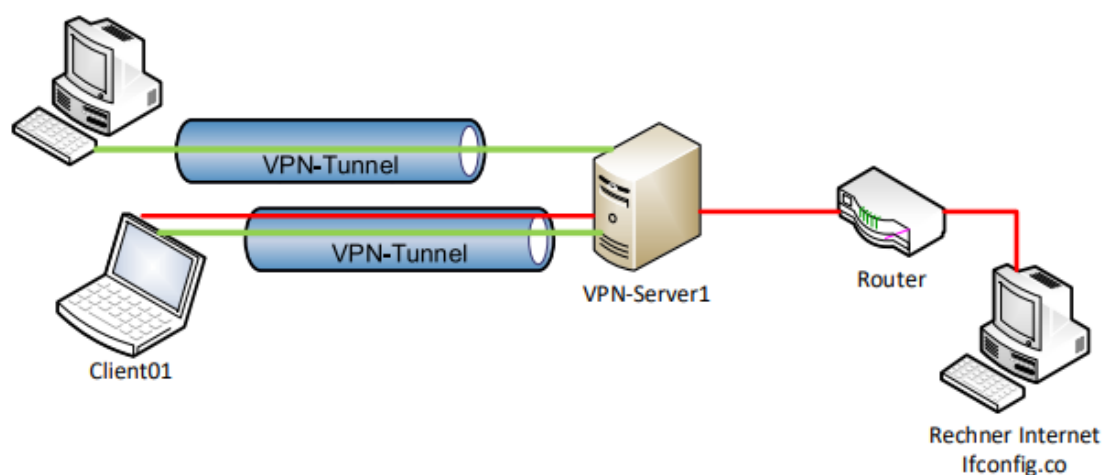


Abbildung 4: VPN Tunnel

Um die Funktion zu testen, nutzen Sie den Dienst „ifconfig.co“ (Versuchen Sie einmal die Adresse im Browser). Für was kann dieser Dienst genutzt werden?

Der Dienst kann genutzt werden um die eigene öffentliche IP-Adresse herauszufinden.

Da bei der Person, welche die Clientverbindung hatte, IPv6 verwendet wurde, lieferte `ifconfig.co` folgendes Ergebnis:

```
1 # curl ifconfig.co
2 2001:7c7:2126:4b00:b016:5c9f:1161:eb14
```

Stattdessen kann `api.ipify.org` verwendet werden:

```
1 # curl api.ipify.org
2 141.72.244.138
```

6.1 Änderung der Konfiguration

Die Datei `server.conf` muss um die IP des servers von `api.ipify.org` erweitert werden. Mit Dig können die IPs der Server verwendet werden. Wir erhalten hier mehrere IPs, da anscheinend Loadbalancing verwendet wird:

```
1 # dig api.ipify.org
2
3 ; <<>> DiG 9.16.23-RH <<>> api.ipify.org
4 ;; global options: +cmd
5 ;; Got answer:
6 ;; ->HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 52052
7 ;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 5, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1
8
9 ;; OPT PSEUDOSECTION:
10 ; EDNS: version: 0, flags;; udp: 65494
11 ;; QUESTION SECTION:
12 ;api.ipify.org.                IN      A
13
14 ;; ANSWER SECTION:
15 api.ipify.org.                3484    IN      CNAME   api.ipify.org.herokudns
16 .com.
17 api.ipify.org.herokudns.com. 5 IN      A       54.91.59.199
18 api.ipify.org.herokudns.com. 5 IN      A       52.20.78.240
19 api.ipify.org.herokudns.com. 5 IN      A       3.232.242.170
20 api.ipify.org.herokudns.com. 5 IN      A       3.220.57.224
21
22 ;; Query time: 27 msec
23 ;; SERVER: 127.0.0.53#53(127.0.0.53)
24 ;; WHEN: Wed Dec 01 11:55:12 CET 2021
25 ;; MSG SIZE rcvd: 147
```

Wir müssen also diese vier IPs in unsere Konfigurationsdatei einarbeiten:

```
1 # cat server.conf
2 proto udp
3 dev tun
4 ca pki/ca.crt
5 cert pki/issued/server-g1.crt
6 key pki/private/server-g1.key
7 dh pki/dh.pem
8 server 10.8.1.0 255.255.255.0
9 keepalive 10 120
10 comp-lzo
11 persist-key
12 persist-tun
13 verb 3
14 push "route 54.91.59.199 255.255.255.255"
15 push "route 52.20.78.240 255.255.255.255"
16 push "route 3.232.242.170 255.255.255.255"
```

```
17 push "route 3.220.57.224 255.255.255.255"
```

Zusätzlich müssen wir auf neue Firewall-Regeln auf dem Server einfügen:

```
1 # iptables -t nat -A POSTROUTING -s 10.8.1.0/24 -d 54.91.59.199 -j SNAT --to-source 135.181.204.42
2 # iptables -t nat -A POSTROUTING -s 10.8.1.0/24 -d 52.20.78.240 -j SNAT --to-source 135.181.204.42
3 # iptables -t nat -A POSTROUTING -s 10.8.1.0/24 -d 3.232.242.170 -j SNAT --to-source 135.181.204.42
4 # iptables -t nat -A POSTROUTING -s 10.8.1.0/24 -d 3.220.57.224 -j SNAT --to-source 135.181.204.42
```

Außerdem muss das IP-Forwarding eingeschaltet werden:

```
1 # sysctl net.ipv4.conf.all.forwarding=1
```

Was bewirken diese Konfigurationsänderungen? Warum sind sie nötig?

Die Änderung der Konfiguration ist nötig, um den Umfang des VPNs zu erweitern, sodass die Clients mehrere Maschinen (in unserem Fall api.ipify.org) im Servernetz erreichen können und nicht nur die Servermaschine selbst.

6.2 Funktionstest

Starten Sie den Open-VPN Client neu. Überprüfen Sie die Routen.

Nach dem Neustarten des Clients sehen die Routen wie folgt aus:

```
1 # ip route get 54.91.59.199
2 54.91.59.199 via 10.8.1.5 dev tun0 src 10.8.1.6 uid 1000
3 cache
```

```
1 # ip route get 52.20.78.240
2 52.20.78.240 via 10.8.1.5 dev tun0 src 10.8.1.6 uid 1000
3 cache
```

```
1 # ip route get 3.232.242.170
2 3.232.242.170 via 10.8.1.5 dev tun0 src 10.8.1.6 uid 1000
3 cache
```

```
1 # ip route get 3.220.57.224
2 3.220.57.224 via 10.8.1.5 dev tun0 src 10.8.1.6 uid 1000
3 cache
```

Rufen Sie den Dienst „ifconfig.co“ vom Client aus auf. Was ist das Resultat? Warum?

```
1 curl api.ipify.org
```

```
2 135.181.204.42
```

Das Resultat zeigt, dass der Traffic nun durch den Server getunnelt wird. Daher bekommen wir bei der Abfrage die IP-Adresse des Servers und nicht mehr unsere eigene IP-Adresse zurück.

7 Angenommen ein Client soll keinen Zugriff mehr über Ihren OpenVPN-Server erhalten. Wie verhindern Sie das, ohne dass Sie Zugang zum Client bekommen? Am Ende des Versuchs können sie die Methode für alle vergebenen Client-Zertifikate durchführen und testen. Können Sie diesen Vorgang wieder rückgängig machen, so das der Client wieder am VPN „teilnehmen“ kann?

Widerruf

Wenn wir das Zertifikat widerrufen, führt dies dazu, dass das Zertifikat ungültig wird und nicht mehr für Authentifizierungszwecke genutzt werden kann.

Dies kann mit folgendem Kommando geschehen:

```
1 # ./revoke-full client-g1
```

Durch das vorangegangene Kommando wurde eine CRL-Datei erstellt (Certificate Revocation List), diese muss nun in ein Verzeichnis kopiert werden, auf das der OpenVPN-Server zugriff hat.

Nun muss noch die CRL-Verifizierung aktiviert werden:

```
1 # crl-verify crl.pem
```

Hierdurch werden die Client-Zertifikate aller sich verbindenden Clients mit der CRL verglichen, und jede positive Übereinstimmung führt zum Abbruch der Verbindung.

Widerruf rückgängig machen

Die "saubere Variante" wäre ein neues Zertifikat zu erstellen, jedoch ist es auch möglich den Widerruf eines Zertifikats rückgängig zu machen. Hierzu muss man im CA-Ordner die `index.txt` bearbeiten, welche die Zertifikats-IDs beinhaltet. Diejenigen, die mit **V** beginnen, sind gültig, und diejenigen mit **R** sind widerrufen. Wir können diese Datei bearbeiten und das erste Zeichen in **V** ändern und die dritte Spalte (das Widerrufsdatum) löschen.

Nun müssen wir die CRL-Datei noch einmal neu generieren und das Zertifikat sollte wieder gültig sein.