

# 1. Einleitung

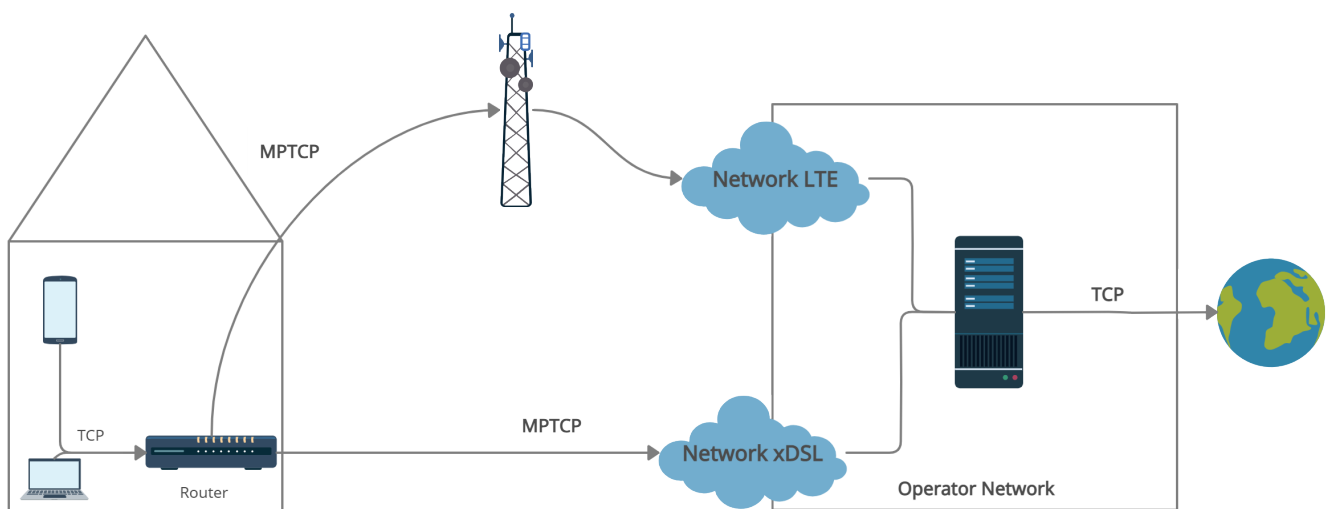
---

## 1.1. Problematik

Dieses Projekt soll dazu dienen, dass Nutzer mit einem beliebigen Endgerät die Möglichkeit haben das Multipath-TCP (MPTCP) Protokoll zu nutzen. Um dieses Protokoll nutzen zu können sind Einstellungen am Kernel notwendig, die bei den meisten Betriebssystemen nicht trivial sind. In Rahmen dieses Projekts wird es sich zu nutzen gemacht, dass es eine Implementierung eines *MPTCP Linux-Kernels* gibt, der einfach installiert werden kann

## 1.2. MPTCP

Multipath-TCP ist ein Standard der Transportschicht beschrieben in [RFC 6824](#). Es beschreibt die logische Zusammenfassungen mehrerer TCP Verbindungen zu einer, um die Bandbreite bestenfalls zu erhöhen. Dabei kann ausgenutzt werden, dass ein Endgerät mehrere verschiedene Netzwerkanbindungen besitzt um somit die Bandbreite der gesamten Verbindung auf annähernd die Summe der Bandbreite der einzelnen Anbindungen zu erhöhen.



Die Grafik zeigt einen beispielhaften Aufbau einer *MPTCP-Verbindung* über DSL und LTE zum selben Server. Hier könnte also zum Beispiel eine Datei über beide Interfaces übertragen werden.

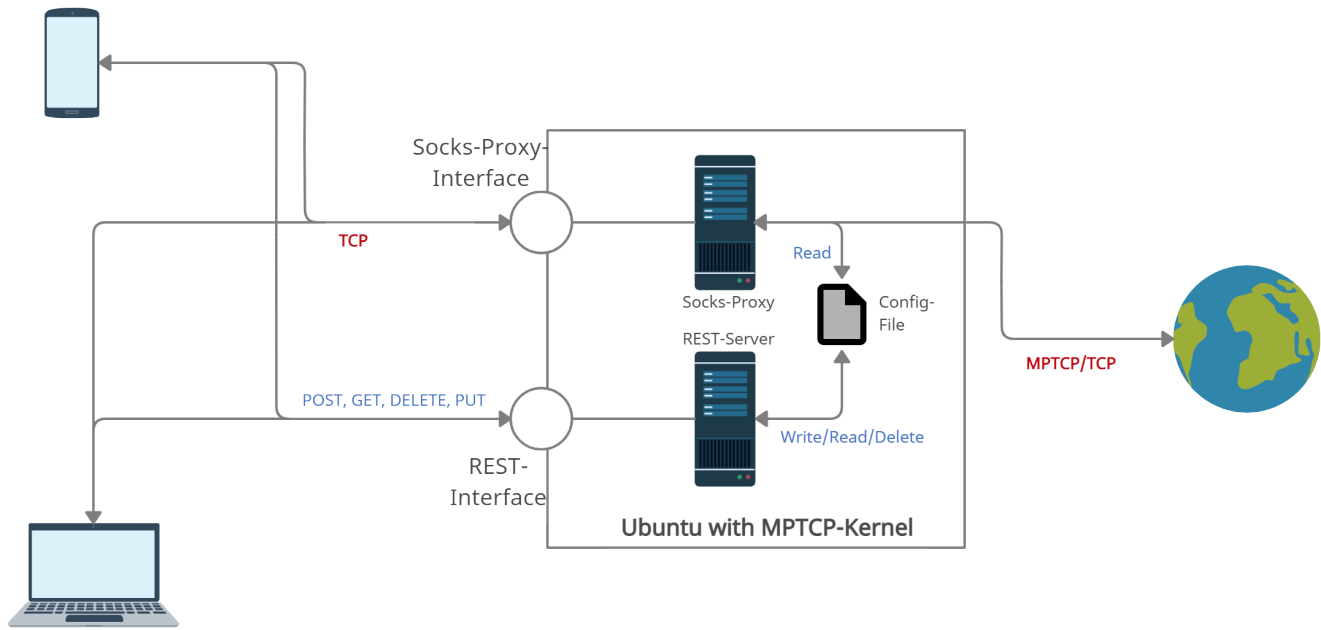
## 1.3. Idee

damit nicht auf jedem Endgerät einen Multipath-TCP Kernel installiert werden muss um eine *MPTCP-Verbindung* aufzubauen, soll hier ein Socks-Proxy verwendet werden, der auf einem Linux Betriebssystem mit entsprechend installiertem MPTCP-Kernel läuft. Die Implementierung des Proxys wird dann so abgeändert, dass er anhand einer Konfigurationsdatei die Socket Einstellungen der ausgehenden Verbindung anpasst. Es müssen also alle IP-Adressen der Webseiten in die Datei geschrieben werden, zu denen man eine *MPTCP-Verbindung* aufbauen möchte. Zusätzlich können einige Parameter dabei eingestellt werden. Wird dann vom Nutzer auf dem Endgerät der Proxy verwendet kann dieser stellvertretend eine *MPTCP-Verbindung* aufbauen. Es wird also eine reguläre Verbindung zwischen Proxy und Nutzer aufgebaut und nur zwischen Proxy und Server wird das MPTCP-Protokoll verwendet. Hierdurch wird es nicht mehr relevant, auf welchem Betriebssystem das Endgerät läuft und es muss auch keine zusätzliche Software installiert werden. Damit

dieser Aufbau sinnvoll angewendet werden kann, muss also das Bottleneck zwischen Proxy und Server liegen, da sonst keine Bandbreite gewonnen werden kann.

Um die Einstellungen am Server nicht nur statisch zu halten, kann die Konfigurationsdatei mithilfe einer REST-API manipuliert werden. Es ist also möglich zur Laufzeit Einstellungen von Verbindungen zu verändern. Eine solche Änderung wird allerdings erst ab der nächsten Verbindung zum angegebenen Ziel wirksam, da ein aktiver Socket nicht mehr verändert werden kann.

Die Funktionalität ist auch in der folgenden Graphik dargestellt:



## 2. Inbetriebnahme

---

### 2.1. Einrichtung des Kernels

Um den bereitgestellten Proxy mit MPTCP im vollen Umfang nutzen zu können muss MPTCP installiert und eingerichtet werden. Dafür müssen folgende Schritte ausgeführt werden:

- Installation des Kernels
- Konfiguration der Routing Tabellen
- Konfiguration der MPTCP Settings (**MPTCP\_ENABLE Feld muss auf 2 gesetzt werden**)

Eine detaillierte Anleitung dazu findet man [hier](#).

Die Schritte für die minimale Konfiguration sind nachfolgend aufgeführt. Die Installation des Kernels an sich lässt sich einfach durch das apt-Repository durchführen:

```
sudo apt-key adv --keyserver hhttps://keyserver.ubuntu.com:443 --recv-keys
379CE192D401AB61
sudo sh -c "echo 'deb https://dl.bintray.com/multipath-tcp/mptcp_deb stable main'
> /etc/apt/sources.list.d/mptcp.list"
sudo apt-get update
sudo apt-get install linux-mptcp
```

Nachdem der Kernel an sich installiert ist werden für die automatische Konfiguration noch 2 Dateien benötigt, die man mit den folgenden Befehlen an die richtige Stelle herunterladen und ausführbar machen kann:

```
sudo wget https://raw.githubusercontent.com/multipath-tcp/mptcp-
scripts/master/scripts/routing/mptcp_up -O /etc/network/if-up.d/mptcp_up
sudo chmod +rx /etc/network/if-up.d/mptcp_up
sudo wget https://raw.githubusercontent.com/multipath-tcp/mptcp-
scripts/master/scripts/routing/mptcp_down -O /etc/network/if-post-
down.d/mptcp_down
sudo chmod +rx /etc/network/if-post-down.d/mptcp_down
```

Zuletzt muss noch die Einstellung *MPTCP\_ENABLE* auf 2 gesetzt werden, was bedeutet, dass MPTCP für jeden Socket aktiviert ist, der es aktiv setzt:

```
sudo sysctl -w net.mptcp.mptcp_enabled=2
```

An dieser Stelle ist ein Neustart erforderlich, um die Änderungen wirksam zu machen und den richtigen Kernel zu starten.

Nachdem die Installation abgeschlossen ist, muss der Kernel im Normalfall jedes Mal manuell gestartet werden. Das kann man machen, indem man während des Neustarts des Betriebssystems im richtigen Moment

die Taste **Shift** drückt, was den Grub Bootmanager öffnet. Wählt man dann den Punkt *Advanced Options for Ubuntu* aus, kann man den MPTCP-Kernel auswählen und starten. Wird das in einer virtuellen Maschine (VirtualBox) gemacht, merkt man einen Leistungseinbruch und eine verkleinerte Anzeige, das ändert allerdings nichts an der Funktionalität.

Ein weiterer Aspekt der in einer Virtuellen Maschine beachtet werden muss, ist das bei einer Netzwerkanbindung über NAT die MPTCP Pakete verändert und dadurch unbrauchbar werden. Eine funktionierende Alternative ist eine Anbindung der Netzwerschnittstelle(n) über eine Netzwerkbrücke.

## 2.2 Installation der Module

Das Python Script für die REST-API benötigt einige Module, die teilweise nicht ganz intuitiv installiert werden können. Um alle notwendigen Module zu installieren, müssen folgende Befehle in einem Terminal ausgeführt werden:

```
sudo apt update
sudo apt install python3
sudo apt install python3-pip
```

Anschließend aktiviert man die virtuelle Umgebung mit `source flask/bin/activate`. Darin werden dann die notwendigen Python-Module installiert:

```
sudo -H pip3 install flask
sudo -H pip3 install https://github.com/rthalley/dnspython/archive/v1.15.0.zip
```

## 2.3 Starten der Programme

Um alle Funktionalitäten des Servers zu aktivieren, müssen zwei Programme gestartet werden.

Erstens wird der eigentliche Socks-Proxy gestartet: `sudo ./microsocks`. Sollte im Programm eine Änderung gemacht werden oder der Code noch nicht kompiliert sein, kann durch das Makefile einfach der Befehl `make microsocks` ausgeführt werden.

Zweitens muss der `Server` mit der REST API gestartet werden. Dafür muss in einem neuen Terminal die virtuelle Umgebung mit dem Befehl `source flask/bin/activate` und der Server gestartet werden `python3 ./flask/REST.py`. Wird der Server ohne Parameter gestartet hört er auf localhost:5000. Wenn von außerhalb auf das Interface zugegriffen werden soll, dann kann die lokale Adresse, auf der gehört werden soll, angegeben werden.

Sobald beide Programme laufen, ist der Proxy für eine beliebige Maschine einsatzbereit. Dafür muss in der entsprechenden Software (z.B. Firefox) einfach der Proxy in den Einstellungen aktiviert, die IP des Servers eingetragen und der Port 1080 angegeben werden. Die REST Befehle lassen sich mit einer beliebigen Software (z.B. Postman oder Visual Studio Code) absetzen.

## 2.4 Konfiguration der Verbindungen

Um die Socket Optionen für ausgehende Verbindungen zu setzen verwendet der Proxy eine [Konfigurationsdatei](#). Hier sind die einzelnen Einstellungen zu den zugehörigen Einstellungen abgespeichert. Eine Zeile beinhaltet 4 Werte jeweils durch ein Komma getrennt und abgeschlossen mit einem Komma. In der letzten Zeile des Dokuments muss immer noch ein Punkt stehen, um die letzte Zeile zu kennzeichnen.

Ein Datensatz besteht aus 4 Werten. An erster Stelle steht die **IP-Adresse** gefolgt von einer **1 oder 0**, je nach dem ob Multipath-TCP für diese Verbindung aktiviert werden soll (1) oder nicht (0). An dritter Stelle steht der Name des **Schedulers** der die Werte *default*, *roundrobin* oder *redundant* annehmen kann. Der letzte Wert definiert den **Path-Manager** und kann die Werte *default*, *fullmesh*, *ndiffports* oder *binder* annehmen.

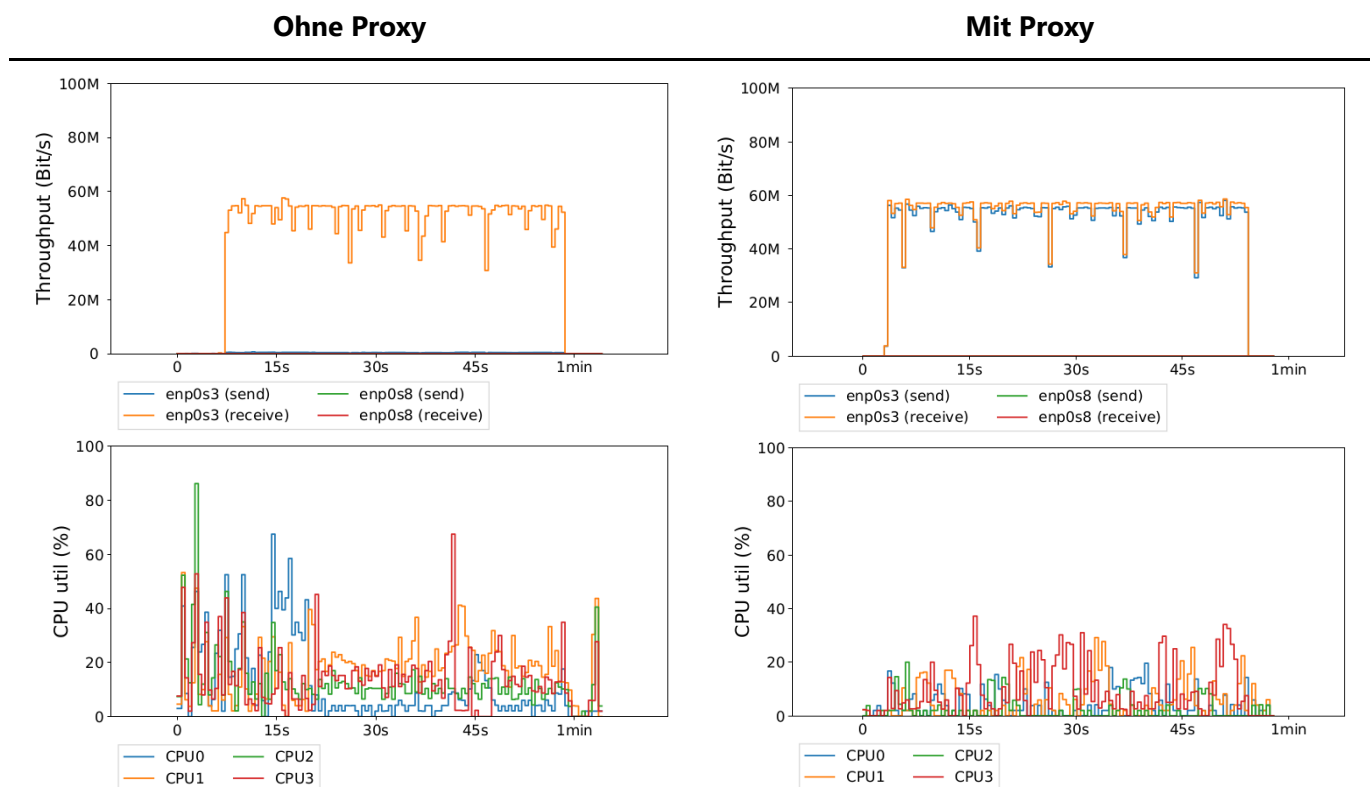
Je nach Bedarf ist es also auch möglich die Konfiguration einer Verbindung manuell in der Datei einzupflegen. Wege der Gefahr von falscher Formatierung oder Tippfehlern ist allerdings der Weg über das REST-Interface, wie in [3.3](#) beschrieben wird, zu bevorzugen.

## 3. Anpassungen an der Software

### 3.1 Auswahl des Proxys

Im Rahmen des Projektes war das Ziel nicht einen eigenen Proxy zu schreiben, sondern nur einen geeigneten zu finden und diesen so weit zu verändern, dass die Beschriebene Funktionalität umgesetzt werden kann. Es wurde also eine Implementierung gesucht, die so wenig Overhead wie möglich produziert und somit - wenn möglich - keinen Einfluss auf die Übertragungsgeschwindigkeit nimmt. Außerdem war ein weiteres essentielles Kriterium, dass es in der Implementierung gut möglich ist die Socket Parameter einzustellen.

Die Wahl fiel schlussendlich auf den sogenannten [microsocks](#), der durch einen relativ kurzen C-Code sehr übersichtlich ist. Um sicherzustellen, dass auch die Performance zufriedenstellend ist wurden noch einige Tests gemacht. Dafür wurde je eine ca. 300MB große Datei heruntergeladen, einmal mit Proxy und einmal ohne und die CPU Auslastung wurde gegenübergestellt. Ein Auszug aus den Ergebnissen wird hier dargestellt:



In dieser Stichprobe ist zu sehen, dass die CPU Auslastung sehr schwankend ist, aber mit aktivem Proxy kaum erhöht ist. Die Übertragungsrate ist in beiden Fällen in etwa bei 50Mbps, was der Bandbreite des Anschlusses entspricht. Durch die Messungen wurde festgestellt, dass durch die Verwendung des Proxys kein Einbruch der Verbindungsgeschwindigkeit merkbar ist. Auch die CPU Auslastung wird durch die Verwendung kaum erhöht.

Der Code des Proxys ist für alle Zwecke frei verwendbar. Die zugehörige Lizenz befindet sich [hier](#).

### 3.2 Anpassung des Proxys

Wie schon oben beschrieben muss der Proxy nur insofern angepasst werden, dass er aus einer Konfigurationsdatei die vorhergesehenen IP-Adresse - Konfiguration Paare ausgelesen und für die entsprechenden Verbindungen gesetzt werden. Für die Anpassung ist also der einzige Berührungspunkt die

Datei in der die Verbindung zum Ziel aufgebaut wird, genauer die Stelle an der das Socket erstellt wird. Diese Implementierung ist in der Datei [socksrv.c](#) in der Methode *connect\_socks\_target* zu finden. An dieser Stelle wird dann die Datei eingelesen und die jeweiligen IP-Adressen in der Datei werden mit dem aktuellen Ziel verglichen. Wenn eine passende Adresse in der Datei gespeichert ist, dann werden die abgespeicherten Einstellungen verwendet. Gibt es keinen Treffer, dann werden die Standardeinstellungen verwendet.

### 3.3 Implementierung der REST Schnittstelle

Für die [Implementierung](#) der REST-Schnittstelle wurde Python mit dem Framework Flask verwendet. Alles was das Programm machen muss, ist die verschiedenen Requests entgegenzunehmen und entsprechend zu Antworten und gegebenenfalls die Datei zu verändern. Der Inhalt eines POST-Requests ist im JSON Format wie folgt:

```
{
  "enable": "{0|1}",
  "ip": "<dns-name>",
  "path_manager": "{default|fullmesh|ndiffports|binder}",
  "scheduler": "{default|roundrobin|redundant}"
}
```