

DOKUMENTATION BÜPA

Green Web: Visualisierung des ökologischen Fußabdrucks unterschiedlicher Webtechnologien

Betreuer:
Gerhard Sprung MSc

Projektteam:
Julia Gruber
Lukas Reitbauer
Anja Stadlhofer

Graz, 30.01.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
1.1	Ziele.....	7
1.2	Projektorganisation	7
1.3	Änderungen	8
2	Carbon Footprint	9
2.1	CO2-Ausstoß pro Kilowattstunde	9
2.2	Stromverbrauch beim Datentransfer	10
3	Messungen	12
3.1	Aufbau der Testumgebung	12
3.1.1	HP Elite Desk 8300.....	12
3.1.2	HP Elite Desk 800 G1	13
3.1.3	HP Elite Desk 800 G2	13
3.1.4	HP Server G6.....	13
3.2	Webseiten für Tests.....	13
3.2.1	Statische Webseite	13
3.2.2	Dynamische Webseite	14
3.3	Testmittel.....	15
3.3.1	JMeter.....	15
3.3.2	SmartMeter	15
3.3.3	Python-Script.....	15
3.4	Rahmenbedingungen	16
3.5	Durchführung.....	16
3.6	Ergebnisse.....	17
3.6.1	Statisch	17
3.6.2	Dynamisch	18
3.6.3	Vergleich.....	19
4	Visualisierung	20
4.1	About	20
4.2	Move.....	20
4.3	Grow	23
4.4	Explore	27
4.5	Consume	28
4.6	Quiz.....	29
5	Aufmerksamkeitsarbeit.....	31

5.1	Streaming.....	31
5.2	Webseiten.....	31
6	Fazit	32
6.1	Probleme	32
6.2	Lessons learned	32
7	Quellen und weiterführende Informationen	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteil der Energieträger für die Stromgewinnung im Jahr 2018 ([e-control 2019])	9
Abbildung 2: Schätzungen von kWh/GB ([Joshua/Mayers/Koomey/France 2017])	11
Abbildung 3: Testaufbau	12
Abbildung 4: Statische Webseite	14
Abbildung 5: Dynamische Webseite	15
Abbildung 6: JMeter	15
Abbildung 7: Python-Script	16
Abbildung 8: Auswertung statische Webseite	18
Abbildung 9: Auswertung dynamische Webseite	19
Abbildung 10: Green Web About Seite	20
Abbildung 11: Green Web Move Seite	21
Abbildung 12: Move-Auswertung	22
Abbildung 13: Green Web Grow Seite mit Baum	24
Abbildung 14: Green Web Grow Seite mit Wattverbrauch	25
Abbildung 15: Grow-Auswertung	26
Abbildung 16: Baum-Berechnung	26
Abbildung 17: Green Web Explore Seite	28
Abbildung 18: Green Web Consume Seite	29
Abbildung 19: Green Web Quiz Seite	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: CO2 Ausstoß nach Energieträger pro kWh ([e-control 2019])	10
--	----

Abkürzungsverzeichnis

CDN	Content Delivery Networks
CMS	Content Management System
CPU	Central Processing Unit
FH	Fachhochschule
g/kWh.....	Gramm CO2 pro kWh
HD.....	High Definition
HDD	Hard Disk Drive
HP	Hewlett Packard
kWh	Kilowattstunde
kWh/GB.....	kWh pro Gigabyte
RAM.....	Random-Access Memory
SSD	Solid-State-Drive
VM.....	Virtuelle Maschine
Wh.....	Wattstunden

1 Einleitung

Aufgrund der immer mehr aufkommenden Klimathematik und des Interesses der jüngeren Generation daran, ist es wichtig alle Facetten, die Einfluss auf den CO₂-Ausstoß haben könnten, zu betrachten. Dabei wird aber oft außer Acht gelassen, dass das Internet und die dazu benötigte Infrastruktur, auf denen die Endgeräte zugreifen, einen wesentlichen Anteil ausmachen.

1.1 Ziele

Die Ziele dieser Projektarbeit sind folgende:

1. Simulation von Webtechnologien und Analyse hinsichtlich deren ökologischen Fußabdrucks
2. Visualisierung des ökologischen Fußabdrucks für die Anwenderin und den Anwender durch eine Software
3. Aufmerksamkeitsarbeit bezüglich des Ressourcenverbrauchs des Internets.

Beim ersten Ziel werden zwei unterschiedliche Webtechnologien auf deren Ressourcenverbrauch analysiert. Dazu wird eine statische und eine dynamische Webseite entwickelt und im bestehenden Netzwerk des Projekts GreenWebPrototype für die Messungen installiert und konfiguriert. Anschließend wird Traffic erzeugt, um so einen realen Einsatz der Webtechnologien nachzubilden und währenddessen gemessen. Zum Schluss werden alle Messungen zusammengesetzt, aufbereitet und ausgewertet und in den CO₂-Ausstoß umgerechnet. So wird der ökologische Fußabdruck berechnet.

Beim zweiten Ziel werden die Ergebnisse vom ersten Ziel durch verschiedene Visualisierungsansätze der Betrachterin oder dem Betrachter aufbereitet und durch eine Webseite übermittelt. Damit wird der Anwenderin oder dem Anwender der ökologische Fußabdruck von Webtechnologien verdeutlicht. Zusätzlich werden die Messdaten des Projektes GreenWebPrototype aufarbeitet und ausgewertet, um auch den ökologischen Fußabdruck bezüglich Streamingdienste zu visualisieren.

Beim dritten Ziel wird ein Plan erstellt, der bei Veranstaltungen, wie zum Beispiel Open House FH JOANNEUM, die BesucherInnen bezüglich den Ressourcenverbrauch und des ökologischen Fußabdrucks des Internets aufzeigen soll. Dieser Plan enthält die Ergebnisse der beiden vorherigen Ziele und soll auf unterschiedlichen Varianten Aufmerksamkeit bezüglich dieses Thema generieren.

1.2 Projektorganisation

Im Zuge der Lehrveranstaltung „Bereichsübergreifende Projektarbeit“ (BUEPR) des Bachelorstudiengangs Informationsmanagement an der FH JOANNEUM wurde dieses Projekt erstellt, um so den CO₂-Ausstoß, den das Internet und dessen Infrastruktur haben, zu ermitteln. Der Projektvorschlag wurde von Herrn Sprung eingebracht und umgesetzt wurde es vom Projektteam bestehend aus: Julia Gruber, Lukas Reitbauer und Anja Stadlhofer. Dieses Projekt arbeitet mit dem Projekt „GreenWebPrototype - Prototype - Entwicklung für Energie- und Perfor-

mance-Messungen“ zusammen, welches von Herrn Mittenecker betreut und von Colin Jochum, Marcel Kahr und Tom Kleinapl durchgeführt wurde. Gestartet wurde das Projekt mit dem Kick-Off-Meeting am 07.10.2019.

1.3 Änderungen

Aufgrund des Ausfalles vom Projektteammitglied Christoph Tripolt wurde der Plan beim zweiten Ziel geändert und adaptiert. Zuvor war geplant, ein Plugin für den Browser zu entwickeln. Dieses Plugin sollte den aktuellen Verbrauch während der Nutzung des Internets mitmessen, den dabei entstandenen CO₂-Ausstoß berechnen und anschließend für die Anwenderin oder den Anwender visualisieren. Dieser erste Entwurf wurde verworfen, weil der Umfang des Projektes für ein Projektteam bestehend aus drei Projektmitglieder damit zu groß gewesen wäre. Deshalb wurde stattdessen eine Webseite erstellt, um dort die Visualisierung der Ergebnisse zu zeigen. Diese Webseite kann anschließend für weitere Aufmerksamkeitsarbeit für andere Institute oder Personen verwendet werden.

2 Carbon Footprint

Bei diesem Projekt wird der ökologische Fußabdruck von Webtechnologien ermittelt, genauer gesagt wie viel Gramm CO₂ bei der Nutzung von dynamischen und statischen Webseiten ausgestoßen wird. Dieser Ausstoß wird auch „carbon footprint“ genannt und gibt an, was für eine CO₂ Abdruck hinterlassen wird beziehungsweise wie viel Gram CO₂ dabei freigesetzt werden. Um dies zu berechnen benötigt es vorläufige Berechnungsschritte, die in den Unterpunkten beschrieben werden. Zuerst wird ermittelt wie viel CO₂ bei der Stromgewinnung entsteht. Denn die Webtechnologien benötigen für deren Betrieb eine ständige Stromzufuhr. Diese Zufuhr an Strom wird gemessen und anschließend berechnet wie viel Gramm CO₂ für die Gewinnung des benötigten Stroms ausgestoßen wird. Zusätzlich wird der Transport der Daten vom Anbieter (Server) zum Nutzer (Client) auch miteinbezogen. Zusammengerechnet ergibt es so den carbon footprint bei der Nutzung der Webtechnologien.

2.1 CO₂-Ausstoß pro Kilowattstunde

Um den ökologischen Fußabdruck der Webtechnologien zu ermitteln, muss zuerst der Strom genauer betrachtet werden. Es kommt darauf an wie viel Gramm an CO₂ für eine Kilowattstunde (kWh) ausgestoßen wird. Würde nämlich eine Webseite nur mit Strom versorgt, der zu 100% aus Wasserkraft erzeugt wird, so hat diese Webseite einen viel geringeren CO₂-Ausstoß als eine, die nur mit Strom betrieben wird, welcher zu 100% aus einem Kohlekraftwerk gewonnen wird. Deshalb wird für die spätere Berechnung auf den österreichischen Strommix aus dem Jahr 2018 zurückgegriffen. Die Energieträger, die für die Stromgewinnung verwendet worden sind, und deren Anteile an den gesamten erzeugten Strom in Österreich im Jahr 2018 werden in der Abbildung 1 angezeigt. Demnach wurde der österreichische Strom bis zu 75,51% aus erneuerbaren Energieträgern und zu 24,49% aus nicht erneuerbaren Energieträgern gewonnen.

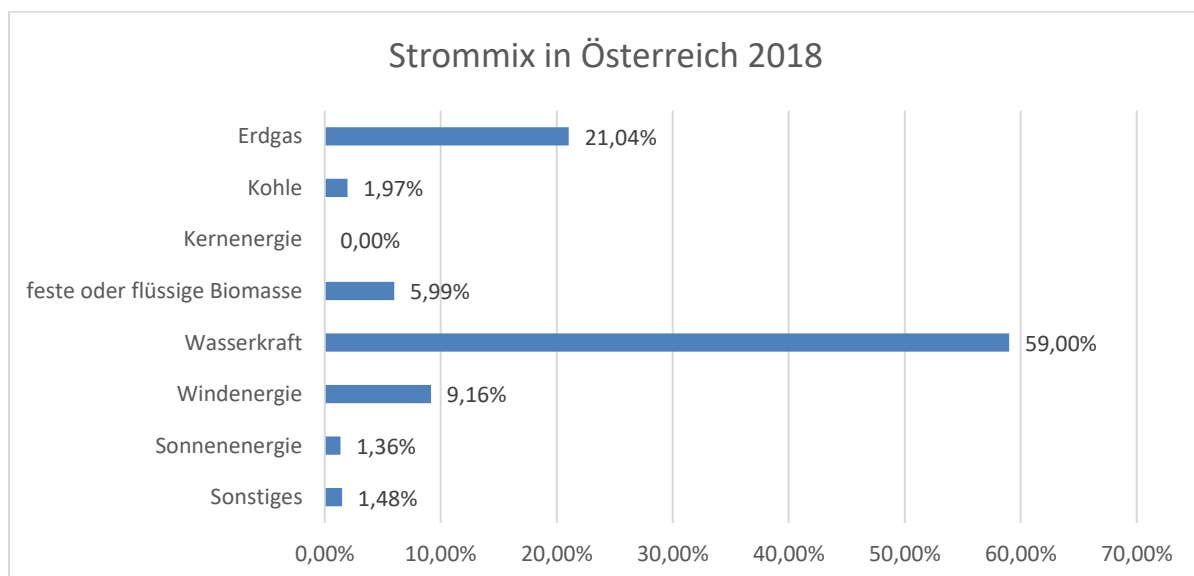


Abbildung 1: Anteil der Energieträger für die Stromgewinnung im Jahr 2018
([e-control 2019])

Beim CO₂-Ausstoß pro gewonnen kWh, mit den Anteilen der Energieträger aus dem österreichischen Strommix 2018, wird nicht miteinkalkuliert, wie viele Emissionen bei der Errichtung des Kraftwerkes und der Ressourcenherstellung freigesetzt werden. Die Tabelle 1 gibt an, wie viel Gramm CO₂ bei der Stromgewinnung je nach Energieträger freigesetzt wird. Dabei handelt es sich um durchschnittliche Werte, aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsgrade bei den Kraftwerken, auch wenn diese den gleichen Energieträger verwenden. Zusätzlich gibt es verschiedene Arten eines Energieträgers. Als Beispiel wird beim Energielieferant Kohle die Steinkohle und die Braunkohle verwendet. Jedoch wird bei der Verwendung von Braunkohle mehr CO₂ freigesetzt als bei der Steinkohle.

Energieträger	CO ₂ -Emissionen in g/kWh	Radioaktiver Abfall in mg/kWh
Erdgas	440	0
Erdöl und dessen Produkte	645	0
Kohle	882	0
Nuklearenergie	0	2,7

Tabelle 1: CO₂ Ausstoß nach Energieträger pro kWh ([e-control 2019])

Für weitere Berechnungen wird nun ein konstanter Wert benötigt, der angibt, wie viel Gramm CO₂ pro kWh (g/kWh) ausgestoßen wird. Dieser setzt sich aus den Anteilen der Energieträger aus dem österreichischen Strommix 2018 (Abbildung 1) und den freigesetzten CO₂-Emissionen je nach Energieträger (Tabelle 1: CO₂ Ausstoß nach Energieträger pro kWh ([e-control 2019]) zusammen und gibt zugleich auch an wie viel CO₂ bei der Stromgewinnung in Österreich ausgestoßen wird. Daraus folgend kommt der Wert 100,27 g/kWh heraus und wird für weitere Berechnungen des carbon footprint verwendet.

2.2 Stromverbrauch beim Datentransfer

Neben dem Stromverbrauch der Server wird auch Strom benötigt, um die Daten vom Webserver über ein Netzwerk zum Client zu transportieren. Je nach Webtechnologie werden die Daten bei einem Server beziehungsweise bei mehreren Servern gespeichert. Bei einem Webseitenaufruf müssen alle benötigten Daten über einen oder mehrere Router zum Client gebracht werden. Wie beim vorherigen Unterkapitel wird hier auch ein Wert, mit der Einheit kWh pro Gigabyte (kWh/GB) benötigt um mit diesem anschließend weitere Berechnungen durchführen zu können. In den letzten Jahren gab es verschiedene Schätzungen dazu, wie viel kWh ein Gigabyte an transportierten Daten benötigt, siehe Abbildung 2. Nach den neuesten Schätzungen aus dem Jahr 2015 geht hervor, dass für ein Gigabyte versendeter Daten 0,06 kWh an Strom benötigt wird (Nummer 6 bei Abbildung 2). Aufgrund dieser neuesten Schätzung werden bei den nachfolgenden Berechnungen auch der Wert 0,06 kWh/GB verwendet.

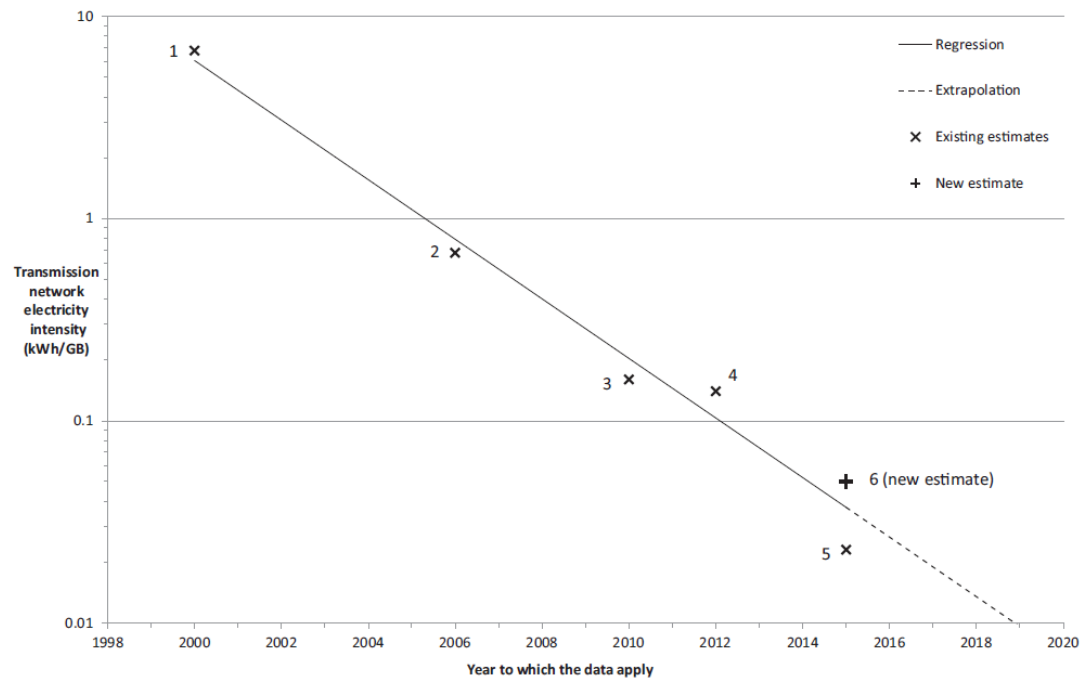


Abbildung 2: Schätzungen von kWh/GB ([Joshua/Mayers/Koomey/France 2017])

3 Messungen

Es werden verschiedene Messungen durchgeführt, zum einen für einen Vergleich zwischen einer dynamischen und statischen Webseite, zum anderen wie viel Strom beim Streaming verbraucht wird. In dieser Projektarbeit liegt der Fokus auf den beiden Websites und der Visualisierung, deshalb werden hier auch nur der Aufbau und die Messungen der dynamischen und statischen Webseite präsentiert. Für die Visualisierung wurde für das Streaming die Messungen vom Team „GreenWebPrototype“ verwendet.

3.1 Aufbau der Testumgebung

In Abbildung 3 ist die Testumgebung in einem Labor der FH Joanneum aufgezeichnet. Mit diesem Aufbau wurde versucht den Stromverbrauch für statische und dynamische Webseiten zu messen, als auch zu vergleichen, sowie auch den Stromverbrauch von Streaming. Die Idee ist eine möglichst reale Situation nachzubauen, das jedoch aufgrund verschiedener Komponenten, wie Internet-Provider oder Content Delivery Networks (CDN) nur beschränkt möglich ist.

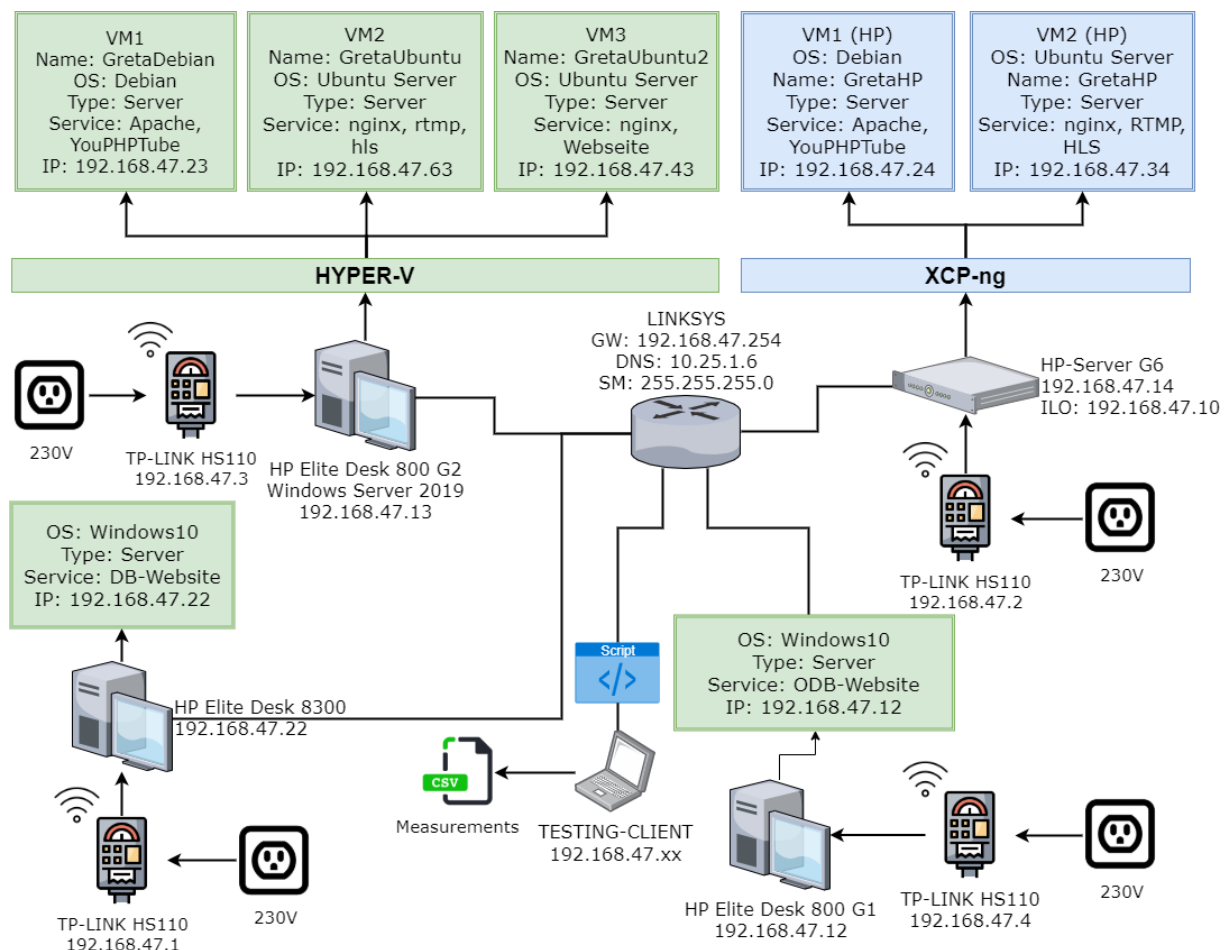


Abbildung 3: Testaufbau

3.1.1 HP Elite Desk 8300

Dieses Modell enthält eine CPU von Typ Intel Core i7 3770 mit 3,40 Gigahertz und einen RAM vom Typ DDR3 mit 16GB und 1600 Megahertz. Eine Intel Graphics HD 4000 Grafikkarte sowie eine SSD mit 500 Gigabyte Speicherplatz vom Typ Samsung 840 Evo sind ebenfalls in diesem Gerät vorhanden.

3.1.2 HP Elite Desk 800 G1

Der komplette Modellname lautet ELIT DESK 800 G1 TWR. Die eingebaute Hardware ist eine CPU vom Typ Intel Core i7 4790 mit 3,6 Gigahertz und einen RAM vom Typ DDR3 mit 32GB und 1600 Megahertz. Eine Grafikkarte des Typen Intel Graphics HD 4600 sowie eine Samsung 840 EVO 500 Gigabyte SSD.

3.1.3 HP Elite Desk 800 G2

Auf dieser Maschine wurden drei VMs aufgesetzt. Der Modellname dieses Gerätes lautet Elite Desk 800 G2 TWR und enthält eine CPU vom Typ Intel Core i7 6700 mit 3,40 Gigahertz und einen RAM DDR3 32 Gigabyte mit 2133 Megahertz. Auch eine Grafikkarte Intel Graphics HD 530 und eine Samsung SSD 840 EVO mit 500 Gigabyte sind darin verbaut.

3.1.4 HP Server G6

Auf diesem Server wurden zwei VMs aufgesetzt. Da dieses Gerät nicht für die grafische Darstellung vorgesehen ist, enthält es keine Grafikkarte. Jedoch sind zwei CPUs vom Typ Intel Xeon X5550 mit 2,67 Gigahertz vorhanden. Zusätzlich noch ein 24 Gigabyte RAM und zwei HP 146GB 10K SAS HDDs.

3.2 Webseiten für Tests

Für den Vergleich einer statischen und dynamischen Webseite wurde versucht beide möglichst real nachzubauen und mit den gleichen Mengen an Inhalten befüllt.

3.2.1 Statische Webseite

Die statische Webseite (Abbildung 4) wurde mit dem Static Site Generator Hugo gemacht. Durch diesen können vordefinierte Themes verwendet werden und ein Codegerüst für weitere Einträge und Inhalte wird generiert. Nach der Erstellung des initialen Projektes werden Markdown-Files zu den jeweiligen Blogeinträgen und einzelnen Seiten geschrieben. Nach der Fertigstellung wird aus dem gesamten Projekt ein Verzeichnis gebildet mit allen relevanten HTML-Seiten, welches als Ganzes auf den Webserver geladen wird.

Die gesamte statische Webseite liegt auf dem als Webserver fungierenden HP Elite Desk 800 G2 auf der virtuellen Maschine VM3 mit der IP-Adresse 192.168.47.43.

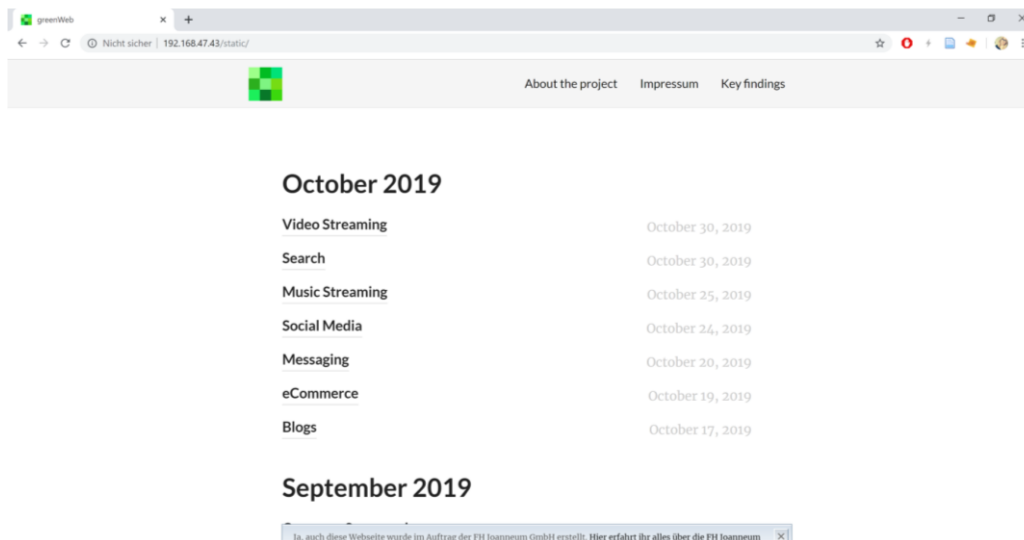
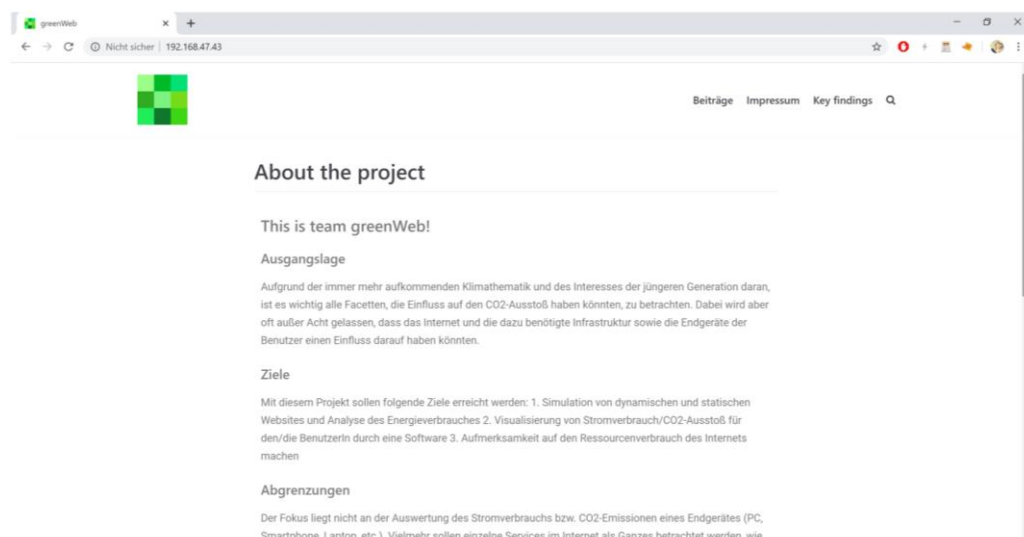


Abbildung 4: Statische Webseite

3.2.2 Dynamische Webseite

Für die Erstellung der dynamischen Webseite (Abbildung 5) wurde bei diesem Projekt, das bekannte Content Management System (CMS) Wordpress verwendet. Dazu wird initial ein Projektverzeichnis von Wordpress erstellt mit allen relevanten Files für die Seite. Wordpress arbeitet mit einer oder mehreren Datenbanken im Hintergrund, somit wurde hier eine MySQL-Datenbank benötigt. Die Webseite kann durch diverse Plugins schnell erweitert werden. Wie bei der statischen Webseite wurden hier die gleichen Beiträge und Inhalte generiert, um einen bestmöglichen Vergleich zu gewährleisten. Da eine dynamische Webseite jedoch mit externen Datenbanken arbeitet und sich Daten von vielen verschiedenen Servern holt, wurde für den Test Texte und Bilder auf den beiden Datenbanken in der Testumgebung aufgeteilt.

Die dynamische Webseite liegt auf dem als Webserver fungierenden HP Elite Desk 800 G2 auf der virtuellen Maschine VM3 mit der IP-Adresse 192.168.47.43. Text und Bilder sind auf drei Datenbanken auf den Geräten HP Elite Desk 8300 mit der IP-Adresse 192.168.47.22 und HP Elite Desk 800 G1 mit der IP-Adresse 192.168.47.12 aufgeteilt und gespeichert.



3.3 Testmittel

Um die Tests durchzuführen wurden verschiedene Tools und Geräte wie folgt verwendet.

3.3.1 JMeter

Um Aufrufe für die Websites und das Streaming zu generieren wurde das Tool Apache JMeter verwendet (Abbildung 6). Somit können verschiedene Anzahlen von User und Aufrufen getestet werden, um einen Vergleich aufstellen zu können.

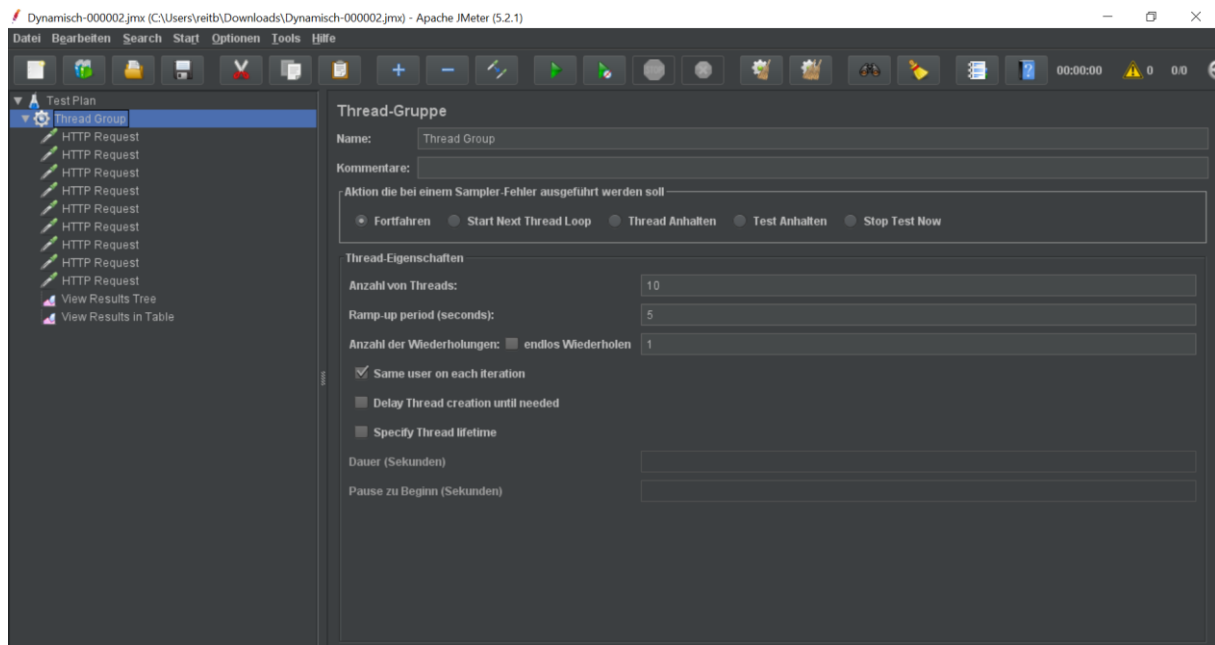


Abbildung 6: JMeter

3.3.2 SmartMeter

Um den gesamten Stromverbrauch des benutzten Gerätes zu messen, werden sogenannte SmartMeter eingesetzt. Für die Messungen bei diesem Projekt wurde der TP-Link HS110 verwendet. Mit diesem werden in jeder Sekunde die benötigten Watt gemessen. Dadurch können die benötigten Wattstunden für eine gewisse Zeitspanne berechnet werden.

3.3.3 Python-Script

Um nicht nur den Stromverbrauch des benutzten Gerätes zu messen, sondern auch den Verbrauch der Übertragung, wird ein Python-Script eingesetzt. Mit dem Script in Abbildung 7 können die übertragenen Bytes der Datenpakete mitgesniffet, und somit der Stromverbrauch, der durch die versendeten Pakete entstanden ist, ermittelt werden.

```
import pyshark

from datetime import datetime as DateTime
```

```
def pysharkSniffer():
    cap = pyshark.LiveCapture(interface='WLAN', only_summaries=True)
    leerzeichen = "\n"
    for packet in cap.sniff_continuously():
        out_file = open("./bytes_Data.csv", "a")
        out_file.write(
            packet.no + ',' + DateTime.now().strftime(
                '%H:%M:%S:%f') + ',' + packet.destina-
tion + ',' + packet.source + ',' + packet.length + leerzeichen)

while 1 ==1:
    pysharkSniffer()
```

Abbildung 7: Python-Script

3.4 Rahmenbedingungen

Bei den Messungen wurden nicht alle Komponenten, die Strom verbrauchen berücksichtigt, da dies nicht möglich ist. Denn bei größeren Websites sind unzählige Server und Netzwerke involviert. Dieser Aufbau und die verwendeten stromverbrauchenden Ressourcen für solche Webseiten sind schwer nachverfolgbar und infolgedessen kann der Stromverbrauch dieser natürlich schwierig bis gar nicht gemessen werden. Deshalb wurde bei diesem Projekt versucht, annähernd ähnliche Strukturen aufzubauen, natürlich in sehr verkleinerten Dimensionen aufgrund des Umfangs des Projektes und den vorhandenen Ressourcen. Außenvor gelassen wurden der Stromverbrauch von Serverfarmen, der Betrieb von großen Netzwerken, unter anderem CDNs, und auch der Verbrauch von der Datenübertragung über diverse Netze. Der Vergleich, der hierbei aufgestellt wurde, basiert auf zwei Netzwerken, eines für die statische und eines für die dynamische Webseite. Damit wurde der Stromverbrauch der involvierte Server, sofern diese im eigenen Netzwerk waren, gemessen und die Bytes der übertragenen Daten mitgesniff und aufgrund dieser der Stromverbrauch der Datenübertragung ermittelt. Alle Server waren über Kabel miteinander verbunden und der Client verbindet sich über WLAN in das Netzwerk.

3.5 Durchführung

Die Messungen wurden für die statische sowie die dynamische Webseite gleich durchgeführt. Die Herangehensweise sieht hierbei folgendermaßen aus:

1. Der Webserver wurde gestartet.
2. Die Messung am SmartMeter für den Webserver wurde gestartet.
3. Danach wurde eine 10-sekündige IDLE Zeit abgewartet, in der der Server keine Aufgabe bekommt.
4. Dann wurde das Python-Script gestartet, um die Datenpakete zu capturen.
5. Daraufhin wurde das Tool JMeter gestartet, welches die Aufrufe zur Website generiert.
6. War JMeter fertig und hat alle Requests abgearbeitet, wurde das Python-Script gestoppt.

7. Und in weiterer Folge wurde auch die Messung am SmartMeter beendet.

Um mögliche Fehlinterpretationen aufgrund von unterschiedlicher Hardware zu vermeiden, wurden alle Messungen zweimal ausgeführt. Dabei sind die Datenbanken bei der dynamischen Variante ausgetauscht worden, um sicherzustellen, dass der erhöhte Stromverbrauch bei der Übertragung von Bildern im Vergleich zu den Texten sich wirklich aufgrund der Bildern zusammensetzt und nicht aufgrund verschiedener bzw. älterer Hardware. Unser Verdacht, dass die Bilder den Verbrauch verursachen, wurde aufgrund der Tests bestätigt.

Die generierten Messdaten wurden in weiterer Folge je nach Aussagekraft auf der Visualisierungs-Webseite visualisiert.

3.6 Ergebnisse

Die rohen Messdaten wurden anschließend von den generierten csv-Files in eine Datenbank strukturiert gespeichert, um eine sinnngemäße Auswertung zu ermöglichen. Mittels SQL-Abfragen wurden die relevanten Daten herausgefiltert und in Excel-Sheets aufbereitet.

3.6.1 Statisch

Die Auswertung der statischen Webseite (Abbildung 8) ergab, dass wenn ein User die Webseite aufruft, der Webserver in einer Sekunde durchschnittlich 14,261 Watt benötigt. Bei 100 Usern benötigt der Server durchschnittlich 18,438 Watt. Für den Aufruf der Webseite eines Users wurden 3 Sekunden benötigt, was bedeutet in dieser Zeit hat der Server ca. 0,012 Wattstunden (Wh) verbraucht. Bei 100 Usern verbraucht der Server in 83 Sekunden ca. 0,425 Wh. Dazu wird noch der Stromverbrauch des Übertragungsweges gerechnet. Dazu wurden die Bytes der relevanten übertragenen Daten, die durch das Python-Script gemessen wurden, aufsummiert. Hierbei wurden bei einem User ca. 0,0036 GB und bei 100 Usern ca. 0,1204 GB übertragen. Diese Anzahl wurde mit dem fixen Wert von verbrauchten 0,06 kWh/GB multipliziert und kommt somit auf einen Gesamtverbrauch von 0,0002 kWh bei einem Aufruf der Website von einem User und 0,0076 kWh, wenn die Webseite 100 User aufrufen.

3	1 User				
4					
5	benötigte Zeit:	3 s	0,00083333	stunden	
6	durchschnittliche Watt	14,261 Watt			
7					
8	Wh	0,011884167			
9	KWh	1,18842E-05			
10		vom Theme			
11	Bytes	3570463	17241		
12	KB	3570,463			
13	MB	3,570463			
14	GB	0,003570463		0,06 kwh/gb	
15				0,00021423 kwh	
16					
17	Gesamt	0,000226112 kwh			
18					
19	100 User				
20					
21	benötigte Zeit:	83 s	0,02305556	stunden	
22	durchschnittliche Watt	18,438 Watt			
23					
24	Wh	0,425098333			
25	KWh	0,000425098			
26		vom Theme			
27	Bytes	120383659	793005		
28	KB	120383,659			
29	MB	120,383659			
30	GB	0,120383659		0,06 kwh/gb	
31				0,00722302	
32					
33	Gesamt	0,007648118 kwh			
34		7,648118 wh			

Abbildung 8: Auswertung statische Webseite

3.6.2 Dynamisch

Die Auswertung der dynamischen Webseite ergab, dass der Webserver bei einem User durchschnittlich 13,971 Watt, der erste Datenbankserver 28,003 Watt und der zweite Datenbankserver 19,548 Watt benötigen. In diesen 7 Sekunden verbrauchen diese drei Server 0,12 Wh. Dazu werden die Bytes von allen Übertragungswegen gerechnet, was eine Gesamtanzahl von 4,64 übertragene MB ergibt und in weiterer Folge 0,0003 kWh für dieses verbraucht. Das ergibt einen Gesamtverbrauch von 0,0004 kWh für einen Aufruf eines Users. Wenn die Webseite 100 User aufrufen, verbraucht der Webserver durchschnittlich 25,794 Watt, der erste Datenbankserver 43,902 Watt und der zweite Datenbankserver 19,548 Watt. Das ergibt in den benötigten 69 Sekunden eine Anzahl von 1,72 Wh. Für die übertragenen Daten wurden 0,008 kWh benötigt. Zusammen ergibt das einen Gesamtverbrauch von 0,0096 kWh für den Aufruf der Webseite von 100 Usern. Um sicherzustellen, dass der erhöhte Verbrauch der ersten Datenbank die übertragenen Bilder der ausschlaggebende Punkt sind, wurde in einem zweiten Testversuch die Datenbank ausgetauscht. Der Verdacht wurde bestätigt, dass Bildübertragung einen erhöhten Verbrauch generiert.

3	1 User					
4						
5	benötigte Zeit:	7 s	0,00194444 stunden			
6	durchschnittliche Watt Webserver	13,971 Watt	0,02716583 Wh			
7	durchschnittliche Watt DB .12	28,003 Watt	0,05445028 Wh			
8	durchschnittliche Watt DB .22	19,548 Watt	0,03801 Wh			
9						
10	Wh gesamt	0,11962611				
11	KWh gesamt	0,00011963	Notizen			
12	Bytes		Client bekommt nichts vom .22 (extern2)			
13	vom Client	4565958	DB .12 kontakt nur mit webserver			
14	vom DB .12	63894				
15	vom DB .22	6097				
16						
17	Bytes gesamt	4635949				
18	KB	4635,949				
19	MB	4,635949				
20	GB	0,00463595	0,06 kwh/gb			
21			0,00027816			
22						
23	Gesamt	0,00039778 kwh	0,39778305 wh			
24			60 wh	1		
25						
26	100 User					
27	benötigte Zeit:	69 s	0,01916667 stunden	ausgetauschte DB verbrauch:	Diesmal ist extern1 und extern2 auf .22 und extern3 auf .12	
28	durchschnittliche Watt Webserver	25,794 Watt	0,494385 Wh			
29	durchschnittliche Watt DB .12	43,902 Watt	0,841455 Wh	durchschnittliche Watt DB .12	26,65 Watt	
30	durchschnittliche Watt DB .22	20,077 Watt	0,38480917 Wh	durchschnittliche Watt DB .22	44,39 Watt	
31						
32						
33	Wh gesamt	1,72064917				
34	KWh gesamt	0,00172065				
35						
36						
37	Bytes					
38	vom Client	124684548				
39	vom DB .12	5625870				
40	vom DB .22	609460				
41						
42						
43	Bytes	130919878				
44	KB	130919,878				
45	MB	130,919878				
46	GB	0,13091988	0,06 kwh/gb	0,12 kwh/gb Laut Quelle:	https://cayla.de/die-welt-verstehen/energieverbrauch-im-internet-in-wh-mb/	
47			0,00785519	0,06 kwh/gb Laut Quelle:	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jiec.12630	
48						
49	Gesamt	0,00957584 kwh				
50		9.57584 wh				

Abbildung 9: Auswertung dynamische Webseite

3.6.3 Vergleich

Vergleicht man nun die beiden Webseiten, bemerkt man einen Unterschied im Verbrauch. Wie vermutet, benötigen dynamische Webseiten um 1,92 Wh bei 100 Usern mehr als statische, da eben mehrere Server involviert sind und Daten von den verschiedensten Orten geladen werden. Eine Hochrechnung auf mehrere 1000 User ist in dieser Testumgebung nicht möglich, wenn sie auch interessant gewesen wäre, da für eine solche Anforderung andere Hardware benötigt beziehungsweise verwendet wird und somit die Messungen nicht repräsentativ wären.

4 Visualisierung

Da, ein Ziel dieser Arbeit auf der Visualisierung liegt, müssen die zuvor gemessenen Daten und die Daten, welche vom zweiten in der Einleitung erwähnten Projektteam gemessen wurden, visualisiert werden. Für die Entwicklung wurde das Tool XAMPP verwendet. Die Website ist auch dafür geeignet, zu einem späteren Zeitpunkt gegebenenfalls öffentlich gestellt zu werden.

4.1 About

Die auf Abbildung 10 zu erkennende About Seite unserer Website ist die Startseite. Hier kann man erkennen, welchen Zweck diese Webseite verfolgt. Mit einem Klick auf die grauen Buttons wird man auf den jeweiligen sozial Media Kanal der FH JOANNEUM weitergeleitet. Ebenso sind die einzelnen Menüpunkte auf diesem Screenshot ersichtlich, welche im weiteren Verlauf dieser Dokumentation noch genauer beschreiben werden. Mithilfe eines Info Buttons der auf einigen Seiten vorhanden, können einige Informationen über die Berechnungen zu den Visualisierungen auf der jeweiligen Seite erlangt werden. Für genauere Informationen wird auf diese Dokumentation verlinkt.



Abbildung 10: Green Web About Seite

4.2 Move

Bei der in Abbildung 11 zu sehende Visualisierung wurde 1h eines Streaming Videos betrachtet und mit den möglichen gefahrenen Kilometern, der einzelnen Fortbewegungsmitteln verglichen. Hierbei wurde eine Bitrate von 6000 kbps gewählt mit einer Auflösung von 1920x1080 und mittlerer Kodierungsgeschwindigkeit. Für dies wurden die benötigten kWh der Bytes für die Übertragung berechnet mit einem fixen Wert aus Studien von 0,06 kWh/GB. Weiters wurden die verbrauchten kWh des Streaming-Servers ermittelt. Mit dieser Summe wurde der Wert der verbrauchten Gramm CO2 berechnet. Aus diversen Studien wurden die benötigten g CO2 pro Kilometer für die jeweiligen Fortbewegungsmittel recherchiert. Somit konnte ein Vergleich zwischen Fortbewegungsmittel und Streamingvideo aufgestellt werden und die möglichen Kilometer statt des Streamings berechnet werden.

MOVE

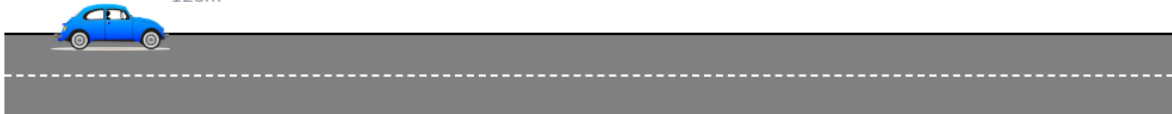
STREAMING AUSWERTUNG

i

Schon eine Stunde zu streamen wirkt sich pro Gerät auf die Umwelt aus. Statt eine Stunde zu Streamen hätte man so weit mit den einzelnen Fortbewegungsmitteln fahren können. Aber sieh selbst!

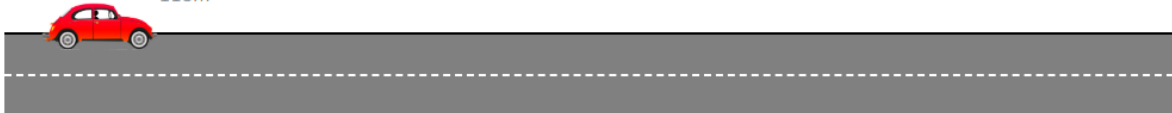
Klicke, um die Kilometeranzahl eines **Dieselaautos** zu erfahren!

125m



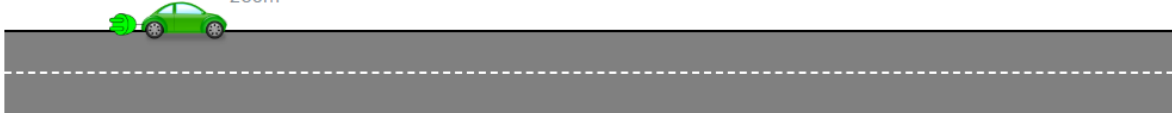
Ist ein **Benzinauto** effizienter? Finde es heraus!

115m



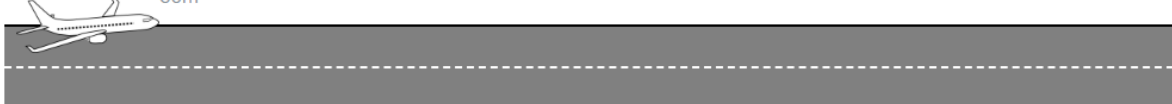
Klicken, um die Bilanz eines **Elektroautos** zu erfahren!

260m



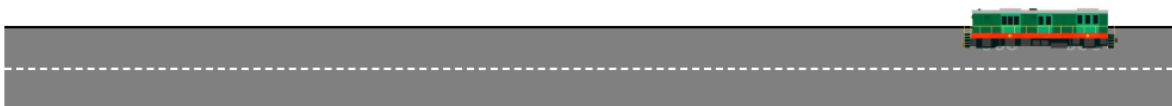
Ist der **Flugverkehr** wirklich so schlimm?

60m



Klicke, um die Effizienz eines **Zuges** zu sehen!

1730m



Ist der **Bus** wirklich das umweltverträglichste Fortbewegungsmittel?

490m

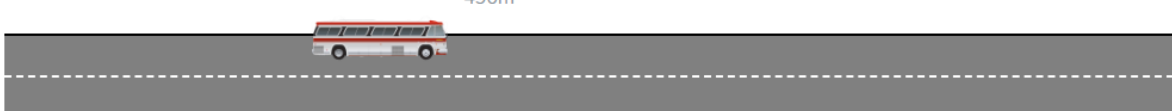


Abbildung 11: Green Web Move Seite

Berechnungen

Um die verbrauchten Gigabyte eines Streams mit gefahrenen Kilometern der verschiedenen Fortbewegungsmittel vergleichen zu können, müssen die Gigabyte in Gramm CO₂ umgerechnet werden. Dazu wurde diese Formel aufgestellt.

$$S_{Ges} = \frac{P * t}{1000} + S_B$$

Der gesamte Stromverbrauch S_{Ges} (in kWh) wird mit Hilfe der benötigten Leistung P (in Watt) errechnet. Die Watt werden mit der Länge des Videos t (in Stunden) multipliziert und anschließend durch 1000 dividiert. Der daraus resultierende Stromverbrauch ist rein von den Servern. Um nun den gesamten Stromverbrauch zu ermitteln, muss der Stromverbrauch der übertragenen Bytes hinzugefügt werden. Dieser Strom ist abhängig von der Bitübertragungsrate.

$$m = S_{Ges} * f$$

Da nun die gesamte Masse berechnet werden soll, muss der Stromverbrauch mit dem Faktor f (Gramm CO₂ pro kWh) multipliziert werden. Das Ergebnis liefert die Gramm CO₂, welche durch das Video verbraucht werden.

In weiterer Folge werden diese verbrauchten Gramm CO₂ durch die durchschnittlich verbrauchten Gramm pro Kilometer der verschiedenen Fortbewegungsmittel dividiert. Daraus resultiert eine Kilometeranzahl, mit der man das jeweilige Fortbewegungsmittel benutzen hätte können, hätte man nicht ein Video gestreamt (Abbildung 12).

Auswertungs MovePage.xlsx - Wird gespeichert...

Stadlhofer Anja

TeilenKommentare

DateiStartEinfügenSeitenlayoutFormelnDatenÜberprüfenAnsichtHilfeWas möchten Sie tun?

C34

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	6000000	Bit/s												
2	Video 1h lang schauen													
3	Strom der Geräte:													
4	86,97	Watt	0,08697	Kilowatt										
5	1	h												
6	86,97	Wh (für Gerätestrom)	0,08697	kWh (für Gerätestrom)										
7														
8	Datenübertragung:													
9	750000	Byte/s	750	KB/s	0,75	MB/s	0,00075	GB/s						
10	45000000	Byte/m	45000	KB/m	45	MB/m	0,045	GB/m						
11							2,7	GB/h						
12	0,162	kWh (für Datenübertragung)												
13	0,24897	kWh (gesamt)												
14														
15	24,9642219		g CO2	wurden für dieses Video ausgestoßen										
16														
17														
18	Fahrzeuge:													
19	Dieselauto	203,5	g pro km	Quellen:	https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/verkehr/1_verke	0,12267431	km	123	m					
20	Benzinauto	220,2	g pro km	https://www.vcoe.at/service/fragen-und-antworten/klima-emissionen-der-verkehr		0,11337067	km	113	m					
21	Elektroauto	95,9	g pro km			0,26031514	km	260	m					
22	Flugzeug	426,2	g pro km			0,05857396	km	59	m					
23	Zug	14,4	g pro km			1,73362652	km	1734	m					
24	Bus	51,3	g pro km			0,48663201	km	487	m					
25														
26														
27	0,12	kWh/gb Laut Quelle:	https://cayla.de/die-welt-verstehen/energieverbrauch-im-internet-in-wh-mb/											
28	0,06	kWh/gb Laut Quelle:	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jiec.12630											
29	100,27	g CO2/kWh verbraucht man in Österreich	https://www.e-control.at/documents/1785851/0/Stromkennzeichnungsbericht_FINAL.pdf/66d28c2c-1896-17ce-1dca-99c98886122b?t=1569481732421 (Seite 30)											
30														

Abbildung 12: Move-Auswertung

4.3 Grow

Durch die verschiedenen Auflösungen und Qualitäten ergeben sich verschiedene Messungen. Bei der Qualität wird die Kodierungsgeschwindigkeit berücksichtigt, das heißt eine schnelle Kodierungsgeschwindigkeit resultiert in einer schlechteren Qualität. Umgekehrt bedeutet eine langsame Kodierungsgeschwindigkeit eine gute Qualität. Die Kodierungsgeschwindigkeit steht im Verhältnis zur Komprimierung, das heißt umso langsamer die Kodierungsgeschwindigkeit, desto besser ist die Komprimierung und somit die Qualität. Eine bessere Auflösung hingegen erfordert eine größere Menge an übertragenen Daten und somit einen höheren Ressourcenverbrauch.

Die Idee dieser, in Abbildung 13 zu sehender, Visualisierung ist es, zu veranschaulichen wie viele Bäume den CO₂ Verbrauch ausgleichen müssen, um dieses Streaming vergnügen wieder gut zu machen. Hierbei wurden zuerst die verbrauchten Kilowattstunden des Streamingsservers ermittelt. Dann wurde mit einer Bitrate von 6000 Bit/s, die übertragenen Bytes ermittelt. Somit konnte mit einem fixen Wert aus diversen Studien von 0,06 kWh/GB die benötigten Kilowattstunden für dieses Video ermittelt werden. Hierbei ist anzumerken, dass sich der ermittelte Stromverbrauch nur von Server und Übertragungsweg zusammensetzt. Als Übertragungstechnologie wurde Ethernet verwendet und auf WLAN und Funktechnologien verzichtet. Andere Stromverbraucher, wie das eigene Gerät oder externe Server und deren Kühlung werden nicht berücksichtigt.

Aus diesen benötigten Kilowattstunden wurde der CO₂ Verbrauch berechnet mit einem fixen Wert von 100,27 g CO₂/kWh. Dieser Wert stammt von e-Control und beschreibt wieviel Gramm CO₂ Österreich pro verbrauchter kWh produziert. Somit ergibt sich ein CO₂-Wert, der mit dem eines Baumes verglichen wurde. Dadurch wurde die Anzahl an Bäumen ermittelt, die 1h brauchen, um das produzierte CO₂ des jeweiligen Streams zu kompensieren.

GROW

STREAMING AUSWERTUNG

i

Um zu sehen wie viele Bäume benötigt werden um den CO2 Verbrauch, der mit dem Streaming verursacht wurde, auszugleichen wähle eine Auflösung und eine Qualität deiner bevorzugten Länge aus.

WÄHLE DIE AUFLÖSUNG DES STREAMS AUS:

- ☒ 1920x1080 (HD)
- ☐ 1280x720
- ☐ 640x360

WÄHLE DIE LÄNGE DES STREAMS AUS:

Game of Thrones Folge (1h) ▼

WÄHLE DIE QUALITÄT DES STREAMS AUS:

- ☐ Schlecht
- ☒ Mittel
- ☐ Gut

14 BÄUME KOMPENSIEREN IN 1H DEN CO2 VERBRAUCH, DEN DU MIT DIESER AUSWAHL BENÖTIGEN WÜRDEST.



Abbildung 13: Green Web Grow Seite mit Baum

Der eigentliche Wattverbrauch des Streamingserver in einem Zeitpunkt wird mittels eines Graphen visualisiert (Abbildung 14). Je nachdem, welche Einstellungen man getätigt hat von Auflösung und Qualität, werden die relevanten Zahlen im Graph graphisch dargestellt. Der anfangs niedrige Wert kommt durch die IDLE-Zeit zustande, wo der Server nicht vom Client beansprucht wird. Gestartet wird der eigentliche Verbrauch nach diesen 10 Sekunden. Danach wird nämlich für ca. 60 Sekunden ein entsprechendes Video gestreamt und die Wattanzahl des Servers mit dem SmartMeter mitgemessen.

WATTVERBRAUCH VON EINEM 1920P VIDEO MIT MITTLERER KODIERUNGSGESCHWINDIGKEIT

Folgender Graph zeigt den Wattverbrauch in der jeweiligen Sekunde an, den der Streamingserver benötigt. Der anfangs niedrige Wert kommt durch die IDLE-Zeit zustande, wo der Server nicht vom Client beansprucht wird. Dann wurde ein Video für ca. 60 Sekunden gestreamt und die dafür verbrauchten Watt werden hier dargestellt.

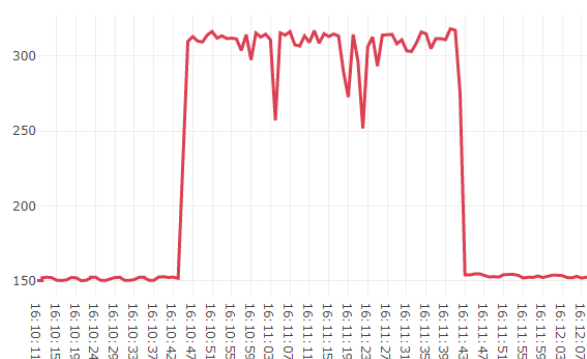


Abbildung 14: Green Web Grow Seite mit Wattverbrauch

Berechnungen

Die Berechnungen für den CO₂-Verbrauch (Abbildung 15) funktionieren gleich wie bei der Move-Auswertung. Basierend auf den berechneten CO₂-Verbrauch wurde für jeweils 1h, 3h, und 24h Streaming die benötigten Gramm CO₂ berechnet. Daraufhin wurde berechnet wie viele 23m hohe Buchen benötigt werden, um den CO₂-Verbrauch zu kompensieren (Abbildung 16). Hierbei wurde unterschieden zwischen verschiedenen Auflösungen und Qualitäten. Die verschiedenen Auswahlkombinationen wurden berechnet und dann auf die Stunden hochgerechnet. So ist der Höchstwert bei 312 benötigten Bäumen zur Kompensation bei einem 24-stündigen hochauflösenden und qualitativ sehr gutem Stream und der niedrigste Wert sind 9 benötigte Bäume bei einem einstündigen Stream in schlechtester Auflösung und Qualität.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	6000000	Bit/s										
2	Video 1h lang schauen											
3	Strom der Geräte:											
4	304,63	Watt	0,30463264	Kilowatt								
5	1	h										
6	304,6326441	Wh (für Gerätestrom)	0,30463264	kwh (für Gerätestrom)								
7												
8	Datenübertragung:											
9	750000	Byte/s	750	KB/s	0,75	MB/s	0,00075	GB/s				
10	45000000	Byte/m	45000	KB/m	45	MB/m	0,045	GB/m				
11							2,7	GB/h				
12	0,162 kwh (für Datenübertragung)											
13	0,466632644 kwh (gesamt)											
14												
15												
16	46,78925522 g CO2 wurden für dieses Video ausgestoßen											
17												
18												
19	0,12	kwh/gb Laut Quelle:	https://cavla.de/die-welt-verstehen/energieverbrauch-im-internet-in-wh-mb/									
20	0,06	kwh/gb Laut Quelle:	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jei.12630									
21	100,27	g CO2/kwh verbraucht man in Österreich	https://www.e-control.at/documents/1785851/0/Stromkennzeichnungsbericht_FINAL.pdf/66d282c-1896-17ce-1dca-99c98886122b?h=1569481732421 (Seite 30)									
22												
23												
24												
25												
26	6000000	Bit/s										
27	Video 3h lang schauen											
28	Strom der Geräte:											
29	297,29	Watt	0,29729	Kilowatt								
30	3	h										
31	891,87	Wh (für Gerätestrom)	0,89187	kwh (für Gerätestrom)								
32												
33	Datenübertragung:											
34	750000	Byte/s	750	KB/s	0,75	MB/s	0,00075	GB/s				
35	45000000	Byte/m	45000	KB/m	45	MB/m	0,045	GB/m				
36							8,1	GB nach 3h				
37	0,486 kwh (für Datenübertragung)											
38	1,37787 kwh (gesamt)											
39												
40												
41	138,1590249 g CO2 wurden für dieses Video ausgestoßen											
42												
43	Faktor	2,952793847										
44												
45	6000000	Bit/s										
46	Video 24h lang schauen											
47	Strom der Geräte:											
48	297,29	Watt	0,29729	Kilowatt								
49	24	h										
50	7134,96	Wh (für Gerätestrom)	7,13496	kwh (für Gerätestrom)								
51												
52	Datenübertragung:											
53	750000	Byte/s	750	KB/s	0,75	MB/s	0,00075	GB/s				
54	45000000	Byte/m	45000	KB/m	45	MB/m	0,045	GB/m				
55							64,8	GB nach 24h				
56	3,888 kwh (für Datenübertragung)											
57	11,02296 kwh (gesamt)											
58												
59												
60	1105,272199 g CO2 wurden für dieses Video ausgestoßen											
61												
62	Faktor	23,62235077										
63												
64												

Abbildung 15: Grow-Auswertung

3	Baumrechner								
4								Daten:	Buche
5	Wie viele Bäume werden benötigt um den CO2 Verbrauch eines gestreamten Video auszugleichen.								23m hoch
6									30cm Durchmesser
7	Länge des Videos in Stunden	CO2 Verbrauch in Gramm	Gramm/Jahr von 1 Jahr	Gramm/Tag	Gramm/Stunde	Gramm/Minute	Gramm/Sekunde		
8	1	46,78925522	30000	82,19178	3,424658	0,057078	0,000951		
9		32,96960991							
10		45,00514091							
11		37,80632934							
12		32,73157348							
13		44,34262133							
14		32,80588906							
15		32,20120915							
16		34,93611419							
17	Benötigte Bäume um den CO2 Verbrauch auszugleichen:		14	1920m					
18			10	1920s					
19			13	1920l					
20			11	1280m					
21			10	1280s					
22			13	1280l					
23			10	640m					
24			9	640s					
25			10	640l					
26									
27									
28									
29									
30	Quelle:								
31	https://www.handelsblatt.com/technik/energie-umwelt/klima-orakel-wie-viele-baeume-sind-noetig-um-eine-tonne-co2-zu-binden/3201340.html?ticket=ST-24882841-6e9oH0AgGyGzjBEGa-ap6								
32	https://newtree.org/wp-content/uploads/2016/08/Factsheet-CO2-Absorption-durch-Aufforstungen.pdf								
33									

Abbildung 16: Baum-Berechnung

4.4 Explore

Mit den Tools "Lightbeam" und in weiterer Folge "utrace" wurden alle Server und deren Standorte ermittelt, die bei einem Webseitenaufruf kontaktiert werden. Diese Server werden aufgerufen um weitere Scripts, Texte, Bilder, Videos, Werbungen und andere Komponenten, wie zum Beispiel Google Maps oder auch Google Analytics zu bekommen. Bei dieser Visualisierung soll aufgezeigt werden, wie viele Server bei einem einzigen Webseitenaufruf inkludiert sind. Nebenbei wird mittels utrace der Standort dieser Server angezeigt, um damit auch den Weg der Informationen aufzuzeigen.

Dabei soll auch beachtet werden, dass aufgrund der dauerhaften Verfügbarkeit der Webseite die Server ständig in Betrieb sein müssen und somit ständig Strom verbrauchen, was wiederum den carbon footprint der Webseite erhöht. Beim Aufruf wurde die bis zum Ende der Webseite gescrollt, um so auch wirklich alle Elemente zu laden. Denn manche Komponenten, wie zum Beispiel Werbung, werden erst angezeigt nachdem die Anwenderin oder der Anwender sich auf der Webseite bewegt. So wurde sichergestellt, dass auch wirklich alles geladen wird. Es wurde nur diese URL aufgerufen und auf keine weiteren Menüpunkte geklickt.

Weiteres wurden diese drei Webseiten ausgewählt, weil sie zu den Top 10 aufgerufenen Webseiten in Österreich zählen. Zusätzlich sind sie unterschiedlich aufgebaut und strukturiert. Während www.wikipedia.org keine Werbung besitzt, wenige designspezifische Komponente und die Inhalte nicht auf verschiedene Datenbanken aufteilen, ist bei www.krone.at das Gegenteil der Fall. Dort werden zusätzlich auch noch analytischen Elemente miteinbezogen, um so das Verhalten der Anwenderin und des Anwenders zu beobachten und so zum Beispiel zielgerichtet Werbung zu schalten. www.amazon.de wurde ausgewählt, um einen Webshop im Vergleich zu informativen Webseiten zu haben. In der Abbildung 17 wird angezeigt, wie es für www.amazon.de visualisiert wurde.

EXPLORE

EIN WEBSEITENAUFTRUF, SO VIELE SERVER...



Beim Besuch einer einzigen Website werden von vielen anderen Servern auch Daten geladen. Hier kannst du sehen wie viele Server bei dem Aufruf involviert sind und woher die Daten kommen.

Einmal nachlesen auf Wikipedia (www.wikipedia.org)

Let's shop on Amazon (www.amazon.de)

Was gibt es neues? (www.krone.at)

Beim Shoppen auf Amazon werden von **14** Servern Daten empfangen. Hier sieht man wo die sich befinden:



Abbildung 17: Green Web Explore Seite

4.5 Consume

Mit dem Besuch auf dieser Website wurden zwei Counter gestartet. Bei denen kann man, wie in Abbildung 18 zu erkennen ist, ablesen wie viele Ressourcen in der Zwischenzeit produziert wurden. Somit wird veranschaulicht mit wie vielen Geräten wieder Datenübertragungen ausgelöst werden. Um eine Verbindung zu den Themen Streaming und Surfen auf Webseiten zu generieren, wird daraufhin gewiesen, dass mit diesen Geräten eben diese Dinge gemacht werden und somit auch CO₂ ausgestoßen und Strom verbraucht wird.

CONSUME

PRODUZIERTE RESSOURCEN



Seit deinem Besuch auf dieser Website ist auf der Welt so einiges passiert. Beachte jedoch das jedes dieser produzierten Geräte wieder zum Datenverkehr beiträgt. Somit wird durch das Streamen und das Aufrufen von Websites mit diesen Endgeräten CO₂ ausgestoßen.

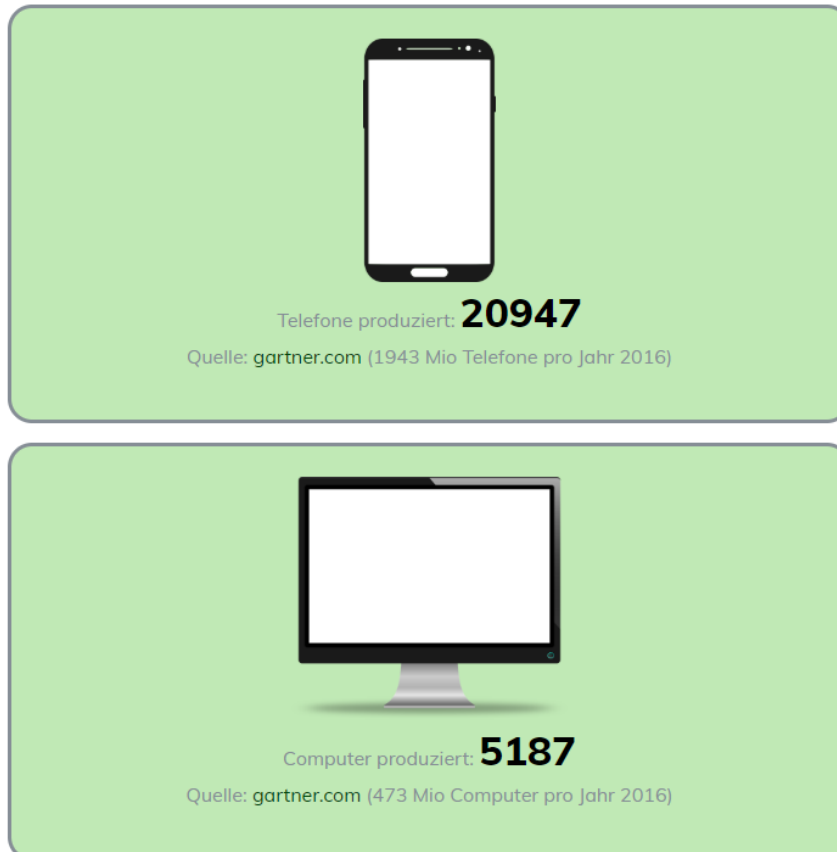


Abbildung 18: Green Web Consume Seite

4.6 Quiz

Als kleine Herausforderung haben wir noch ein Quiz eingebaut, welches Fragen zu den zuvor visualisierten Daten enthält. Das Quiz ist in Abbildung 19 zu sehen. Die richtigen Antworten sind Zug, 10 Bäume und 42 Server.

QUIZ

HAST DU DIR ALLES GEMERKT?

1) MIT WELCHEM FORTBEWEGUNGSMITTEL KOMMT MAN ANSTATT ZU STREAMEN AM WEITESTEN?

☐ Diesel Auto ☐ Benzin Auto ☐ Elektroauto ☐ Flugzeug ☐ Zug ☐ Bus

2) WIE VIELE BÄUME WERDEN IN 1H BEANSPRUCHT UM EINE FOLGE GAME OF THRONES BEI EINER AUFLÖSUNG VON 1920X1080 (HD) UND EINER SCHNELLEN KODIERUNGSGESCHWINDIGKEIT ZU STREAMEN?

☐ 30 Bäume ☐ 21 Bäume ☐ 12 Bäume ☐ 10 Bäume

3) VON WIE VIELEN SERVERN WERDEN DATEN ERHALTEN WENN MAN DIE KRONEN ZEITUNG AUFRUFT?

☐ 42 Server ☐ 24 Server ☐ 14 Server ☐ 3 Server

Senden

Abbildung 19: Green Web Quiz Seite

5 Aufmerksamkeitsarbeit

Um mehr Bewusstsein für den Umwelteinfluss des Internets zu erlangen, wurden zwei Konzepte erarbeitet, welche gegebenenfalls beim Tag der offenen Tür umgesetzt werden können.

5.1 Streaming

Eine Teilnehmerin oder ein Teilnehmer des Tags der offenen Tür darf sich als Freiwillige auf ein mit dem Rolltrainer fixiertes Fahrrad setzen. Dann muss sie oder er in die Pedale treten. Dadurch muss mit einem am Fahrrad angebrachten Dynamo genug Strom erzeugt werden, dass die am Dynamo befestigte Lampe leuchtet. Sobald die Lampe leuchtet wird ein Timer gestartet. Die Person muss in die Pedale treten bis der Timer abgelaufen ist. Damit wird verdeutlicht wie lange man am Fahrrad sitzen und treten muss, um genug Strom für eine gewisse Zeit streamen benötigt wird.

5.2 Webseiten

Da bei dem Aufruf einer Webseite auch Daten von vielen anderen Server geladen werden, sollte bewusst gemacht werden, welchen weiten Weg diese Daten zurücklegen. Als Vorarbeit könnten einige Webseiten mit dem Tool Lightbeam analysiert werden, im Bezug darauf von welchen Servern die Daten für diese Webseiten herkommen. Im Anschluss kann das Tool utrace verwendet werden, um die Standorte dieser Server herauszufinden. Für beispielsweise die Besucherinnen und Besucher des Tags der offenen Tür, kann eine Karte ausgedruckt werden. Die Besucherinnen und Besucher müssen dann versuchen zu erraten, wo sich die Server befinden und auf der Karte abstecken. So kann die Anzahl der involvierten Server veranschaulicht werden und auch wo auf der ganzen Welt sich diese befinden. Alternativ zur Karte kann auch ein Globus verwendet werden.

6 Fazit

Wir sind zum Ergebnis gekommen, dass der Betrieb einer dynamischen Seite mehr Strom benötigt, als der einer statischen Webseite. Somit wurde unsere These bestätigt, wobei wir uns einen größeren Unterschied erhofft hatten. Denn betrachtet man, dass bei der dynamischen Webseite generell mehr Geräte involviert sind, ist es natürlich klar, dass mehr Strom benötigt wird. Um aussagekräftigere Messdaten zu generieren, müsste man eine viel größere, realitätsgetreuere Testumgebung schaffen. Das bedeutet, die Tests müssten in viel größeren Dimensionen stattfinden, was aber in diesem Projektumfang nicht möglich gewesen wäre. Ein weiterer wichtiger Punkt im Bezug auf die Messdaten und Ergebnisse sind die vielen Faktoren, die berücksichtigt werden müssen. Es muss klar definiert sein, welcher Stromverbrauch berücksichtigt wurde und welcher nicht. In diesem Projekt haben wir dies auf die uns zu messenden Möglichkeiten beschränkt. In der Realität würden involvierte CDNs, Providernetze, Serverfarmen etc. auch eine Rolle spielen. Den Stromverbrauch dieser zu messen ist aber bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich. Somit begrenzen sich die Ergebnisse dieses Projektes auf einen sehr verkleinerten Rahmen, welche aber für diesen klare Ergebnisse liefern.

6.1 Probleme

Bevor wir den Umfang des Projekts, aufgrund des Ausfalles eines Projektmitgliedes, reduziert haben, hatten wir einige Probleme mit unserem Python Programm. Dadurch dass bei Windows einige Abhängigkeiten benötigt werden und die Library Pyshark auch noch einen am Laptop installierten Wireshark benötigt, war es uns leider nicht möglich das Programm zu einem als .exe ausführbaren Programm zu machen. Durch das Verringern des Projektrahmens, wurde das Programm nur für unsere eigenen Messungen verwendet und nicht als Tool für weitere Visualisierungen.

Um alles klar und nachvollziehbar zu machen, muss jedes Detail mit den exakten Formulierungen dokumentiert werden. Dies ist vor allem auch für die Visualisierungen auf der Webseite wichtig, da diese Website für jeden verständlich gestaltet sein sollte aber inhaltlich trotzdem korrekt.

6.2 Lessons learned

Ein gutes Projektmanagement ist für Projekte wie dieses essenziell. Jedoch müssen auch unvorhersehbare Ereignisse in die Planung inkludiert werden. Auch wenn der Projektplan nicht gänzlich eingehalten wird, ist er doch ein guter Anhaltspunkt für Deadlines, Milestones und den groben Verlauf und weiteren Schritte des gesamten Projektes.

Ein sehr wichtiger Punkt beim Thema dieses Projektes ist die Aktualität der verwendeten Quellen. Im Laufe der Arbeit stoßen wir auf ähnliche Studien und Statistiken zu einem gleichen Thema aus verschiedenen Jahren, dabei schwankten die Ergebnisse so stark, sodass wir in weiterer Folge immer auf der Suche nach den neuesten Quellen waren.

Wir lernten auch gewisse Dinge, sei es unsere eigenen Messergebnisse oder die Aussagekraft von externen Quellen, kritisch zu hinterfragen. Es kursieren viele Studien im Internet herum, die sich mit diesem Thema beschäftigen, doch nicht alle sind repräsentativ und wissenschaftlich nachvollziehbar.

7 Quellen und weiterführende Informationen

[e-control 2019]

e-control: Stromkennzeichnungsbericht 2019.

[Joshua/Mayers/Koomey/France 2017]

Aslan, Joshua; Mayers, Kieren; Koomey, Jonathan G.; France, Chris: Electricity Intensity of Internet Data Transmission – Untangling the Estimates, 2017.

[Schneider 2019]

Schneider, Andreas: So viel Energie verbraucht das Internet 07.08.2019, <https://www.quarks.de/technik/energie/so-viel-energie-verbraucht-das-internet/> (30.01.2020).

[Bitkom e.V. 2015]

Bitkom e.V.: Energieeffizienz in Rechenzentren. 2015.

[statista.de 2018]

Prognose zum Volumen der jährlich generierten digitalen Datenmenge weltweit in den Jahren 2018 und 2025, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/267974/umfrage/prognose-zum-weltweit-generierten-datenvolumen/> (30.01.2020).

[Buhl/Laartz 2008]

Buhl, Hans Ulrich; Laartz, Jürgen: Warum Green IT nicht ausreicht – oder: Wo müssen wir heute anpacken, damit es uns übermorgen immer noch gut geht? 2008.

[Friedemann Mattern 2015]

Prof. Friedemann Mattern: Wieviel Strom braucht das Internet? 03.03.2015, <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2015/03/wieviel-strom-braucht-das-internet.html> (30.01.2020)

[Gary Cook 2017]

Cook, Gary; Lee, Jue; Tsai, Tamina; Kong, Ada; Deans, John; Johnson, Brian; Jardim, Elizabeth: Clicking Clean: Who is winning the race to build a green internet? Greenpeace Inc. Washington, 2017.