
Praktikum Rechnernetze

Protokoll zu Versuch 4 (IPv6) von Gruppe 1

Jakob Waibel, Daniel Hiller, Elia Wüstner, Felix Pojtinger

2021-11-09

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
1.1	Mitwirken	3
1.2	Lizenz	3
2	IPv6-Adressen	4
3	IPv6 und DNS	12
4	Neighbor Solicitation	19
5	IPv6-Header	21
6	Privacy Extension	26
7	Feste IPv6-Adressen	29
8	Lease-Zeiten	33
9	OS-Updates	35

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 IPv6-Adressen

Voreinstellung für die Aufgaben - deaktivieren von IPv4 und aktivieren von IPv6 unter Windows.

Um IPv4 zu deaktivieren und IPv6 zu aktivieren, muss man in den Netzwerkeinstellungen zum jeweiligen Adapter über den Pfad **Systemsteuerung > Netzwerk und Internet > Netzwerkverbindungen > Adaptereinstellungen** navigieren. Hier wurde der Haken bei IPv6 (Internetprotokoll, Version6) gesetzt und bei IPv4 (Internetprotokoll, Version4) entfernt.

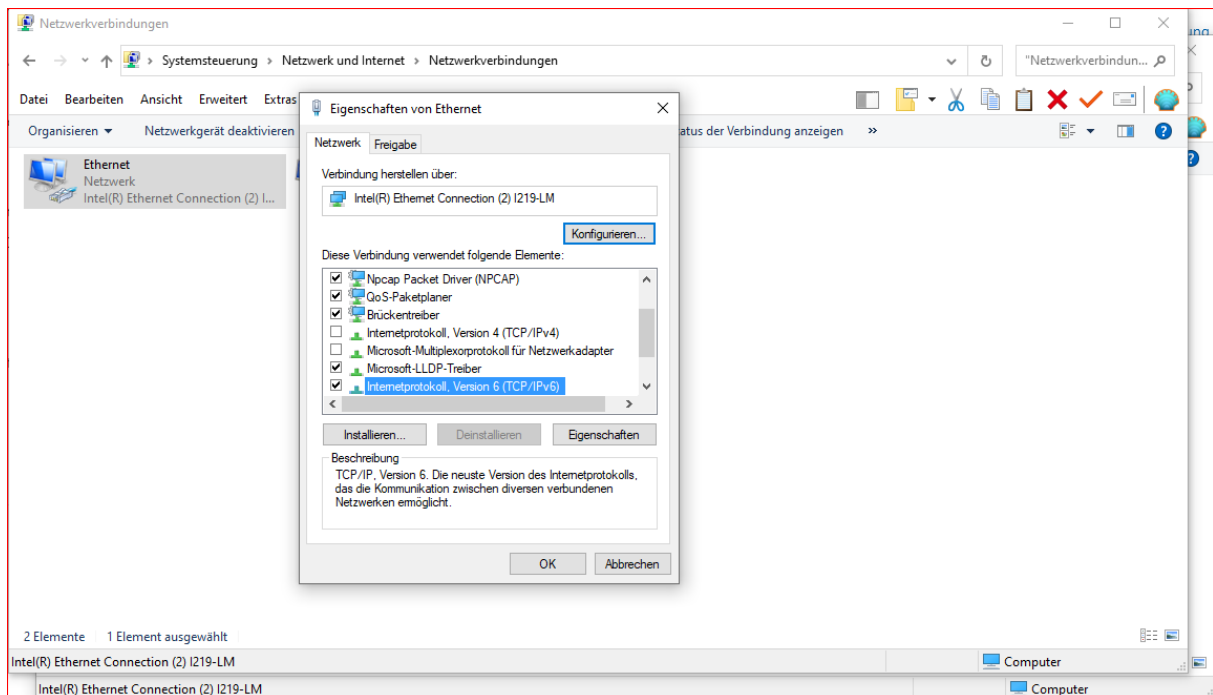


Abbildung 3: Deaktivieren von IPv4 und aktivieren von IPv6

Erkunden sie unter Windows und Ubuntu, wie viele IP-Adressen dem physikalischen Interface zugeordnet sind.

Linux

```
1 $ ip addr
2 1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
   group default qlen 1000
3     link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
4     inet 127.0.0.1/8 scope host lo
5         valid_lft forever preferred_lft forever
6 2: enp0s31f6: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state UP group default qlen 1000
7     link/ether 4c:52:62:0e:54:8b brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
8     inet 141.62.66.5/24 brd 141.62.66.255 scope global dynamic
       enp0s31f6
9         valid_lft 13993sec preferred_lft 13993sec
```

```
1 # /etc/sysctl.conf
2 net.ipv6.conf.all.disable_ipv6 = 0
3 net.ipv6.conf.default.disable_ipv6 = 0
4 net.ipv6.conf.lo.disable_ipv6 = 0
```

```
1 $ sudo sysctl -p
```

```
1 $ ip a
2 1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
   group default qlen 1000
3     link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
4     inet 127.0.0.1/8 scope host lo
5         valid_lft forever preferred_lft forever
6     inet6 ::1/128 scope host
7         valid_lft forever preferred_lft forever
8 2: enp0s31f6: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state UP group default qlen 1000
9     link/ether 4c:52:62:0e:54:8b brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
10    inet 141.62.66.5/24 brd 141.62.66.255 scope global dynamic
      enp0s31f6
11        valid_lft 13621sec preferred_lft 13621sec
12    inet6 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope global dynamic
      mngtmpaddr
13        valid_lft 86367sec preferred_lft 14367sec
14    inet6 fe80::4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope link
15        valid_lft forever preferred_lft forever
```

Windows

```
PS C:\WINDOWS\system32> Get-NetIPAddress -AddressFamily IPv6

IPAddress      : ::1
InterfaceIndex : 1
InterfaceAlias : Loopback Pseudo-Interface 1
AddressFamily  : IPv6
Type           : Unicast
PrefixLength   : 128
PrefixOrigin   : WellKnown
SuffixOrigin   : WellKnown
AddressState   : Preferred
ValidLifetime  : Infinite ([TimeSpan]::MaxValue)
PreferredLifetime : Infinite ([TimeSpan]::MaxValue)
SkipAsSource   : False
PolicyStore    : ActiveStore

IPAddress      : fe80::800:27ff:fe00:7%7
InterfaceIndex : 7
InterfaceAlias : VirtualBox Host-Only Network #3
AddressFamily  : IPv6
Type           : Unicast
PrefixLength   : 64
PrefixOrigin   : WellKnown
SuffixOrigin   : Link
AddressState   : Preferred
ValidLifetime  : Infinite ([TimeSpan]::MaxValue)
PreferredLifetime : Infinite ([TimeSpan]::MaxValue)
SkipAsSource   : False
PolicyStore    : ActiveStore

IPAddress      : fe80::4e52:62ff:fe0e:542b%12
InterfaceIndex : 12
InterfaceAlias : Ethernet
AddressFamily  : IPv6
Type           : Unicast
PrefixLength   : 64
PrefixOrigin   : WellKnown
SuffixOrigin   : Link
AddressState   : Preferred
ValidLifetime  : Infinite ([TimeSpan]::MaxValue)
PreferredLifetime : Infinite ([TimeSpan]::MaxValue)
SkipAsSource   : False
PolicyStore    : ActiveStore

IPAddress      : 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b
InterfaceIndex : 12
InterfaceAlias : Ethernet
AddressFamily  : IPv6
Type           : Unicast
PrefixLength   : 64
PrefixOrigin   : RouterAdvertisement
SuffixOrigin   : Link
AddressState   : Preferred
ValidLifetime  : 23:53:55
PreferredLifetime : 03:53:55
SkipAsSource   : False
PolicyStore    : ActiveStore
```

Abbildung 4: Anzeigen aller IPv6-Adressen

Es sind 3 Adressen zu finden; eine Host-Local-Adresse, eine Global-Unique-Adresse und eine Link-Local-Adresse.

Nun wird noch IPv4 deaktiviert:

Linux

```
1 $ sudo ip addr delete 141.62.66.5/24 dev enp0s31f6
2 $ ip a
3 1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
   group default qlen 1000
4     link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
5     inet 127.0.0.1/8 scope host lo
6         valid_lft forever preferred_lft forever
7     inet6 ::1/128 scope host
8         valid_lft forever preferred_lft forever
9 2: enp0s31f6: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state UP group default qlen 1000
10    link/ether 4c:52:62:0e:54:8b brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
11    inet6 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope global dynamic
        mngtmpaddr
12        valid_lft 86328sec preferred_lft 14328sec
13    inet6 fe80::4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope link
14        valid_lft forever preferred_lft forever
```

Woraus setzt sich die Link-Lokale-Adresse zusammen und erkennen Sie das EUI-64 Format?

Die Link-Lokale-Adresse setzt sich aus Prefix `fe80` und 48 Füll-Nullen, sowie der mit EUI-64 erweiterten MAC-Adresse zusammen.

Das EUI-64-Format lässt sich mittels `fe0e` bei `2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b/64` und `fe80::4e52:62ff:fe0e:548b/64` erkennen.

Wie lautet der Prefix und die Host-ID der Global-Unicast-Adresse?

Prefix: `2001:470:6d:4d0`

Linux

Host-ID: `4e52:62ff:fe0e:548b`

Windows

Host-ID: `4e52:62ff:fe0e:542b`

Testen Sie die Netzwerkverbindung zwischen dem Linux und dem Windows-Rechner mit einem Ping (IPv6)?

Vom Linux-Host zum Windows-Host:

```
1 $ ping6 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b
2 PING 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b(2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e
   :542b) 56 data bytes
3 64 bytes from 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b: icmp_seq=1 ttl=64
   time=1.33 ms
```

```
4 64 bytes from 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b: icmp_seq=2 ttl=64
   time=0.790 ms
5 64 bytes from 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b: icmp_seq=3 ttl=64
   time=0.787 ms
6 64 bytes from 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b: icmp_seq=4 ttl=64
   time=0.787 ms
7 64 bytes from 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b: icmp_seq=5 ttl=64
   time=0.775 ms
8 64 bytes from 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b: icmp_seq=6 ttl=64
   time=0.808 ms
9 ^C
10 --- 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b ping statistics ---
11 6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5078ms
12 rtt min/avg/max/mdev = 0.775/0.879/1.327/0.200 ms
```

Vom Windows-Host zum Linux-Host:

```
Ping wird ausgeführt für 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b mit 32 Bytes Daten:
Antwort von 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b: Zeit<1ms
Antwort von 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b: Zeit<1ms
Antwort von 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b: Zeit<1ms
Antwort von 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b: Zeit<1ms

Ping-Statistik für 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b:
    Pakete: Gesendet = 4, Empfangen = 4, Verloren = 0
    (0% Verlust),
Ca. Zeitangaben in Millisek.:
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Mittelwert = 0ms
PS C:\WINDOWS\system32>
```

Abbildung 5: Ping von Windows zu Linux

Lassen Sie sich die Routen anzeigen und ermitteln Sie die „Default Route“

Linux

```
1 $ ip -6 route show
2 2001:470:6d:4d0::/64 dev enp0s31f6 proto kernel metric 256 expires
   86097sec pref medium
3 fe80::/64 dev enp0s31f6 proto kernel metric 256 pref medium
4 default via fe80::fad1:11ff:febd:6612 dev enp0s31f6 proto ra metric
   1024 expires 1497sec hoplimit 64 pref medium
```

Windows

```
PS C:\WINDOWS\system32> tracert 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b
Routenverfolgung zu 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b über maximal 30 Hops
 1    <1 ms    <1 ms    <1 ms    2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b
Ablaufverfolgung beendet.
```

Abbildung 6: Ping von Windows zu Linux**Wer antwortet auf Multicast-Adressen?**

Linux

```
1 $ ping6 ff02::1%enp0s31f6 # Stations
2 PING ff02::1%enp0s31f6(ff02::1%enp0s31f6) 56 data bytes
3 64 bytes from fe80::4e52:62ff:fe0e:548b%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
   time=0.057 ms
4 64 bytes from fe80::268:ebff:feb3:3487%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
   time=0.292 ms
5 64 bytes from fe80::fad1:11ff:febd:6612%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
   time=0.292 ms
6 64 bytes from fe80::dcab:6dff:fef8:ad58%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
   time=0.359 ms
7 64 bytes from fe80::b858:f6ff:fe60:f766%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
   time=0.359 ms
8 64 bytes from fe80::a4e2:e2ff:febd:e47d%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
   time=0.359 ms
9 64 bytes from fe80::4e52:62ff:fe0e:5401%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
   time=0.426 ms
10 64 bytes from fe80::4e52:62ff:fe0e:e0e6%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
   time=0.426 ms
11 64 bytes from fe80::4e52:62ff:fe0e:545d%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
   time=0.426 ms
12 64 bytes from fe80::4e52:62ff:fe0e:e0e9%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
   time=0.478 ms
```

```
13 64 bytes from fe80::b04f:d6ff:fe65:93c7%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.478 ms
14 64 bytes from fe80::268:ebff:feb3:3358%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.704 ms
15 64 bytes from fe80::6039:f6ff:fe7b:b087%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.777 ms
16 64 bytes from fe80::24c5:4ff:fe8a:faeb%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.777 ms
17 64 bytes from fe80::e0a2:5fff:fe18:2fe8%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.777 ms
18 64 bytes from fe80::74a8:deff:fe8b:4aa%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.778 ms
19 64 bytes from fe80::6cfd:9fff:fe6d:3174%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.841 ms
20 64 bytes from fe80::8461:e8ff:fec4:28e5%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.841 ms
21 64 bytes from fe80::40bc:f2ff:fec8:62dd%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.841 ms
22 64 bytes from fe80::f02a:80ff:fe19:5233%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.841 ms
23 64 bytes from fe80::609:73ff:feaa:8ac0%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.888 ms
24 64 bytes from fe80::609:73ff:feaa:8b80%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.971 ms
25 64 bytes from fe80::215:99ff:fe7f:339d%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=1.21 ms
26 ^C
27 --- ff02::1%enp0s31f6 ping statistics ---
28 1 packets transmitted, 1 received, +22 duplicates, 0% packet loss, time
    0ms
29 rtt min/avg/max/mdev = 0.057/0.617/1.210/0.274 ms
30 $ ping6 ff02::2%enp0s31f6 # Router
31 PING ff02::2%enp0s31f6(ff02::2%enp0s31f6) 56 data bytes
32 64 bytes from fe80::fad1:11ff:febd:6612%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.299 ms
33 64 bytes from fe80::268:ebff:feb3:3487%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.525 ms
34 64 bytes from fe80::268:ebff:feb3:3358%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=64
    time=0.675 ms
35 64 bytes from fe80::fad1:11ff:febd:6612%enp0s31f6: icmp_seq=2 ttl=64
    time=0.302 ms
36 64 bytes from fe80::268:ebff:feb3:3487%enp0s31f6: icmp_seq=2 ttl=64
    time=0.465 ms
37 64 bytes from fe80::268:ebff:feb3:3358%enp0s31f6: icmp_seq=2 ttl=64
    time=0.697 ms
38 64 bytes from fe80::fad1:11ff:febd:6612%enp0s31f6: icmp_seq=3 ttl=64
    time=0.294 ms
39 64 bytes from fe80::268:ebff:feb3:3487%enp0s31f6: icmp_seq=3 ttl=64
    time=0.294 ms
40 64 bytes from fe80::268:ebff:feb3:3358%enp0s31f6: icmp_seq=3 ttl=64
    time=0.648 ms
```

```
41 ^C
42 --- ff02::2%enp0s31f6 ping statistics ---
43 3 packets transmitted, 3 received, +6 duplicates, 0% packet loss, time
    2057ms
44 rtt min/avg/max/mdev = 0.294/0.466/0.697/0.165 ms
```

Windows

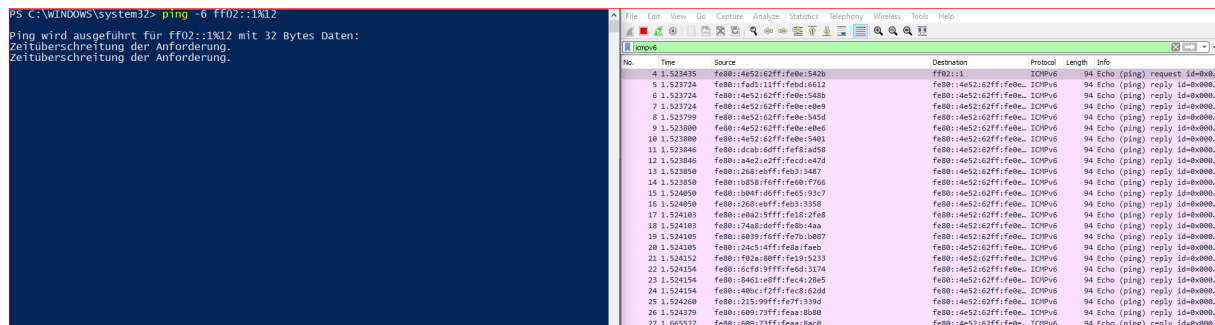


Abbildung 7: Ping alle IPv6 Clients

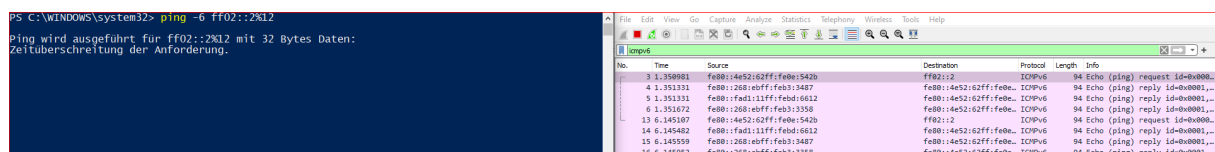


Abbildung 8: Ping IPv6 Multicast

Mit einem Ping mit Hilfe von `ping6 ff02::1:enp0s31f6` lassen sich alle Nodes im Netzwerk anpingen. Im Gegensatz dazu antworten bei `ping6 ff02::2:enp0s31f6` alle Router.

Können Sie einzelne Nodes anhand der MAC-Adresse identifizieren?

Die Station `fe80::fad1:11ff:febd:6612` konnte erkannt werden; diese ist wie zuvor schon beschrieben (`ip -6 route show`) das Standardgateway.

Wieviele unterschiedliche Stationen antworten darauf, oder wieviele aktive Komponenten im RN-LAN arbeiten bereits mit IPv6?

Es sind 23 IPv6-Stationen im Netzwerk; die Adressen der Router `fe80::fad1:11ff:febd:6612`, `fe80::268:ebff:feb3:3487` und `fe80::268:ebff:feb3:3358` finden sich wie oben zu erkennen ist auch im ersten `ping`-Command.

3 IPv6 und DNS

Identifizieren Sie mit Wireshark die Pakete mit denen der Router im Netz das Prefix mitteilt. Welches Protokoll wird dafür benutzt und um welchen Type handelt es sich und wie lautet die Zieladresse des Pakets?

Das verwendete Protokoll ist wie auch in den unten stehenden Screenshots zu sehen **ICMPv6**. Die Types sind **Router Solicitation** und **Router Advertisement**. Die Zieladresse des Pakets ist die Multicast-Adresse **ff02::1**.

Router Solicitation:

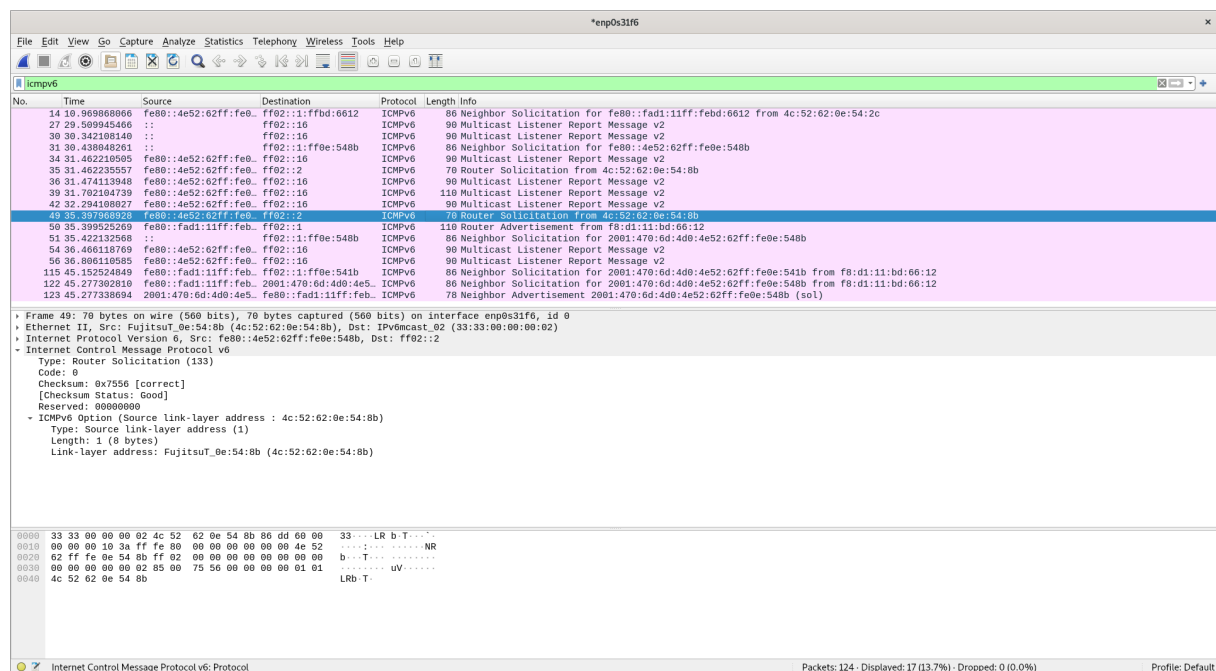
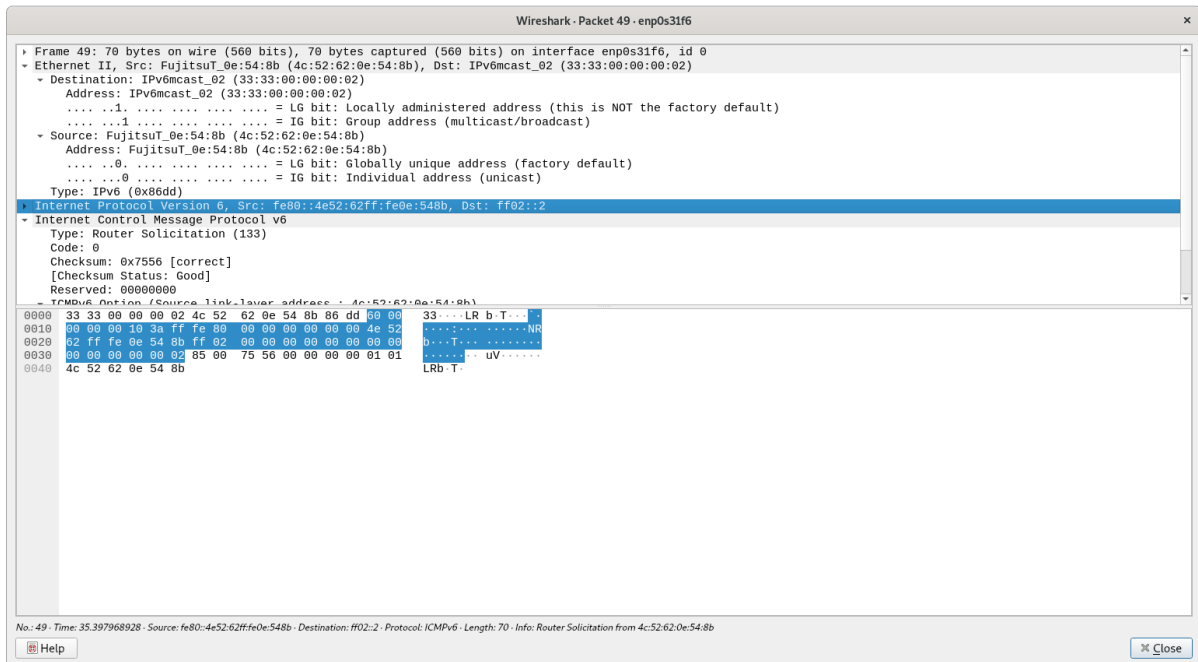
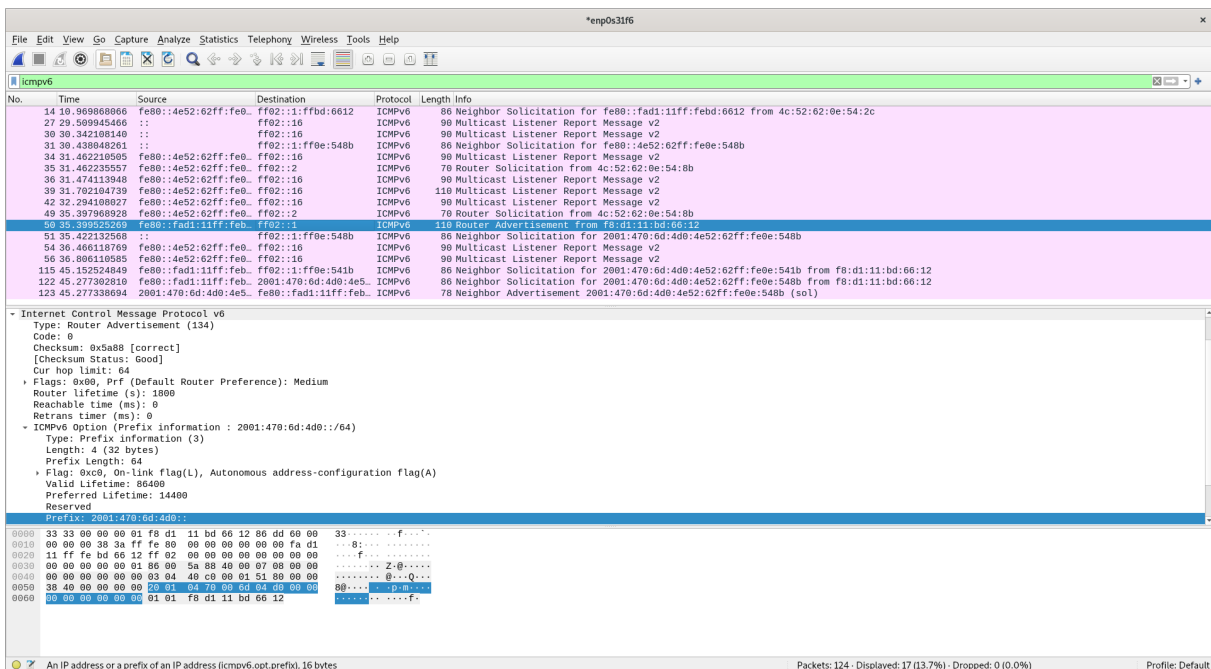


Abbildung 9: Router Solicitation

**Abbildung 10:** Router Solicitation Details: Die Zieladresse ist ff02::1.

Router Advertisement:

**Abbildung 11:** Router Advertisement

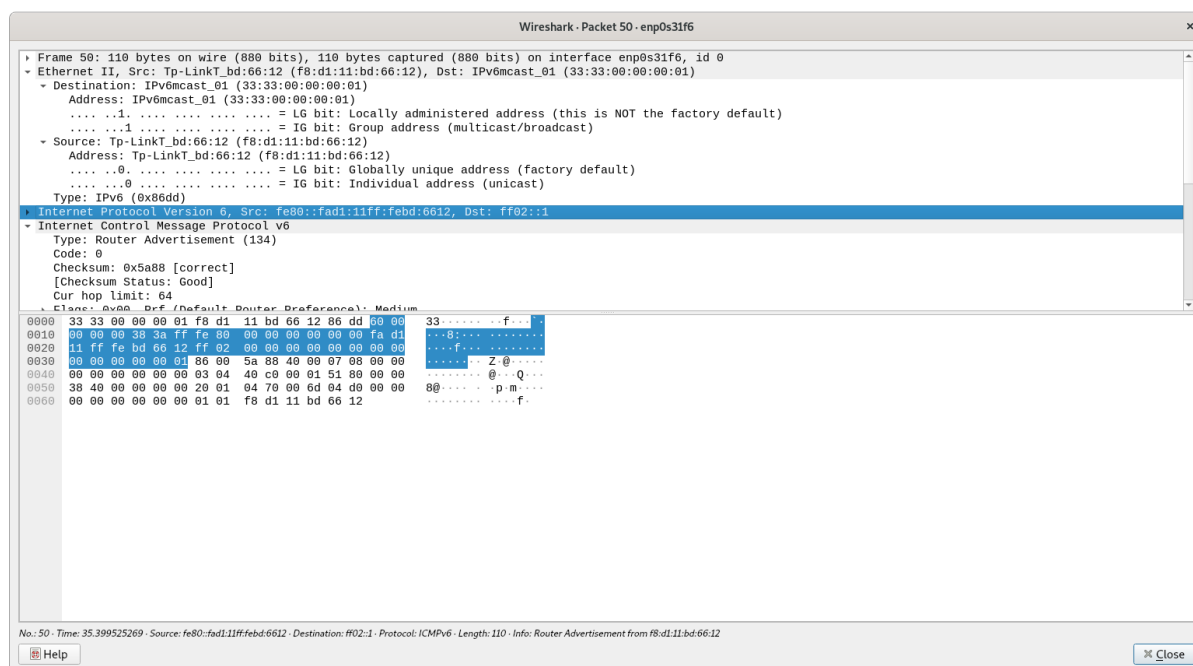


Abbildung 12: Router Advertisement Details: Die Zieladresse ist `ff02::1`.

Kommen Sie raus in das Internet? Was ist dazu noch erforderlich?

Linux

```
1 praktikum@rn05:~$ ping google.com
2 PING google.com(fra24s06-in-x0e.1e100.net (2a00:1450:4001:829::200e))
  56 data bytes
3 64 bytes from fra24s06-in-x0e.1e100.net (2a00:1450:4001:829::200e):
  icmp_seq=1 ttl=117 time=55.7 ms
4 ^C
5 --- google.com ping statistics ---
6 1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
7 rtt min/avg/max/mdev = 55.651/55.651/55.651/0.000 ms
8 praktikum@rn05:~$ sudo ip addr del 141.62.66.5/24 dev enp0s31f6
9 praktikum@rn05:~$ ip a
10 1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
   group default qlen 1000
   link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
   inet 127.0.0.1/8 scope host lo
       valid_lft forever preferred_lft forever
   inet6 ::1/128 scope host
       valid_lft forever preferred_lft forever
16 2: enp0s31f6: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state UP group default qlen 1000
   link/ether 4c:52:62:0e:54:8b brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

```
18      inet6 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope global dynamic
      mngtmpaddr
19      valid_lft 86055sec preferred_lft 14055sec
20      inet6 fe80::4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope link
21      valid_lft forever preferred_lft forever
22 praktikum@rn05:~$ ping 8.8.8.8
23 ping: connect: Network is unreachable
24 praktikum@rn05:~$ ping google.com
25 ping: google.com: Name or service not known
26 praktikum@rn05:~$ ping6 2a00:1450:4001:829::200e
27 PING 2a00:1450:4001:829::200e(2a00:1450:4001:829::200e) 56 data bytes
28 64 bytes from 2a00:1450:4001:829::200e: icmp_seq=1 ttl=117 time=55.9 ms
29 64 bytes from 2a00:1450:4001:829::200e: icmp_seq=2 ttl=117 time=56.0 ms
30 ^C
31 --- 2a00:1450:4001:829::200e ping statistics ---
32 2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
33 rtt min/avg/max/mdev = 55.925/55.962/56.000/0.037 ms
```

Wie zu erkennen ist, können DNS-Requests noch nicht beantwortet werden (`sudo ip addr del 141.62.66.5/24 dev enp0s31f6` deaktiviert hier IPv6), wird jedoch die IPv6-Adresse `2a00:1450:4001:829::200e` direkt verwendet, so kann eine direkte Verbindung (hier z.B. zu Google) aufgebaut werden. Um das Internet jedoch in vollem Umfang nutzen zu können, muss noch ein IPv6-fähiger Nameserver eingerichtet werden.

Windows

Wie bereits unter Linux beschrieben müssen wir einen IPv6-fähigen Nameserver hinterlegen. Dies können wir über Windows wieder mit Hilfe des GUIs erledigen **Systemsteuerung > Netzwerk und ethernet > Netzwerkverbindungen > Adaptereinstellungen > Eigenschaften von Internetprotokoll, Version 6** (TCP/IPv6. Hier kann im Feld **Bevorzugter DNS-Server** der DNS-Server hinterlegt und mit dem **OK-Button** bestätigt werden.

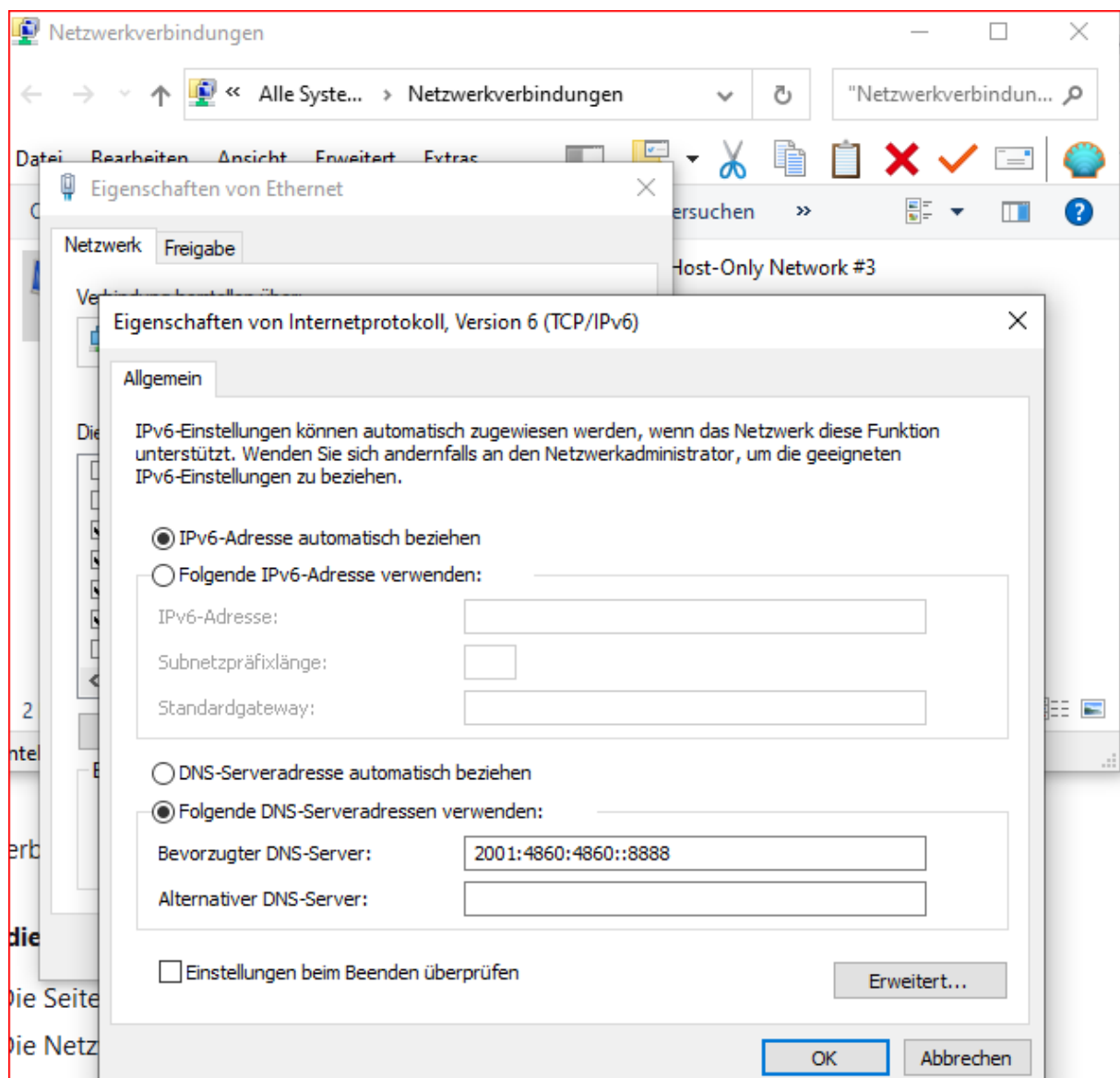


Abbildung 13: IPv6 DNS Server hinterlegen

Rufen Sie die Webseite www.kame.net mittels IPv6-Adresse auf (kame.net ist manchmal instabil, alternativ versuchen Sie ipv6.google.com)

Zuerst wurde ein IPv6-fähiger Nameserver eingerichtet und getestet:

```
1 $ cat /etc/resolv.conf
2 nameserver 2001:4860:4860::8888
3 $ ping6 2001:4860:4860::8888
4 PING 2001:4860:4860::8888(2001:4860:4860::8888) 56 data bytes
5 64 bytes from 2001:4860:4860::8888: icmp_seq=1 ttl=119 time=34.1 ms
```



```
6 ^C
7 --- 2001:4860:4860::8888 ping statistics ---
8 1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
9 rtt min/avg/max/mdev = 34.118/34.118/34.118/0.000 ms
10 $ dig @2001:4860:4860::8888 +noall +answer google.com AAAA
11 google.com.      300 IN  AAAA    2a00:1450:4005:802::200e
12 $ dig +noall +answer google.com AAAA
13 google.com.      300 IN  AAAA    2a00:1450:4005:802::200e
14 $ ping google.com
15 PING google.com(ham02s21-in-x0e.1e100.net (2a00:1450:4005:802::200e))
    56 data bytes
16 64 bytes from ham02s21-in-x0e.1e100.net (2a00:1450:4005:802::200e):
    icmp_seq=1 ttl=119 time=26.5 ms
17 ^C
18 --- google.com ping statistics ---
19 1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
20 rtt min/avg/max/mdev = 26.463/26.463/26.463/0.000 ms
```

www.kame.net zeigt eine sich bewegende Schildkröte:

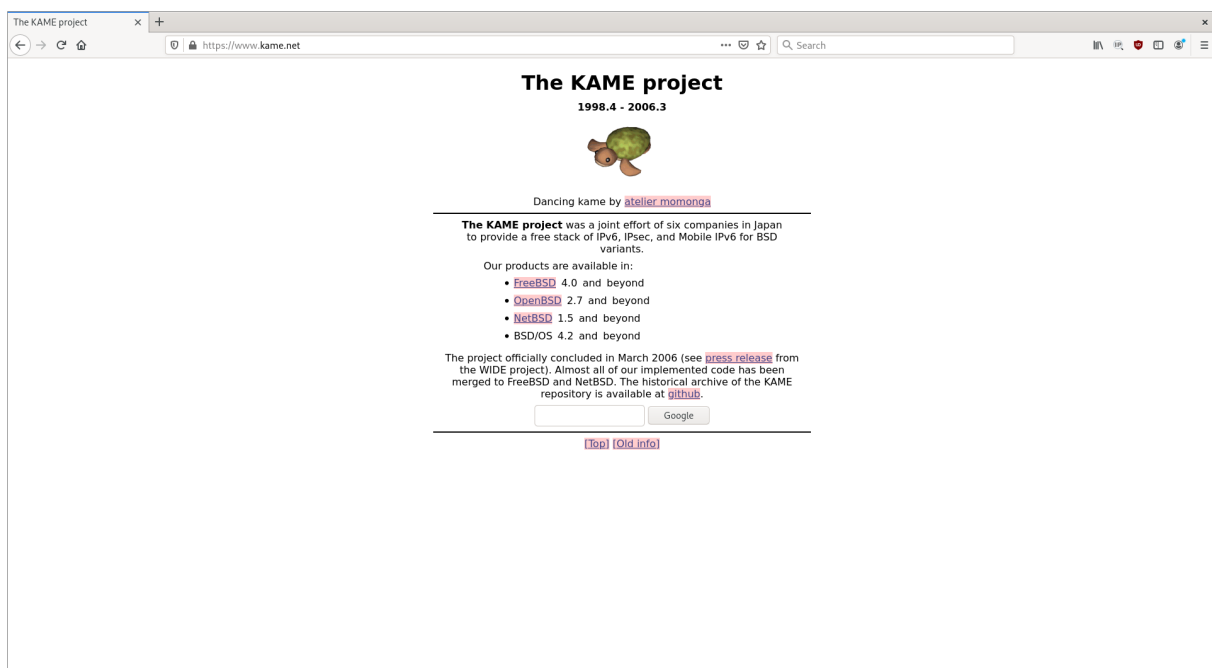


Abbildung 14: Firefox stellt www.kame.net dar

Mit welcher IPv6-Adresse sie im Netz unterwegs sind, zeigt die Seite <http://www.heise.de/netze/tools/meine-ip-adresse> an

Linux

Wir haben hierzu den Dienst `ifconfig.io` verwendet.

```
1 $ curl https://ifconfig.io
2 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b
```

Windows

Dieses mal wurde die IPv6-Adresse mit Hilfe von Heise herausgefunden.



Abbildung 15: Heise meine IP Adresse

Welche IPv6-Adresse hat `http://www.google.com`?

```
1 $ dig +noall +answer google.com AAAA
2 google.com.          300 IN AAAA      2a00:1450:4005:802::200e
```

Die IPv6-Adresse von `http://www.google.com` lautet `2a00:1450:4005:802:200e`.

Was ist das besondere an der IPv6-Adresse von Facebook?

```
1 $ dig +noall +answer facebook.com AAAA
2 facebook.com.        300 IN AAAA      2a03:2880:f131:83:face:b00c:0:25de
```

Facebook hat das 5. und 6. Hextet `face` und `b00c`, als Anspielung zum Firmennamen, in deren IPv6-Adresse.

Lösen Sie mittels `nslookup` oder `dig` die URL `openldap.org` in die IPv6-Adresse auf!

```
1 $ dig +noall +answer openldap.org AAAA
2 openldap.org.        300 IN AAAA      2600:3c00:e000:2d3::1
```

Die IPv6-Adresse von `openldap.org` lautet `2600:3c00:e000:2d3::1`.

4 Neighbor Solicitation

Starten Sie den „Kabelhai“ und pingen Sie ihren Nachbarrechner. Welches Protokoll/Type wird anstatt ARP zur Ermittlung der MAC-Adressen verwendet?

Windows

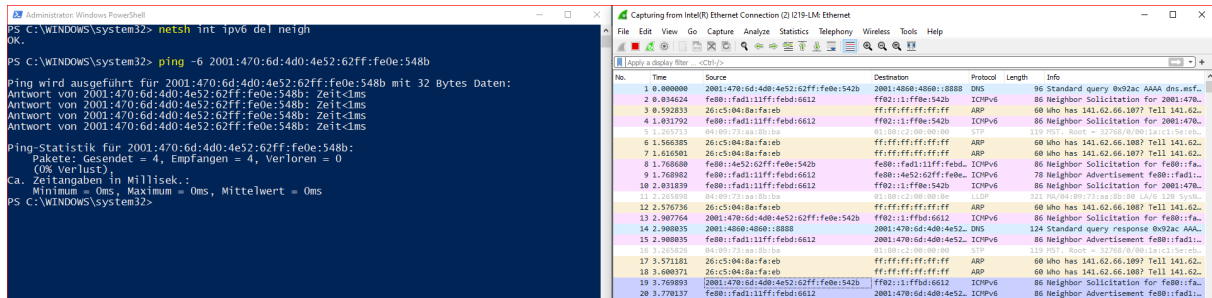


Abbildung 16: Solicitation und Advertisement-Pakete in Wireshark - Windows

Linux

```
1 $ sudo ip neigh flush dev enp0s31f6
2 $ ping6 fe80::fad1:11ff:febd:6612
3 PING fe80::fad1:11ff:febd:6612 (fe80::fad1:11ff:febd:6612) 56 data bytes
4 64 bytes from fe80::fad1:11ff:febd:6612%enp0s31f6: icmp_seq=1 ttl=255
   time=0.568 ms
5 ^C
6 --- fe80::fad1:11ff:febd:6612 ping statistics ---
7 1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
8 rtt min/avg/max/mdev = 0.568/0.568/0.568/0.000 ms
```

Abbildung 17: Solicitation und Advertisement-Pakete in Wireshark - Linux

Welche Zieladresse wird im ersten Neighbour-Paket verwendet und um welchen Adresstyp handelt es sich?

Jakob Waibel, Daniel Hiller, Elia Wüstner, Felix Pöjtner

5 IPv6-Header

Starten Sie Wireshark und senden sie ein ping an einen IPv6-fähigen Webserver (www.ix.de, http://www.heise.de, http://www.kame.net), stoppen Sie Wireshark und schauen sich den Trace an.

Windows

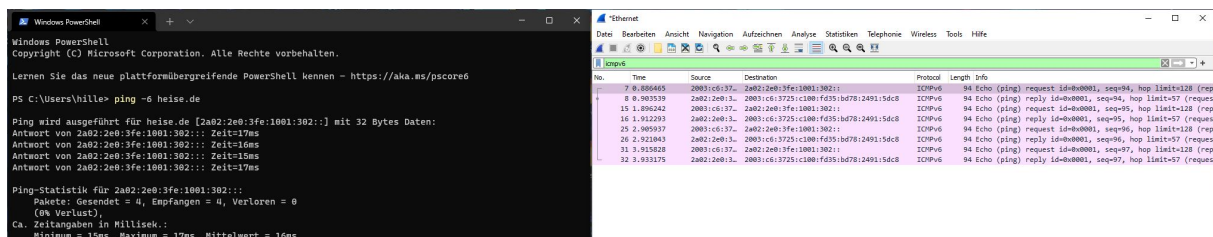


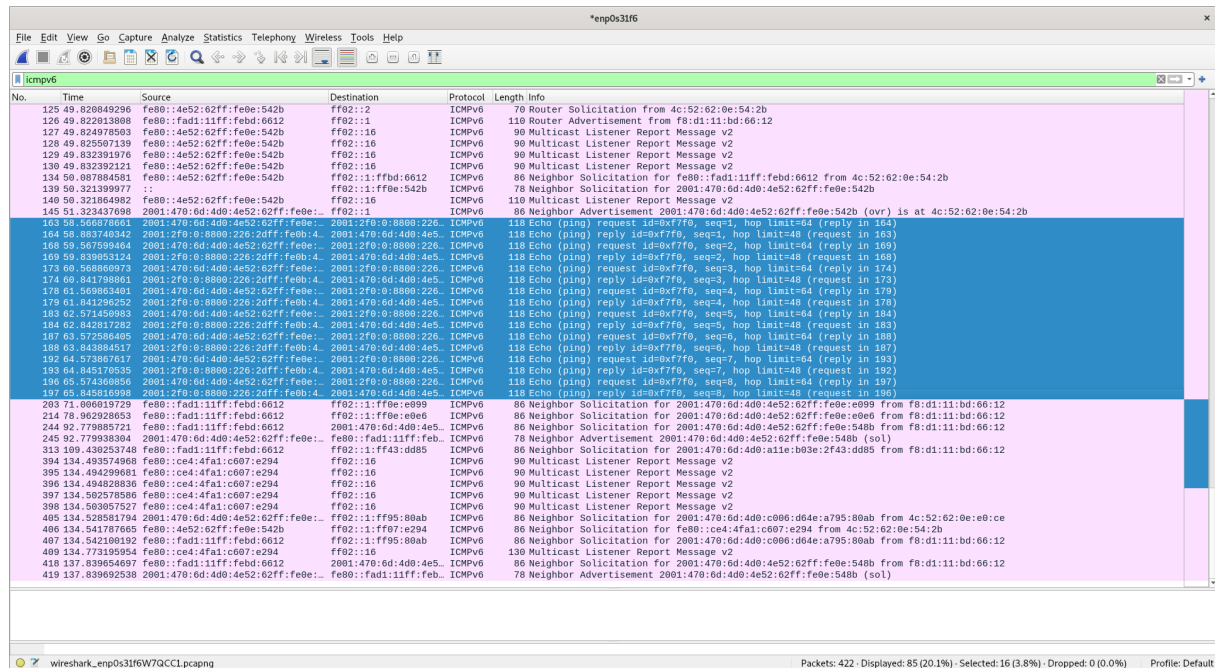
Abbildung 18: Ping Heise

Linux

```

1 $ ping www.kame.net
2 PING www.kame.net(2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0
   :0:8800:226:2dff:fe0b:4311)) 56 data bytes
3 64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0:0:8800:226:2
   dff:fe0b:4311): icmp_seq=1 ttl=48 time=317 ms
4 64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0:0:8800:226:2
   dff:fe0b:4311): icmp_seq=2 ttl=48 time=271 ms
5 64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0:0:8800:226:2
   dff:fe0b:4311): icmp_seq=3 ttl=48 time=273 ms
6 64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0:0:8800:226:2
   dff:fe0b:4311): icmp_seq=4 ttl=48 time=271 ms
7 64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0:0:8800:226:2
   dff:fe0b:4311): icmp_seq=5 ttl=48 time=271 ms
8 64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0:0:8800:226:2
   dff:fe0b:4311): icmp_seq=6 ttl=48 time=271 ms
9 64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0:0:8800:226:2
   dff:fe0b:4311): icmp_seq=7 ttl=48 time=271 ms
10 64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0:0:8800:226:2
    dff:fe0b:4311): icmp_seq=8 ttl=48 time=272 ms
11 ^C
12 --- www.kame.net ping statistics ---
13 8 packets transmitted, 8 received, 0% packet loss, time 7008ms
14 rtt min/avg/max/mdev = 271.343/277.307/316.896/14.971 ms

```

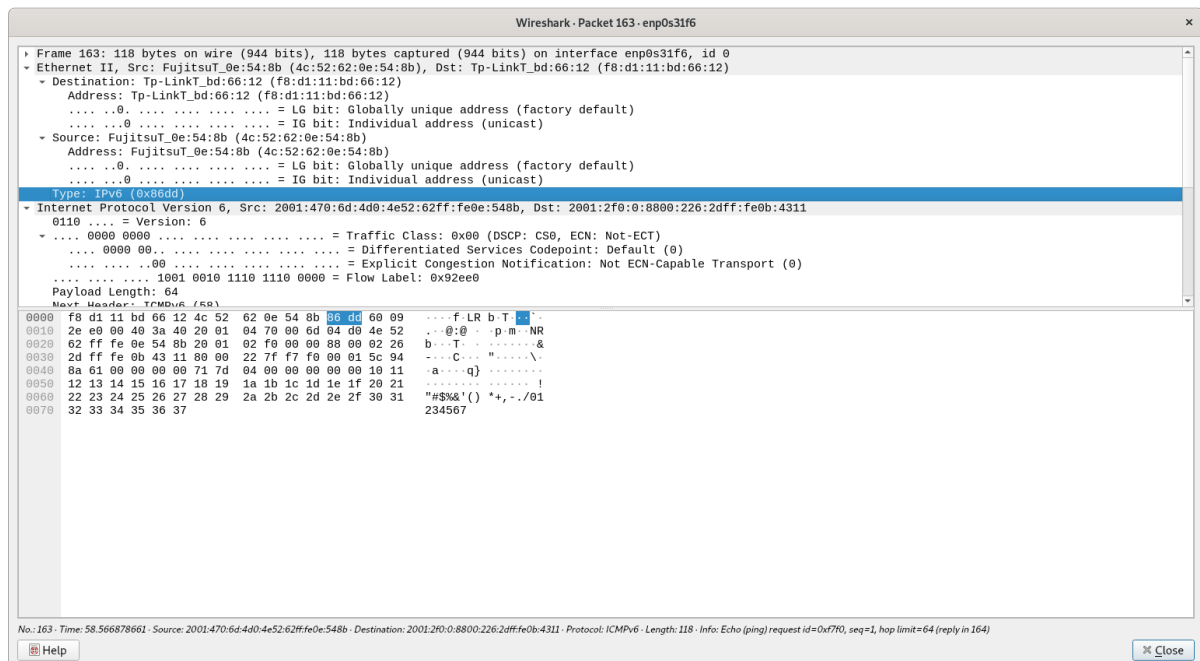


The screenshot shows a Wireshark packet capture on interface enp0s31f6. The packet list displays 422 packets, with 85 displayed (20.1%). The selected packet is packet 163, an ICMPv6 Echo (ping) request. The packet details pane shows the Ethernet II header, Internet Protocol Version 6 header, and ICMPv6 Echo (ping) request. The packet bytes pane shows the raw data of the packet, including the Ethernet frame and the ICMPv6 message.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
125	49.829849296	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::2	ICMPv6	70	Router Solicitation from 4c:52:62:0e:54:2b
126	49.829813868	fe80::fad1:11ff:febd:6612	ff02::1	ICMPv6	110	Router Advertisement from f8:d1:11:bd:66:12
127	49.829878593	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
128	49.825507139	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
129	49.832391976	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
130	49.832392111	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
134	50.087884581	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::1:ffbd:6612	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::fad1:11ff:febd:6612 from 4c:52:62:0e:54:2b
139	50.321399977	..	ff02::1:ffbd:6612	ICMPv6	78	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b
140	50.321064982	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::16	ICMPv6	110	Multicast Listener Report Message v2
145	51.323437698	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::1	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b (ovr) is at 4c:52:62:0e:54:2b
163	58.566878661	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0xf7f0, seq=1, hop limit=64 (reply in 164)
164	58.883748342	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0xf7f0, seq=1, hop limit=64 (request in 163)
168	59.507594044	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0xf7f0, seq=2, hop limit=64 (reply in 168)
169	59.839053124	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0xf7f0, seq=2, hop limit=64 (request in 168)
173	60.508080973	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0xf7f0, seq=3, hop limit=64 (reply in 174)
174	60.841786061	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0xf7f0, seq=3, hop limit=64 (request in 173)
178	61.509803491	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0xf7f0, seq=4, hop limit=64 (reply in 179)
179	61.84126252	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0xf7f0, seq=4, hop limit=64 (request in 178)
183	62.571459883	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0xf7f0, seq=5, hop limit=64 (reply in 184)
184	62.843917282	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0xf7f0, seq=5, hop limit=64 (request in 183)
187	63.572586495	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0xf7f0, seq=6, hop limit=64 (reply in 188)
188	63.843984517	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0xf7f0, seq=6, hop limit=64 (request in 187)
192	64.573807617	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0xf7f0, seq=7, hop limit=64 (reply in 193)
193	64.845170535	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0xf7f0, seq=7, hop limit=64 (request in 192)
196	65.574368856	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0xf7f0, seq=8, hop limit=64 (reply in 197)
197	65.845169900	2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0xf7f0, seq=8, hop limit=64 (request in 196)
283	71.090619729	fe80::fad1:11ff:febd:6612	ff02::1:ffbd:6612	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from f8:d1:11:bd:66:12
214	78.962928653	fe80::fad1:11ff:febd:6612	ff02::1:ffbd:6612	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from f8:d1:11:bd:66:12
244	77.9885721	fe80::fad1:11ff:febd:6612	ff02::1:ffbd:6612	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from f8:d1:11:bd:66:12
245	92.779398304	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::1:ffbd:6612	ICMPv6	78	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b (sol)
313	109.430253748	fe80::fad1:11ff:febd:6612	ff02::1:ffbd:6612	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from f8:d1:11:bd:66:12
394	134.493574968	fe80::ce4:4fa1:c007:e294	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
395	134.494299681	fe80::ce4:4fa1:c007:e294	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
396	134.494828836	fe80::ce4:4fa1:c007:e294	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
397	134.502578586	fe80::ce4:4fa1:c007:e294	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
398	134.503657527	fe80::ce4:4fa1:c007:e294	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
405	134.520881784	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::1:ff95:80ab	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from 4c:52:62:0e:54:2b
406	134.541787655	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::1:ff95:80ab	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::ce4:4fa1:c007:e294 from 4c:52:62:0e:54:2b
407	134.542108192	fe80::fad1:11ff:febd:6612	ff02::1:ff95:80ab	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from f8:d1:11:bd:66:12
409	134.731993954	fe80::ce4:4fa1:c007:e294	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
418	137.839654697	fe80::fad1:11ff:febd:6612	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from f8:d1:11:bd:66:12
419	137.839629538	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::1:ffbd:6612	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b (sol)

Abbildung 19: Packets, welche in Wireshark gecaptured wurden

Wodurch wird im Ethernet-Frame auf das eingepackte IPv6 hingewiesen?



The screenshot shows the packet details for packet 163, an ICMPv6 Echo (ping) request. The packet is captured on interface enp0s31f6. The details pane shows the Ethernet II header, Internet Protocol Version 6 header, and ICMPv6 Echo (ping) request. The packet bytes pane shows the raw data of the packet, including the Ethernet frame and the ICMPv6 message.

Frame 163: 118 bytes on wire (944 bits), 118 bytes captured (944 bits) on interface enp0s31f6, id 0
Ethernet II, Src: FujitsuT_0e:54:8b (4c:52:62:0e:54:8b), Dst: Tp-LinkT_bd:66:12 (f8:d1:11:bd:66:12)
Destination: Tp-LinkT_bd:66:12 (f8:d1:11:bd:66:12)
Address: Tp-LinkT_bd:66:12 (f8:d1:11:bd:66:12)
.....0..... = LG bit: Globally unique address (factory default)
.....0..... = IG bit: Individual address (unicast)
Source: FujitsuT_0e:54:8b (4c:52:62:0e:54:8b)
Address: FujitsuT_0e:54:8b (4c:52:62:0e:54:8b)
.....0..... = LG bit: Globally unique address (factory default)
.....0..... = IG bit: Individual address (unicast)
Internet Protocol Version 6, Src: 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b, Dst: 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311
0110..... = Version: 6
.....0000 0000..... = Traffic Class: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
.....0000 00..... = Differentiated Services Codepoint: Default (0)
.....00..... = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
.....1001 0010 1110 1110 0000 = Flow Label: 0x92ee0
Payload Length: 64
Max. Len: 128 (1024 bytes)
0000 f8 d1 11 bd 66 12 4c 52 62 0e 54 8b 86 d0 60 09 ...f LR b-T...
0010 2e 00 00 40 3a 40 20 01 04 70 00 6d 04 d0 4e 52 ...@: - p-m-NR
0020 62 ff fe 0e 54 8b 20 01 02 f0 00 00 88 00 02 26 b-T - - - - -&
0030 2d ff fe 0b 43 11 80 00 22 7f f7 f0 00 01 5c 94 ...C... ..\.
0040 8a 61 00 00 00 00 71 7d 04 00 00 00 00 00 10 11 -a-...q-
0050 12 13 1d 1e 1f 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 1
0060 22 23 24 25 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 "#\$%&'()*+,-./01
0070 32 33 34 35 36 37 234567

Abbildung 20: IPv6-Protokoll-Typ in Wireshark

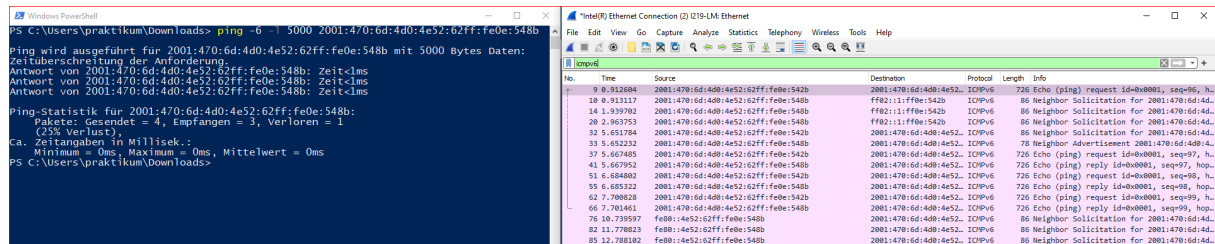
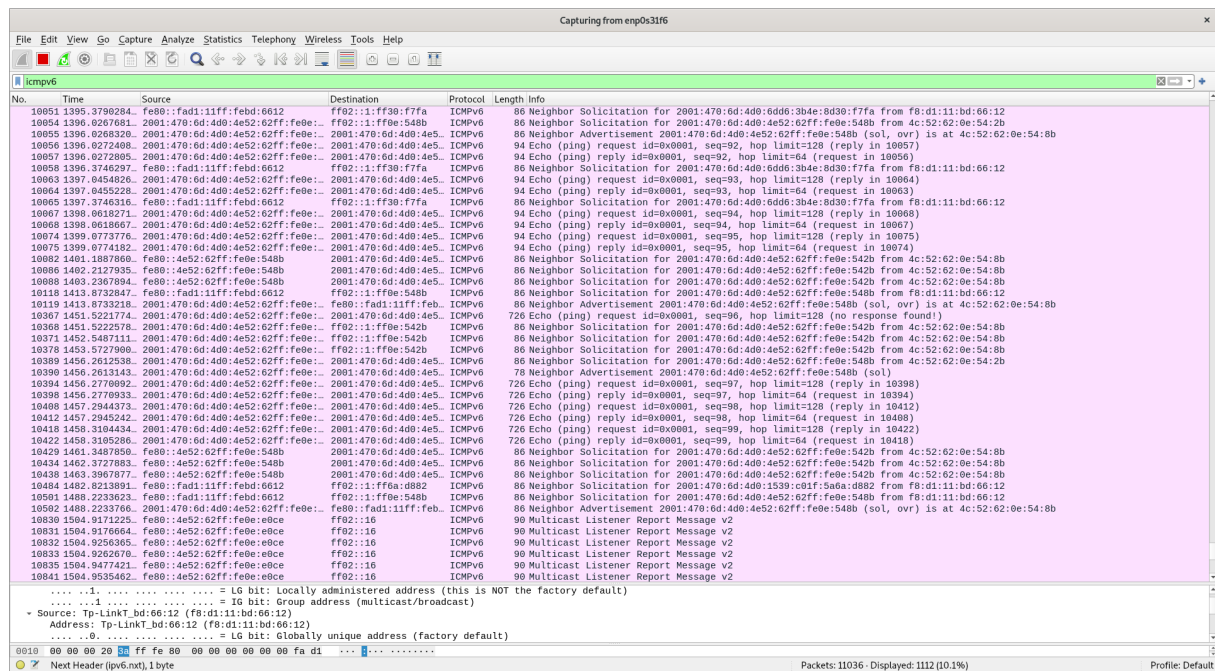
Der **Type IPv6** im Ethernet-Frame lässt auf das "eingepackte" IPv6 schließen.

Welche Bedeutung haben folgende Felder des IPv6-Headers und gibt es Entsprechungen in IPv4?

Version	Traffic Class	Flow Label	Payload Length	Hop Limit
IPv6 Dieses Feld ist 4 bits lang und enthält die Konstante 6 in Binär (0110)	Die Traffic Class ist ein Indikator für Class oder Priorität des IPv6 Packets. So können einzelne Packets mit einer höheren Priorität versehen werden. Kommt es zu einem Stau im Router werden die Packets mit der geringsten Priorität verworfen.	Mit dem Flow-Label kann angegeben werden, dass ein IPv6 Paket des selben Flows von Routern speziell behandelt werden soll. Packets des gleichen Flows werden unverzüglich weitergeleitet.	Das "Payload-Length" Feld gibt die Länge des Payloads, also die Länge des Pakets ohne Berücksichtigung des Headers an.	Das Hop-Limit gibt die maximale Anzahl an aufeinanderfolgenden Nodes an, die ein Paket durchlaufen darf. Fällt diese Zahl auf 0 wird das Paket verworfen.
IPv4 Dieses Feld ist 4 bits lang und enthält die Konstante 4 in Binär (0100)	IPv6 besitzt das Traffic Class Feld nicht. Allerdings erfüllt das "Type of Service" oder auch "Differentiated Services Code Point" genannte Feld eine nahezu identische Funktion. Dieses Feld ist auch dazu da, Packets eine Priorität zu verleihen.	Das Flow-Label ist ebenfalls sehr ähnlich zum "Type of Service" Feld, welches einzelne Pakete priorisieren kann. Dieses Feld wurde bei IPv4 aber meistens ignoriert.	Bei IPv4 gibt es statt des "Payload-Length" Feldes das "Total Length" Feld. Dieses gibt die Länge des Pakets, inklusive Header, an.	Ein Analogon zum Hop-Limit ist die TTL (Time-to-Live). Die TTL funktioniert genau so wie das Hop-Limit auch.

Senden Sie nun ein 5000 Byte großes Paket vom Windows-PC an den Ubuntu-PC und schauen sich die Abfolge der Pakete an

Mit `ping -6 -l 5000 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b` kann ein 5000 Byte langer Ping an das Linux-System gesendet werden.

**Abbildung 21:** Sendet 5000 Bytes langen Ping von Windows an Linux**Abbildung 22:** Capture der Packets

Welcher Wert taucht im Next-Header-Feld Ihres IPv6 Headers auf?

Hier taucht der **Fragment-Header** **for** IPv6 auf.

FileEditViewGoCaptureAnalyzeStatisticsTelephonyWirelessToolsHelp

icmpv6

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
10888	1493.2367894	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from 4c:52:62:0e:54:8b
10118	1413.8732847	fe80::f6d1:11ff:febd:6612	ff02::1:ff0e:542b	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from f8:d1:11:bd:66:12
10119	1413.8733216	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	fe80::f6d1:11ff:febd:6612	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b (sol, ovr) is at 4c:52:62:0e:54:8b
10367	1451.5221774	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	726	Echo (ping) request id=0x0001, seq=96, hop limit=128 (no response found)
10368	1451.5222578	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::1:ff0e:542b	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from 4c:52:62:0e:54:8b
10371	1452.5487111	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::1:ff0e:542b	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from 4c:52:62:0e:54:8b
10378	1453.5727990	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ff02::1:ff0e:542b	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from 4c:52:62:0e:54:8b
10389	1456.2612538	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from 4c:52:62:0e:54:8b
10390	1456.2613143	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b (sol)
10394	1456.2770092	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	726	Echo (ping) request id=0x0001, seq=97, hop limit=128 (reply in 10398)
10398	1456.2770933	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	726	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=97, hop limit=64 (request in 10394)
10408	1457.2944373	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	726	Echo (ping) request id=0x0001, seq=98, hop limit=128 (reply in 10412)
10412	1457.2945242	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	726	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=98, hop limit=64 (request in 10408)
10418	1458.3104434	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	726	Echo (ping) request id=0x0001, seq=99, hop limit=128 (reply in 10422)
10422	1458.3105286	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	726	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=99, hop limit=64 (request in 10418)
10429	1461.3407950	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from 4c:52:62:0e:54:8b
10434	1462.3727883	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from 4c:52:62:0e:54:8b
10438	1463.3907877	fe80::4e52:62ff:fe0e:542b	2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from 4c:52:62:0e:54:8b
10484	1482.8233891	fe80::f6d1:11ff:febd:6612	ff02::1:ff0a:d882	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from f8:d1:11:bd:66:12
10491	1488.2233603	fe80::f6d1:11ff:febd:6612	ff02::1:ff0a:d882	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b from f8:d1:11:bd:66:12

Frame 10398: 726 bytes on wire (5808 bits), 726 bytes captured (5808 bits) on interface enp0s31f6, id 0

Ethernet II, Src: FujitsuT_0e:54:2b (4c:52:62:0e:54:2b), Dst: FujitsuT_0e:54:2b (4c:52:62:0e:54:2b)

Destination: FujitsuT_0e:54:2b (4c:52:62:0e:54:2b)

Address: FujitsuT_0e:54:2b (4c:52:62:0e:54:2b)

.....0..... = LG bit: Globally unique address (factory default)

.....0..... = IG bit: Individual address (unicast)

Source: FujitsuT_0e:54:2b (4c:52:62:0e:54:2b)

Address: FujitsuT_0e:54:2b (4c:52:62:0e:54:2b)

.....0..... = LG bit: Globally unique address (factory default)

.....0..... = IG bit: Individual address (unicast)

Type: IPv6 (0x86dd)

Internet Protocol Version 6, Src: 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b, Dst: 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b

8110 = Version: 6

....0000 0000 = Traffic Class: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)

....0000 00 = Differentiated Services Codepoint: Default (0)

....0000 00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)

....1110 1010 1010 0000 = Flow Label: 0xaaaa

Payload Length: 672

Next Header: Fragment Header for IPv6 (44)

Hop Limit: 64

Source Address: 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b

Destination Address: 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:542b

[Source SA MAC: FujitsuT_0e:54:2b (4c:52:62:0e:54:2b)]

[Destination SA MAC: FujitsuT_0e:54:2b (4c:52:62:0e:54:2b)]

Fragment Header for IPv6

[4 IPv6 Fragments (5808 bytes): #10395(1448), #10396(1448), #10397(1448), #10398(664)]

Internet Control Message Protocol version 6

Frame (726 bytes) on interface enp0s31f6 (5808 bytes)

Next Header (IPv6 next), 1 byte

PacketE: 11130: Displayed: 1117 (0.9%)

Profile: Default

Abbildung 23: Details eines gecaptureten Packets

Welche Bedeutung haben die unterschiedlichen Felder des Fragmentation Headers, oder anders gefragt; wie setzt IPv6 die Pakete wieder zusammen?

Next Header: Das Next-Header Feld gibt den Typ des darauffolgenden Headers an. In diesem Fall ist der folgende Header ein ICMPv6 Header.

Reserved octet: Das Reserved Octet ist im Moment auf 0 gesetzt und für die eventuelle zukünftige Nutzung reserviert.

Fragment Offset: Das Fragment Offset gibt die Startposition der Daten im Fragment in Relation zum ursprünglichen Packet an.

More Fragment: More Fragments besteht aus einem einzelnen Bit, welches angibt, ob nach dem jetzigen Fragment weitere Fragmente folgen.

Identification Number: Die Identifikationsnummer ist unter allen Fragmenten eines Packets die gleiche.

Zusammengesetzt werden die einzelnen Pakete wieder, indem alle Fragmente mit gleichem IP-Header nach ihrem Fragment Offset geordnet wieder zusammengesetzt werden.

The image shows a Wireshark packet capture window titled "Capturing from enp0s31f6". The packet list on the left shows a series of ICMPv6 Echo (ping) requests and replies. The selected packet is packet 1496, which is an IPv6 Fragment Header. The details pane on the right shows the structure of this header:

- Type: IPv6 (0x86dd)
- Internet Protocol Version 6, Src: 2001:470:6d:400:4e52:62ff:fe0e:542b, Dst: 2001:470:6d:400:4e52:62ff:fe0e:548b
 - 0110 = Version: 6
 - 0000 0000 = Traffic Class: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
 - 0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0)
 - 00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
 - 0000 0000 0000 0000 = Flow Label: 0x000000
- Payload Length: 672
- Next Header: Fragment Header for IPv6 (44)
- Hop Limit: 128
- Source Address: 2001:470:6d:400:4e52:62ff:fe0e:542b
- Destination Address: 2001:470:6d:400:4e52:62ff:fe0e:548b
- [Source SA MAC: FujitsuT_0e:54:2b (4c:52:62:0e:54:2b)]
- [Destination SA MAC: FujitsuT_0e:54:8b (4c:52:62:0e:54:8b)]
- Fragment Header for IPv6
 - Next header: ICMPv6 (58)
 - Reserved octet: 0x00
 - 0001 0000 1111 1... = Offset: 543 (4344 bytes)
 - 00.. = Reserved bits: 0
 - 00.. = More Fragments: No
 - Identification: 0xd15db77f
 - [4 IPv6 Fragments (5000 bytes): #10405(1448), #10406(1448), #10407(1448), #10408(664)]
- Internet Control Message Protocol v6
 - Type: Echo (ping) request (128)
 - Code: 0
 - Checksum: 0x54ae [correct]
- Frame (720 bytes) on interface (eth0) (8 bytes)
- Fragment Header for IPv6 (IPv6 fraghdr), 8 bytes

Packets: 14961. Displayed: 1480 (9.9%) Profile: Default

Abbildung 24: Details des Fragment-Headers

6 Privacy Extension

Tragen Sie weitere Informationen zur „Privacy Extension“ (vor allem auch zur Konfiguration unter Windows und Ubuntu) zusammen und versuchen hier im Versuch die Einstellungen für die „Privacy Extension“ auf beiden Rechnern (Windows und Ubuntu) zu realisieren.

Privacy Extensions sind dafür da, Rückschluss auf Nutzer:innen schwerer zu machen, indem der Hostanteil der IPv6-Adressen anonymisiert wird. Privacy Extensions entkoppeln Interface Identifier und MAC-Adresse und erzeugen diese nahezu zufällig. Mit diesen periodisch wechselnden Adressen werden dann ausgehende Verbindungen hergestellt, was den Rückschluss auf *einzelne* Nutzer:innen erschwert. Mit Hilfe der Privacy Extensions kann man also nicht mehr einzelne Nutzer:innen identifizieren. Was allerdings trotzdem möglich ist, ist das Identifizieren über den Präfix, welcher allerdings nur Informationen zum Netzwerk bereitstellt. Wenn der Provider den Präfix regelmäßig wechselt, dann kann auch die Identifikation über diesen erschwert werden.

Windows

Unter Windows kann die Privacy Extension mit den zwei folgenden Kommandos aktiviert werden:

- 1 >netsh **interface** ipv6 set global randomizeidentifiers=enabled store=active
- 2 >netsh **interface** ipv6 set global state=enabled store=active

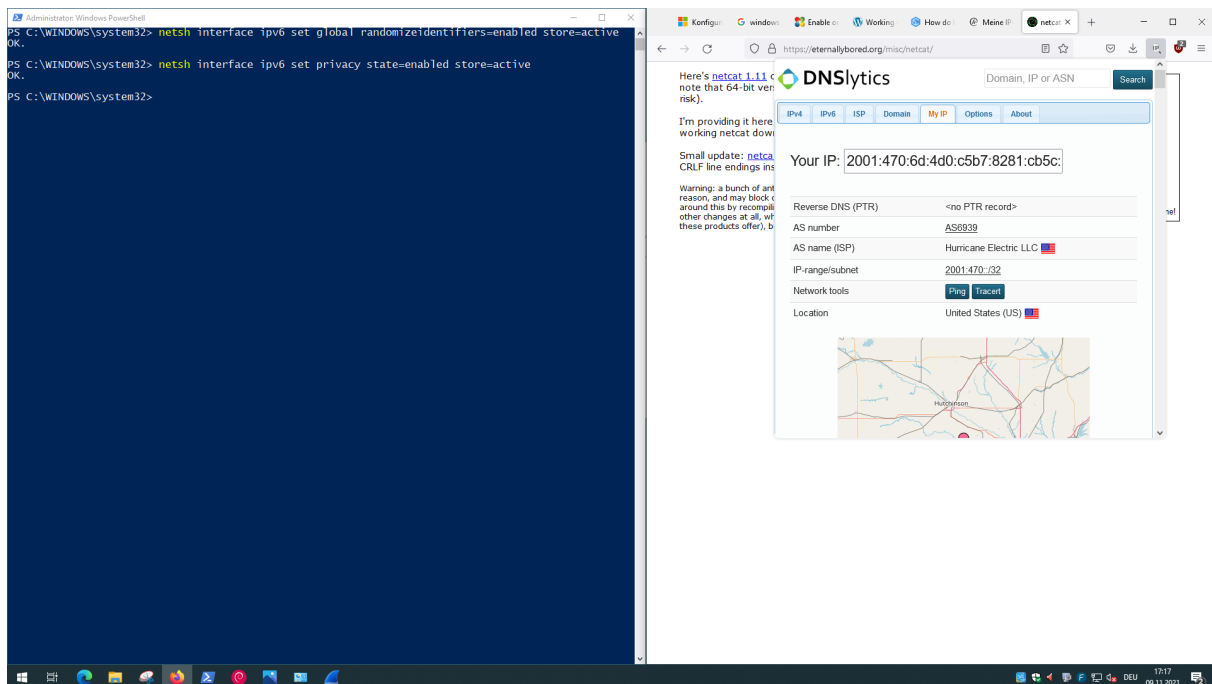


Abbildung 25: Aktivierung der Privacy Extension

Linux

Mittels `sysctl` kann die Privacy Extension aktiviert werden:

- 1 # /etc/sysctl.conf
 - 2 net.ipv6.conf.all.use_tempaddr=2
 - 3 net.ipv6.conf.default.use_tempaddr=2
-
- 1 \$ sudo sysctl -p

Mit welchen IPv6-Adressen sind sie nach dem Aktivieren der Privacy Extension im Internet unterwegs?

Windows

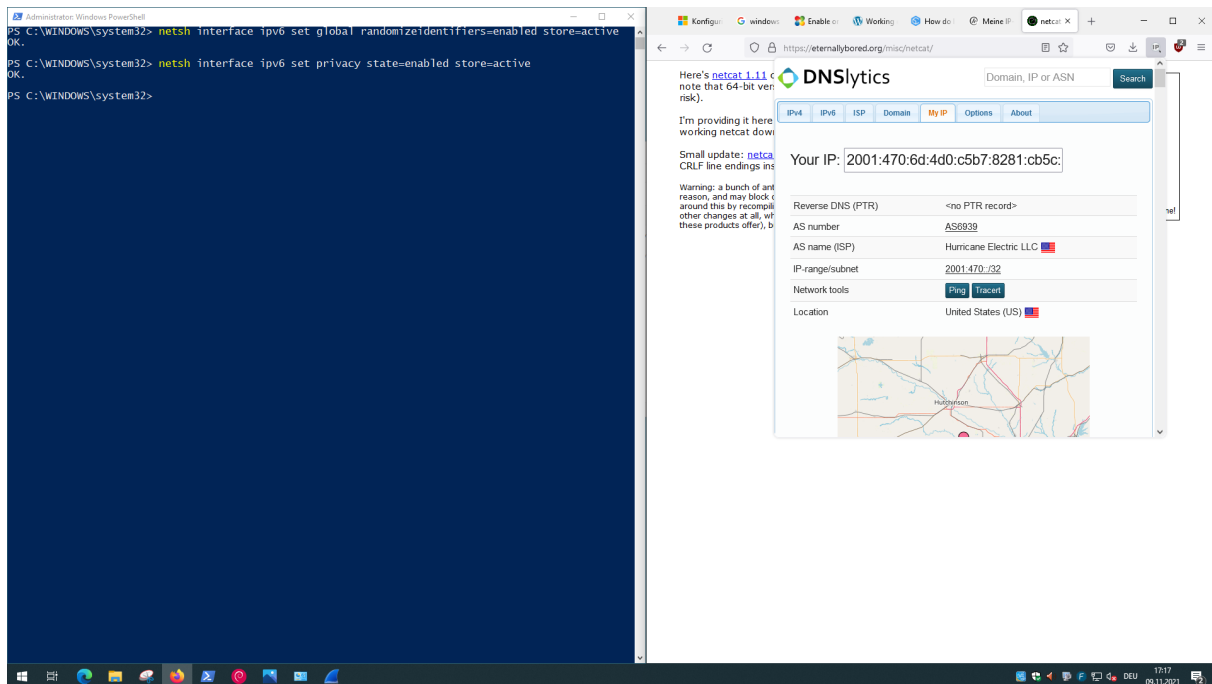


Abbildung 26: IPv6-Adresse nach dem aktivieren der Privacy Extensions

Wie im oberen Screenshot zu sehen ist, surfen wir mit einer anderen IPv6 Adresse, welche von Website-Betreibern nicht mehr auf unseren Host zurückverfolgt werden kann.

Linux

Wir haben hierzu den Dienst ifconfig.io verwendet.

```
1 $ curl https://ifconfig.io
2 2001:7c7:2121:8d00:1902:f308:6c8b:acb7
```

7 Feste IPv6-Adressen

Weisen Sie in dieser Aufgabe ihrem Netzwerkinterface eine feste sinnvolle (heißt: Der Prefix ist weiterhin gültig) IPv6-Adresse zu.

Windows

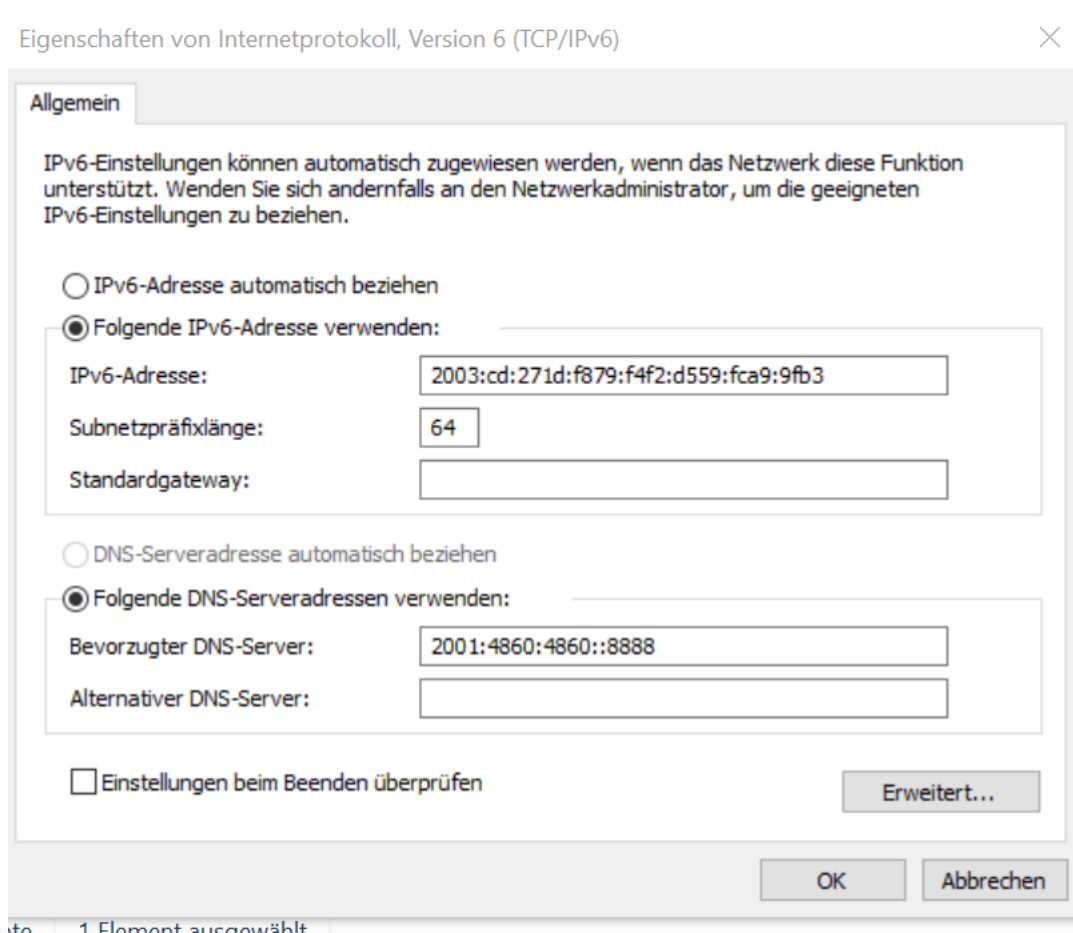


Abbildung 27: Setzen der neuen IP

Mit einem Rechtsklick auf das Netzwerkinterface und dann bei IPv6 die Eigenschaften auswählen. Im Menü kann dann eine manuelle IP angegeben werden. Wir erhöhen die Hexadezimalzahl im letzten Hextet um eins.

Mit `ipconfig` kann dann die neue IP-Adresse gesehen werden.

```

Verbindungsspezifisches DNS-Suffix: Speedport_W_724V_Typ_A_05011603_06_003
IPv6-Adresse. . . . . : 2003:cd:271d:f879:f4f2:d559:fca9:9fb2
IPv6-Adresse. . . . . : 2003:cd:271d:f879:f4f2:d559:fca9:9fb3
Temporäre IPv6-Adresse. . . . . : 2003:cd:271d:f879:f40e:e875:54f:2a75
Verbindungslokale IPv6-Adresse . : fe80::f4f2:d559:fca9:9fb2%6
Standardgateway . . . . . : fe80::1%6

```

Abbildung 28: Neue IP unter ipconfig

Linux

Im folgenden kann gesehen werden, wie eine neue IPv6-Adresse zum Netzwerkinterface `enp0s31f6` hinzugefügt wird. Dafür kann der Befehl `sudo ip addr add 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548c/64 dev enp0s31f6` verwendet werden. Die nun hinzugefügte IPv6-Adresse kann dann mit `ip a` betrachtet werden.

```

1 $ ip a
2 1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
   group default qlen 1000
3     link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
4     inet 127.0.0.1/8 scope host lo
5         valid_lft forever preferred_lft forever
6     inet6 ::1/128 scope host
7         valid_lft forever preferred_lft forever
8 2: enp0s31f6: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state UP group default qlen 1000
9     link/ether 4c:52:62:0e:54:8b brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
10    inet6 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope global dynamic
   mngtmpaddr
11        valid_lft 86255sec preferred_lft 14255sec
12    inet6 fe80::4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope link
13        valid_lft forever preferred_lft forever
14 praktikum@rn05:~$ sudo ip addr add 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548c
   /64 dev enp0s31f6
15 praktikum@rn05:~$ ip a
16 1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
   group default qlen 1000
17     link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
18     inet 127.0.0.1/8 scope host lo
19         valid_lft forever preferred_lft forever
20     inet6 ::1/128 scope host
21         valid_lft forever preferred_lft forever
22 2: enp0s31f6: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state UP group default qlen 1000
23     link/ether 4c:52:62:0e:54:8b brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
24     inet6 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548c/64 scope global
25         valid_lft forever preferred_lft forever

```

```

26      inet6 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope global dynamic
      mngtmpaddr
27      valid_lft 86207sec preferred_lft 14207sec
28      inet6 fe80::4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope link
29      valid_lft forever preferred_lft forever

```

Warum sollten Sie jetzt alle übrigen IPv6-Adressen löschen?

Windows

Mit folgendem Command können die Privacy-Extensions deaktiviert und die damit einhergehenden IPv6-Adressen entfernt werden.

```
1 netsh interface ipv6 set privacy disabled
```

Nun wird die alte IPv6-Adresse entfernt.

```
1 netsh interface ipv6 delete address interface="WLAN" address=2003:cd
:271d:f879:f4f2:d559:fca9:9fb2 store=active
```

```

Verbindungsspezifisches DNS-Suffix: Speedport_W_724V_Typ_A_05011603_06_003
IPv6-Adresse. . . . . : 2003:cd:271d:f879:f4f2:d559:fca9:9fb3
Verbindungslokale IPv6-Adresse . : fe80::f4f2:d559:fca9:9fb2%6
Standardgateway . . . . . : fe80::1%6

```

Abbildung 29: Terminal nur noch neue IP

IT Wissen Mobiles Security Developer Entertainment Netzpolitik Wirtschaft Journal Newsticker Foren

TOPTHEMEN: WINDOWS 11 KRYPTOWÄHRUNGEN RAUMFAHRT 🚀 APPLE PODCASTS 🎧

heise online > Tools > **Meine IP-Adresse**

Meine IP-Adresse

Ihre Anfrage kommt von der IP-Adresse:

2003:00cd:271d:f879:f4f2:d559:fca9:9fb3

Ihre Anfrage wurde von einem Proxy bearbeitet. Wahrscheinlich erscheint daher oben dessen Adresse. Der Proxy gibt als IP-Adresse Ihres PC 2003:00cd:271d:f879:f4f2:d559:fca9:9fb3 an.

Abbildung 30: Heise IPv6 Adresse

Linux

Mit `sudo ip addr del 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b/64 dev enp0s31f6` löschen wir die alte IPv6-Adresse aus dem Netzwerkinterface. Mit `ip a` können wir sehen, dass lediglich die zuvor neu hinzugefügte Global-Unicast-Adresse angezeigt wird.

```
1 $ sudo ip addr del 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548b/64 dev enp0s31f6
2 $ ip a
3 1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
   group default qlen 1000
   link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
   inet 127.0.0.1/8 scope host lo
       valid_lft forever preferred_lft forever
   inet6 ::1/128 scope host
       valid_lft forever preferred_lft forever
4 2: enp0s31f6: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
   pfifo_fast state UP group default qlen 1000
   link/ether 4c:52:62:0e:54:8b brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
   inet6 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548c/64 scope global
       valid_lft forever preferred_lft forever
   inet6 fe80::4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope link
       valid_lft forever preferred_lft forever
```

Man sollte die übrigen IPv6-Adressen löschen, da es sonst eventuell zu Problemen beim wählen der Source-IP kommen kann.

Reicht das aus?

Wie auch schon oben erwähnt sollten außerdem noch die Privacy Extensions deaktiviert werden. Damit kann sichergestellt werden, dass auch wirklich unsere statisch konfigurierte IPv6-Adresse als Source-IP verwendet wird.

Konfigurieren Sie die statische IPv6-Adresse über `/etc/network/interfaces`. Was wird dadurch verhindert? (U. U. müssen sie mit `ifdown` und `ifup` die Schnittstelle neu starten

```
1 # /etc/network/interfaces
2 auto enp0s31f6
3 allow-hotplug enp0s31f6
4 iface enp0s31f6 inet6 static
5     address 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548c
6     netmask 64
```

```
1 $ sudo ifdown enp0s31f6
2 $ sudo ifup enp0s31f6
3 Waiting for DAD... Done
4 $ ip a
5 1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
   group default qlen 1000
   link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
```



```
7    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
8        valid_lft forever preferred_lft forever
9    inet6 ::1/128 scope host
10        valid_lft forever preferred_lft forever
11 2: enp0s31f6: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
    pfifo_fast state UP group default qlen 1000
12    link/ether 4c:52:62:0e:54:8b brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
13    inet6 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548c/64 scope global
14        valid_lft forever preferred_lft forever
15    inet6 fe80::4e52:62ff:fe0e:548b/64 scope link
16        valid_lft forever preferred_lft forever
17 $ ping www.kame.net
18 PING www.kame.net(2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0
    :0:8800:226:2dff:fe0b:4311)) 56 data bytes
19 64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0:0:8800:226:2
    dff:fe0b:4311): icmp_seq=1 ttl=48 time=280 ms
20 64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311 (2001:2f0:0:8800:226:2
    dff:fe0b:4311): icmp_seq=2 ttl=48 time=274 ms
21 ^C64 bytes from 2001:2f0:0:8800:226:2dff:fe0b:4311: icmp_seq=3 ttl=48
    time=275 ms
22
23 --- www.kame.net ping statistics ---
24 3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2003ms
25 rtt min/avg/max/mdev = 274.357/276.472/280.370/2.759 ms
```

Wenn man die statische IPv6-Adresse über `/etc/network/interfaces` setzt, ist diese auch nach einem `reboot` konfiguriert. Einfache Anpassungen über `ip addr add` sind keine persistenten Änderungen.

Mit welcher IPv6-Adresse sind sie jetzt im Netz unterwegs? Die Seite <http://www.heise.de/netze/tools/meine-ip-adresse> gibt Aufschluss.

```
1 $ curl https://ipconfig.io
2 2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548c
```

Nach dem setzen einer statischen IP-Adresse sind wir mit der IPv6-Adresse `2001:470:6d:4d0:4e52:62ff:fe0e:548c` unterwegs. Das ist die, die wir zuvor in `/etc/network/interfaces` konfiguriert haben.

8 Lease-Zeiten

Die Werte für “Maximale bevorzugte Gültigkeitsdauer” und “Maximale Gültigkeitsdauer” setzt man in Windows über die Schlüssel `maxpreferredlifetime` und `maxvalidlifetime`, die Zeitangaben in Tagen (d), Stunden (h), Minuten (m) und Sekunden (s) entgegennehmen. Wie sind diese Parameter bei Ihnen gesetzt?

Windows

```
1 netsh interface ipv6 show privacy
```

```
Parameter für temporäre Adressen
-----
Temporäre Adresse verwenden          : enabled
Versuch, doppelte Adr. zu entdecken : 3
Maximale Gültigkeitsdauer           : 7d
Maximale bevorzugte Gültigkeitsdauer: 7d
Regenerationszeit                   : 5s
Maximale Verzögerungszeit            : 10m
Verzögerungszeit                    : 6m23s
```

Abbildung 31: Get IPv6 Parameter

Die “Maximale bevorzugte Gültigkeitsdauer” und die “Maximale Gültigkeitsdauer” sind zu Beginn auf 7 Tage gesetzt.

Linux

Mittels `sysctl` können die Werte abgefragt werden:

```
1 $ sysctl net.ipv6.conf.all.temp_prefered_lft
2 net.ipv6.conf.all.temp_prefered_lft = 86400
3 $ sysctl net.ipv6.conf.all.temp_valid_lft
4 net.ipv6.conf.all.temp_valid_lft = 604800
```

Halbieren Sie die “Maximale bevorzugte Gültigkeitsdauer” auf den Rechnern.

Windows

```
1 netsh interface ipv6 set privacy maxpreferredlifetime=3d12h
```

Hiermit können wir `maxpreferredlifetime` setzen.

```
Parameter für temporäre Adressen
-----
Temporäre Adresse verwenden          : enabled
Versuch, doppelte Adr. zu entdecken : 3
Maximale Gültigkeitsdauer           : 7d
Maximale bevorzugte Gültigkeitsdauer: 3d12h
Regenerationszeit                   : 5s
Maximale Verzögerungszeit            : 10m
Verzögerungszeit                    : 6m23s
```

Abbildung 32: Set IPv6 Parameter

Linux

Mittels `sysctl` kann der Wert halbiert werden:

```
1 net.ipv6.conf.all.temp_prefered_lft = 43200
```

```
1 $ sudo sysctl -p
```

Verringern Sie ebenso die Zeitspanne, in der Windows über eine temporäre IPv6-Adresse eingehende Pakete empfängt.

Windows

Dies kann mit folgendem Command erreicht werden:

```
1 netsh interface ipv6 set privacy maxvalidlifetime=3d
```

Linux

Mittels `sysctl` kann der Wert verringert werden:

```
1 net.ipv6.conf.all.temp_valid_lft = 404800
```

```
1 $ sudo sysctl -p
```

Stellen Sie den Zusammenhang zwischen Preferred Lifetime und Valid Lifetime anschaulich dar

Die Preferred Lifetime gibt die Zeitspanne an, in welcher die Adresse frei als source und destination Adresse genutzt werden kann. Nach dem Ablauf dieser Zeit bekommt die Adresse den “deprecated” Status. Im “deprecated” Status kann nur noch mit bestehenden Kommunikationsverbindungen kommuniziert werden. Die Valid Lifetime ist mindestens so groß wie die Preferred Lifetime. Wenn diese abläuft wird die Adresse invalide und kann ab diesem Punkt auch anderen Interfaces zugewiesen werden.

9 OS-Updates

Lässt sich eigentlich Windows über IPv6 updaten? Was sagt Wireshark dazu?

Windows

Unter Windows wurde das Update ohne Probleme installiert. Windows Update verfügt über vollen IPv6-Support. (<https://serverfault.com/questions/844107/windows-server-update-on-ipv6-only-network>). Dies konnte auch mittels Wireshark validiert werden:

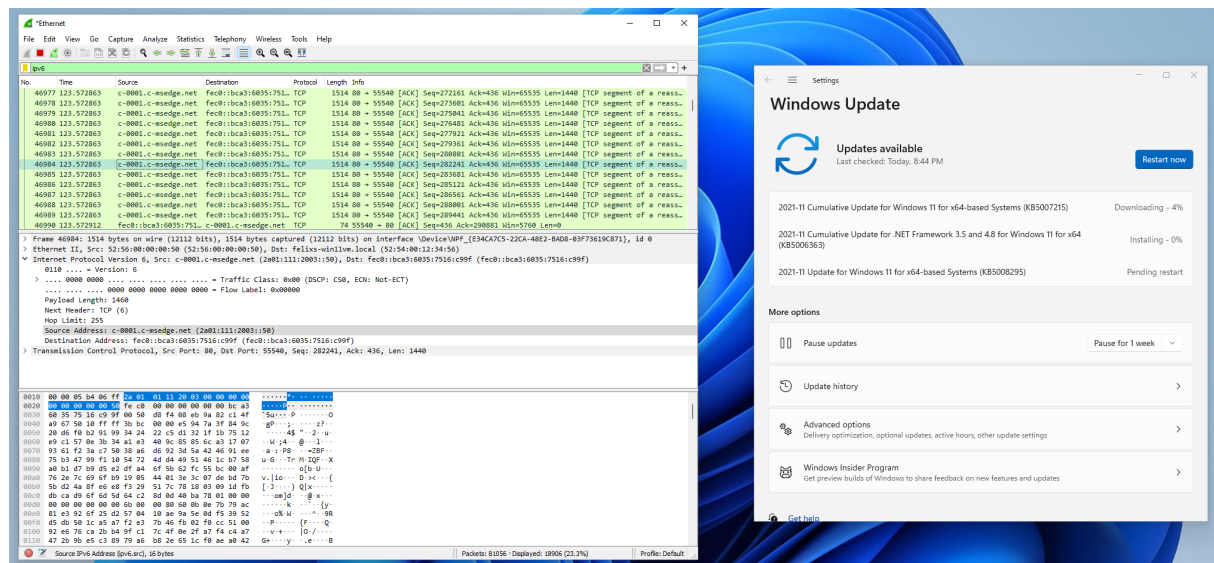


Abbildung 33: Wireshark-Capture eines Windows-Updates

Wie verhält sich Linux im Vergleich dazu? (Anmerkung: Mittels `sudo apt-get update` und `sudo apt-get upgrade` im Terminal lässt sich Linux updaten)

Linux

Das Linux-Update (bzw. Debian-Update; APT wird verwendet) lässt sich auch durchführen. Dies ist natürlich von den verwendeten Spiegelservers und deren IPv6-Fähigkeit abhängig, siehe <https://www.debian.org/mirror/list>.

```

1 $ sudo ip addr del 141.62.66.5/24 dev enp0s31f6
2 $ sudo apt update
3 Hit:1 http://deb.debian.org/debian bullseye InRelease
4 Hit:2 http://security.debian.org bullseye-security InRelease
5 Get:3 http://deb.debian.org/debian bullseye-updates InRelease [39.4 kB]
6 Hit:4 http://ppa.launchpad.net/ansible/ansible/ubuntu bionic InRelease
7 Fetched 39.4 kB in 5s (7,169 B/s)
8 Reading package lists... Done
9 Building dependency tree... Done
10 Reading state information... Done
11 1 package can be upgraded. Run 'apt list --upgradable' to see it.
12 $ sudo apt upgrade -y
13 Reading package lists... Done
14 Building dependency tree... Done
15 Reading state information... Done
16 Calculating upgrade... Done
17 The following packages will be upgraded:
18 tzdata
19 1 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
```

```

20 Need to get 0 B/284 kB of archives.
21 After this operation, 0 B of additional disk space will be used.
22 apt-listchanges: Reading changelogs...
23 Preconfiguring packages ...
24 (Reading database ... 199845 files and directories currently installed
   .)
25 Preparing to unpack .../tzdata_2021a-1+deb11u2_all.deb ...
26 Unpacking tzdata (2021a-1+deb11u2) over (2021a-1+deb11u1) ...
27 Setting up tzdata (2021a-1+deb11u2) ...
28
29 Current default time zone: 'Europe/Berlin'
30 Local time is now:    Tue Nov  9 16:52:29 CET 2021.
31 Universal Time is now: Tue Nov  9 15:52:29 UTC 2021.
32 Run 'dpkg-reconfigure tzdata' if you wish to change it.

```

Ein Blick auf Wireshark zeigt, dass auch tatsächlich IPv6 verwendet wird (hier mit TLS & einem Spiegelserver der Hochschule Esslingen):

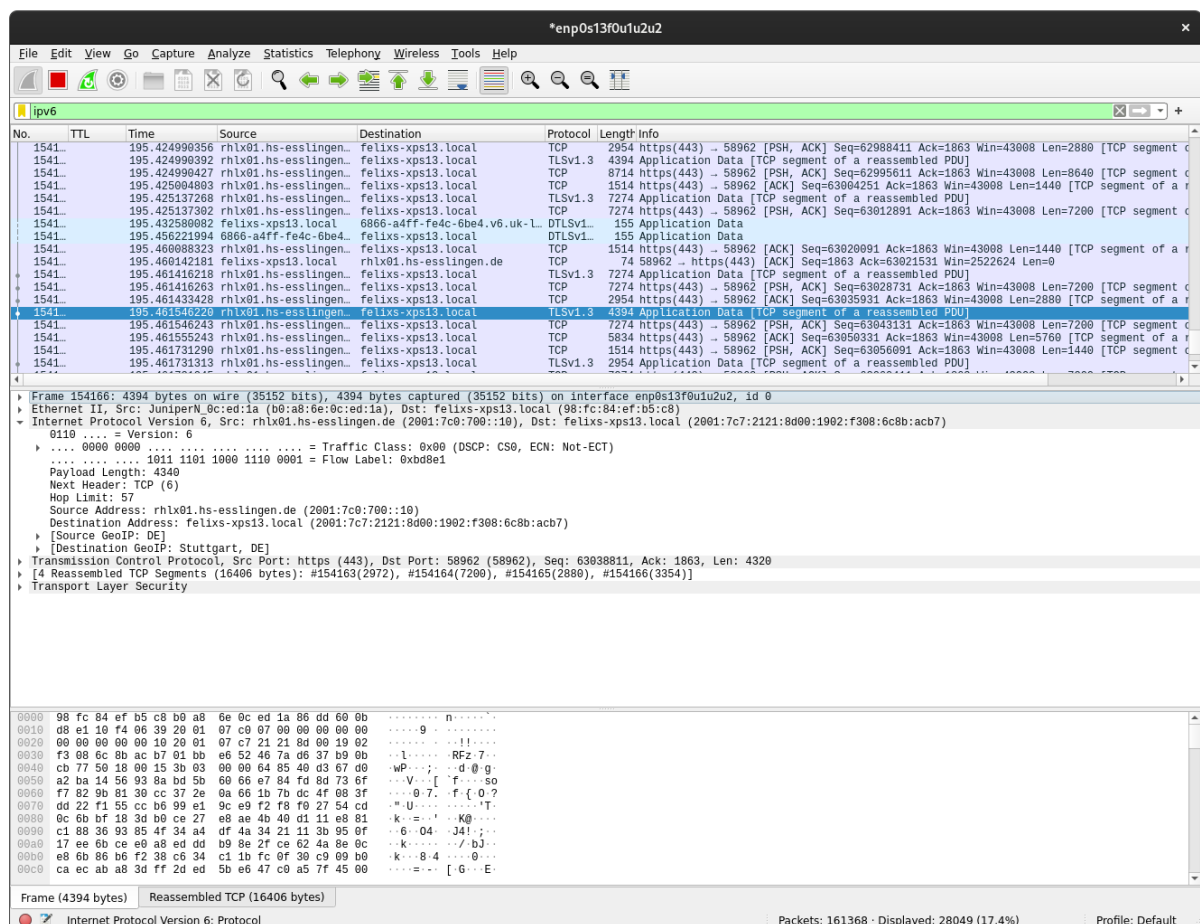


Abbildung 34: Wireshark-Capture eines APT-Updates