

# Klimakiller Internet

28.12.2023

Heute versuche ich eine grobe Abschätzung zu einem Thema das unverständlicherwise noch keinen Eingang in die Agenda der hellhörigen und allzeit bereiten Klimawächter gefunden hat: dem Energiebedarf des allgegenwärtigen Internets. In öffentlichen Nachrichten durchwegs in dem nichtssagenden Begriff der *Digitalisierung* versteckt. Mein Zugang beginnt beim persönlichen Gebrauch meines Personal Computers, PCs als Arbeitsmittel. Der PC dient mir dazu verschiedenste Informationen in digitaler Form zu generieren und zu bearbeiten. Diese Daten werden entweder als Zwischenergebnis oder am Ende zum Zweck der späteren Veröffentlichung abgelegt. Dazu dienen Speichereinrichtungen für digitale Daten. Vom Ort der Entstehung im PC zum Speichermedium müssen die Daten zunächst in einer adäquaten Form übertragen werden. Ebenso ist es notwendig gespeicherte Daten entweder zur Weiterbearbeitung oder als finales Dokument vom Speicher abzurufen. Die drei Elemente:

- Erzeugung von digitalen Dokumenten
- Übertragung von Daten
- Ablage der Daten

möchte ich an Hand meiner persönlichen Werkzeuge und Möglichkeiten exemplarisch darstellen. Alle Angaben zum Energiebedarf in den eigenen 4 Wänden basieren auf gemessenen Daten. Je nach der Ausstattung anderer Arbeitsplätze können die Ergebnisse natürlich deutlich von meinen erhobenen Werten abweichen. Außerhalb meiner direkten Einflussphäre bin ich auf mehr oder minder verlässliche Angaben fremder Autoren angewiesen, die ich bestenfalls einer Plausibilitätsprüfung unterziehen kann. Insbesondere einem vorgeblichen Firmengeheimnis unterworfenen Daten sind, aller Transparenzbeteuerungen zum Trotz äußerst schwer zu bewerten. Meiner Absicht eines ungefähren Überblicks über den Energiegebrauch und den damit verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt genügen sie allemal. Mehr oder weniger seriöse Studien zu diesem Thema gibt es mittlerweile zuhauf. Mitunter mit deutlich tendenziöser Ausrichtung. Eine empfehlenswerte Studie findet sich bei [1].

Als Annahme gehe ich vorerst von einer 40 stündigen Arbeitswoche aus die vollständig dazu verwendet wird um Daten daheim am PC zu bearbeiten. Mein Notebook verbraucht in einer Stunde etwa 0.024 kWh. In diesem Verbrauch ist auch der Betrieb einer eingebauten Festplatte und die Datenübertragung vom und zum Speicherort inkludiert. Sofern ich an kein Netzwerk zur Datenübertragung angeschlossen bin ergibt sich dann für die Arbeitswoche ein Bedarf an elektrischer Energie von knapp 1 kWh (0.96 kWh). Vorausgesetzt, dass ich meinen PC stets zu Arbeitsbeginn ein- und am Ende der täglichen Arbeitszeit abschalte. Die Daten bleiben ausschließlich für mich jederzeit zugreifbar auf der integrierten Festplatte erhalten. Will ich meine Ergebnisse am Ende der Woche an meinen Arbeitgeber weiterleiten kann ich die erarbeiteten Dateien auf ein externes Speichermedium, etwa einer *Micro-SD* (Secure Digital) Karte übertragen. Die Abmessungen der Karte sind mit 11 mm × 15 mm × 1 mm klein genug um sie einer Brieftaube anzuschließen [2]. Geschulte Brieftauben können bis zu 5 g über weit mehr als 100 km

transportieren [2]. Der Masse von 5 g entsprechen 20 *SD* Karten, also wäre meine einzige *SD* Karte erst recht kein Problem für eine Brieftaube. Damit wäre das Problem einer Datenübertragung ohne das Internet zu benötigen recht naturverträglich geregelt. Der energetische Aufwand im Futter der Taube beträgt etwa 30 g pro Tag.

Allerdings gehen alle konventionellen Lösungsansätze der externen Datenübertragung in Richtung eines komplexen technischen Aufbaus, der, unbestreitbare organisatorische Vorteile hat. Dazu muss ich mein Notebook während des Betriebs an ein Übertragungsnetzwerk anschließen. Der energetische Preis für den Anschluss meines PCs an das Internet beträgt pro Stunde 0.018 kWh. Für eine Arbeitswoche schlägt das mit 0.72 kWh zu Buche die ich zusätzlich zum Betrieb meines Notebooks investieren muss. In Summe ergeben sich also knapp 1.7 kWh. Anstelle meine Daten lokal auf der eingebauten Festplatte abzulegen werden sie über das Internet an einen zentralen Speicher übertragen. Dieser steht meist an einem ungewissen weit entfernten Ort auf der Erde. Hier wird ein Speichermedium betrieben, das im Aufbau identisch mit meiner im Notebook verbauten Festplatte ist. Diese hat in meinem Fall einen energetischen Bedarf von 0.017 kWh je Betriebsstunde. Der entscheidende Unterschied liegt darin, dass der Datenserver nicht mit meiner Arbeitszeit gekoppelt ist. Weil der Zugriff auf die Festplatte jederzeit und von vielen anderen Nutzern möglich sein muss läuft die Festplatte 7 Tage die Woche für 24 h und verbraucht in meiner 40 Stundenwoche 2.86 kWh also nahezu das 3 fache der Energie, die mein Notebook benötigt. Da ich die interne Festplatte nicht abschalten kann addiert sich dieser Wert zu den 1.7 kWh für den Betrieb meines Notebooks mit Internetzugang zu 5.54 kWh. In dieser einfachen Abschätzung bleibt unberücksichtigt, dass für jede Festplatte im Server ein Duplikat betrieben wird um einen möglichen Datenverlust durch defekte Speicher zu verhindern. Ein weiterer Faktor der den Energieaufwand eines zentralen Datenservers deutlich vergrößert ist die Klimatisierung der Räume. Auch diese dient zum Reduzieren von Fehlern im Betrieb der riesigen Anzahl von dicht gestapelten Speichereinheiten. Bisher blieb der energetische Aufwand für die Datenübertragung im Internet aus gutem Grund unberücksichtigt. Zum einem habe ich keine Möglichkeit diesen mittels Messung zu erfassen zum anderen sind sowohl Art als auch Wegstrecke zwischen Quellort (meinem Notebook) und Ziel (dem Datenserver) unbekannt. Die Art der möglichen Datenübertragung geschieht im wesentlichen mit drei grundlegenden Techniken:

1. Kabelgebunden, in der Regel mittels Lichtwellenleiters gelegentlich auch mittels Kupferkabel.
2. Drahtlos mittels erdgebundener Funkübertragung überwiegend über Mobilfunk-einrichtungen
3. Drahtlos mittels Satellitenübertragung.

Je nach Art der Datenübertragung unterscheidet sich der erforderliche Energieaufwand erheblich.

Der Aufbau der Datenübertragung im globalen Netz besteht aus vielen einzelnen Datenübertragungstrecken die miteinander in Knoten verbunden sind. Auf jedem Streckensegment kann die Übertragung nach einem der drei genannten Formen erfolgen. Der Idee des Internets folgend wird die Streckenführung der Datenübertragung von Knoten zu Knoten so festgelegt, dass auf dem jeweiligen Abschnitt eine möglichst hohe Übertragungsgeschwindigkeit erreicht wird. Vereinfacht gesagt, wenn in einem Streckenabschnitt eine Überlastung auftritt wird der Datenfluss

auf weniger frequentierte Strecken umgeleitet. Im Extremfall kann die Datenübertragung im Internet zwischen 2 physisch benachbarten Häusern dann schon einmal rund um den Globus führen. Bezüglich der höchstmöglichen Übertragungsgeschwindigkeit ist das zweifellos sinnvoll. Der zusätzliche energetische Aufwand beim Zurücklegen der Umleitungsstrecken bleibt dabei jedoch vollkommen unberücksichtigt.

Bevor ich mich in einer stark reduzierten Abschätzung des Energiebedarfs der Datenübertragung versuche möchte ich kurz auf den Umfang der digitalen Übertragung von einzelnen Dokumenten eingehen. Wenngleich Gigabyte, GB und Megabits pro Sekunde, Mbits/s als gängige Werbeargumente der diversen Internetanbieter gut bekannt sind versucht nachfolgende Tabelle (Tab.1) einen Eindruck zu vermitteln welcher Speicherbedarf für die gängigsten Dateien relevant sind. Es sind dies entweder Textdokumente, Audiodateien, Bilddateien oder Videodateien. Im Fall von Textdokumenten wird ein Buchstabe in einem Byte abgelegt. 1 GByte entspricht also der Anzahl von einer Milliarde Buchstaben. Für die finale Nutzung durch den Konsumenten werden die erwähnten Dateien üblicherweise in stark komprimierter Form abgelegt. Die menschlichen Sinnesorgane Auge und Ohr nehmen die vorgenommene Kompression der verschiedenen Dateien in der Regel nicht wahr. Nur während der Bearbeitungsphase einer Datei, werden die vollständigen Datensätze verwendet um Verfälschungen durch verschiedene Behandlungsschritte zu vermeiden. Am einfachsten lässt sich der Unterschied im digitalen Speicherbedarf zwischen Rohdaten in der Bearbeitungsphase und dem verdichteten Endprodukt bei Bilddateien erklären. Ein 12 Megapixel (=12 000 000 Bildpunkte) Farbbild besteht im unkomprimierten Zustand aus  $4000 \times 3000 \times 3 = 36$  MByte. Je nach Erfordernis kann jeder einzelne dieser Bildpunkte individuell manipuliert werden. Für den Betrachter erscheint das finale Bild, das auf 3.6 MByte als JPEG – Datei reduziert wurde genauso detail- kontrast- und farbreich wie das, für eine Bildbearbeitung notwendige unkomprimierte TIFF – Bild mit 36 MByte. Komprimierte MP3-Audio- und MOV-Videodateien reduzieren den digitalen Speicherbedarf etwa in gleichem Ausmaß. Für finale Textdokumente ist das PDF Dateiformat weitverbreitet. Auch hierbei handelt es sich um eine komprimierte Datei. Die Reduktion orientiert sich hier an die geforderte Qualität eines späteren Ausdrucks und bezieht sich sowohl auf die Textdarstellung als auch auf eingearbeitete Graphiken.

Tab 1: 1 GByte digital gespeicherter Daten ergibt folgende Quantität

Dateityp	Speicherformat	Quantität
Bilddatei	JPEG, JPG	200 Bilder
Audiodatei	MP3	900 Minuten
Videodatei 1920 × 1080	MOV	80 Minuten
Textdatei	PDF	2000 Seiten

Soweit zum Speicherbedarf. Um abzuschätzen wie lang die Übertragung einer bestimmten Anzahl von Bytes dauern wird dient der Parameter der Datenübertragungsrate<sup>1</sup>,*R*, üblicherweise in Mbits/s angegeben. Für Privatkunden werden heute Raten von etwa 100 Mbits/s angeboten. Diese *Geschwindigkeit* ist nicht zwingend durch eine technische Grenze gesetzt, vielmehr kann der Internetanbieter die Geschwindigkeit drosseln. Die Idee dahinter ist recht einfach, dass für eine

1 Zur Definition des Begriffs siehe z.B. den [Wikipediaeintrag](#).

höhere Geschwindigkeit mehr Geld verlangt werden kann. Außerdem gibt es den Fall, dass die verfügbare *Datenautobahn* durch eine zu hohe Anzahl von zeitgleichen Übertragungsprozessen „eingebremst“ wird. Es drängt sich ein Vergleich zum Individualverkehr auf der Straße geradezu auf. Eine behördliche Geschwindigkeitsbegrenzung entspricht der vereinbarten Datenübertragungsrate. Die Höchstgeschwindigkeit ihres Autos entspricht dem technischen Grenzwert der meist deutlich über der erlaubten Höchstgeschwindigkeit liegt. Im Fall eines Verkehrsstaus durch zu viele Fahrzeuge auf der Straße reduziert sich die Geschwindigkeit bis zum Stillstand. Je nach Situation fällt daher die Dauer der Übertragung einer bestimmten Datenmenge von einem Ort zum anderen höchst unterschiedlich aus. Wenn wir von dem genannten Wert von 100 Mbits/s ausgehen dauert die Übertragung des vollständigen Inhalts einer 256 GByte *Micro-SD* Karte unter guten Bedingungen fast 1 ½ h. Zum Vergleich bewältigt eine Brieftaube mit umgeschnallter *Micro-SD* Karte die Strecke von Wiener Neustadt nach Wien (etwa 50 km) in deutlich weniger als einer Stunde. Kehren wir zu unserer Aufgabe zurück den Energiebedarf für eine Arbeitswoche im *Home Office* zu ermitteln. Hierzu brauche ich zunächst eine Datenmenge die über das Internet übertragen werden soll. Da meine Arbeit nicht spezifiziert ist nehme ich willkürlich an, dass an jedem Arbeitstag 1 GByte an Daten zwischen meinem Notebook und dem Server ausgetauscht werden. Das beinhaltet den gesamten Datenverkehr an einem Werktag, also auch ein mehrmaliges Zwischenspeichern am Server mit anschließendem Abruf zur Weiterbearbeitung. In der Arbeitswoche also 5 GByte. Wenn wir die Daten anstelle mit einer Brieftaube im Internet transferieren wollen lässt sich hierzu das österreichische Mobilfunknetz nutzen. Hierzu gibt es für das Jahr 2021 folgende Angaben. Das Netz besteht aus insgesamt 18629 Sendeanlagen [2]. Die, zu übertragenden Daten werden vom Ursprung ausgehend von Sendeanlage zu Sendeanlage weitergereicht bis sie beim Empfänger ankommen. In Aufbau und Organisation ähnelt die Struktur des Mobilfunknetzes daher dem globalen Internet. Alle Mobilfunkanbieter zusammen haben 2021 insgesamt 3128 Millionen Gigabyte digitaler Daten übertragen [4]. Zusätzlich zum klassischen Service der Telefonie. Zur Abschätzung des energetischen Aufwands für alle Sendemasten übernehme ich die Annahmen von Zohya [5]. Pro Tag und pro Sendeeinheit wird ein elektrischer Bedarf von 120 kWh genannt. Daraus errechnet sich  $120 \times 18629 \times 365 / 3128E6 = 0.26 \text{ kWh/GByte}$ . Für die Übertragung meiner Daten zwischen Server und Notebook ergibt sich somit in der Arbeitswoche ein Wert von 1.30 kWh zusätzlich zu den, oben genannten 5.54 kWh. In Summe also knapp 7 kWh (6.84 kWh). Am Ende meiner internetgestützten Arbeit steht das 7 fache des Werts von 1 kWh für den reinen *offline* Betrieb. Es wäre zu ergänzen, dass der energetische Aufwand über eine ausschließlich kabelgebundene Verbindung nur den Bruchteil des Aufwands für die drahtlose Übertragung mittels Mobilfunksendern beträgt. Das ergibt sich daraus, dass der drahtlose Übertragungsbereich zwischen 2 Sendeanlagen im Durchschnitt lediglich 3 km beträgt. Die Strangenden eines Übertragungskabels hingegen können mehrere Hundert km voneinander entfernt liegen. Dennoch bliebe mein Energiebedarf im vernetzten *Home Office* mehr als 5 × höher als im *offline* Betrieb. Bis zu diesem Punkt mag argumentiert werden, dass die erforderliche Energie jedenfalls und ausschließlich durch regenerative Stromgeneratoren bereitgestellt wird. Somit fielen keine umweltschädigenden Emissionen an. Eine Aussage die für die Übertragung mittels Satelliten nicht aufrechterhalten werden kann. Das Satelliten-Netzwerk von *Starlink*<sup>2</sup> soll im Endausbau etwa 12 000 Satelliten umfassen [6]. Gegenwärtig befindet sich bereits die knappe Hälfte der Satelliten im All. Fast jeder

2 Internetpräsentation des Unternehmens unter <https://www.starlink.com/>

dieser Satelliten hat eine Masse von etwa 500 kg und ist so konstruiert, dass er für 5 Jahre im All verbleibt. Am Ende seiner Lebensdauer wird er zum kontrollierten Absturz gebracht und durch einen neuen Satelliten ersetzt. Das bedeutet, dass jährlich etwa 2400 neue Satelliten mittels Trägerraketen in den Weltraum gebracht werden müssen. Um diese Satelliten in eine erdnahe Umlaufbahn<sup>3</sup> zu bringen werden fast immer die Raketen vom Typ *Falcon 9* der Firma *SpaceX*<sup>4</sup> verwendet [7]. Der Treibstoff ist *RP-1*, ein für den Raketeneinsatz modifiziertes, erdölbasiertes Kerosin wie es aus der Luftfahrt bekannt ist [8]. Der Treibstoffverbrauch eines Raketenstarts entspricht einem 6600 km Langstreckenflug eines Flugzeugs des Typs Airbus A350-1000 [9]. Jede der Raketen kann 2 bis 3 Dutzend *Starlink*-Satelliten als Nutzlast in den Weltraum bringen. Jeder dieser in den Weltraum verbrachten Satelliten beginnt damit seine Betriebsphase bereits mit einem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von mehr als 5000 kg. Am Ende seiner Funktionsperiode verglüht der Satellit größtenteils in der Erdatmosphäre seine Reste werden am *Raumschiffriedhof* im Pazifik zu Grabe getragen [10]. Bei 2400 abstürzenden Satelliten pro Jahr werden damit jährlich unwiederbringlich mehr als 1000 t an hochwertigen und teilweise sehr seltenen Rohstoffen dem Materialkreislauf entzogen.

Soweit meine Gedanken zur digitalen Heimarbeit. Selbst wenn ein großer Prozentsatz aller Arbeitnehmer in dieser Weise seinen Lohn erwirtschaftet bleibt der energetische Aufwand für Internetdienste überschaubar. Die ungebrochene Begeisterung an der „Digitalisierung“ erstreckt sich allerdings auf fast alle Lebensbereiche. Überspitzt gesagt von der Wiege mit Eintrag im digitalen Geburtenregister über den Transfer aller Krankheitsakten, Befunde und Rezepte bis zur Bahre und dem unausweichlichen Eintrag im digitalen Sterberegister. Bei einem Blackout werden wir uns zukünftig wohl mit einer großen Anzahl von Untoten konfrontiert sehen. Selbst die letzte Ruhestätte bleibt von Attacken vermittelt *App* am Smartphone und Internet von diesem Irrsinn nicht verschont [11]. Softwareapplikationen, oder kurz *Apps* erfreuen sich bei Smartphone Besitzern einer unglaublichen Beliebtheit besonders dann wenn sie kostenlos zur Verfügung stehen. Diese Anwendungen für alle vorstellbaren Lebenssituationen können von einem Datenserver über das Internet auf das Smartphone übertragen und dann lokal installiert werden. Für das Jahr 2022 nennt *Statista* die Anzahl von 255 Milliarden *downloads* von Applikationen [12]. Für die folgende Abschätzung lege ich eine durchschnittliche Größe von 0.021 GByte pro Anwendung zugrunde. Den Wert leite ich von einer Mittelwertbildung für all jene Applikationen die ich willentlich auf meinem Smartphone installiert habe ab. Mit der, oben genannten Abschätzung des energetischen Aufwands der Übertragung im österreichischen Mobilfunknetz ergibt sich dann ein globaler Energiebedarf von  $255 \times 10^9 \times 0.021 \text{ GByte} \times 0.256 \text{ kWh/GByte} = 1.361 \times 10^9 \text{ kWh} \approx 1.4 \text{ TWh}$ . Dieser Wert entspricht ziemlich genau dem Jahresbedarf an Elektrizität des ostafrikanischen Staats Malawi [13]. Bei einer Fläche die etwa jener von Österreich entspricht leben in Malawi mehr als doppelt so viele Menschen. Die ermittelte Energie wird lediglich für den Bezug der Applikation benötigt. Je nach Anwendung und persönlichem Gebrauch des Smartphones findet erst im Anschluss an die Installation ein mehr oder weniger intensiver Datentransfer zwischen *App* und *Host* oder mit weiteren Smartphonebenutzern im Internet statt. Eine äußerst beliebte Kategorie von Applikationen ist die der Spiele.

Zwischen Geburt und Begräbnis nutzen eine zunehmende Zahl von Menschen das Internet in

---

3 Zum Begriff der erdnahe Umlaufbahn oder Low Earth Orbit, LEO siehe etwa [Wikipedia](#).

4 Internetpräsentation des Unternehmens unter <https://www.spacex.com/>

ihrer Freizeit. *Video on Demand* erfreut sich gegenwärtig nicht nur in Österreich größter Beliebtheit. Filme werden hierbei als Videodateien nach individueller Anforderung über das Internet übertragen. Zur Illustration möchte ich einen einfachen Vergleich mit einer traditionellen Rundfunkübertragung anstellen. Der Rundfunksender am Kahlenberg versorgt die Einwohner Wiens mit einer Reihe von Radio- und Fernsehprogrammen [14]. Für den Sendebetrieb werden im Jahr 2200 MWh elektrischer Energie benötigt. Für die Ausstrahlung einer einstündigen Unterhaltungssendung ergibt sich somit ein energetischer Aufwand von 251 kWh. Unter der Annahme, dass 1 Million Zuseher diese Rundfunksendung ansehen ergibt sich für die Übertragung von der Sendeanlage zum Fernsehempfänger im Wohnzimmer anteilmäßig ein energetische Aufwand von 0.000251 kWh pro Zuseher. Wenn der Konsument während der Ausstrahlung keine Zeit hat könnte er entweder

- Die Sendung mittels Videorekorders aufnehmen und bei Bedarf abspielen oder
- die Sendung wann auch immer von einem Datenserver abrufen und über das Internet streamen.

Mein antiquierter *Video Casette Recorder*, VCR Modell Panasonic NV-FS90EG spezifiziert seinen elektrischen Anschluss mit 35 W. Bei einer Aufnahmezeit von 1 h ergibt sich somit ein energetischer Bedarf für die Videoaufzeichnung von 0.035 kWh.

Im zweiten Fall müssten für die 60 Minuten laut Tab. 1 ungefähr  $\frac{3}{4}$  GByte an Videodaten mit einem energetischen Aufwand von 0.2 kWh übertragen werden. Werden alle Zuseher ausschließlich über das Internet mit der Sendung versorgt so benötigt man dafür knapp 20 000 kWh anstelle der 251 kWh für die konventionelle Rundfunkübertragung.

Hoher Beliebtheit in der digitalen Welt erfreuen sich weiters diverse Soziale Foren in denen wer immer Lust verspürt Meldungen global verbreiten kann. Wenngleich die einzelne Meldung nur geringe energetische Ansprüche an die Übertragung im Internet stellt setzt sie oftmals eine Lawine von Antworten und Kommentaren in Gang. Unter dem Motto „Auch Kleinvieh macht Mist“ können viele Kleinviecher letztlich einen riesigen energetischen Misthaufen hinterlassen. Eine Abschätzung seiner Größe ist hoffnungslos.

Ein Ende des digitalen Wildwuchs steht scheinbar noch nicht zur Diskussion. Deshalb möchte ich den ersten Schritt setzen und die Aktivisten der *Ersten Generation* etablieren. Den Namen leite ich aus meinem digitalen Werdegang ab. Bereits in meiner Schulzeit hatte ich Gelegenheit praktische Erfahrungen mit den Urahnen heutiger Tablets und Smartphones zu sammeln [15]. Wenn man so will gehöre ich daher der ersten Generation an, die mit der digitalen Entwicklung in Berührung kam. Seit dieser Zeit konnte ich nahezu alle Nuancen des Geschäfts miterleben und in praktischer Anwendung austesten. Dadurch konnte ich mir auch einen kritischen Zugang zum Thema bewahren. Nun zu den Forderungen die Aktivisten der *Ersten Generation* durch geeignete Maßnahmen an die Öffentlichkeit vermitteln sollen:

STOP dem weiteren Ausbau von Datenautobahnen. Weil erweiterte Kapazitäten zu einer ungehemmten weiteren Zunahme des Datenverkehrs führen.

Drastische Beschränkung der Übertragungsgeschwindigkeit im Internet. Eine langsame Datenübertragung drosselt nachweislich die Lust sich in der digitalen Welt länger als unbedingt notwendig aufzuhalten.

Besteuerung aller digitalen Blähungen ohne die Möglichkeit eines Ablasshandels. Die erzielten Einnahmen sollen ausschließlich der Förderung des Brieftaubenwesens dienen.

## Bibliografie:

- [1] „The overlooked environmental footprint of increasing Internet use“, R, Obringer et. al. Published 2021, DOI: [10.1016/j.resconrec.2020.105389](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105389)
- [2] „Brieftauben – fliegende Kommunikation“, Artikel im swb Magazin Eintrag , online abrufbar unter <https://www.swb.de/ueber-sw/swb-magazin/wohnen/brieftauben>
- [3] „Mobilfunkstationen in Österreich“, Dokument des Forum Mobilkommunikation – FMK online zu finden unter [https://fmk.at/wp-content/uploads/2022/01/220125\\_anzahl-stationen-q3-2021-Maste.pdf](https://fmk.at/wp-content/uploads/2022/01/220125_anzahl-stationen-q3-2021-Maste.pdf)
- [4] „Österreichischer Mobilfunkmarkt“, Eintrag bei Wikipedia vom 11.8.2023, online abrufbar unter [https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96sterreichischer\\_Mobilfunkmarkt](https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96sterreichischer_Mobilfunkmarkt)
- [5] „How much power does a cell tower consume?“, Internetseite online abrufbar unter <https://medium.com/@zodhyatech/how-much-energy-does-a-cell-tower-consume-7efc2c8cdfbf>
- [6] „Starlink“, Eintrag bei Wikipedia vom 16.12.2023, online abrufbar unter <https://en.wikipedia.org/wiki/Starlink>
- [7] „Falcon 9“, Eintrag bei Wikipedia vom 11.12.2023, online abrufbar unter [https://en.wikipedia.org/wiki/Falcon\\_9](https://en.wikipedia.org/wiki/Falcon_9)
- [8] „Lox/Kerosene“, Interneteintrag von Astronautix.com, online abrufbar unter <http://www.astronautix.com/l/loxkerosene.html>
- [9] „Fuel economy in aircraft“, Wikipediaeintrag vom 18.11.2023 unter [https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel\\_economy\\_in\\_aircraft](https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_economy_in_aircraft)
- [10] „Raumschiffriedhof“, Wikipediaeintrag <https://de.wikipedia.org/wiki/Raumschiffriedhof>
- [11] „Digitales Grab“, Internetseite der Friedhöfe Wiens online zu finden unter <https://digitalesgrab.friedhoefewien.at/>
- [12] „Number of mobile app downloads worldwide from 2016 to 2022“ Internetseite von Statista online abrufbar unter <https://www.statista.com/statistics/271644/worldwide-free-and-paid-mobile-app-store-downloads/>
- [13] „Malawi Electricity“, Daten von worldometer online abrufbar unter <https://www.worldometers.info/electricity/malawi-electricity/>
- [14] „Sendeanlage Wien 1-Kahlenberg“, Technische Daten veröffentlicht von ORS online abrufbar unter [http://www.ors.at/fileadmin/user\\_upload/ors/downloads/Senderfolder/ors20001\\_Senderfolde](http://www.ors.at/fileadmin/user_upload/ors/downloads/Senderfolder/ors20001_Senderfolde)

[r Wien Kahlenberg A4 130520.pdf](#)

- [15] „Willkommen auf LOGIKUS.info!“, online zu finden unter <https://www.logikus.info/>