

Projekt Digitale Suffizienz - Ökobilanzbericht zur Nutzung digitaler Geräte durch Jugendliche in der Schweiz

Förderung einer öko-suffizienten und - effizienten Nutzung digitaler Medien



Öffentliche Version v6.0 vom 09.02.2023

ausgearbeitet durch

Regula Keller, Matthias Stucki und René Itten

Forschungsgruppe Ökobilanzierung

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Im Auftrag der Stiftung Mercator Schweiz

Bild Titelseite: "Teenage Friends Sitting In Park Using Digital Devices"

Quelle: Colourbox, stock photo. <https://www.colourbox.com/image/teenage-friends-sitting-in-park-using-digital-devices-image-13273645>, abgerufen am 11.5.2017

Auftraggeber

Stiftung Mercator Schweiz

Gartenstrasse 33

CH-8002 Zürich

Telefon: +41 44 206 55 80

E-Mail: info@stiftung-mercator.ch

Internetadresse: www.stiftung-mercator.ch

Autoren

Regula Keller, Matthias Stucki, René Itten

Forschungsgruppe Ökobilanzierung

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Grüntal, Postfach CH-8820 Wädenswil

Telefon: +41 58 934 50 15

Email: regula.keller@zhaw.ch

www.zhaw.ch/iunr/lca

Erklärungstext im Anhang:

Gregor Waller und Lilian Suter

Fachgruppe Medienpsychologie

Angewandte Psychologie

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Pfingstweidstrasse 96

8005 Zürich

E-Mail: gregor.waller@zhaw.ch

Copyright © 2023

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Version Keller_Stucki_Itten_2022_DigiSUFF_Ökobilanzbericht zur Nutzung digitaler Geräte durch

Jugendliche in der Schweiz_v6.0.docx, 09.02.2023 11:49:00

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
GLOSSAR	4
1. EINLEITUNG	1
2. ZIEL UND UNTERSUCHUNGSRAHMEN	3
2.1. Ziel der Studie	3
2.2. Funktionelle Einheit: Durchschnitt und Nutzertypen	3
2.3. Modellierung und Systembild	4
2.4. Bewertungsmethoden	7
2.5. Hauptdatenquellen und -annahmen	7
3. SACHBILANZ	9
3.1. Endgeräte	9
3.1.1. Herstellung der Endgeräte	9
3.1.2. Lebensdauer Endgeräte	10
3.1.3. Anzahl Geräte pro Person	13
3.2. Hintergrundfunktionen	15
3.2.1. Ortungsdienste	16
3.2.2. Suche von WLAN Verbindungen	17
3.2.3. Suche von Bluetooth-Verbindungen	17
3.3. Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)	18
3.3.1. Aufbau aller Nutzungsmodellierungen	18
3.3.2. Stromverbrauch Endgeräte	21
3.3.3. Nutzungsdauer aller Jugendlichen	24
3.3.4. Nutzungsdauer der Nutzungstypen	28
3.4. Modellierung des Datenverbrauchs der Tätigkeiten	33
3.4.1. Tätigkeiten mit und ohne Internetnutzung	33
3.4.2. Quellen zur Datenübertragungsmenge	33
3.4.3. Telefonieren	34
3.4.4. Textnachrichten: Chat, E-Mails	35
3.4.5. Newsportale oder im Internet surfen	36
3.4.6. Filme wie beispielsweise YouTube	37
3.4.7. Soziale Medien wie beispielsweise Facebook	38
3.4.8. Musik	40
3.4.9. Spiele	40
3.4.10. Fernsehen	41
3.5. Internetzugang vom Endgerät zum Metro-Netz	42
3.5.1. Zugangsnetz via Mobilfunk	42
3.5.2. Zugangsnetz via Heim-WLAN-Verbindung und Leerlauf	44

Inhaltsverzeichnis

3.5.3. Anteil «Zugang via Mobilfunknetz» in Abhängigkeit der Tätigkeit.....	46
3.6. Datentransfer vom Metro-Netz in die Rechenzentren und Datenverarbeitung.....	48
3.6.1. Datentransfer.....	48
3.6.2. Rechenzentrum.....	49
3.6.3. Vergleichszahlen aus anderen Quellen.....	51
3.6.4. Allokation als mögliche Ergänzung.....	52
3.7. Substitution.....	53
3.7.1. Summe der Substitution.....	53
3.7.2. Bücher.....	54
3.7.3. Zeitungen.....	56
3.7.4. Kamera.....	58
3.7.5. Treibhausgasemissionen Briefe.....	60
3.8. Herleitung der Vergleichswerte.....	62
4. WIRKUNGSABSCHÄTZUNG DURCHSCHNITTSNUTZUNG	66
4.1. Nutzung digitaler Geräte.....	66
4.1.1. Gesamtumweltbelastung.....	66
4.1.2. Vergleichswerte zur Gesamtumweltbelastung.....	70
4.1.3. Mineralische Ressourcen.....	70
4.1.4. Kumulierter Energieaufwand.....	71
4.2. Geräteherstellung pro Stück.....	72
4.3. Tätigkeiten ohne Endgerät.....	73
4.4. Tätigkeit: eine Stunde Video pro Tag mit verschiedenen Geräten.....	75
4.5. Nutzung Mobiltelefon.....	76
4.6. Nutzung Tablet.....	79
4.7. Nutzung Laptop.....	81
4.8. Nutzung Desktop.....	83
4.9. Nutzung Fernseher.....	86
5. WIRKUNGSABSCHÄTZUNG NUTZUNGSTYPEN	87
5.1. Gesamtumweltbelastung der Nutzung.....	87
5.2. Nutzung digitaler Geräte.....	88
6. WIRKUNGSABSCHÄTZUNG SUBSTITUTION	89
6.1. Bücher.....	89
6.2. Zeitungen.....	91
6.3. Kamera.....	92
6.4. Summe Substitution: Bücher, Zeitungen und Kamera.....	92
6.5. Fotos.....	95
6.6. Briefe.....	96
6.7. Recycling von Mobiltelefonen.....	97
7. EMPFEHLUNG	100
7.1. Geräte.....	100

Inhaltsverzeichnis

7.2. Nutzung.....	101
7.3. Substitution.....	102
7.4. Recycling.....	103
7.5. Weitere Aspekte neben der Umwelt.....	103
LITERATURVERZEICHNIS	104
TABELLENVERZEICHNIS	109
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	111
ANHANG	113

Glossar

Apps	«Apps» (von «Applikation») werden Anwendungen respektive Programme genannt, die auf den Endgeräten (siehe Eintrag unterhalb) genutzt werden können, wie beispielsweise «YouTube» für das Betrachten von Videos, oder «Spotify» für das Streamen von Musikstücken.
Cloud	Ein Netzwerk von Rechnern, auf die nicht lokal, sondern über ein Netzwerk (z.B. das Internet) zugegriffen wird ¹ .
Cut-off-Modell	Das Cut-off-Modell ist eine Vorgehensweise bei der Modellierung von Datensätzen, bei welchem ein Schnitt zwischen der Erstnutzung eines Materials und der weiteren Nutzung gemacht wird. Der Erstnutzung werden alle Belastungen des Rohstoffabbaus angerechnet, dem Recyclingmaterial jedoch nur die Belastungen durch das Recycling. Das heisst, es gibt keine Gutschriften für das Rezyklieren von Materialien, aber Vorteile durch die Verwendung von Recyclingmaterial ² .
Endgerät	Das Gerät, das vom Nutzer direkt verwendet wird, wie beispielsweise Mobiltelefon, Tablet, Laptop, Desktop und Fernseher. Der Begriff wird vor allem im Zusammenhang mit der Verbindung zum Internet genutzt.
GSM	Das «Global System for Mobile Communications» (GSM) ist ein globaler digitaler Mobilfunkstandard der zweiten Generation (auch «2G» genannt). Swisscom unterstützt diese über 20 Jahre alte Technologie ab Ende 2020 nicht mehr ³ .
Hintergrundfunktionen	Als Hintergrundfunktionen werden in diesem Bericht Funktionen für das Endgerät bezeichnet, die von mehreren Apps genutzt werden können und auch unabhängig von Tätigkeiten anfallen können. Beispiele dafür sind zum Beispiel Ortungsdienste oder die Suche von WLAN- und Bluetooth Verbindungen. (Siehe Kapitel 3.2)
IKT (ICT)	Informations- und Kommunikationstechnik. Auf Englisch steht ICT für Information and Communication Technology.
LTE	«Long Term Evolution» (LTE) ist ein aktueller Mobilfunkstandard (auch 4G genannt) ⁴

¹ Duden (2017). Coud, die. www.duden.de/rechtschreibung/Cloud und Cloud-Computing, Cloud-computing, das. [www.duden.de/rechtschreibung/Cloud Computing](http://www.duden.de/rechtschreibung/Cloud_Computing). Abgerufen am 29.3.2017.

² Details unter: <http://www.ecoinvent.org/database/system-models-in-ecoinvent-3/cut-off-system-model/allocation-cut-off-by-classification.html>

³ Swisscom (Okt. 2015). Swisscom rüstet ihr Mobilfunknetz für die Zukunft (Medienmitteilung). <https://www.swisscom.ch/de/about/medien/press-releases/2015/10/20151008-MM-Swisscom-ruestet-ihr-Mobilfunknetz-fuer-die-Zukunft.html>. Abgerufen am 29.3.2017.

⁴ Swisscom (2017). Willkommen auf dem schnellsten Netz. https://www.swisscom.ch/de/privatkunden/mobile/mobilnetz/4g-lte.html?ext-campID=SEA_GDE_MI_LE_M_&gclid=CPzF6q6e_NICFUqNGwodV3oEsg. Abgerufen am 29.3.2017.

Glossar / Abkürzungen

PUE	Die «Power Usage Effectiveness» (PUE) ist das Verhältnis zwischen dem Gesamtstromverbrauch in einem Rechenzentrum und dem Strom, der direkt für den Betrieb der Computer genutzt wird. Die Differenz entsteht wegen des zusätzlichen Stromverbrauchs durch Beleuchtung und Kühlung. Eine tiefere Zahl weist auf eine grössere Effizienz hin, die bestmögliche Zahl ist eins (Coroama & Hilty, 2014). Die Zahl sagt hingegen nichts über die Effizienz aus, mit der mit den Datenströmen selbst umgegangen wird.
Rechenzentrum	Ein Gebäude oder eigenständiger Raum, in welchem sich Rechentechnik (Server und weitere Infrastruktur) befindet und der eine sichere Stromversorgung und Klimatisierung hat (Altenburger et al., 2014). Das englische Äquivalent ist «data centre».
Streaming	Direkte Wiedergabe von Video- oder Audiodateien über ein Netzwerk (zumeist Internet) beim Empfang der Dateien. Dabei entsteht keine lokale Kopie der Dateien.
Tätigkeit	Hier bezeichnet «Tätigkeit» spezifische Nutzungen von Funktionen auf einem Endgerät, wie beispielsweise das Betrachten von Videos (dabei wird z.B. die App «YouTube» verwendet) oder das Streamen von Musikstücken. Die Nutzungsdauer verschiedener Applikationen oder Programme (so genannte «Apps») mit ähnlicher Funktion werden in Gruppen zusammengefasst und bestimmen dann die Dauer der Tätigkeiten.
UBP	Umweltbelastungspunkte. Einheit der Umweltbelastung (Ressourcennutzung und Emissionen), bewertet nach der Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht et al., 2013).
UMTS	«Universal Mobile Telecommunications System» (UMTS) ist ein Mobilfunkstandard der dritten Generation (auch (3G) genannt) ⁵
WiFi	Die am meisten verbreitete Technologie für lokalen, kabellosen (auf Englisch «wireless») Breitbandanschluss (WLAN, siehe Eintrag unterhalb).
WLAN	Wireless Local Area Network
Zugangsnetzwerk	Die Netzwerkverbindung, welche dem Nutzer den Zugang zum Internet gewährt. Dies kann beispielweise über das Funknetz von Swisscom oder über einen WLAN Router geschehen. Hier werden zwei Varianten modelliert: WLAN-Router und Datentransfer über das Mobilfunknetz mit dem UMTS-Standard.

Abkürzungen

d	Tag
h	Stunde(n)
min	Minuten
MJ	Megajoule
Mb, Mbit	Megabit
MB	Megabyte
Gb	Gigabit
GB	Gigabyte, entspricht 8 Gigabit
p	Stück / Anzahl

⁵ Swisscom. Datenübertragung. <https://www.swisscom.ch/de/privatkunden/popup/roaming-datenertragung.html>, abgerufen am 29.3.2017.

1. Einleitung

Die Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) hat ein kaum vorstellbares Ausmass erreicht: Im Jahr 2013 wurden pro Minute 204 Millionen E-Mails ausgetauscht, 5 Millionen Suchanfragen auf Google durchgeführt und 15 Tausend Lieder über iTunes heruntergeladen (Whitney & Delforge, 2014). Laut Hirsch et al (2015) nimmt die Umweltbelastung pro Stunde aktive Nutzung digitaler Geräte ab, vor allem auch dank der Nutzung kleinerer, energieeffizienteren Geräte (i.e. Smartphone anstatt Desktop). Dennoch nimmt die Umweltbelastung der IKT zu, weil die Anzahl Geräte Person sowie die Nutzungsdauer pro Gerät zunimmt.

Für **Jugendliche** ist die intensive Nutzung digitaler Medien selbstverständlich, da sie mit den dazugehörigen Technologien aufgewachsen sind und somit als «Digital Natives» gelten. Welchen Einfluss auf die Umwelt hat die Nutzung digitaler Medien durch Jugendliche? Wo entstehen durch die Digitalisierung auch Umweltvorteile, da digitale Medien Materialien wie Papier, Fotopapier für Fotografien oder CDs ersetzen können? Und vor allem: Welche Entscheidungen beeinflussen die Umweltbelastung der digitalen Mediennutzung am stärksten, und wie können Jugendliche durch Ihr Verhalten die Umweltbelastung in diesem Bereich vermindern?

Die Bedeutung der **Herstellung der Endgeräte** ist unbestritten; der Anteil der Nutzung an der Gesamtumweltbelastung ist jedoch schwieriger zu beziffern. Manhart et al. (2016) fassen verschiedene Studien zusammen, in welchen der Anteil der Nutzung an der Gesamtklimabilanz von Mobiltelefonen zwischen 10 und 50 % schwankt. Bei Tablets sind Werte von 11 bis 16 % angegeben (Basierend auf (Apple, 2015)), während bei Desktops und Fernseher die Nutzungsphase beinahe gleich viel zur Klimabilanz beiträgt wie die Herstellung der Geräte selbst.

In der Literatur wird häufig die Bedeutung der **Verbindung des Kunden ins Internet** betont: Gemäss Coroama (2015) sind neben den Endgeräten wie Laptop und Mobiltelefon auch die Geräte relevant, welche den Internetzugang auf Kundenseite («Zugangsnetzwerk») und auf Anbieterseite (ISP, Internetzugangsanbieter) ermöglichen. Weniger wichtig sind hingegen zum Beispiel Kühlaufwendungen und die Verstärker in optischen Netzen (Coroama et al., 2015b). Suh et al. (2014) gehen noch weiter: Laut dieser Publikation wird der Energiekonsum des gesamten Netzwerkes durch das Zugangsnetzwerk dominiert, welches aus Netzwerkschaltern und Geräten im Haus besteht. Sie seien für 60% des Energieverbrauchs verantwortlich, während Transport und Kernnetzwerke der Daten («network core») die restlichen 40 % bestreiten. Laut CEET (2013) ist der Stromverbrauch der Datenzentren nicht ausschlaggebend für den Energieverbrauch von «Cloud»-Dienstleistungen, sondern eben jene Verbindung zwischen der Telekommunikationsinfrastruktur und dem Nutzer

Einleitung

(«Zugangsnetzwerk»). **Datenzentren** selbst seien für weniger als 10 % des Energieverbrauchs verantwortlich (CEET, 2013, S. 14).

Grundsätzlich kann gesagt werden, je kleiner (und energieeffizienter) ein Gerät ist, desto grösser wird die relative Bedeutung der Produktionsphase. Somit wird auch der Datentransfer bei Dienstleistungen, welche das Internet nutzen, wichtiger, je kleiner das Endgerät ist (Hischier et al., 2015).

Die **Bedeutung der verschiedenen Aspekte** hängt stark von der individuellen Nutzung und den betrachteten Umweltaspekten ab. Diese Studie untersucht deshalb die Bedeutung der genannten Aspekte für die konkrete Nutzung digitaler Medien durch Jugendliche aus Ökobilanzsicht. Die Analyse basiert auf erhobenen Nutzungsdaten und bewertet mit einer ganzheitlichen Beurteilung, welche alle Umweltbelastungen in einen Einzelpunktwert zusammenfasst.

2. Ziel und Untersuchungsrahmen

Dieses Kapitel gibt eine Übersicht über die Ziele, die Vergleichseinheit und den Aufbau dieser Ökobilanz-Modellierung. Zudem werden die Bewertungsmethoden, die wichtigsten Annahmen und Datenquellen beschrieben.

2.1. Ziel der Studie

Diese Studie quantifiziert die **Umweltbelastung durch die individuelle Nutzung digitaler Medien** durch Schweizer Jugendliche mit der Methode der Ökobilanz (engl.: Life Cycle Assessment). Dabei wird analysiert, welcher Aspekt der Nutzung einen besonders hohen Einfluss auf die Umweltbelastung hat. Ziel der Ökobilanz ist, aus diesen Erkenntnissen Empfehlungen abzuleiten und angeben zu können, welche Handlungsänderungen der Jugendlichen diese Umweltauswirkungen reduzieren können. Bei der Analyse wird nicht nur der Durchschnittsjugendliche betrachtet, sondern auch verschiedene Nutzungstypen (siehe Kapitel 2.2), sodass die Empfehlungen individuell formuliert werden können.

Ein weiteres Ziel der Studie ist die Abschätzung, ob durch die Digitalisierung auch **Umweltvorteile** entstehen, da Materialien wie Papier für Bücher und Zeitungen oder Fotopapier für Fotografien durch digitale Medien ersetzt werden. Dabei werden zwei Aspekte separat betrachtet: Ist es aus Umweltsicht besser, Geräte in meinem Besitz zu nutzen, um Medien digital zu nutzen anstatt die nicht digitale Alternative zu verwenden? Sollten also Fotos lieber immer wieder auf dem Tablet angeschaut werden oder besser einmal ausgedruckt werden? Der andere Aspekt ist, ob es von Vorteil für die Umwelt ist, ein Gerät zu kaufen, um Tätigkeiten digital zu erledigen und so beispielsweise Papier zu sparen. Eine wichtige Überlegung dabei ist, ab wie vielen ersetzten nicht-digitalen Produkten sich der Gerätekauf lohnt. Beide Aspekte werden im Rahmen dieser Studie betrachtet.

2.2. Funktionelle Einheit: Durchschnitt und Nutzertypen

Die funktionelle Einheit dieser Studie ist die individuelle Nutzung digitaler Medien durch einen durchschnittlichen Schweizer Jugendlichen im Alter von 12 bis 25 Jahren während eines Tages. Das Referenzjahr ist 2016. Damit die Antworten dem Durchschnitt der Schweizer Jugendlichen entspricht, wurden die Angaben gewichtet (Details im Anhang A).

Die Umweltbelastung wird zusätzlich zum Durchschnitt auch für Nutzertypen analysiert. Drei Nutzertypen wurden identifiziert und modelliert: Typ 1: «heavy media», Typ 2: «audiovisual-oriented» und Typ 3: «communication-oriented»

- Der Typ 1 («heavy media») ist vermehrt männlich und jünger und nutzt den Fernseher, den Desktop und das Tablet überdurchschnittlich.

- Der Typ 2 («audiovisual-oriented») ist auch vermehrt männlich und jünger. Er nutzt die digitalen Medien vermehrt über das Handy und hat dort eine lange Nutzungsdauer. Andere Geräte (i.e. Fernseher und Notebook) werden zurückhaltend eingesetzt.
- Der Typ 3 («communication-oriented») ist eher weiblich und älter. Handy-Nachrichten und Handy-Telefonie werden überdurchschnittlich genutzt.

Die drei Gruppen wurden mittels einer Segmentierung erstellt. Diese wurde auf die Daten der Umfrage angewendet, welche im Rahmen dieses Projektes bei Schweizer Jugendlichen im Alter von 12 bis 25 Jahren durchgeführt wurde (Suter & Waller, 2017b). Details zur Segmentierung und ein längerer Beschrieb der Typen sind im Anhang B verfügbar. Die Nutzungstypen wurden durch unsere Projektpartner Gregor Waller und Lilian Suter der Forschungsgruppe Medienpsychologie der ZHAW Angewandte Psychologie hergeleitet und werden deshalb hier nicht in vollständigem Detail erklärt.

2.3. Modellierung und Systembild

Um die Umweltbelastung der Nutzung digitaler Medien zu eruieren, wird die Nutzung verschiedener Endgeräte (Mobiltelefon, Laptop, Desktop, Router für WLAN, weitere) mit der Ökobilanzsoftware SimaPro 8 (PRé Consultants, 2016) modelliert. Für jedes Gerät werden die folgenden Aspekte modelliert (Siehe Abbildung 1):

- Herstellung und Entsorgung der Geräte (heruntergerechnet auf einen Tag)
- Verschiedene Nutzungen des Endgerätes, hier «Tätigkeiten» genannt. Dazu gehören:
 - Gesamte Datenübertragung über das Internet. Der zusätzliche Strombedarf des Routers, der durch die aktive Verbindung zum Internet entsteht, ist auch miteingerechnet.
 - Direkter Stromverbrauch des Endgerätes, inklusive Strombedarf durch die Nutzung von im Hintergrund laufenden Prozessen wie beispielsweise den Ortungsdiensten GPS, hier «Hintergrundfunktionen» genannt.

Der Stand-by-Stromverbrauch des Internetrouters wird unabhängig der Endgeräte berechnet und angegeben. Dieser Stand-by-Strombedarf und das Gerät des Routers selber wird in dieser Studie „Leerlauf“ genannt.

Der Datensatz der Nutzung wird typischerweise mit der Einheit «Minuten» modelliert. Um eine einfache Verrechnung zu ermöglichen, wurde bei der Datenmenge mit Kilobyte (kB) pro Minute gerechnet. In diesen Datensatz fliesst sowohl der Energieverbrauch des Gerätes selbst, als auch benötigte Ressourcen für die Übertragung und Bereitstellung der Daten mit ein.

Der Energieverbrauch für die Nutzung von WLAN-Verbindungen wird ebenfalls pro Zeiteinheit modelliert. Bei Verbindungen über das Mobilfunknetz (UMTS oder LTE), welche durch tausende

Ziel und Untersuchungsrahmen

Personen genutzt werden, ist es sinnvoller, den Energieverbrauch pro Datenmenge als Referenzeinheit zu verwenden⁶ (CEET, 2013). Ausserdem sind bei öffentlichen Zugängen die tatsächlich gesendeten Datenmengen limitierend, während dies beim heimischen WLAN kein Problem darstellt. Die Datensätze, welche sich auf die Datenübertragung beziehen, werden deshalb für das heimische WLAN mit der Einheit «Minuten», und für das Mobilfunknetz mit der Einheit «Megabyte» modelliert.

Die Abbildung 1 zeigt schematisch auf, welche Aspekte der Nutzung modelliert werden. Ausserdem werden die wichtigsten Parameter, welche für die Modellierung der einzelnen Datensätze miteinbezogen werden, zuoberst aufgeführt. Die Umweltbelastung der Geräteherstellung ist zum Beispiel abhängig von der Lebensdauer des Gerätes, während der Stromverbrauch des Access-Netzwerkes von der Art der Verbindung ins Internet abhängt. Nicht miteingerechnet ist der Stromverbrauch, der durch die Administration (z.B. Mobilfunknetzplanung) entsteht.

Der Stromverbrauch beim Gerät durch die Nutzung von Funktionen wie GPS oder Bluetooth («Hintergrundfunktionen genannt») wird unabhängig von den Tätigkeiten (wie z.B. Musik hören, Videos schauen) als Nutzung der Funktion in Stunden pro Tag modelliert.

⁶ «The reason for this is that in some cases it is possible to identify the power consumed by individual consumers; for example a user of a mobile phone or a tablet. Similarly, home WiFi will have one or two users making it relatively easy to identify the power consumption. In contrast equipment such as public WiFi and telecommunications networks are shared among many hundreds, thousands and millions of users. With such highly shared equipment it is more appropriate to use the quantity “energy per bit”» CEET (2013).

Ziel und Untersuchungsrahmen

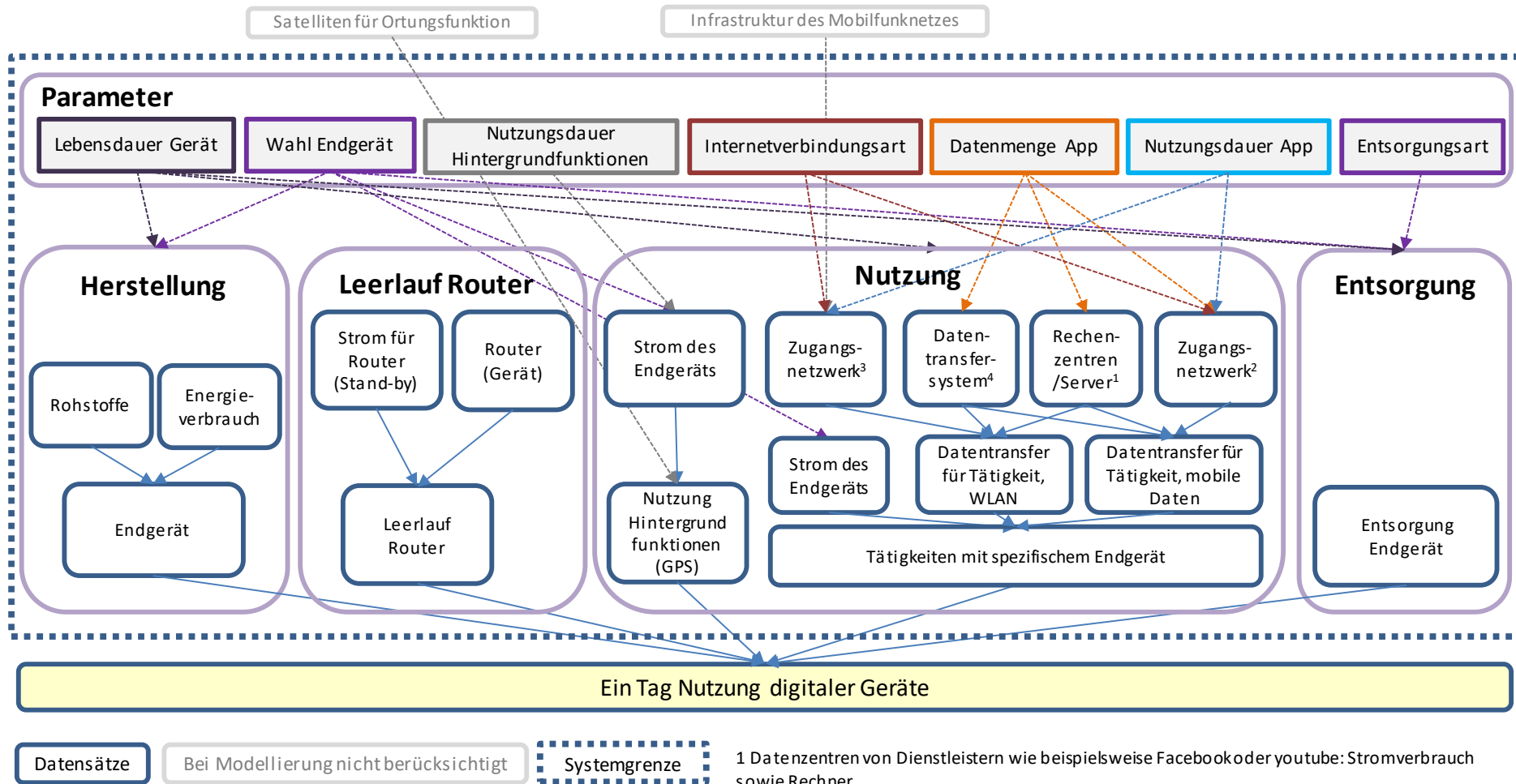


Abbildung 1: Systembild der Modellierung. In der oberen Zeile sind die Parameter gegeben, welche bei der Modellierung verwendet werden, darunter werden die Hauptdatensatztypen gezeigt, welche modelliert wurden.

2.4. Bewertungsmethoden

Um die Umweltbelastung möglichst ganzheitlich zu bewerten, wird die in der Schweiz verbreitete «Methode der ökologischen Knappheit» verwendet (Frischknecht et al., 2013). Diese bewertet verschiedene Ressourcenentnahmen und Emissionen in die Natur anhand von Schweizer Umweltzielen und wird auch vom Schweizer Bundesamt für Umwelt empfohlen. Der resultierende Schlusswert wird in «Umweltbelastungspunkten» (UBP) angegeben.

Zusätzlich werden für einige Vergleiche Treibhausgasemissionen einzeln ausgewertet, da für diesen Umweltaspekt häufig Zahlen verfügbar sind und somit Vergleiche mit der bestehenden Literatur gemacht werden können. Die Bewertung basiert auf den Zahlen des International Panel of Climate Change (IPCC, 2013).

Als Ergänzung wurde die gesamte Nutzung auch noch mit dem kumulierten Energieaufwand bewertet (Hischier et al., 2010). Diese Methode bewertet nur die Energieentnahme aus der Natur auf dem gesamten Lebensweg, während andere Umweltauswirkungen nicht miteinbezogen werden. Es wird zwischen erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieträgern unterschieden. Die Ergebnisse werden in Megajoule angegeben.

2.5. Hauptdatenquellen und -annahmen

Daten zur Nutzung der digitalen Geräte und der Anzahl genutzter Geräte stammen aus der Umfrage 2016 dieses Projektes (Suter & Waller, 2017b), ergänzt mit Daten aus der JAMES-Studie (Waller et al., 2016). Bei der erstgenannten Umfrage wurden 1076 Jugendliche befragt (ca. zwei Drittel mittels Panelbefragung, ein Drittel mittels Befragung von Schulklassen). 833 Antworten konnten letztendlich für die weitere Analyse verwendet werden.

Als Hintergrunddatenbank wird die Schweizer Datenbank ecoinvent, Version 3.2 (ecoinvent Centre, 2015) mit dem Systemmodell «Recycled Content» verwendet. Dieses Systemmodell entspricht dem Cut-off-Modell.

Die Modellierung des Internets und der Geräte wurde auf die Berechnungen des Green Media Calculator (Hischier et al., 2013b) gestützt⁷. Die Grundlagenquellen, auf welchen der Green Media Calculator stützt, sind in zwei Studien dokumentiert (Hischier et al., 2015; Hischier et al., 2013a).

⁷ Roland Hischier, Datengrundlagen Green Media Calculator (Tabellenkalkulationsdokument). Erhalten am 10.2016.

Ziel und Untersuchungsrahmen

Es wird davon ausgegangen, dass die Verbindung ins Internet entweder via Wireless Local Area Network (WLAN) von zu Hause aus oder mit dem Mobilfunknetz abgerufen wird. Weitere Informationen zu den Anteilen von WLAN versus Mobilfunknetz sind in Kapitel 3.5.3 verfügbar.

3. Sachbilanz

Die Sachbilanz beschreibt das für die Ökobilanz verwendete Modell und alle darin enthaltenen Datensätze. Im Rahmen dieser Studie wird sowohl ein Durchschnitt, als auch verschiedene Nutzerverhalten modelliert. Dadurch sind viele Werte nicht fix, sondern variieren je nach betrachteter Gruppe, wie beispielsweise die Tätigkeiten⁸ oder der wie viele Stunden pro Tag Ortungsdienste (GPS) genutzt werden. Deshalb sind diese variablen Inputmengen als Parameter definiert und nicht direkt bei der Nutzung angegeben:

Die in der Umfrage erhobene Nutzungsdauer ist für den Durchschnitt im Kapitel 3.3.3 aufgeführt und für die Nutzertypen im Kapitel 3.3.4. Die Gewichtung der Umfrageergebnisse für die Berechnung der Durchschnittswerte sind im Anhang A beschrieben, eine Kurzzusammenfassung der Herleitung der Nutzertypen in Anhang B. Die Details sind in einer separaten Publikation dokumentiert (Suter & Waller, 2017a).

Die Nutzung digitaler Geräte ist aufgeteilt in die Nutzung folgender Geräte: «Mobiltelefon, Tablet, Laptop, Desktop, Fernseher und Router». Diese wiederum sind aufgeteilt in die «Tätigkeiten», in welchem der Datentransfer und der Stromverbrauch der Geräte miteinrechnet ist, die Herstellung und Entsorgung der genutzten Geräte und der Leerlauf des Routers, in welchem der Standby-Verbrauch des Routers und dessen Herstellung miteingerechnet ist. Diese Aufteilung wird auch im Systembild gezeigt (Abbildung 1 auf Seite 6).

3.1. Endgeräte

Als Endgeräte gelten alle digitalen Geräte, welche der Nutzer – hier der Jugendliche – direkt nutzt. Hier sind dies Mobiltelefon, Tablet, Laptop, Desktop und Fernseher. Bei jedem Gerätetyp wurde berechnet, wie viele Geräte ein Jugendlicher durchschnittlich besitzt. Die Mitbenutzung von Geräten im gemeinsamen Haushalt wurde auch miteinberechnet (siehe Kapitel 3.1.3).

3.1.1. Herstellung der Endgeräte

Die Daten für Router und Desktop inklusive Bildschirm stammen aus der **Ecoinvent-Datenbank** (ecoinvent Centre, 2015). Die weiteren Endgeräte (Mobiltelefon, Tablet, Laptop, Fernseher) wurden basierend auf den Daten des **Green Media Calculator** modelliert (siehe Kapitel 2.5).

⁸ Tätigkeiten sind in Gruppen zusammengefasste Nutzungen der verschiedenen Applikationen oder Programme, so genannte «Apps».

In den Datensätzen der Geräte werden die Umweltbelastungen oft unterschätzt, da beispielsweise die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu den publizierten Daten von Apple-Geräten (Apple, 2015)⁹ geringer ausfallen. Es wird angenommen, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass der Strombedarf der Produktion in der Modellierung unterschätzt wird. Die **Datensätze von Mobiltelefon, Tablet, Laptop und Router** wurden deshalb **korrigiert**, indem ein zusätzlicher Stromverbrauch bilanziert wurde. Es wurde der chinesische Strommix verwendet, da angenommen wird, dass die Geräte in China produziert werden. Die Korrektur wurde basierend auf der Differenz der Treibhausgasemissionen der ausgewerteten Original-Datensätze und der Apple-Resultate vorgenommen. Die genaue Berechnung ist im Anhang C verfügbar.

Keine Korrektur wurde bei Fernseher und Desktop inklusive Bildschirm vorgenommen. Bei Desktops und Bildschirmen waren die Treibhausgasemissionen vergleichbar mit den von Apple publizierten Emissionen, weshalb auf eine Korrektur verzichtet wurde. Für den Fernseher gab es keine Vergleichswerte von Apple. Modelliert wurde ein Flachbildfernseher (40 – 42 Zoll) mit Flüssigkristallanzeige von ecoinvent v3.3¹⁰. Der ebenfalls vorhandene Datensatz für Fernseher mit Kathodenstrahlröhren¹¹ wurde nicht verwendet, da dies eine veraltete Technologie ist und kaum mehr verkauft wird¹².

3.1.2. Lebensdauer Endgeräte

Die Lebensdauer wurde als fester Wert, also unabhängig von der täglichen Nutzungsdauer aus dem Fragebogen modelliert: Es wird angenommen, dass ein Geräteneukauf nicht wegen eines Defektes, sondern generell eher wegen dem Wunsch nach einem neueren Gerät getätigt wird. Ausserdem werden die Geräte nicht nur von den Jugendlichen selbst, sondern auch von der Familie genutzt, sodass die Nutzungsdauer des Jugendlichen eine unvollständige Angabe ist.

Für die Lebensdauer von Laptop, Desktop und Fernseher wurden hauptsächlich die Werte der Erhebung von Thiébaud (2017) verwendet (siehe Tabelle 1). Thiébaud (2017) hat sowohl die Nutzungsdauer des letzten Geräts als auch die aktuelle Nutzungsdauer des aktuellen Geräts plus die geplante zusätzliche Nutzungsdauer des derzeitigen Geräts erhoben. Die Schätzung der Nutzungsdauer des derzeitigen Geräts fällt wohlwollender aus als die tatsächliche Lebensdauer des letzten Gerätes. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass die Schätzung weniger gesichert ist. Für die Lebensdauer in dieser

⁹ Apple (2016). Environmental report. <http://images.apple.com/environment/reports/>. Aufgerufen am 29.3.2017.

¹⁰ Auf Englisch «liquid crystal display», kurz LCD

¹¹ Auf Englisch «cathode ray tube», kurz CRT

¹² Zum Beispiel: Migros m-electronics, TV-Ratgeber - Die 6 wichtigsten Dinge für den Fernseherkauf. <https://www.melectronics.ch/cms/de/tv/#tv-tech>, besucht am 30.1.2017

Sachbilanz - Endgeräte

Modellierung wurde deshalb die tatsächliche Nutzungsdauer des letzten, bereits weggeworfenen oder weitergegebenen Gerätes verwendet (Fettgedruckte Zahlen in Tabelle 1).

Eine weitere Nutzung von Geräten nach einem allfälligen Verkauf wurde in dieser Modellierung nicht miteingerechnet.

Tabelle 1 Nutzungsdauer («service lifetime») verschiedener Geräte in Jahren (Thiébaud et al., 2017)

Gerät	Nutzung		Aufbewahrung
	Aktuelles Gerät (geschätzt)	Letztes Gerät	Nach Erstnutzung
Mobiltelefon	4.3 Jahre	3.3 Jahre	2.7 Jahre
Laptop	6.5 Jahre	5.3 Jahre	2.6 Jahre
Desktop	7.5 Jahre	5.6 Jahre	1.9 Jahre
Fernseher, Kathodenstrahlröhre	11.9 Jahre	9.2 Jahre	1.5 Jahre
Fernseher, Flüssigkristallanzeige / Flachbildschirm	8.9 Jahre	5.8 Jahre	0.8 Jahre

Nicht alle Geräte wurden in der Erhebung von Thiébaud (2017) berücksichtigt. Für die Tablets wurde derselbe Wert wie für Laptops verwendet. Für die Lebensdauer des Routers wurde deshalb auf Müller (2012) zurückgegriffen. Bei den Mobiltelefonen wurde im Rahmen der James-Studie (Suter et al., 2017) auch die Nutzungsdauer des Mobiltelefons bei Jugendlichen erhoben. Dieser liegt deutlich unter den 3.3 Jahren des Schweizer Durchschnittes. Deshalb wird hier mit 2 Jahren gerechnet¹³.

Entner et al. (2011) berechneten die Lebensdauer der Mobiltelefone («handset») für verschiedene Länder mithilfe der Verkaufsstatistiken. Deutschland erreicht in dieser Studie für 2010 einen Wert von 3.8 Jahren und liegt somit im selben Bereich wie die Werte, welche von Thiébaud erhoben wurden.

Tabelle 2 gibt die Übersicht über die für die Modellierung verwendeten Daten.

¹³ Lilian Suter, ZHAW Angewandte Psychologie. E-Mail vom 14.3.2017.

Tabelle 2 Für die Modellierung verwendete Nutzungsdauer verschiedener Geräte in Jahren (Durchschnitt)

Gerät	Lebensdauer	Datenherkunft und Kommentar
Mobiltelefon	2.0 Jahre	Lilian Suter, James-Studie von Sept. 2017
Tablet	5.3 Jahre	Annahme: Gleich wie bei Laptop aus Thiébaud, et al., 2017
Laptop	5.3 Jahre	Thiébaud, et al., 2017
Desktop	5.6 Jahre	Thiébaud, et al., 2017. Nutzung durch alle Personen im Haushalt.
Fernseher	9.2 Jahre	Annahme: Fernseher sind typischerweise Flachbildfernseher. Thiébaud, et al., 2017. Nutzung durch alle Personen im Haushalt.
Router	5 Jahre	(Müller et al., 2012). Nutzung durch alle Personen im Haushalt

In der Umfrage im Rahmen dieser Studie (Suter & Waller, 2017b) wurde die Nutzungsdauer des Mobiltelefons erhoben. Deshalb ist diese für die drei Nutzertypen (siehe Kapitel 2.2) unterschiedlich. Die Werte sind in der Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3 Für die Modellierung verwendete Nutzungsdauer (in Jahren) des Mobiltelefons in Abhängigkeit der Nutzertypen

Gerät	Lebensdauer			
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Durchschnitt
Mobiltelefon	1.7 Jahre	2.0 Jahre	2.4 Jahre	2.0 Jahre

3.1.3. Anzahl Geräte pro Person

Neben der Lebensdauer sind auch die Besitzverhältnisse der Geräte relevant: Wird ein Gerät von mehreren Personen genutzt, wird die Umweltbelastung des Gerätes auch auf die Personen aufgeteilt. Aus der JAMES-Studie (Waller et al., 2016) geht hervor, welcher Anteil der Jugendlichen ein eigenes Gerät besitzen. Ausserdem geht hervor, welche Geräte im Haushalt der Jugendlichen vorhanden sind. (siehe Tabelle 4). Die Anzahl der Geräte pro Haushalt und ob diese von den Jugendlichen tatsächlich auch genutzt werden, ist aus der JAMES-Studie leider nicht ersichtlich.

Daher wird die durchschnittliche Anzahl Geräte pro Jugendlicher aus dem Gerätebesitz der Jugendlichen und den **im Haushalt geteilten Geräte**¹⁴ berechnet. Der Anteil der Jugendlichen mit eigenem Gerät wird mit dem Anteil der Jugendlichen mit geteiltem Gerät aufsummiert, wobei dieser Anteil durch die Familiengrösse von 3.8 dividiert wurde. Daraus ergibt sich ein Durchschnittswert, wie viele Geräte jeder Jugendliche selbst besitzt oder mitbesitzt. Dieser Durchschnittswert ist in Tabelle 4 in der untersten Zeile fettgedruckt angegeben und wurde in der Umweltbelastung des Gerätebesitzes miteingerechnet.

In dieser Studie wurde angenommen, dass sich nur ein Gerät im Haushalt befindet und dieses von allen Mitgliedern (Suter & Waller, 2017b) gleichwertig benutzt wird. Diese Annahme gleicht zwischen womöglich unterschätzter Anzahl Geräte im Haushalt und womöglich von Jugendlichen nicht verwendete Geräte (z.B. Laptop der Eltern; Überschätzung) aus. Da beinahe alle Haushalte¹⁵ über Internet verfügen und dieses wohl von allen Personen im Haushalt genutzt wird, wird beim **Router** auf eine komplizierte Rechnung verzichtet und ein Gerät miteingerechnet, welches von allen durchschnittlich 3.8 Bewohnern benutzt wird.

Bei der JAMES-Studie (2016) wurde **Laptop und Desktop** gemeinsam erhoben, d.h. es ist unklar, um welches Gerät sich handelt. Es wird in dieser Studie angenommen, dass selten sowohl ein Laptop als auch ein Desktop in der Familie geteilt wird oder ein Jugendlicher beide Geräte besitzt. Zudem wird davon ausgegangen, dass Laptops verbreiteter sind als Desktops. Für die Berechnung der Geräte pro Person wird davon ausgegangen, dass 75 % der Geräte aus der Kategorie «Laptop/Desktop» Laptops sind und 25 % der Geräte Desktops.

Die Tabelle 4 zeigt die Anzahl Geräte pro Jugendlicher im Durchschnitt sowie die Herleitung der Zahl.

¹⁴ Anteil Jugendlicher, welche ein Gerät im Haushalt teilen, werden berechnet aus «Gerät im Haushalt vorhanden» minus «Eigenes Gerät».

¹⁵ 97 % laut Waller et al. (2016)

Sachbilanz - Endgeräte

Tabelle 4 Gerätebesitz und Geräte im Haushalt (Waller et al., 2016) und daraus berechneter Gerätebesitz pro Person. Die berechneten Werte sind kursiv angegeben. Annahme: 75 % der Geräte der Kategorie «Laptop/Desktop» sind Laptops, der Rest Desktops. Die Anzahl Nutzer pro Haus beträgt im Durchschnitt 3.8 Personen (Suter & Waller, 2017b)

Angabe	Einheit	Mobiltelefon	Tablet	Laptop	Desktop	Fernseher	Quelle
Eigenes Gerät	%	99	39	57	19	30	(Waller et al., 2016)
Gerät im Haushalt vorhanden	%	100	83	74	25	96	(Waller et al., 2016)
Gerät im Haushalt geteilt <i>(Berechnet: Gerät im Haushalt - Eigenes Gerät)</i>	%	1	44	17	6	66	<i>berechnet</i>
Anzahl Gerät pro Jugendlicher <i>(berechneter Durchschnitt)</i>	[p]	<i>0.99</i>	<i>0.51</i>	<i>0.62</i>	<i>0.21</i>	<i>0.47</i>	<i>berechnet</i>

Die Anzahl Geräte wurde auch für die drei Nutzertypen (siehe Kapitel 2.2) berechnet. Der Gerätebesitz wurde im Fragebogen (Suter & Waller, 2017b) selbst nicht erhoben, weil er den Rahmen der Umfrage gesprengt hätte und bereits in der JAMES-Studie erhoben wurde (Waller et al., 2016). Um individuelle Werte für die Nutzertypen zu eruieren, wurden die Antworten beider Studien einander zugeordnet, und zwar mithilfe der Fragen, die bei beiden Studien erhoben wurden. Dadurch konnten die Antworten der JAMES-Studie zum Gerätebesitz auch den Nutzertypen zugeordnet werden. Sie berechneten Werte sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5 Gerätebesitz der Jugendlichen aus verschiedenen Nutzertypen, die aufgrund der Zuordnung der Antworten zwischen der JAMES-Studie (Waller et al., 2016) und des Fragebogens (Suter & Waller, 2017b) berechnet wurden.

Daten zu Geräten	Typ 1	Typ 2	Typ 3
Personen pro Haushalt	3.7	3.9	3.6
Handy pro Person		0.99	
Lebensdauer Handy	1.8	2	2.2
Tablet pro Person	0.51	0.42	0.54
Laptop pro Person	0.58	0.60	0.67
Desktop pro Person	0.19	0.20	0.22
Fernseher pro Person	0.55	0.38	0.46

Es zeigt, dass bei allen Geräten Unterschiede auftreten. Die auffälligsten Unterschiede sind beim Fernseher, wo der Nutzertyp 1 einen fast 50 % höheren Gerätebesitz hat als Nutzertyp zwei und beim Tablet, bei welchem der Nutzertyp 1 einen mehr als 20 % höheren Wert erreicht als der Nutzertyp 2.

3.2. Hintergrundfunktionen

Als Hintergrundfunktionen werden in diesem Bericht Funktionen für das Endgerät bezeichnet, die von mehreren Apps genutzt werden können und auch unabhängig von Tätigkeiten anfallen können. Beispiele dafür sind zum Beispiel Ortungsdienste, die Suche von WLAN- und Bluetooth Verbindungen. Die Hintergrundfunktionen tauchen auch häufig bei Tipps zur Verlängerung der Akkulaufzeit von Handys auf, die im Internet aus verschiedensten Quellen und in Foren gefunden werden können. Als Beispiel die Tipps von Sunrise, welche folgende Möglichkeiten aufzählt¹⁶:

¹⁶ Sunrise Communications AG. 19. November 2015. 10 Tipps wie Sie die Akkulaufzeit ihres Handys verlängern können.
<https://www.sunrise.ch/de/spotlight/2015/11/10tippswiemandieakkulaufzeiteinessmartphonesverlengernkann.html>. Abgerufen am 3.1.2016

- Apps mit viel Akkuverbrauch nicht mehr nutzen
- Deaktivierung der Hintergrundaktualisierung (Hintergrunddaten) und Ausschalten automatischer Updates
- Ortungsdienste ausschalten
- Vibration ausschalten
- Bildschirm automatisch ausschalten, Helligkeit reduzieren und dunklen Hintergrund wählen
- WLAN und Bluetooth bei Nichtnutzung ausschalten

Während Tipps einfach zu finden sind, ist es schwieriger, Zahlen zur tatsächlichen Reduktion des Stromverbrauchs zu finden¹⁷. Deshalb werden für die Modellierung der Hintergrundfunktionen Zahlen der Bachelorarbeit von Wyssen (2015) verwendet. Für die Tablet werden dieselben Werte wie für die Mobiltelefone verwendet. Die Hintergrundfunktionen fließen mittels eines Parameters in die Studie ein, welche den Anteil der Zeit in Prozent angibt, in welcher die jeweiligen Funktionen eingeschaltet sind.

3.2.1. Ortungsdienste

Ortungsdienste berechnen mithilfe des Global Positioning System (GPS) - also mithilfe mehrerer Satelliten – den Aufenthaltsort des Mobiltelefons. Diese Ortung benötigt Energie vom Endgerät. Die Satelliten senden ihr Signal (ein Zeitstempel) unabhängig von der Nutzung des Signals durch die Endgeräte, weshalb kein Zusatzaufwand durch Satelliten in die Modellierung miteingerechnet wird. Die Satelliten selbst werden nicht miteingerechnet. Einerseits, weil davon ausgegangen wird, dass die Satelliten nicht für die Positionierung von Mobiltelefonen gebaut und in Position gebracht wurden. Andererseits, weil wenige Satelliten von vielen Nutzern verwendet werden und dadurch wenig Auswirkungen pro Nutzer anfallen. Zuletzt auch, weil die Nutzung digitaler Medien und nicht der Bau von Satelliten im Fokus dieser Studie steht.

Die Leistung für ein aktives GPS (Android Telefon) wird im Simulationsprogramm AT&T ARO auf 0.28 W geschätzt (Wyssen, 2015)), während die Leistung eines Stand-by-GPS-Signales auf 0.02 W geschätzt wird. Damit wird die benötigte Leistung durch das Einschalten der GPS Funktion mit 0.26 W respektive mit 0.26 Wh pro Stunde eingeschaltetes GPS modelliert (siehe Tabelle 6).

¹⁷ Folgende Aussage beschreibt das Problem treffend:

“Leider geben weder Hersteller noch mobile Betriebssysteme genaue Auskunft über den Energiebedarf einzelner Hardware-Komponenten.”

Quelle: Alexander Spier (2015) Was verbraucht wie viel beim Smartphone?

<https://m.heise.de/ct/ausgabe/2015-22-Was-verbraucht-wie-viel-beim-Smartphone-2826274.html>. abgerufen am 30.1.2017

Tabelle 6 Modellierung einer Stunde Nutzung von Ortungsdiensten

	Datensatz	Menge und Einheit	Kommentar
Output	Funktionen, GPS	1 h	
Input	Electricity, low voltage {CH} market for	0.0884 Wh	0.26 W Leistung; 34 % der Zeit eingeschaltet

3.2.2. Suche von WLAN Verbindungen

Der Leistung für aktives WLAN (Android Telefon) wird im Simulationsprogramm AT&T ARO auf 0.403 W geschätzt (Wyssen, 2015)), während die Leistung im inaktiven Modus auf 0.02 W geschätzt wird. Damit wird die benötigte Leistung durch das Einschalten der WLAN-Suchfunktion mit 0.383 W respektive mit 0.383 Wh pro Stunde eingeschaltete Funktion modelliert (siehe Tabelle 7). Die Funktion ist durchschnittlich während 66 % der Zeit eingeschaltet.

Tabelle 7 Modellierung einer Stunde Nutzung der WLAN-Suchfunktion

	Datensatz	Menge und Einheit	Kommentar
Output	Funktionen, WLAN	1 h	
Input	Electricity, low voltage {CH} market for	0.253	0.38 W Leistung; 66 % der Zeit eingeschaltet

3.2.3. Suche von Bluetooth-Verbindungen

Der Leistung für Stand-by der Bluetooth Funktion (Android Telefon) wird im Simulationsprogramm AT&T ARO auf 0.02 W geschätzt (Wyssen, 2015). Damit wird die benötigte Leistung durch das Einschalten der dieser Suchfunktion mit 0.02 W respektive mit 0.02 Wh pro Stunde eingeschaltete Funktion modelliert (siehe Tabelle 8). Die Funktion ist durchschnittlich während 12 % der Zeit eingeschaltet.

Tabelle 8 Modellierung einer Stunde Nutzung von Bluetooth im Stand-by-Modus

	Datensatz	Menge und Einheit	Kommentar
Output	Funktionen, bluetooth standby	1 h	
Input	Electricity, low voltage {CH} market for	0.0024	0.02 W Leistung; 12 % der Zeit eingeschaltet

3.3. Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)

Als Tätigkeit gilt die aktive Nutzung von Anwenderprogrammen (Zum Beispiel «Apps» auf Mobiltelefonen oder der Browser auf Laptops), aber auch die Nutzung einer Telefonfunktion (telefonieren).

Für verschiedene Inputdaten wurden Parameter verwendet, damit Änderungen bei allen betroffenen Datensätzen übernommen werden und damit Sensitivitätsanalysen mit verschiedenen Werten möglich sind. Die verwendeten Werte für die Parameter sind jeweils in den betreffenden Kapiteln beschrieben.

3.3.1. Aufbau aller Nutzungsmodellierungen

Die Tätigkeiten sind so aufgebaut, dass jede Tätigkeit spezifisch für jedes Endgerät modelliert wird. Zwei Aspekte werden miteingerechnet: Der Stromverbrauch des Endgerätes und der Datentransfer über das Internet zum Rechenzentrum (siehe Abbildung 2).

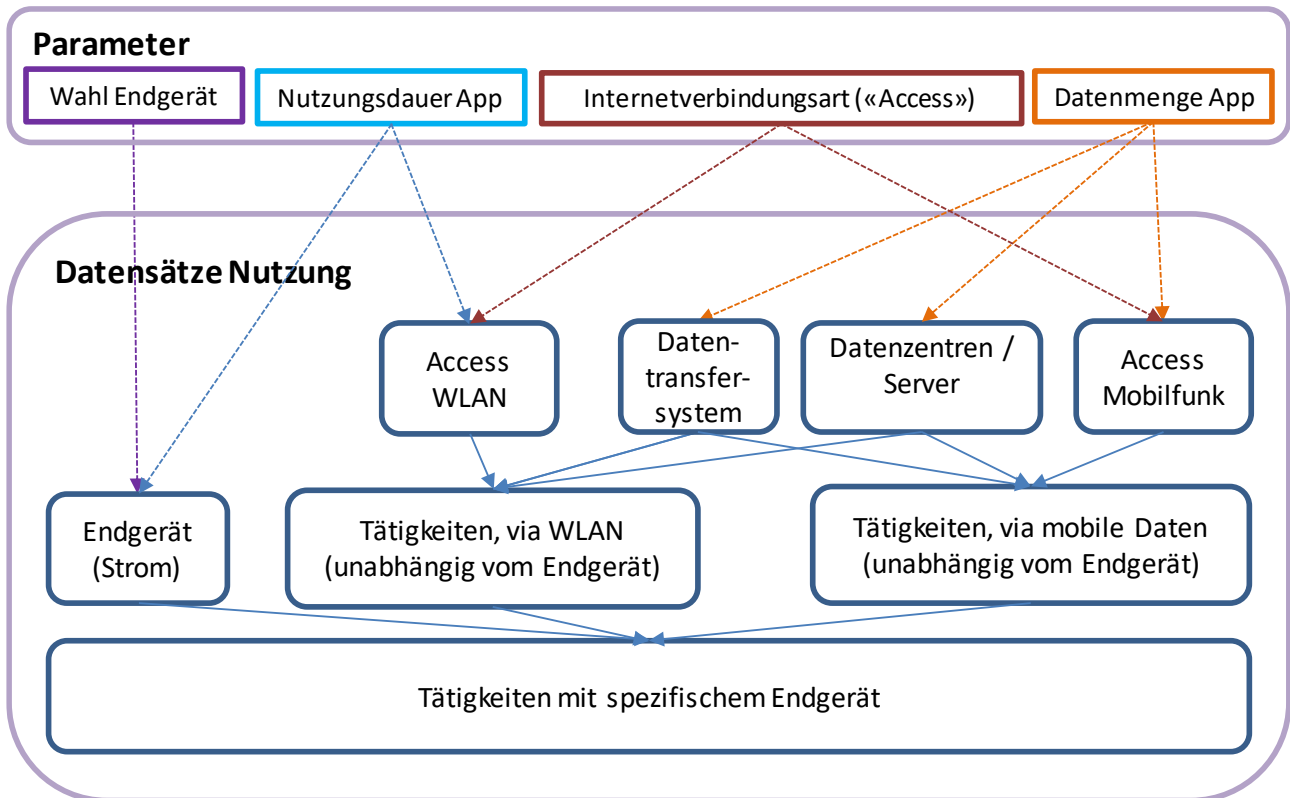


Abbildung 2: Modellierung der Tätigkeiten. Zuerst sind die Parameter gegeben, welche die Modellierung der Prozesse beeinflussen, darunter werden die Hauptdatensatztypen blau umrandet dargestellt.

Der Stromverbrauch des Endgerätes wird in Abhängigkeit der Tätigkeiten und der Nutzungsdauer berechnet. Der Leistungsbezug der Endgeräte in Abhängigkeit von der Nutzung ist in Tabelle 10 im Kapitel 3.3.2 angegeben.

Der Datentransfer ab Gerät zu den Rechenzentren ist pro Datenmenge der Nutzung modelliert. Dieser Aspekt ist für alle Geräte gleich, hängt aber von der Verbindungsart ab, weshalb zwei Varianten (Heim-WLAN und Mobilfunknetz, modelliert als UMTS) modelliert werden (siehe Tabelle 9).

Sachbilanz - Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)

Tabelle 9 Modellierungsaufbau des Datentransfers einer Tätigkeit während einer Stunde (z.B. Musik hören), aufgeteilt auf die zwei Varianten «Datentransfer über das Mobilfunknetz» (dritte Spalte von links) und «Datentransfer über das Heim-WLAN» (vierte Spalte von links).

	Datensatz	Menge & Einheit		Kommentar
		Mobilfunk- netz	WLAN	
Output	Tätigkeit (Mobilfunknetz; WLAN)	1 h	1 h	
Input	Internetzugang, Mobilfunknetz (in MB)	MB_pro_h *anteil_umts	0	«anteil_umts» ist der Anteil der Internetnutzung über das Mobilfunknetz bei der jeweiligen Tätigkeit
	Internetzugang, Heim- WLAN (in h)	0	anteil_wlan	«anteil_wlan» ist der Anteil der Internetnutzung über das Heim-WLAN bei der jeweiligen Tätigkeit
	Datentransfer, Kernnetzwerk (in MB)	MB_pro_h	MB_pro_h	«MB_pro_h» ist die Datenmenge, die bei der Tätigkeit typischerweise transferiert wird.
	Rechenzentrum (in MB)	MB_pro_h	MB_pro_h	

Bei der Modellierung jeder Tätigkeit durch ein Endgerät werden die beiden Varianten des Zugangs auf das Internet, namentlich über das Mobilfunknetz oder das WLAN, wieder zusammengeführt (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10 Aufbau der Modellierung einer Stunde Tätigkeit mit einem Endgerät

Datensatz	Einheit	Kommentar
Output Tätigkeit, Details, Endgerät	1 h	
Input Schweizer Strommix, Niedrigspannung	Wh	Stromverbrauch direkt beim Endgerät, inklusive Effizienz des Aufladens.
Nutzung, Mobilfunknetz	1 h * anteil_umts	Datentransfer der Tätigkeit von Endgerät bis zum Rechenzentrum und zurück
Nutzung, Heim-WLAN	1 h* anteil_wlan	

Die verwendeten Inputdaten pro Tätigkeit, die in obenstehenden Tabellen nur generisch angegeben sind, sind in folgenden Kapiteln zu finden:

- Die verwendeten Datenmengen pro Stunde Nutzung sind in der Beschreibung der einzelnen Tätigkeiten (Kapitel 0) angegeben
- Der Anteil der Zeit, während welcher die Daten über das Heim-WLAN respektive über das Mobilfunknetz gesendet werden, sind im Kapitel 3.5.3 angegeben
- Die Nutzungsdauer im Kapitel 3.3.3 und 3.3.4.

3.3.2. Stromverbrauch Endgeräte

Für die Modellierung des Stromverbrauchs wurde der Schweizer Strommix verwendet. Der Stromverbrauch der Geräte ist – vor allem beim Mobiltelefon - abhängig von der Nutzungsart. Werden Daten versendet, wird beispielsweise mehr Strom verbraucht, als wenn das Gerät im Flugmodus ist. Deshalb ist der **Stromverbrauch** der Geräte nach Möglichkeit **nutzungsabhängig modelliert**. Beim Fernsehen wurde mit 60 W gerechnet (Hischier et al., 2013b). Die weiteren für die für die Modellierung genutzten Verbrauchswerte sind in der Tabelle 11 aufgeführt.

Der Strombedarf bei der Nutzung des **Mobiltelefons** wurde berechnet aus der Akkulaufzeit (abhängig von der Nutzung) von Apple Inc. 2016¹⁸ und des durchschnittlichen Energiegehalts des Akkus¹⁹.

¹⁸ Apple Inc. 2016, iPhone Modelle vergleichen. <http://www.apple.com/de/iphone/compare/>, abgerufen am 17.8.2016.

¹⁹ Der Energiegehalt eines Akkus wurde folgendermassen berechnet aus $3.8 \text{ V} * 3.2 \text{ Ah} = 12.16 \text{ Wh}$. Apfelpiste.ch. Abgerufen am 23.08.2016.

Ausnahme ist der Stromverbrauch beim Telefonieren: Dort wurde die durchschnittliche Leistung beim Mobiltelefon dreier Verbindungsarten (GSM, UMTS, HSDPA) aus Paiano (2013) verwendet, da dort mehrere Verbindungsarten verfügbar waren.

Bei **Laptop und Tablet** wurden als Grundlage die Verbrauchswerte aus der Modellierung des Green Media Calculator verwendet (siehe Kapitel 2.5). Diese Werte wurden für diejenigen Nutzungen verwendet, welche kein Abspielen von Videos beinhaltet. In einem Experiment von Schien (2013) unterschied sich der Stromverbrauch bei einem Laptop beim Lesen von Text nicht, aber bei dem Betrachten von **Videoinhalten stieg der Stromverbrauch um 15 %** an. In dieser Studie wird deshalb davon ausgegangen, dass bei der Betrachtung von Videoinhalten sowohl bei Laptops als auch bei Tablets der Stromverbrauch um 15 % höher ist und bei allen anderen Nutzungen konstant bleibt. Bei Desktops wurde diese Unterscheidung nicht gemacht, da ein Hinweis auf ähnliches Verhalten fehlt.

Der Spannungswert stammt aus Kaessler, Martin. (07.2013). <http://www.martinkaessler.com/wie-viele-kilowattstunden-strom-braucht-ein-iphone-im-jahr/>. Abgerufen am 17.8.20126.

Der Ladungswert stammt aus: Apfelkiste.ch. (2007) Wie viele Kilowattstunden Strom braucht ein iPhone im Jahr? <http://www.apfelkiste.ch/iphone6-akku-hardcase-huelle-schwarz.html>. Abgerufen am 29.3.2017.

Sachbilanz - Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)

Tabelle 11 Leistungsbezug verschiedener Endgeräte in Abhängigkeit der Tätigkeit, angegeben in Watt (ohne Ladeverluste)

Einheit	Mobiltelefon Watt	Tablet Watt	Laptop Watt	Desktop & Bildschirm Watt	Kommentar
Telefonieren	1	3.16	17.9	85	Mobiltelefon: bezogen auf sprechen mit 3G.
Chatten	1.081	3.16	17.9	85	
E-Mails schreiben	1.081	3.16	17.9	85	
Internet browsen	1.081	3.16	17.9	85	
Videos über Internet	1.081	3.16* 1.15 = 3.63	17.9* 1.15 = 20.6	85	Zusatzstromverbrauch bei Videos von 15 %
Musik lokal hören	0.187	3.16	17.9	85	
Musik streamen	1.081	3.16	17.9	85	Mobiltelefon: basiert auf Wert für «Internet»
Soziale Medien nutzen	1.081	3.16	17.9	85	Mobiltelefon: basiert auf Wert für «Internet»
Offline spiele	1.013	3.16* 1.15	17.9* 1.15	85	Mobiltelefon: basiert auf Wert für «Videos» + 15 % wegen Bilderintensiver Tätigkeit
Online spiele	1.081	3.16* 1.15	17.9* 1.15	85	Mobiltelefon: basiert auf Wert für «Internet» + 15 % wegen Bilderintensiver Tätigkeit

Die **Effizienz beim Aufladen** ist in der Modellierung miteingerechnet und in Tabelle 12 aufgeführt. Diese beträgt beim Mobiltelefon bei kabelgebundenen Aufladen vom Stromnetz bis zur Batterie des Endgerätes 52 – 65 %, was einem Durchschnitt von 59 % entspricht (Zahner et al., 2017)²⁰. Angaben zur Effizienz von kabellosen Ladegeräten sind in derselben Publikation auch berechnet worden: Sie betragen heute 39 – 49 % (durchschnittlich 44 %). Heute ist die kabelgebundene Variante aber noch üblicher, weshalb mit diesem Wert gerechnet wurde. Für Tablets und Laptops wird auch mit der Aufladeeffizienz von 59 % gerechnet. Bei Desktops wird der Strom direkt genutzt, womit keine Effizienzverluste durch Akkus entstehen. Verluste durch den Transformator für die Änderung der Spannung sind gering und hier nicht eingerechnet²¹. Der Leistungsbezug in der Tabelle 11 ist ohne die Effizienzverluste angegeben²².

Tabelle 12 Ladeeffizienz verschiedener Endgeräte, angegeben in Prozent. Eingerechnet sind auch Umwandlungsverluste durch die Speicherung in den Batterien.

	Mobiltelefon	Tablet	Laptop	Desktop
Ladeeffizienz	59 %	59 %	59 %	100 %

3.3.3. Nutzungsdauer aller Jugendlichen

Die Dauer der Nutzung der Geräte und der verschiedenen Tätigkeiten durch die Jugendlichen wurde in einem Fragebogen erhoben (Suter & Waller, 2017b). Dabei wurde gefragt, wie lange das Gerät gestern benutzt wurde. Die Tabelle 13 führt die durchschnittliche Nutzungsdauer auf, falls ein Gerät gestern genutzt wurde.

²⁰ Oft bezieht sich die Effizienz nur auf den Weg von der Steckdose bis zum Telefon, nicht aber bis zur Batterie mit ein. 70 % wird z.B. hier angegeben: Apple Inc., iPhone 5 Environmental Report.
http://images.apple.com/environment/reports/docs/iPhone5_product_environmental_report_sept2012.pdf abgerufen am 18.8.2016.

²¹ Die Ladeeffizienz beim Desktop beträgt 90 % bei Apple-Desktops (Apple, 2015).

²² Der resultierende Leistungsbezug ergibt sich aus der Leistung geteilt durch die Ladeeffizienz.

Sachbilanz - Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)

Tabelle 13 Dauer der verschiedenen Tätigkeiten, aufgeteilt auf die Geräte, für die durchschnittliche Nutzung der Geräte am gestrigen Tag (Suter & Waller, 2017b)

Nutzungsart	Einheit	Mobiltelefon	Tablet	Laptop	Desktop	Fernseher
Gesamtnutzung	min/d	188.7	93.3	143.4	170.4	140.3
Videos	min/d	24.5	40.2	38.3	36.6	-
E-Mails	min/d	5.4	3.3	13.4	10.2	-
Chat	min/d	60.3	2.1	6.2	4.4	-
Internetbrowsing	min/d	13.3	7.6	22.9	24.1	-
Games total	min/d	10.0	12.5	15.5	39.9	-
<i>-lokal gespeichert</i>	min/d	3.7	-	-	-	-
<i>-via Mobilfunk</i>	min/d	1.7	-	-	-	-
<i>-via WLAN</i>	min/d	4.6	-	-	-	-
Soziale Netzwerke	min/d	36.1	12.3	9.2	11.3	-
Musik	min/d	23.3	9.1	13.8	11.7	-
<i>-online</i>	min/d	10.0	-	-	-	-
Telefonieren	min/d	8.5	0.5	4.0	3.2	-
<i>-via Internet</i>	min/d	2.5	0.5	4.0	3.2	-
<i>-klassisch</i>	min/d	5.7	-	-	-	-
Weiteres	min/d	3.5	5.7	18.0	29.0	-
WLAN aktiviert	h/d	15.9	-	-	-	-
bluetooth aktiviert	h/d	2.9	-	-	-	-
GPS aktiviert	h/d	8.0	-	-	-	-

Das Smartphone wird von beinahe allen täglich genutzt²³, sodass die Nutzung am gestrigen Tag der durchschnittlichen täglichen Nutzung entspricht. Die anderen Geräte werden nicht jeden Tag genutzt, weshalb bei diesen Geräten die Nutzungsdauer auf einen täglichen Durchschnitt aller Jugendlichen skaliert werden muss. Für die Berechnung des Korrekturfaktors für die Nutzungsdauer wurde die Häufigkeit der Gerätenutzung verwendet, welche im selben Fragebogen abgefragt wurde (Siehe Tabelle 14).

Tabelle 14 Häufigkeit der durchschnittlichen Gerätenutzung der Jugendlichen (Waller et al., 2016) in Prozent

Durchschnitt	Täglich	Mehrmals pro Woche	Einmal pro Woche	Einmal in 14 Tagen	Einmal im Monat	Seltener und nie
Tablet	16%	18%	10%	6%	8%	41%
Laptop	23%	33%	15%	5%	7%	17%
Desktop	17%	20%	11%	6%	5%	42%
TV	27%	37%	13%	5%	4%	14%

Um aus der qualitativ erhobenen Häufigkeit der Gerätenutzung einen Korrekturfaktor zu berechnen, wurde jeder Gerätenutzungshäufigkeit eine Anzahl Tage pro Woche zugeordnet («Mehrmals pro

²³ 95 % der Jugendlichen nutzen ihr Handy täglich (Waller et al., 2016)

Sachbilanz - Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)

Woche» entspricht z.B. 3 Tagen pro Woche). Die verwendeten Annahmen für die Anzahl Tage pro Woche sind in der Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15 Umrechnung der qualitativen Häufigkeit der Gerätenutzung auf einen quantitativen Wert, um den Korrekturfaktor der Dauer zu berechnen

Nutzung	Täglich	Mehrmals pro Woche	1 Mal pro Woche	1 Mal in 14 Tagen	Einmal im Monat	Seltener und nie
Genutzte Tage pro Woche	7	3	1	0.5	0.25	0
Anteil an Woche	1.00	0.43	0.14	0.07	0.04	0

Für jedes Gerät wurde ein Korrekturwert berechnet, damit der Wert des gestrigen Tages zu einem durchschnittlichen Wert umgerechnet werden kann. Der Korrekturwert entsteht, indem der Anteil an der Woche, in welchen das Gerät genutzt wurde, multipliziert wird mit dem Prozentsatz der Jugendlichen, welche die Geräte in den obengenannten Häufigkeitskategorien nutzen (Waller et al., 2016). Der so berechnete Korrekturwert ist in Tabelle 16 dargestellt. Für das Mobiltelefon wird kein Korrekturfaktor verwendet, da 95 % aller Jugendlichen das Gerät täglich nutzen.

Tabelle 16 Korrekturwert für die Nutzungsdauer (Suter & Waller, 2017b) basierend auf der Gerätenutzungshäufigkeit (Waller et al., 2016)

	Tablet	Laptop	Desktop	Fernseher
Faktor für die Berechnung des wöchentlichen Durchschnitts	0.26	0.40	0.28	0.45

Die Multiplikation dieses Korrekturwertes mit der Nutzungsdauer der Geräte am gestrigen Tag ermöglicht es, einen tatsächlichen täglichen Durchschnittswert anzugeben, der miteinbezieht, dass nicht alle Jugendliche die Geräte täglich nutzen. Die Tabelle 17 zeigt den Durchschnittswert, der durch Multiplikation der Werte aus Tabelle 15 und Tabelle 13 berechnet wurde.

Sachbilanz - Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)

Tabelle 17 Dauer der verschiedenen Tätigkeiten, aufgeteilt auf die Geräte, für die durchschnittliche Nutzung (Suter & Waller, 2017b)

Nutzungsart	Einheit	Mobiltelefon	Tablet	Laptop	Desktop	Fernseher
Gesamtnutzung	min/d	188.7	24.1	57.2	47.3	63.4
Videos	min/d	24.5	10.4	15.3	10.2	-
E-Mails	min/d	5.4	0.9	5.3	2.8	-
Chat	min/d	60.3	0.5	2.5	1.2	-
Internetbrowsing	min/d	13.3	2.0	9.1	6.7	-
Games total	min/d	10.0	3.2	6.2	11.1	-
Soziale Netzwerke	min/d	36.1	3.2	3.7	3.1	-
Musik	min/d	23.3	2.4	5.5	3.2	-
Telefonieren	min/d	8.5	0.1	1.6	0.9	-
Weiteres	min/d	3.5	1.5	7.2	8.0	-
WLAN aktiviert	h/d	15.9	-	-	-	-
bluetooth aktiviert	h/d	2.9	-	-	-	-
GPS aktiviert	h/d	8.0	-	-	-	-

Wird die Nutzungsdauer der einzelnen Geräte summiert, erhält man 6 Stunden und 20 Minuten. Eine Aufsummierung ist aber nur beschränkt sinnvoll, denn die gleichzeitige Nutzung verschiedener Geräte ist möglich: Beim Fernsehschauen kann mit der Kollegin gechattet oder im Internet etwas nachgeschaut werden.

Die drei Stunden Handyzeit sind nicht gleichbedeutend mit Zeit, die alleine und nur mit dem Handy verbracht wird. Es ist gut möglich, dass ein Teil davon gleichzeitig mit anderen Tätigkeiten stattfindet: Zum Beispiel wird während eines Gesprächs etwas im Internet überprüft oder ein Video mit Freunden geschaut. Da das Handy klein ist und die Jugendlichen dieses wohl oft bei sich tragen, kann dies häufig passieren.

Untenstehende Grafik stellt die Resultate der Tabelle 17, also die Nutzungsdauer pro Gerät, aufgeschlüsselt auf die verschiedenen Tätigkeiten, zusätzlich graphisch dar.

Sachbilanz - Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)

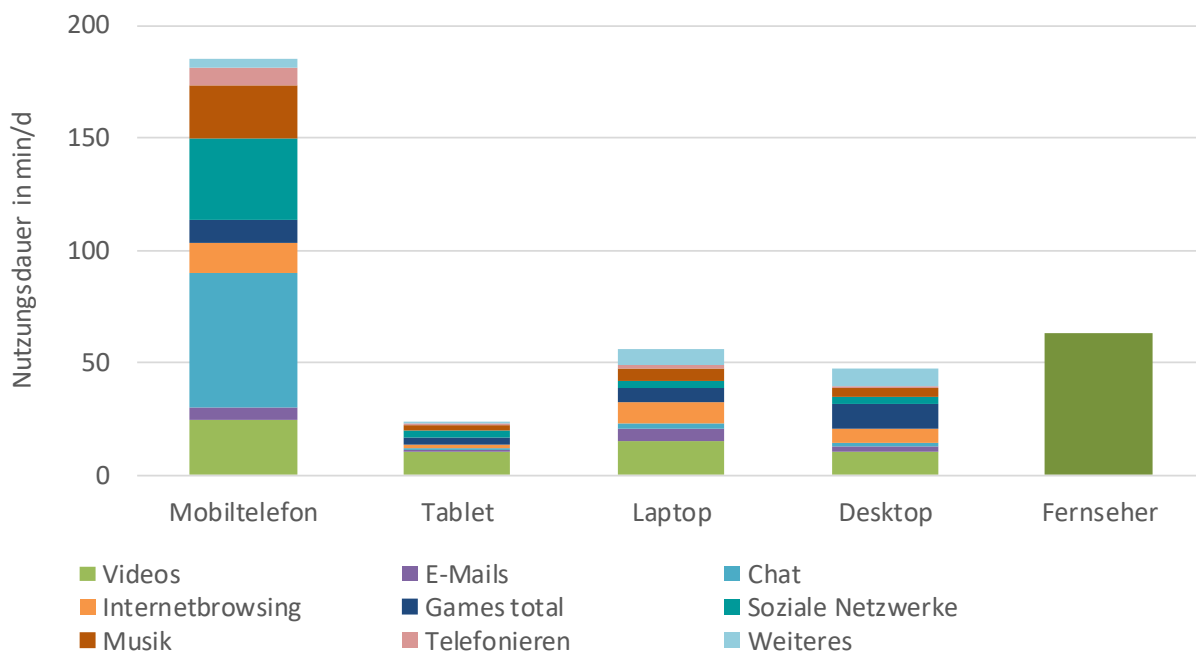


Abbildung 3: Durchschnittliche tägliche Nutzungsdauer der verschiedenen Tätigkeiten in Minuten pro Tag, aufgeteilt auf die Geräte (Suter & Waller, 2017b)

Es wird deutlich, dass das **Mobiltelefon** von Jugendlichen mit Abstand am längsten genutzt wird und zwar über drei Stunden pro Tag. Während einem Drittel dieser Zeit chatten die Jugendlichen. Am zweitlängsten nutzen sie soziale Netzwerke, etwa einen Viertel der Zeit schauen sie Videos oder hören Musik. Für E-Mails, Telefonieren und Spiele auf dem Handy wird im Verhältnis wenig Zeit aufgewendet.

Am zweithäufigsten genutzt wird **Fernseher und Laptop**. Etwa eine Stunde im Tag verbringen die Jugendlichen mit diesen Geräten. Der **Desktop** wird immerhin noch mehr als drei Viertel Stunden genutzt, das Tablet deutlich weniger lange. Auf dem Desktop wird am längsten gespielt, was in der Grafik «Games» genannt wurde, am zweithäufigsten werden Videos geschaut. Das Betrachten von Videos ist auf Tablet und Laptop die Tätigkeit mit der längsten Nutzungsdauer.

3.3.4. Nutzungsdauer der Nutzungstypen

Für jeden Nutzertyp wurde die durchschnittliche Nutzungsdauer aus der gestrigen Nutzungsdauer (Tabelle 18) und der Nutzungshäufigkeit (Tabelle 19) hergeleitet. Das Resultat dieser Herleitung ist als durchschnittliche Nutzungsdauer aller Typen in Tabelle 18 dargestellt.

Auch hier wurde aus der Nutzungshäufigkeit ein Korrekturwert verwendet, analog zum Vorgehen beim Berechnen der Durchschnittsdauer aller Jugendlichen. Die Herleitung ist im Kapitel 3.3.3 detailliert beschrieben. Im Unterschied zum Vorgehen beim Durchschnitt wurde der Korrekturwert individuell pro Nutzungstyp hergeleitet (Tabelle 20).

Sachbilanz - Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)

Tabelle 18 Dauer der verschiedenen Tätigkeiten, aufgeteilt auf die Geräte, für die Nutzung der Geräte am gestrigen Tag durch die drei Nutzertypen (Suter & Waller, 2017b)

Nutzungsart	Einheit	Mobiltelefon			Tablet			Laptop			Desktop			Fernseher		
		<i>Tvp 1</i>	<i>Tvp 2</i>	<i>Tvp 3</i>	<i>Tvp 1</i>	<i>Tvp 2</i>	<i>Tvp 3</i>	<i>Tvp 1</i>	<i>Tvp 2</i>	<i>Tvp 3</i>	<i>Tvp 1</i>	<i>Tvp 2</i>	<i>Tvp 3</i>	<i>Tvp 1</i>	<i>Tvp 2</i>	<i>Tvp 3</i>
Gesamtnutzung	min/d	171	230	165	81	99	101	165	128	139	167	144	237	153	134	140
Videos	min/d	24.8	41.7	8	31.7	45.2	48.1	43.1	32.7	38.4	42.5	33.8	30.3	-	-	-
E-Mails	min/d	5.7	5.6	4.9	3	2.5	4.3	8.3	16.1	15	9.8	8.3	15.6	-	-	-
Chat	min/d	45.8	52.7	80.1	2.5	1.3	2.3	5.9	1	9.2	4	4.5	5.2	-	-	-
Internetbrowsing	min/d	16.6	12.9	10.8	4.3	9.1	9.3	25.3	24.9	20.4	29.6	20.8	19.9	-	-	-
Games total	min/d	8.8	17.1	4.4	12.1	13.7	8	32.5	11.3	7.7	39.1	40.2	40.8	-	-	-
Soziale Netzwerke	min/d	36.8	39.3	32.4	11.3	4.7	22.3	9	5.2	11.5	5.8	9.1	28.3	-	-	-
Musik	min/d	17.3	43.2	9.7	12.7	10.8	3.9	15.2	10.4	14.9	10.7	9.6	18.1	-	-	-
Telefonieren	min/d	6.1	7.6	11.3	0.7	0.7	0.0	6	4.8	2.5	5	2.8	0.6	-	-	-
Weiteres	min/d	2.4	4.8	3.1	3	11.2	2.9	19.4	21.9	15.2	20.9	15	77.9	-	-	-
WLAN aktiviert	h/d	16.5	15.3	16.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bluetooth aktiviert	h/d	3.7	3.6	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GPS aktiviert	h/d	8.6	7.1	8.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sachbilanz - Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)

Die Antworten zur Häufigkeit der Gerätenutzung wurden aufgrund der Einteilung in die Nutzertypen berechnet und sind für alle Typen in untenstehender Tabelle angegeben.

Tabelle 19 Häufigkeit der Gerätenutzung der drei Nutzertypen aus dem Fragebogen (Suter & Waller, 2017b)

Häufigkeit Nutzung	Tablet			Laptop			Desktop			Fernseher		
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3
Täglich	23%	12%	13%	26%	15%	30%	29%	15%	9%	38%	24%	22%
Mehrmals pro Woche	21%	14%	21%	37%	27%	36%	26%	19%	16%	36%	29%	44%
Einmal pro Woche	11%	11%	8%	16%	15%	14%	10%	9%	10%	11%	16%	12%
Einmal in 14 Tagen	8%	3%	7%	7%	5%	5%	6%	5%	7%	6%	5%	6%
Einmal im Monat	11%	7%	6%	5%	9%	7%	3%	8%	5%	4%	4%	3%
Seltener und nie	25%	53%	45%	10%	30%	8%	27%	44%	53%	6%	22%	13%

Die Korrekturfaktoren in der Tabelle 20 basieren auf der Häufigkeit der Gerätenutzung in Tabelle 19 und wurden typenspezifisch berechnet.

Tabelle 20 Korrekturwert für die Nutzungsdauer (Suter & Waller, 2017b) basierend auf der Gerätenutzungshäufigkeit (Waller et al., 2016)

Korrekturfaktor	Mobiltelefon			Tablet			Laptop			Desktop			Fernseher		
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3
	1	1	1	0.35	0.2	0.24	0.45	0.29	0.48	0.42	0.25	0.18	0.56	0.39	0.43

Durch Multiplikation dieses Korrekturwertes mit der Nutzungsdauer der Geräte am gestrigen Tag wurde die effektive durchschnittliche Nutzungsdauer berechnet. Die daraus resultierenden Werte zur Nutzungsdauer sind in der Tabelle 21 angegeben und in der Abbildung 4 graphisch dargestellt.

Sachbilanz - Generelle Modellierung der Nutzung («Tätigkeit»)

Tabelle 21 Dauer der verschiedenen Tätigkeiten, aufgeteilt auf die Geräte, für die durchschnittliche Nutzung der Geräte durch die drei Nutzertypen (Suter & Waller, 2017b)

Nutzungsart	Mobiltelefon			Tablet			Laptop			Desktop			Fernseher		
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3
Gesamtnutzung	171	230	165	28	20	24	74	38	67	70	36	43	85	53	60
Videos	24.8	41.7	8.0	10.9	9.1	11.5	19.3	9.6	18.4	17.9	8.5	5.4	-	-	-
E-Mails	5.7	5.6	4.9	1.0	0.5	1.0	3.7	4.7	7.2	4.1	2.1	2.8	-	-	-
Chat	45.8	52.7	80.1	0.9	0.3	0.5	2.6	0.3	4.4	1.7	1.1	0.9	-	-	-
Internetbrowsing	16.6	12.9	10.8	1.5	1.8	2.2	11.3	7.3	9.8	12.5	5.2	3.6	-	-	-
Games total	8.8	17.1	4.4	4.2	2.7	1.9	14.6	3.3	3.7	16.5	10.1	7.3	-	-	-
Soziale Netzwerke	36.8	39.3	32.4	3.9	0.9	5.3	4.0	1.5	5.5	2.4	2.3	5.1	-	-	-
Musik	17.3	43.2	9.7	4.4	2.2	0.9	6.8	3.1	7.2	4.5	2.4	3.3	-	-	-
Telefonieren	6.1	7.6	11.3	0.2	0.1	0.0	2.7	1.4	1.2	2.1	0.7	0.1	-	-	-
Weiteres	2.4	4.8	3.1	1.0	2.2	0.7	8.7	6.4	7.3	8.8	3.8	14.0	-	-	-
WLAN aktiviert	16.5	15.3	16.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bluetooth aktiviert	3.7	3.6	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GPS aktiviert	8.6	7.1	8.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

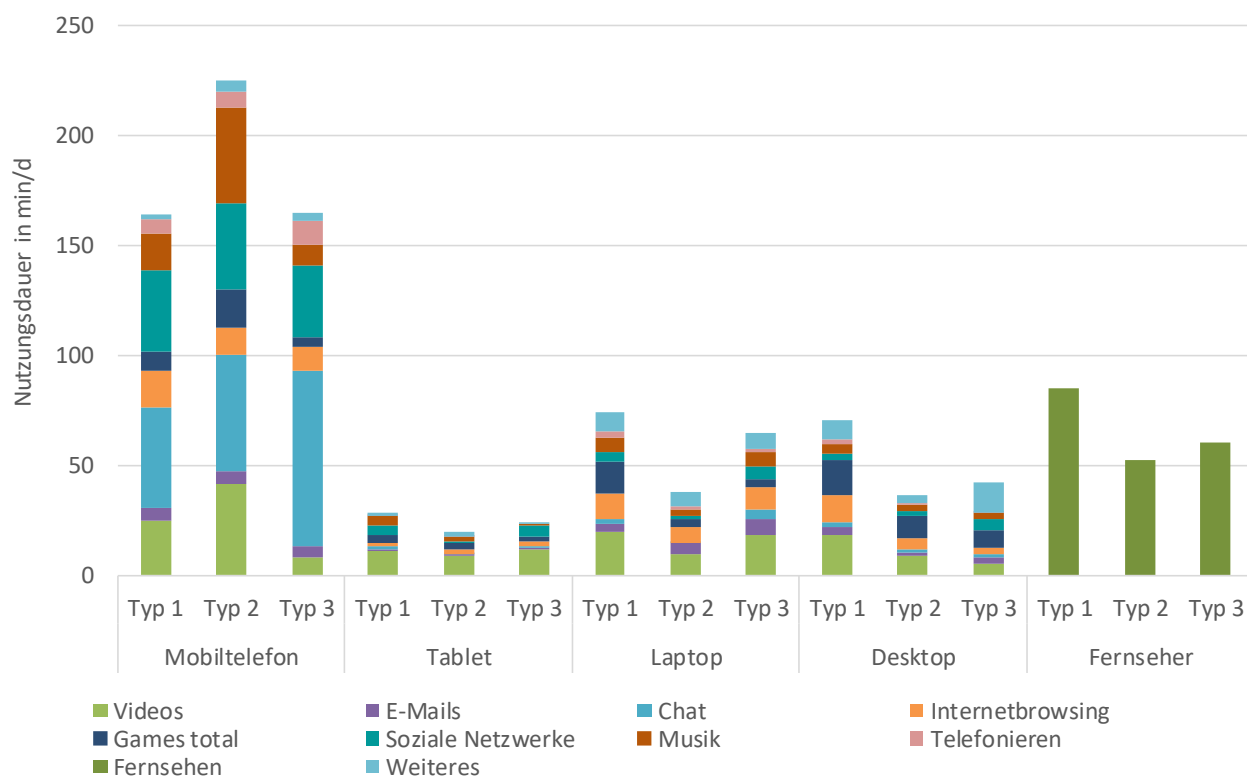


Abbildung 4: Dauer der verschiedenen Nutzungsarten, aufgeteilt auf die Geräte, für die durchschnittliche Nutzungsdauer der Geräte für die drei Nutzertypen (Suter & Waller, 2017b)

Die drei Nutzungstypen wurden bereits im Kapitel 2.2 auf Seite 3 kurz beschrieben und wird hier zur besseren Lesbarkeit wiedergegeben. Die Herleitung ist im Anhang B erklärt.

- Der Typ 1 («heavy media») ist vermehrt männlich und jünger und nutzt den Fernseher, den Desktop und das Tablet überdurchschnittlich.
- Der Typ 2 («audiovisual-oriented») ist auch vermehrt männlich und jünger. Er nutzt die digitalen Medien vermehrt über das Handy und hat dort eine lange Nutzungsdauer. Andere Geräte (i.e. Fernseher und Notebook) werden zurückhaltend eingesetzt.
- Der Typ 3 («communication-oriented») ist eher weiblich und älter. Handy-Nachrichten und Handy-Telefonie werden überdurchschnittlich genutzt.

3.4. Modellierung des Datenverbrauchs der Tätigkeiten

Hier wird erläutert, wie die benötigte Datenmenge für Tätigkeiten, die mit der aktiven Nutzung einzelner Anwenderprogramme («Apps») einhergehen, hergeleitet wurde.

3.4.1. Tätigkeiten mit und ohne Internetnutzung

Musik kann nach einem einmaligen Herunterladen auch ohne Internetzugang auf dem Endgerät gehört werden. Auch Spiele können lokal gespeichert und ohne Internet genutzt werden. In der Umfrage wurde erst ab einer Mindestnutzungsdauer abgefragt, wie lange bei der Tätigkeit gestreamt wurde und wie lange nur lokal gespeicherte Informationen genutzt wurden.

Diese Mindestnutzungsdauer wurde beim Hören von Musik und beim Spielen auf Tablet, Laptop und Desktop nicht erreicht. Dadurch fehlt bei diesen Geräten die Angabe, wie viel gestreamt wurde und wie lange die Tätigkeit lokal ausgeführt wurde. Deshalb wurde bei den anderen Endgeräten von derselben Aufteilung zwischen Streaming und lokaler Nutzung wie beim Mobiltelefon ausgegangen. Das einmalige Herunterladen der Tracks oder von Spielen wurde nicht miteingerechnet, sodass bei lokalen Tätigkeiten nur der Stromverbrauch des Endgerätes modelliert wurde.

3.4.2. Quellen zur Datenübertragungsmenge

Um die Nutzung des Internets (siehe Kapitel 3.5). mit den Tätigkeiten zu verbinden, sind Informationen über den Datenverbrauch pro Zeiteinheit nötig. Dazu finden sich hauptsächlich Daten aus informellen Quellen wie beispielsweise Internetforen. Die verwendeten Quellen sind hier aufgelistet. Wurden in den Quellen verschiedene Zahlen angegeben, wurde für die Modellierung ein Durchschnitt gebildet. In den folgenden Kapiteln wird auf die vollständige Zitierung verzichtet und es wird nur noch Autor und Jahr angegeben:

1) Eckstein (2014)

Markus Eckstein (5.8.2014) Wieviel Datenvolumen verbrauchen Facebook, Youtube & E-Mail? connect / Weka Media Publishing GmbH. <http://www.connect.de/ratgeber/datenvolumen-facebook-youtube-whatsapp-ausland-roaming-surfen-2469005.html>, abgerufen am 11.1.2016.

2) Leidloff (2016)

Leidloff, Torsten (17.08.2016) Smartphone Tarif - welches Datenvolumen brauche ich? <http://www.handyflatrate-preisvergleich.de/blog/smartphone-tarif-welches-datenvolumen-brauchst-du.html>, abgerufen am 12.1.2016

3) Schneider (2015)

Jennifer Schneider. 25.11.2015. Wie viel MB Datenvolumen braucht WhatsApp? http://praxistipps.chip.de/wie-viel-mb-datenvolumen-braucht-whatsapp_43483, abgerufen am 30.1.2016.

4) Albrecht (2015)

Daniel Albrecht. 04.11.2015. Spotify: So hoch ist der Datenverbrauch.

http://praxistipps.chip.de/spotify-wie-hoch-ist-der-datenverbrauch_31820, abgerufen am 28.2.2017

5) Dühmke (2016)

Dühmke, Ringo. (1. Kommentar 2012). Datenvolumen berechnen.

<http://www.surf-stick.net/datenvolumen-berechnen.html>, abgerufen am 24.8.2016

6) Aschermann (2016)

Aschermann, Tim. 5.7.2016. Datenverbrauch von YouTube-Videos.

http://praxistipps.chip.de/youtube-so-hoch-ist-der-datenverbrauch_48565, abgerufen am 28.2.2016

7) Chip (2016)

Chip. 2016. Facebook, Streaming, WhatsApp: So viel Datenvolumen braucht Ihr Handy-Vertrag.

http://www.chip.de/news/Facebook-Streaming-WhatsApp-So-viel-Datenvolumen-braucht-Ihr-Handy-Vertrag_80998093.html, abgerufen am 25.5.2017, abgerufen am 25.5.2017.

3.4.3. Telefonieren

Telefonieren kann direkt über das Mobilnetz mit der klassischen Telefonfunktion stattfinden. Dabei wurde die Übertragung über das UMTS-Mobilfunknetz modelliert. In Faist Emmenegger (2004, S. 5), ist angegeben, dass bei UMTS 500 verrechnete Gesprächsminuten²⁴ etwa einem Gigabit entsprechen.

Pro Minute resultieren dadurch **0.25 Megabyte**, was 15 Megabyte pro Stunde entspricht²⁵.

Bei modernen Mobiltelefonen können Telefonverbindungen auch anders hergestellt werden, nämlich indem eine Internetverbindung genutzt wird und eine App wie beispielsweise Skype, Threema oder WhatsApp.

Die Internetverbindung wiederum kann über WLAN oder über das Mobilfunknetz erstellt werden. Die Anteile, mit welcher diese verschiedenen Möglichkeiten von Jugendlichen genutzt werden, sind in Tabelle 35 im Kapitel 3.5.3 angegeben und wurden einzeln modelliert.

Für das Telefonieren über das Internet wurde der Durchschnitt der Datenmengen bei der Nutzung von WhatsApp und Skype berechnet. Dabei resultiert 650 Kilobyte pro Minute, was 39 Megabyte pro Stunde entspricht. Tabelle 22 zeigt die Herleitung dieses Wertes auf.

²⁴ Der Begriff im englischen Originaldokument ist: 'taxed minutes of calls'. Diese werden «vom Betreiber basierend auf Verkaufszahlen beurteilt».

²⁵ Ein Gigabit entspricht 1000 durch 8 Megabyte, was 125 Megabyte ergibt.

Tabelle 22 Datenmenge für Telefonanrufe über das Internet pro Minute

Datenmenge (kB/min)	Genutztes Programm für Anruf	Quelle
900 – 1'500	WhatsApp	Schneider (2015)
900	WhatsApp	Leidloff (2016)
1'050	<i>WhatsApp</i>	<i>Durchschnitt WhatsApp</i>
250	Skype (ohne Video)	Leidloff (2016)
650	Telefonanrufe Verwendet für die Modellierung.	Durchschnitt WhatsApp und Skype

3.4.4. Textnachrichten: Chat, E-Mails

In dieser Studie werden Nachrichten aufgeteilt auf Chatnachrichten (wie zum Beispiel nutzbar mit Threema, WhatsApp, skype-chat) und E-Mails (wie zum Beispiel angeboten von Outlook, Gmx oder Yahoo.).

Die Chatnachrichten sind typischerweise kürzer, während E-Mails eher länger ausfallen und somit auch etwas mehr Daten verbrauchen.

Die E-Mails wurden ohne Anhang modelliert. Es wird davon ausgegangen, dass die Mehrheit der E-Mails ohne Anhang versendet werden. Ausserdem kann weder über den Anteil der E-Mails mit Anhang noch über die durchschnittliche Grösse eines Anhangs eine Schätzung mit genügend grosser Sicherheit vorgenommen werden, die zudem noch die Nutzung der E-Mails durch die Jugendliche widerspiegelt.

Die verschiedenen grossen Datenangaben zu WhatsApp (siehe Tabelle 23) weisen darauf hin, dass die Angaben mit geringeren Datenmengen eher reinen Text darstellen, während die höheren Angaben eher die Nutzung von Symbolen (z.B. Smileys) oder Bildern miteinbeziehen. In den Quellen selbst wurde dies nicht genauer beschrieben.

Das Versenden von Videos mit WhatsApp wurde hier nicht berücksichtigt.

Tabelle 23 Datenmenge pro versendete Nachricht

Datenmenge (kB/Nachricht)	Nachrichtentyp	Quelle
3	Messenger wie «WhatsApp» (Annahme: 3 kB = «wenig»)	Eckstein (2014)
1.5	WhatsApp (senden 1 kB; empfangen 2 kB)	Schneider (2015)
60	WhatsApp	Leidloff (2016)
15	Skype	Leidloff (2016)
20	<i>Messenger (3+15+60+1.5)/4</i> Verwendet für die Modellierung.	<i>Berechneter Durchschnitt</i>
10	E-Mails, reiner Text	Eckstein (2014)
50	E-Mails, reiner Text	Leidloff (2016)
30	<i>E-Mails (10+50)/2</i> Verwendet für die Modellierung.	<i>Berechneter Durchschnitt</i>

3.4.5. Newsportale oder im Internet surfen

Die Tätigkeit «News» enthält die Nutzung von Apps, welche den Zugang zu Informationen ermöglichen wie beispielsweise «20 Minuten» oder «watson²⁶». Die News können dabei sowohl informativ sein als auch nur zur Unterhaltung dienen. Wenn im Internet nach Informationen gesucht wird («im Internet surfen»), werden sowohl Texte als auch Bilder dargestellt.

Es wurde leider keine Quelle gefunden, die direkt eine Angabe zur Datenmenge macht. In Dühmke (2016) wird festgehalten, dass der Verbrauch «auf dem Niveau einer mobilen Webseite» sei, sodass dieser Wert genutzt wurde.

²⁶ <http://www.watson.ch>

Tabelle 24 Datenmenge pro Minute Internetbrowsing respektive «News»

Datenmenge (kB/min)	Kommentar	Quelle
333	«auf dem Niveau einer mobilen Webseite»	Dühmke (2016)

3.4.6. Filme wie beispielsweise YouTube

Die Datenmenge, die pro Stunde YouTube transferiert wird, hängt von der Qualität des Videos ab. Diese ist nicht konstant, denn YouTube passt die Qualität des Videos automatisch an die Verbindungsgeschwindigkeit an und wechselt dabei zwischen der Standard-Auflösung (240 p oder 360 p) und der hohen Auflösung (720 p oder 1080 p)²⁷. Mehrere Quellen (siehe Tabelle 25) wurden konsultiert, um die Bandbreite der möglichen Datenmengen abzuschätzen.

²⁷ Google (2017). YouTube Help: Video quality.
<https://support.google.com/youtube/answer/91449?hl=en>. Abgerufen am 5.4.2017.

Tabelle 25 Datenmenge pro Minute YouTube-Video

Datenmenge (kB/min)	Details	Kommentar	Quelle
2'000	Geringe Auflösung	YouTube-Video	Leidloff (2016)
2'000	Minimalwert		
8'000	Maximalwert	YouTube-Video	Eckstein (2014)
500	Qualität gering, 144p		
5'000	Qualität mittel, 240p		
10'000	Qualität mittel, 360p	YouTube-Videos verschiedener Qualität / Auflösung	Aschermann (2016).
15'000	Qualität hoch, 480p		
40'000	Qualität hoch, 720p		
56'000	Qualität full HD, 1080p		
4'167	Minimalwert		
16'667	Maximalwert	Netflix-Streaming verschiedener Auflösung	Leidloff (2016)
10'000	Qualität mittel, 360p	Entspricht zudem etwa dem Mittelwert für Netflix-Streaming. Verwendet für die Modellierung.	

Bei der Modellierung wird davon ausgegangen, dass ein Video mit mittlerer Qualität (360 p) geschaut wird. Diese Datenmenge entspricht auch dem mittleren Wert, der für das Streaming von Videos bei Netflix angegeben wurde. Für die Modellierung wurde mit 10'0000 Kilobyte pro Minute gerechnet, was 600 Megabyte pro Stunde entspricht.

3.4.7. Soziale Medien wie beispielsweise Facebook

Beim Aufruf eines Profils in den sozialen Medien werden Fotos und weitere Informationen geladen. Bei manchen Apps wie beispielsweise bei Facebook spielen sich Videos automatisch ab. Dort lässt sich diese Funktion aber ausschalten. Aufgrund der unterschiedlichen Möglichkeiten zur Nutzung und verschiedener Einstellungsoptionen ist es schwierig, die Datenmenge genau zu eruieren.

In der Modellierung wird zwischen «Video abspielen» und restlicher Nutzung unterschieden, da sich hier die grössten Unterschiede bezüglich Datenmenge ergeben. Das Abspielen von Videos wird als Tätigkeit «Video schauen» modelliert (siehe Kapitel 3.4.6).

Laut Eckstein (2014) ist der Datenverbrauch pro Minute Nutzung von Social Media auf dem Niveau einer mobilen Webseite. Die Werte zur Nutzung einer mobilen Webseite unterschätzt den Datenverbrauch laut Eckstein (2014) wohl eher, da bei Facebook erfahrungsgemäss viel schneller zwischen einzelnen Beiträgen gewechselt wird und die Informationen viel Bilder und wenig Text enthalten. Die anderen Werte (Dühmke, 2016 und Chip, 2016) sind auch höher. Es wurde das Mittel von 1'770 kB pro Minute verwendet (siehe Tabelle 26), welches 106.2 Megabyte pro Stunde entspricht.

Tabelle 26 Datenmenge pro Minute Soziale Medien

Datenmenge (kB/min)	Kommentar	Quelle
333	Durchschnittlich «auf dem Niveau einer mobilen Webseite», verwendet für alle Nutzungen ausser «Video»	Eckstein (2014)
2'000		Dühmke (2016)
3'000	1-2 MB pro Minute	Chip (2016)
1'770	Verwendet für die Modellierung.	Durchschnitt

Quellen zum Datenverbrauch pro Profilaufruf sind auch verfügbar, wobei ein Profilaufruf einer Seite entspricht. Diese Zahlen konnten nicht verwendet werden, da in der Umfrage nach der Nutzungsdauer gefragt wurde und nicht nach der Anzahl der besuchten Seiten. Die Datenmenge pro Profilaufruf ist in unterstehender Tabelle als zusätzliche Information angegeben:

Tabelle 27 Datenmenge pro Profilaufruf. Konnte für Modellierung nicht verwendet werden.

Datenmenge (kB/Aufruf)	Kommentar	Quelle
600	200-1000 kB Facebook, Xing, Instagram	Eckstein (2014)
1000	Facebook, Google+, Twitter	Leidloff (2016)
800	<i>Profilaufruf (600 + 1000)/2</i>	<i>Berechneter Durchschnitt</i>

3.4.8. Musik

Die Datenmenge, welche beim Streaming von Musik anfällt, ist von der Qualität der Musikstücke abhängig (siehe Tabelle 28). Es wurde mit einem Mittelwert gerechnet.

Tabelle 28 Datenmenge pro Musikstreaming

Datenmenge (kB/min)	Kommentar	Quelle
500	Entspricht 30 MB/h.	Leidloff (2016)
750	Spotify, niedrige Qualität: 40-50 MB/h	Albrecht (2015)
1167	Spotify, höhere Qualität: 70 MB/h	Albrecht (2015)
806	Verwendet für die Modellierung	Durchschnitt

3.4.9. Spiele

Es wurde generell abgefragt, wie lange auf den Endgeräten Games gespielt wurden. Der Datenverbrauch hängt vom Art des Spieles ab. Dieses wurde in der Umfrage nicht abgefragt. Der Datenverbrauch wurde basierend auf einem Wert von «Pokémon Go» modelliert, welches das am meisten heruntergeladene Mobile-Spiel im Jahr 2016 ist²⁸ (siehe Tabelle 29).

Tabelle 29 Datenmenge für Gaming pro Minute

Datenmenge (kB/min)	Kommentar	Quelle
15	10-20 MB/h für Pokémon Go.	Leidloff (2016)

Bei Pokémon Go handelt es sich um ein bezüglich der Daten sehr optimiertes Spiel, welches also nur sehr wenige Daten pro Minute überträgt. Nur die Position des Telefons und Informationen zur Art und Position der Spiel-Lebewesen, genannt Pokémon, wird übermittelt, während das Aussehen der Spiel-Lebewesen lokal auf dem Mobiltelefon gespeichert wird. Es ist dadurch möglich, dass die benötigte Datenmenge bei Pokémon Go deutlich geringer ausfällt als bei anderen Spielen.

²⁸ Jürg Tschirren (03. 2017) Wer spielt eigentlich «noch Pokémon Go»? <https://www.srf.ch/radio-srf-virus/games/wer-spielt-eigentlich-noch-pokemon-go>, abgerufen am 24.5.2017.

3.4.10. Fernsehen

Die Leistung des Fernsehers mit 40-42 Zoll Diagonale des Bildschirmes wird mit 60 Watt modelliert (Hischier et al., 2013b). Für die Menge der übertragenen Daten wird mit einer mittleren Qualität gerechnet (siehe Tabelle 30). Die Datenmengen basieren auf der Box von Swisscom (Settop Box @ home)²⁹.

Tabelle 30 Datenmenge beim Fernsehen

Datenmenge (kB/min)	Kommentar	Quelle
22'500	SD Qualität (Standard Definition); 3 Mbit/s	Marius Schlegel, persönliche Kommunikation, 5.4.2017
60'000	HD Qualität (High Definition); 8 Mbit/s	Marius Schlegel, persönliche Kommunikation, 5.4.2017
187'500	UHD Qualität (Ultra High Definition); 25 Mbit/s	Marius Schlegel, persönliche Kommunikation, 5.4.2017

60'000 **HD Qualität.**
Verwendet für die Modellierung

Beim der Modellierung wurde der Datentransfer und das Rechenzentrum miteinbezogen, während das Zugangsnetzwerk beim Fernseher nicht modelliert wurde.

²⁹ Marius Schlegel, Swisscom. Persönliche Kommunikation via E-Mail. 5.4.2017.

3.5. Internetzugang vom Endgerät zum Metro-Netz

Beim Mobiltelefon ist die Datenmenge, die für Gespräche benötigt wird, bereits geringer als der Datentransfer durch andere Tätigkeiten. Zudem wächst dieser weiterhin mit atemberaubender Geschwindigkeit (Aijaz et al., 2013). Deshalb ist die Modellierung des Datentransfers wichtig, da er aufgrund des genannten Trends wahrscheinlich an Bedeutung zunehmen wird.

Mit dem Zugangsnetz ist die Verbindung vom Endgerät bis zum ersten Kabel eingerechnet. Das ist beispielsweise die Übertragung der Daten von einem Mobiltelefon zur Antenne inklusive Umwandlung der Daten³⁰, oder von einem Tablet bis zum Kabel, das den Router an das Glasfasernetz anschliesst (siehe Kapitel 3.5.1 und 3.5.2).

Beim Heim-WLAN wird zwischen dem Verbrauch im Stand-by-Modus («Leerlauf», Kapitel 3.5.2) und dem Zusatzstromverbrauch bei der aktiven Nutzung (Kapitel 3.5.2) unterschieden.

Der weitere Datentransfer wird im Kapitel 0 beschrieben. Dabei wird der Datentransfer (Kapitel 3.6.1) und die Verarbeitung der Daten in einem Rechenzentrum (Kapitel 3.6.2) separat modelliert.

3.5.1. Zugangsnetz via Mobilfunk

Laut einer Analyse des “Centre for Energy-Efficient Communications” (CEET, 2013) sind bei der Nutzung von «Clouds» die kabellosen Zugangsnetzwerke ganz klar die grössten Energieverbraucher und relevanter als die Rechenzentren. Bei der Swisscom werden heute hauptsächlich die Technologien UMTS (3G) und LTE (4G) verwendet, während GSM (2G) einen geringen Anteil hat und ab Ende 2020 nicht mehr von Swisscom unterstützt wird³¹. Die Tabelle 31 gibt einen Überblick über den Strombedarf pro Megabyte Datentransfer mit UMTS und LTE.

³⁰ Die Umwandlung benötigt einen so genannten «switch», damit die Daten innerhalb des Kabelnetzwerkes weitergeleitet werden können.

³¹ Swisscom (Okt. 2015). Swisscom rüstet ihr Mobilfunknetz für die Zukunft. Swisscom rüstet ihr Mobilfunknetz für die Zukunft (Medienmitteilung).
<https://www.swisscom.ch/de/about/medien/press-releases/2015/10/20151008-MM-Swisscom-ruestet-ihr-Mobilfunknetz-fuer-die-Zukunft.html>. Abgerufen am 29.3.2017.

Tabelle 31 Stromverbrauch des Mobilfunknetzes pro Datenmenge aus verschiedenen Quellen

Beschreibung	Menge und Einheit	Land	Quelle
UMTS-Netzwerk Werte (Minimum, Modus ³² und Maximum) für das kabellose Mobilfunknetz inklusive 30 % Overhead.	0.03; 0.12; 0.73 Ø 0.293 Wh / MB	USA	(Schien et al., 2013), verwendet für die Modellierung.
LTE - Netzwerk, basierend auf Modellrechnungen	0.162 Wh / MB	Europa	(Auer et al., 2010)
UMTS-Netzwerk (Basisstation, Administration und Switchboard); Daten basierend auf der Situation bei der Einführung des UMTS- Netzwerkes	26.1 Wh / MB	Schweiz	(Faist Emmenegger et al., 2003)

Die Werte von Faist-Emmenegger (2003) sind veraltet und überschätzen den Stromverbrauch mit grosser Wahrscheinlichkeit, da damals noch wenig Daten über das neue Netzwerk liefen und dadurch der Stromverbrauch pro Datenmenge höher ausfiel. Damals wurden noch nicht alle Funktionalitäten des Standards genutzt, weshalb die Technologie damals weniger effizient war:

Der Stromverbrauch pro Bit nimmt laut Schien (2013) mit jeder neuen Generation von Mobilfunknetzwerken ab und ist im Europäischen Kontext vergleichbar. Das UMTS-Netz erreicht ausserdem rund 99 % der Bevölkerung³³. Es wurde daher mit dem geringeren, aktuelleren Wert für das UMTS-Netzwerk gerechnet (siehe Tabelle 32).

Tabelle 32 Modellierung eines Megabytes Datentransfers über das Mobilfunknetz der dritten Generation (UMTS)

	Datensatz	Menge Einheit	und Kommentar
Output	Access Network, UMTS, 2010	1 MB	
Input	Electricity, medium voltage {CH} market for	0.293 Wh / MB	(Schien, et al., 2013)

³² Der «Modus» ist der meistgenannte Wert in einem Datensatz.

³³ Swisscom (2017) Mobilfunktechnologien.

<https://www.swisscom.ch/de/about/unternehmen/portraet/netz/technologies.html>,
abgerufen am 25.5.2017.

Es stellt sich die grundsätzliche Frage, welche Dienstleistungen wie viel Bandbreite benötigen und somit bei vermehrter Nutzung einen Ausbau verursachen, der in der Modellierung berücksichtigt werden könnte. Dies wurde hier nicht miteinbezogen, da es den Rahmen der Studie sprengen würde.

3.5.2. Zugangsnetz via Heim-WLAN-Verbindung und Leerlauf

Für die WLAN-Verbindung wird ein Router benötigt. Bei der Modellierung wird der Stand-by des Routers und das Gerät selbst allen Nutzern unabhängig der Nutzungsdauer angerechnet, während der zusätzliche Stromverbrauch durch die aktive Nutzung des Routers der jeweiligen Tätigkeit zugeordnet wird.

Der **Strombedarf** des Routers wurde als Mittelwert der Leistungsaufnahme von 52 Routern berechnet, welche auf der Webseite der Computerzeitschrift «Chip» verglichen werden³⁴. Im Stand-by-Modus resultierte ein Mittelwert von 9.8 Watt, wobei die Werte zwischen 4 und 21 Watt schwankten. Im aktiven Modus lag der Mittelwert bei 12.9 Watt, wobei Werte zwischen 5 und 26 Watt genannt wurden.

Gerät und Strom im Standby wird als Leerlauf modelliert

Der Router läuft in Haushalten typischerweise durchgehend, obwohl er nicht stets genutzt wird. Deshalb wird das Gerät selbst sowie der Stromverbrauch im Standby unabhängig von der Nutzung modelliert und als «Leerlauf» bezeichnet. Die Modellierung ist in Tabelle 33 angegeben.

³⁴ CHIP.de: W-Lan Router im Test - Bestenliste. <http://www.chip.de/bestenlisten/Bestenliste-WLAN-Router--index/detail/id/1138/>. Abgerufen am 27.12.2016.

Tabelle 33 Modellierung eines Tages Standby-Nutzung des Routers

	Datensatz	Menge Einheit	& Kommentar
Output	Access Network, home WLAN, basis	1 d	
Input	Electricity, low voltage {CH} market for	61.9 Wh	9.8 W Leistung im Standby-Modus, 24 h Nutzung pro Tag, geteilt durch die Anzahl Nutzer des WLAN- Routers.
	router, internet {GLO} market for_corrected	0.000144 p	1 Stück pro Haushalt, 5 Jahre Lebensdauer, geteilt durch die Anzahl Nutzer des WLAN- Routers.

Es wird davon ausgegangen, dass der **Router** typischerweise vom ganzen Haushalt genutzt wird. Deshalb wird der Anteil eines Routers, der dem Einzelnutzer angelastet wird, durch die Anzahl Personen pro Haushalt geteilt. Deshalb wird die Umweltbelastung sowohl der Herstellung des Routers als auch des Standby Stroms auf alle Personen im Haushalt aufgeteilt. Bei der Modellierung des Routers wurden von einer Lebensdauer von 5 Jahren ausgegangen, was der Angabe der Lebensdauer eines Routers für den Heimgebrauch (Gewicht von 0.5 kg) in der Studie der EMPA (Müller et al., 2012) entspricht³⁵.

Aktive Nutzung

Auch der zusätzliche Stromverbrauch, der durch die aktive Nutzung des Routers anfällt, stammt von der Webseite von «Chip» und wird in Tabelle 34 dargestellt. Er wird aus der Differenz des Stromverbrauchs zwischen aktiver Nutzung und Standby hergeleitet. Die Nutzung des zusätzlichen Stroms wird direkt der Tätigkeit angerechnet.

³⁵ Auch bestätigt werden die fünf Jahre durch folgenden Bericht: Bundesministerium des Inneren - KBSt. 02.2004. Empfehlung zur Nutzungsdauer, Aussonderung und Verwertung von Informationstechnik. p.6. ISSN 0179-7263
http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Informationsangebot/DE/2004/kbst_empfehlung_012004.pdf?__blob=publicationFile

Tabelle 34 Modellierung einer Stunde aktiver Nutzung eines WLAN Routers

	Datensatz	Menge und Einheit	Kommentar
Output	Nutzung, W-LAN Router	1 h	
Input	Electricity, low voltage {CH} market for	0.816 Wh	Unterschied des Stromverbrauchs zw. aktivem und Stand-by-Modus (12.9 - 9.8 Wh), aufgeteilt auf 3.8 Nutzer

3.5.3. Anteil «Zugang via Mobilfunknetz» in Abhängigkeit der Tätigkeit

Bei jeder Tätigkeit, welche online-Zugang benötigt, wurde in der Umfrage der Anteil abgefragt, mit welchem der online-Zugang über das Mobilfunknetz geschieht (i.e. UMTS (3G) oder LTE (4G), siehe Kapitel 3.5.1). Es wird angenommen, dass ansonsten der Zugang über ein Heim-WLAN geschieht.

Die Umfrage des digiMONITORS (IGEM & WEMF, 2015) zu den Nutzungsorten von Tablets ergab, dass 95 % der 15 - 25 Jährigen in der Schweiz das Tablet auch zuhause nutzen, 30 % auch bei Freunden, Bekannten und Verwandten. Nur etwas mehr als 10 % der Jugendlichen nutzt das Tablet gelegentlich im öffentlichen Verkehr oder im Auto, wobei nicht angegeben ist, ob dabei auch auf das Internet zugegriffen wird. Deshalb wird beim Tablet angenommen, dass primär mit WLAN auf das Internet zugegriffen wird, womit ein Anteil des Internetzugangs über das Mobilfunknetz von 0 % resultiert. Dasselbe wird beim Laptop angenommen. Der Desktop wird nicht transportiert und dadurch zu 100 % zuhause genutzt, womit der Mobilfunknetzanteil beim Internetzugang mit dem Desktop auch 0 % beträgt. Der Anteil WLAN beträgt bei Tablet, Laptop und Desktop somit 100 %.

Beim Mobiltelefon sieht es anders aus. Dort verwenden laut digiMonitor 93 % der Jugendlichen das Mobiltelefon unterwegs im öffentlichen Verkehr und 88 % unterwegs zu Fuss oder im Auto. Der Anteil der Nutzungszeit verschiedener Nutzungsarten beim Mobiltelefon wurde in der Umfrage (Suter & Waller, 2017b) abgefragt und ist in Tabelle 35 angegeben.

Tabelle 35 Anteil Internetzugang mit Mobilfunknetz im Gegensatz zu WLAN, angegeben in Prozent. Angaben aus Suter & Waller (2017b)

	Mobiltelefon	Kommentar
Telefonieren via Internet	29.9 %	Ca. 67 % der Zeit wird mit dem Mobiltelefon klassisch telefoniert, 9 % via Internet über das Mobilfunknetz, 20 % via Internet über WLAN ³⁶ .
Chatten	42.6 %	
E-Mails schreiben	44.4 %	
Internet browsen	39.9 %	
Videos über Internet	27 %	
Musik lokal hören	-	Lokal gespeicherte Musik verbraucht keine Daten.
Musik streamen	26.2 %	
Soziale Medien nutzen	40.8 %	
Offline spiele	-	Lokal gespeicherte Spiele verbrauchen keine Daten.
Online spiele	27.0 %	

Die Anteile, mit welchen WLAN respektive das Mobilfunknetz als Zugangsnetzwerk genutzt wurden, wurden in der Modellierung jeder Tätigkeit miteinbezogen.

³⁶ Da nicht alle Befragten die Detailfragen beantworteten, sondern nur diejenigen, welche die Apps während einer Minimumdauer genutzt haben, entspricht die Summe der einzelnen Nutzungen nicht der Gesamtnutzungsdauer.

3.6. Datentransfer vom Metro-Netz in die Rechenzentren und Datenverarbeitung

Hier wird der Weg vom ersten Internetzugang (nach dem WLAN-Router respektive dem Mobilfunknetz) über das Metro- und das Core-Netzwerk zum Rechenzentrum und zurück beschrieben. Das Rechenzentrum liefert dabei die Daten für den jeweiligen Service wie beispielsweise das Ansehen von gespeicherten Videos.

3.6.1. Datentransfer

Der Stromverbrauch für den Datentransfer stammt von den Berechnungen des Green Media Calculator (siehe Kapitel 2.5). Die benötigten Geräte für den Datentransfer innerhalb des Internets wurden mit dem Router-Datensatz angenähert (siehe Tabelle 36). Dieser wurde mithilfe seines Gewichts skaliert, um der Menge der benötigten Geräten für den Transfer zu entsprechen.

Tabelle 36 Modellierung des Datentransfers, basierend auf Hischer et al. (2015)

	Datensatz	Menge und Einheit	Kommentar
Output	Data transfer, metro and network core	1 GB	Verwendete Umrechnungen: 8 Gigabit = 1 Gigabyte; 3600 J = 1 Wh
Input	Electricity, low voltage {US} market for	0.014 Wh (50 J)	Edge Ethernet Switch
	Electricity, low voltage {US} market for	0.087 Wh (312 J)	Network, Metro Router
	Electricity, low voltage {US} market for	0.059 Wh (214 J)	Network, Core Router
	Router, internet {CH} processing	$4.16 \cdot 10^{-7}$ Stück	Datentransfer für Metronetzwerk und Network Core

Die Summe des Datentransfers ergibt 576 Joule pro Gigabyte, was 0.16 Wh pro Gigabyte entspricht. Dieser Wert ist in demselben Bereich, welcher das Review von Schien (2015) für den Datentransfer ohne Stromverbrauch des Endgerätes angibt.

3.6.2. Rechenzentrum

Die Modellierung von Rechenzentren, welche die Daten bereitstellen, ist schwierig. Hier wird zuerst die Datenlage beschrieben und dann die vorgenommene Modellierung erläutert.

Informationen zur Datenlage

Es gibt Literatur zum Energieverbrauch von Rechenzentren, jedoch lassen sich diese Daten kaum mit dem Datentransfer aus denselben Rechenzentren verlinken. Daten zu Anzahl Servern in der Schweiz und der Leistung pro Quadratmeter finden sich zum Beispiel in Altenburger et al. (2014), es fehlen jedoch Angaben zu den damit verbundenen Datenströmen. Swisscom veröffentlicht Zahlen von ihrem Rechenzentrum, und von den Anzahl Kunden im Nachhaltigkeitsbericht³⁷, aber auch hier ist es nicht möglich, einen Bezug zum tatsächlichen Datenverkehr zu erstellen.

Eine häufig in Publikationen genannte Zahl ist die «**Power Usage Efficiency**», kurz PUE. Diese beschreibt die gesamthaft für das Rechenzentrum aufgewendete Energie (inklusive Kühlung der Serverräume) geteilt durch die von den Servern aufgenommene Leistung. Dadurch beschreibt die PUE sozusagen die «Gesamte Energie» geteilt durch die «nützliche Energie». Leider verschweigt diese Zahl, wie effizient die Server selbst für die Datenbereitstellung und -verarbeitung genutzt werden: Server nutzen durchschnittlich laut Whitney & Delforge (2014) nur 12 % – 18 % ihrer Kapazität. Ein Server jedoch, welcher nur 10 % seiner Kapazität nutzt, benötigt dennoch 30 % – 60 % der Energie, welche er bei einer 100 % Nutzung verbrauchen würde.

Es ist ausserdem schwierig, eine Dienstleistung mit einem konkreten Standort von Rechenzentren in Verbindung zu setzen. Die Anbieter von Onlinedienstleistungen sind nicht unbedingt die Besitzer der Rechenzentren: Teilweise besitzen die Anbieter eigene Rechenzentren, teilweise kaufen sie diese Datenspeicherung auch bei anderen Anbietern ein. Oder etwas dazwischen: Netflix beispielsweise hat keine eigenen Rechenzentren mehr, sondern nutzt die Dienstleistung des Amazon Web Services (AWS) und installiert eigene Server bei verschiedenen Dienstleistern, sodass das Content Delivery Network (CDN) zwar ausgelagert ist, aber immer noch in ihrer Kontrolle liegt³⁸. Auf dieser Basis ist eine Modellierung der Rechenzentren verschiedener Anbieter sehr schwierig und überschreitet den Rahmen dieser Studie.

Hinzu kommt, dass die Anbieter von digitalen Dienstleistungen ihre Serverstandorte typischerweise nicht veröffentlichen. Es ist dadurch äusserst schwierig, in diesem Bereich gesicherte Aussagen zu machen. Die Server, die zum Beispiel für die Datenspeicherung in Facebook genutzt werden, gehören

³⁷ Swisscom (2015) Geschäftsbericht 2015.

<http://reports.swisscom.ch/de/2015/report/corporate-responsibility/energieeffizienz-und-klimaschutz/energieeffizienz-energieverbrauch-und-einsparung>. Abgerufen am 30.1.2017

³⁸ David Chernicoff (2015) Netflix closes data centers and goes to public cloud.

<http://www.datacenterdynamics.com/content-tracks/colo-cloud/netflix-closes-data-centers-and-goes-to-public-cloud/94615.fullarticle>, abgerufen am 5.9.2016

zum Teil Facebook selbst³⁹ und sind zum Teil eingekaufte Dienstleistungen⁴⁰. Die eigenen Server befinden sich hauptsächlich in den Vereinigten Staaten. Weitere genannte Standorte ausserhalb der USA sind – je nach Quelle - Irland und Schweden⁴¹ oder Chile, Taiwan, Singapur, Irland, Holland, Finnland und Belgien. Welcher der Server welche Aufgabe übernimmt und wie viel der Datenmengen von welchem Standort verarbeitet wird, konnte nicht eruiert werden. Die Dienstleistungen konnten deshalb nicht mit dem Strommix des jeweiligen Landes modelliert werden.

Modellierung

Weil viele der bekannten Firmen, die internationale Onlinedienstleistungen anbieten, ihren Sitz in den USA haben, wurde bei den Rechenzentren der Strommix der USA für die Modellierung verwendet.

Es wurden drei Arten von Servern modelliert: Volume, Mid-Range und High-End: Die Modellierung wurde auf die Berechnungen des Green Media Calculator (siehe Kapitel 2.5) gestützt. Dieser nutzt für die Modellierung Informationen von Koomey (2008): Diese Publikation enthält die Annahme von drei Jahren für die Lebensdauer der Geräte und Angaben zur Anzahl, zum Gewicht und zu den durch die Server laufenden Daten.

Die Server wurden mit einem Datensatz angenähert, der einem Computer ohne Bildschirm entspricht. Die Details können der Tabelle 37 entnommen werden.

³⁹ Zum Beispiel das Datenzentrum in Pineville, Oregon, siehe Katie Fehrenbacher (17.8.2012) A rare look inside Facebook's Oregon data center [photos, video]. <https://gigaom.com/2012/08/17/a-rare-look-inside-facebooks-oregon-data-center-photos-video/>, abgerufen am 9.1.2016

⁴⁰ Quelle: «Ebi Alhuremi (2016) Where is the data storage for Google and Facebook located?. <https://www.quora.com/Where-is-the-data-storage-for-Google-and-Facebook-located#>, abgerufen am 9.1.2016

⁴¹ Data centre knowledge (2016) The Facebook Data Centre FAQ. <http://www.datacenterknowledge.com/the-facebook-data-center-faq/>, abgerufen am 9.1.2016

Tabelle 37 Modellierung der Rechenzentren: Stromverbrauch und Gerät pro Megabyte Datentransfer

	Datensatz	Menge und Einheit	Kommentar
Output	Data centre {CH}	1 MB	
Input	Electricity, low voltage {CH} market for	2.54582E-02 Wh	Volume Server
	Electricity, low voltage {CH} market for	2.17527E-03 Wh	Mid-Range Server
	Electricity, low voltage {CH} market for	9.68299E-03 Wh	High-End Server
	Computer, desktop, without screen {GLO} production (changed unit)	9.16E-05 g	Volume Server, bez. auf Gerätegewicht.
	Computer, desktop, without screen {GLO} production (changed unit)	7.50E-06 g	Mid-Range Server, bez. Auf Gerätegewicht
	Computer, desktop, without screen {GLO} production (changed unit)	5.99E-05 g	High-End Server, bez. auf Gerätegewicht

In dieser Modellierung resultiert eine Leistung von 22 Watt, die ein Rechenzentrum für das Streamen von Videos aufwenden muss. Der Forscher Lorenz Hilty geht von einem durchschnittlichen Wert von 54 Watt aus (Hilty, 2019). Die Werte befinden sich in derselben Grössenordnung. Der Unterschied entsteht wahrscheinlich durch die Annahme einer höheren Auflösung bei Videos in den von Hilty berücksichtigten Studien.

3.6.3. Vergleichszahlen aus anderen Quellen

Bei einem Review von Coroama und Hilty (2014) wird der Stromverbrauch für den Datentransfer verschiedener Publikationen zusammengestellt. Er erreicht Werte zwischen 0.006 bis 136 Wh pro MB Datentransfer. Die hohen Werte im Review enthalten aber den Stromverbrauch der Endgeräte und sind somit nicht vergleichbar. Werte für den Datentransfer ohne Endgeräte erreichen maximal 2.1 kWh pro GB.

Sind die Rechenzentren oder der Datentransfer wichtiger? Die Studie von Schien (2012) wählte einen Bottom-up-Ansatz und berechnete den Energieverbrauch beim Betrachten einer Online-Zeitung und eines Videos auf derselben Seite (the guardian). Es stellte sich heraus, dass der Ort des Downloads,

trotz unterschiedlicher Kontinente, wenig Einfluss auf den Energieverbrauchswert hatte. Das weist wiederum darauf hin, dass die Distanz des Datentransfers innerhalb des Internets keinen nennenswerten Einfluss auf die benötigte Strommenge hat.

Betreffend derselben Frage bezogen sich Coroama & Hilty (2014) auf Informationen von Google, bei welchen implizit davon ausgegangen wird, dass der Datentransfer nur etwa einen Zehntel des Stromverbrauchs des Rechenzentrums ausmacht. Pickavet et al. (2008) berechnete den weltweiten Stromverbrauch der Kommunikations- und Informationstechnologie basierend auf Geräteklassen und berechnete 29 GW für Rechenzentren und 25 GW für Netzwerkgeräte, was beinahe gleich viel ist und somit stark von den genannten 10 % für den Datentransfer abweicht. Im Wert von Pickavet enthalten sind jedoch auch die Netzwerke der Telefongesellschaften⁴², welche bei der Modellierung in diesem Projekt zusätzlich als «Zugangsnetzwerk» modelliert wurde (Siehe Kapitel 3.5.1 ff). Es kann also davon ausgegangen werden, dass der Datentransfer weniger relevant ist als die Rechenzentren.

3.6.4. Allokation als mögliche Ergänzung

Je nach Art der Nutzung werden die gespeicherten Daten in Rechenzentren von sehr wenigen bis zu sehr vielen Menschen genutzt: Wenn zum Beispiel eine Person auf Facebook sein Bild mit seinen wenigen Freunden teilt, wird die Umweltbelastung des Bildes auf viel weniger Personen aufgeteilt als wenn beispielsweise ein Film oder eine Serie von Millionen von Menschen geschaut wird. Deshalb stellt sich die Frage der Allokation, also welchen Anteil des gesamten Speicherplatzes der Nutzer verursacht, wenn er ein Bild auf Facebook betrachtet oder eine Serie anschaut. Eine solche Allokation könnte beispielsweise Häufigkeitskategorien für die verschiedenen Mediennutzungen machen und aufgrund dieser die Umweltbelastung aufteilen. Da die Modellierung der Rechenzentren nicht detailliert vorgenommen werden konnte, wurde der zusätzliche Schritt einer Allokation basierend auf weiteren Annahmen nicht in Betracht gezogen. Er könnte aber eine künftige Modellierung genauer machen.

⁴² Beschrieben wird dies in der Publikation folgendermassen: «including datacom and telecom networks, but excluding network equipment inside data centers or built-in in PCs»

3.7. Substitution

Im Fragebogen (Suter & Waller, 2017b) wurde auch nach der nicht-digitalen Nutzung von Medien gefragt. Anhand dieser Antworten wird hier abgeschätzt, ob die vermehrte Nutzung digitaler Medien auch nicht-digitale Medien ersetzt, was hier als Substitution bezeichnet wird. Durch diese Substitution nicht-digitaler Medien (i.e. Fotos, Bücher) kann eine Reduktion der Umweltbelastung erreicht werden. Folgende Medien werden hier analysiert: Bücher, Zeitungen, Briefe, Fotos und ihre jeweiligen digitalen Pendants.

3.7.1. Summe der Substitution

Für die Berechnung der **Summe der Substitution** wurden ersetzte Bücher, Zeitungen und die Kamera angerechnet, nicht jedoch die Fotos oder Briefe: Bei diesen zwei Medien wird davon ausgegangen, dass die digitale Varianten viel stärker genutzt werden (Addition) als die Alternativen, da die digitale Variante schneller und günstiger ist als die Alternative. Dadurch ist die Berechnung der effektiven Substitutionsvorteile besonders heikel und wurde nicht vorgenommen. Substituierte Briefe und Fotos erscheinen somit nicht in der Summe der Substitution.

Abbildung 5 Für die Summe der Substitution wurden Bücher, Zeitungen und Kamera miteingerechnet



Tabelle 38 zeigt die Anzahl Bücher, Zeitungen und Kameras, die pro Tag durch die Nutzung digitaler Medien bei Jugendlichen ersetzt werden. Die Detailmodellierung der drei substituierten Produkte ist in den Kapiteln 3.7.2, 3.7.3 und 3.7.4 beschrieben.

Tabelle 38 Annahme zur Substitution der Jugendlichen pro Tag (Summe)

Substituiertes Produkt	Wert	Einheit	Kommentar
Buch	0.011	Stück/Tag	
Zeitung	0.26	Stück/Tag	
Kamera	$2.2 \cdot 10^{-4}$	Stück/Tag	Annahme Lebensdauer: 5.3 Jahre

Es ist nicht klar, wie viele Medien tatsächlich ersetzt werden, sodass von einer Substitution gesprochen werden kann, und inwiefern eine zusätzliche Nutzung stattfindet: Da die Nutzung digitaler Inhalte oft einfacher wird, kann diese dadurch zunehmen, sodass von einer Addition ausgegangen werden muss. Dass eine Addition stattfindet, ist wahrscheinlich: Ein Hörbuch – also «von einem Sprecher vertonte Literatur»⁴³ - kann mit wenigen Klicks auf ein Smartphone geladen werden. Dadurch ist die Nutzung des Hörbuchs wahrscheinlicher als der Kauf und das Lesen des entsprechenden Buches. Daher überschätzen diese Berechnungen den positiven Umwelteffekt systematisch.

Zusätzlich wurden deshalb auch **einzelne Tätigkeiten verglichen**: Das Senden von Briefen wurde mit dem Senden elektronischer Post (E-Mails) verglichen, ausserdem das Betrachten von Fotos mit dem Ausdrucken derselben. Der Vergleich ist hilfreich, um die Vor- und Nachteile der digitalen Medien zu veranschaulichen.

3.7.2. Bücher

Die Jugendlichen wurden nach Ihrer Nutzung von digitalen und nicht-digitalen Büchern gefragt. In der Tabelle 41 sind die gekauften digitalen und nicht-digitalen Bücher angegeben. Am meisten Umsatz bei Hörbüchern werden in Deutschland in der Sparte «Jugendliche und Kinder» gemacht⁴⁴, sodass nicht überraschend ist, dass Jugendliche regelmässig Hörbücher kaufen.

Tabelle 39 Kauf von physischen und Nutzung digitaler Bücher (Suter & Waller, 2017b)

Frage aus dem Fragebogen	Wert	Einheit
In den letzten 12 Monaten, wie viele...		
Bücher haben Sie gekauft (physisch, gedruckt)?	3.9	gekauft/Jahr
Bücher haben Sie von Freunden, Bekannten etc. ausgeliehen?	1	gekauft/Jahr
Bücher haben Sie aus einer Bibliothek ausgeliehen?	4.2	gekauft/Jahr
Hörbücher haben Sie angehört?	2.4	gekauft/Jahr
Bücher haben Sie digital gelesen (z.B. E-Books)?	1.8	gekauft/Jahr

⁴³ Statistika. 2016. Statistiken zu Hörbüchern.

<https://de.statista.com/themen/2233/hoerbuecher/>, abgerufen am 24.5.2017.

⁴⁴ Die Sparte «Kinder- und Jugendbücher» hat den grössten Anteil am Umsatz der Hörbücher in Deutschland

Modellierung Buch

Es wird davon ausgegangen, dass ein Buch mittelgross ist, also in der Grösse A5 mit etwa 200 Seiten, und nicht gebunden ist.

Taele 40 Modellierung eines Buches pro Stück

	Datensatz	Menge und Einheit	Kommentar
Output	Buch, ungebunden, pro Stück	1 Stück	Taschenbuch, ca. A6, ca. 200 Seiten
Input	Printed paper {CH} operation, printer, laser, black/white	200 g	Durchschnittsgewicht 6 verschiedener Bücher, die im Rahmen der Studie gewogen wurden.

Annahmen für Substitution

Es wird davon ausgegangen, dass die in Tabelle 39 angegebenen digital gelesenen Bücher und die angehörten Hörbücher den Kauf eines eigenen Buches ersetzen.

Für die Modellierung wurde zudem angenommen, dass die physischen Bücher von unterschiedlicher Anzahl Personen pro Exemplar gelesen werden (siehe Tabelle 41).

Tabelle 41 Anzahl Nutzer pro Exemplar bei Büchern

Art des Buches	Wert	Einheit	Quelle
gekauft	1	Nutzer/Buch	
von Freunden, Bekannten etc. ausgeliehen	3	Nutzer/Buch	eigene Annahme
Aus einer Bibliothek ausgeliehen	50	Nutzer/Buch	Bücher einer öffentlichen Bibliothek seien nach 40 – 60 Entleihungen «zerlesen» (Gantert, 2016)

Pro Jahr werden somit 4.2 digitale Bücher (2.4 Hörbücher, 1.8 E-Books) genutzt, die physische Bücher ersetzen können. Das entspricht 0.011 Bücher pro Durchschnittstag.

Es wird davon ausgegangen, dass die Bücher mit dem Tablet gelesen werden, da nur 6 % der Jugendlichen einen E-Book Reader besitzen (Waller et al., 2016). Für die Modellierung des Buchlesens wurde der Energieverbrauch eines Tablets verwendet (siehe Kapitel 3.3.2.).

3.7.3. Zeitungen

Auch die Nutzung von Zeitungen wurde genauer analysiert. Die Jugendlichen wurden nach gekauften, genutzten und mitbenutzen Zeitungen gefragt. Die Tabelle 43 zeigt die Antworten der Jugendlichen.

Tabelle 42 Kauf von physischen und Nutzung digitaler Zeitungen (Suter & Waller, 2017b), bezogen auf eine Woche.

Frage aus dem Fragebogen	Wert	Einheit
In den letzten 7 Tagen, wie viele Exemplare der folgenden Zeitungsarten haben Sie gelesen?		
Gratiszeitungen (Druckversion)	1.5	gelesen/7d
Zeitungen (Druckversion), die Sie selbst gekauft haben (z.B. am Kiosk)	0.2	gelesen/7d
Zeitungen (Druckversion), welche in Ihrem Haushalt vorliegen (z.B. Abonnement)	1.5	gelesen/7d
Dauer Zeitung online gestern (Min.)	22.3	Minuten/d

Modellierung

Die Modellierung der Zeitungen stützt sich auf «20 Minuten» ab, eine schweizweit verbreitete Gratiszeitung. Die wichtigsten Annahmen für die Modellierung sind in der Tabelle 43 angegeben.

Tabelle 43 Annahmen für die Modellierung der Zeitung (diese Studie)

Beschreibung	Wert	Einheit	Quelle
Gewicht	70	g/Zeitung	Durchschnittsgewicht (gewogen) zweier Exemplare (31.3.2017; 2.5.2017), diese Studie
Durchschnittliche Leserschaft (Schweiz)	2.8	Personen/Zeitung	(MACH Basic 2017-1, 2017)
Durchschnittliche Leser pro Familie	3.8	Personen/Zeitung	(Suter & Waller, 2017b)
Anzahl Seiten	44	Seiten/Zeitung	Durchschnittsseitenzahl zweier Exemplare (31.3.2017; 2.5.2017), diese Studie

Die Zeitung wurde basierend auf dem ecoinvent-Datensatz für bedrucktes Papier (“Printed paper, offset {CH}| offset printing, per kg printed paper”) modelliert: Das beschichtete Papier in diesem Datensatz wurde dabei als mit dem Recycling-Zeitungspapier ersetzt («Paper, newsprint {CH}| paper production, newsprint, recycled»). Die anderen Inputs blieben unverändert. Die Zeitung hat somit den Input 70 g des modellierten bedruckten Zeitungspapier-Datensatzes.

Tabelle 44 Modellierung einer Zeitung pro Stück

Input	Wert	Einheit
Printed newspaper, recycled, offset {CH} offset printing, per kg printed paper	70	g/Zeitung

Annahmen für Substitution

Für die Substitution wird davon ausgegangen, dass jeder Jugendliche eine Zeitung pro Wochentag lesen würde, wenn er keinen Zugang zur online-Zeitung hätte. Durchschnittliche Zeitungsnutzung liegt bei 3.2 Zeitungen pro Woche, das heisst, 1.8 zusätzliche Zeitungen müssten bereitgestellt werden, um auf 5 Zeitungen zu kommen. Das entspricht 0.26 Zeitungen pro Durchschnittstag.

Die tatsächliche Substitution hängt von der Anzahl Personen ab, mit welcher der Jugendliche die Zeitung teilt (siehe Tabelle 43). Hier wird mit den 2.8 Lesern pro Gratiszeitung gerechnet (siehe Tabelle 43).

Annahmen für online-Nutzung

Im Fragebogen wurde auch gefragt, mit welchem Gerät die Zeitung gelesen wurde. Da die grosse Mehrheit der Jugendlichen Zeitungen mit dem Smartphone lesen, wird für den Vergleich Online-

Zeitung versus gedruckte Zeitung das Smartphone als digitales Medium verwendet (Siehe Tabelle 45).

Tabelle 45 Geräte, welche zum Lesen von Online-Zeitungen genutzt werden (Suter & Waller, 2017b).

Frage aus dem Fragebogen	Wert	Einheit
Mit welchem Gerät oder welchen Geräten haben Sie gestern Zeitungen online und/oder via App gelesen?		
Handy/Smartphone	84	%
Tablet	16	%
Laptop/Notebook	12	%
Desktop Computer	11	%
E-Book-Reader	0	%

Das Lesen von online-Zeitungen wurde mit «Internetbrowsing» des jeweiligen Gerätes modelliert, da von einer ähnlichen Datenmenge ausgegangen wird. Auch für den Anteil, welcher über das WLAN respektive Mobilfunkdaten läuft, basiert auf den Angaben von «Internetbrowsing» (Siehe Kapitel 3.4.5).

3.7.4. Kamera

Viele Smartphones machen heutzutage Fotos mit guter Qualität. Über die Hälfte der Jugendlichen (56 %) hat keine eigene Kamera mehr (Waller et al., 2016). Fast zwei Drittel der Jugendlichen nutzen selten bis nie eine Fotokamera (Suter & Waller, 2017b). Diese wurden im selben Fragebogen nach dem Grund gefragt: Drei Viertel der Jugendlichen gaben an, dass sie zum Fotografieren meist ihr Handy respektive Smartphone benutzen.

Daher gehen wir davon aus, dass das Handy in diesen Fällen die Kamera substituiert: Drei Viertel der 56 % ohne Kamera haben diese mit ihrem Mobiltelefon ersetzt.

Um das Gewicht einer Kamera abzuschätzen, wurde auf aktuelle Produkte des Verkäufers digitec⁴⁵ zurückgegriffen. Es wird davon ausgegangen, dass Jugendliche kostengünstige und kompakte

⁴⁵ Digitec.ch, Fotokamera, Filter «Kompaktkamera».
<https://www.digitec.ch/de/s1/producttype/fotokamera-30?pdo=19-2739:1085&tagIds=520>,
 abgerufen am 23.5.2017

Modelle kaufen würden. Daher wurde das Gewicht der drei meistverkauften Kompaktkameras, die weniger als 500 CHF kosten, zusammengetragen (siehe Tabelle unten).

Tabelle 46 Gewicht der drei meistverkauften Kompaktkameras auf digitec, die weniger als 50 CHF kosten.

Name Kompaktkamera	Wert	Einheit
Canon Powershot SX620 HS	182	g/Stück
Sony DSC HX90VB:	245	g/Stück
Panasonic Lumix TZ71, 30-Fach Zoom, Full HD	243	g/Stück
Durchschnitt. Für die Modellierung verwendet.	257	g/Stück

Die Kameras bestehen aus ähnlichen Komponenten wie ein Smartphone (Glas, Akkumulator, Plastik, Elektronik). Deshalb wurde die Kamera mit dem Datensatz für ein Smartphone modelliert, das mit dem Gewicht skaliert wurde.

Tabelle 47 Modellierung Kamera pro Stück

Input	Wert	Einheit
Smartphone, at plant, corrected	1.9	Stück

Ein Handy wiegt ca. 136 g (Hischier et al., 2013a), das verwendete Gewicht für die Kamera beträgt 257 g, sodass 1.9 Smartphones etwa gleich viel wiegen wie eine Kamera. Als Lebensdauer wird die Lebensdauer von Laptops verwendet, welche 5.3 Jahre beträgt (siehe Kapitel 3.1.2). Fotos betrachten

Das Ausdrucken von Fotos wurde mit dem Betrachten von digitalen Bildern verglichen.

Ein Foto des Formates 9x13 wiegt 2.3 resp. 2.7 g (Standard; Premium-Papier), beim Format 10x15 sind es 3.5 resp. 3.9 g pro Stück⁴⁶. Hier wird von einem Durchschnittsgewicht von 3 g pro Stück gerechnet. Für die Modellierung wurde ein beschichtetes, farbig gedrucktes Papier als Input verwendet (siehe Tabelle unten).

⁴⁶ 9x13.biz (2017). Preisliste Bildentwicklung. <http://www.fotoentwicklung.9x13.biz/price.php>, abgerufen am 9.5.2017.

Tabelle 48 Modellierung einer ausgedruckten Fotografie pro Stück

Input	Wert	Einheit
Printed paper {CH} operation, printer, laser, colour, per kg	3	g/Stück

Für das Betrachten des Fotos wird davon ausgegangen, dass das Tablet verwendet wird, da sich dieses wegen der Grösse am besten dazu eignet. Es wird davon ausgegangen, dass die Fotos auch mit dem Tablet gemacht wurden und lokal gespeichert sind, sodass kein Datentransfer miteingerechnet wird. Dadurch wird nur der direkte Stromverbrauch des Tablets beim Betrachten (für den Vergleich miteingerechnet. Dies entspricht dem Wert «Musik lokal hören» in Tabelle 11.

3.7.5. Treibhausgasemissionen Briefe

Für den Vergleich von Briefpost mit E-Mail-Versand wurde eine Abschätzung der Treibhausgasemissionen vorgenommen, wobei sowohl das Couvert und der Brief als auch die Dienstleistung des Postversandes einberechnet wurde. Die exakte Modellierung ist in Tabelle 49 angegeben.

Der Brief wurde mit einem C5-Briefumschlag (80 g/m², 7.4 g Gewicht⁴⁷) und einem A4 Papier (0.297 m x 0.210 m, 80 g pro m², 5g Gewicht) modelliert. Als Gesamtgewicht für das genutzte Papier für Umschlags und Brief resultiert 12 g. Als Material für Umschlag und Brief wurde bedrucktes Papier verwendet.

Für den Postversand wurde von einem B-Post-Versand mit der Schweizerischen Post ausgegangen. Um die Treibhausgasemissionen des Postversandes zu berechnen, wurde eine ökonomische Allokation der Treibhausgasemissionen aller Postdienstleistungen vorgenommen. Das bedeutet, dass die Klimaintensität der Postdienstleistungen pro Ertrag berechnet wurden. Die Post publiziert sowohl ihr finanzielles Ergebnis als auch ihre Gesamtreibhausgasemissionen. Der Betriebsertrag im Jahr 2016 belief sich auf 8'188 Mio. CHF, die Klimabelastung auf 434'868 t CO₂-eq (die Post, 2016). Daraus lässt sich eine durchschnittliche Klimabelastung der Postdienstleistungen pro Schweizer Franken berechnen, welche sich auf 53 g CO₂-eq pro CHF beläuft. Da das Versenden eines Briefes per B-Post 0.85 CHF kostet, können die Emissionen für die Postdienstleistung eines Briefes grob auf 45 g CO₂-eq geschätzt werden.

⁴⁷ Ernst Briefumschläge. 2017. Wie schwer ist ein Briefumschlag? <http://www.ernst-briefumschlag.de/wissenswertes-briefumschlaege/Gewicht>, abgerufen am 24.5.2017

Tabelle 49 Modellierung des Versenden eines Briefes (Klimabilanz)

Datensatz	Menge und Einheit	Kommentar
Output Briefsendung, mit Brief, pro Stück	1 Stück	Versendung durch B-Post der Schweizerischen Post
Input Printed paper {CH} operation, printer, laser, black/white, per kg	12 g	Annahme: C5 Couvert (7.4 g ⁴⁸) und A4 Papier (5 g, berechnet)
Emission in die Luft Carbon Dioxide	45.1 g	0.85 CHF / 8'188 Mio. CHF * 434'868 t CO ₂ -eq (t = Mio. g)

⁴⁸ Ernst Briefumschläge. 2017. Wie schwer ist ein Briefumschlag? <http://www.ernst-briefumschlag.de/wissenswertes-briefumschlaege/Gewicht>, abgerufen am 24.5.2017

3.8. Herleitung der Vergleichswerte

Um die Umweltbelastung der Nutzung digitaler Geräte mit anderen Aktivitäten der Jugendlichen vergleichen zu können, wurden einfache Modellierungen weiterer Alltagstätigkeiten erstellt.

Eistee

Beim Eistee wurde der Stromverbrauch für die Zubereitung des Tees und die Zutaten miteingerechnet. Basierend auf einer Studentenarbeit (Buser et al., 2016) wurde der Stromverbrauch für den Aufguss von Tee auf 0.03 kWh pro 2 dl angegeben: Ein Wasserkocher (2'000 W) benötigt für die Erhitzung von 2 dl Wasser ca. 55 Sekunden, was einem Energiebedarf von 0.03 kWh pro 2 dl entspricht.

Für den Eistee wird von 1 g Teeblätter pro 2 dl ausgegangen, basierend auf der Annahme, dass ein Teebeutel mit 2 g Teeblättern für eine grosse Tasse Tee (4 dl) reicht. Eistee enthält ausserdem Zucker und Zitronensaft. Die Zitronensaftmenge konnte aufgrund der Zutatenbeschreibung eines Eisteeproduktes hergeleitet werden, während beim Zucker die Angaben in der Nährwerttabelle genutzt wurden. Die Herleitung aller Inputs inklusive Datenquellen sind in der Tabelle unten angegeben.

Tabelle 50 Modellierung Eistee

Input	Wert	Einheit	Verwendeter Datensatz	Kommentar	Quelle
Teeblätter, getrocknet	1	g/2 dl	Tea, dried {GLO} market for tea, dried	Teebeutel enthalten ca. 2 g Tee. Eigene Annahme: Mit einem Teebeutel kann eine grosse Tasse (4 dl) Tee zubereitet werden.	Migros, M-Budget Schwarztee. https://produkte.migros.ch/m-budget-schwarztee , abgerufen am 18.7.2017
Strom	0.03	kWh/2 dl	Electricity, low voltage {CH} market for	Ein Wasserkocher à 2'000 W benötigt für 2 dl Wasser ca. 55 Sekunden	(Buser et al., 2016)
Zucker	1.6	g/2 dl	Sugar, from sugar beet {CH} beet sugar production	Annahme, dass der Zuckergehalt (8 g/Liter) des Getränks zu 100 % aus dem zugefügten Zucker stammt	Nährwertangaben zu «Zucker» aus Migros, M-Budget Schwarztee. https://produkte.migros.ch/m-budget-schwarztee , abgerufen am 18.7.2017
Zitronensaft	11.6	g/2 dl	Citrus {GLO} market for	2 % Zitronensaftgehalt entspricht 4 g Saft pro 2 dl. Bei einem Saftgehalt der Zitrone von ca. 34.6 % ⁴⁹ entspricht dies 11.6 g Zitrone.	Migros Kult Eistee. https://produkte.migros.ch/kult-ice-tea-zitrone , abgerufen am 6.6.2017.

⁴⁹ 1 Zitrone wiegt ca. 130 g und ergibt 40 – 50 ml Saft. Dies entspricht 34.6 % Saftanteil (Annahme 1 ml = 1 g). Quelle: http://www.kochenundkueche.com/sites/kochenundkueche.com/files/mengenangaben_und_masse_in_rezepten.pdf , abgerufen am 6.6.2017

Hamburger

Beim Hamburger wurden nur die zwei Hauptzutaten modelliert, nicht aber die Zubereitung. Die zwei Hauptzutaten sind ein Brötchen und Fleisch. Das Gesamtgewicht eines Hamburgers wurde basierend auf den Kalorienangaben pro 100 g und pro Stück zweier Imbissbuden berechnet⁵⁰. Das Gewicht des Brötchens («Bun») wurde anhand eines Produktes im Detailhandel hergeleitet⁵¹. Die verwendeten Zahlen sind in untenstehender Tabelle angegeben.

Tabelle 51 Modellierung eines Burgers pro Stück

Input	Wert	Einheit	Verwendeter Datensatz	Kommentar
Gesamtgewicht	106.5	g / p	-	Gewicht «Hamburger» zweier Imbissbuden.
Gewicht Brötchen	50	g / p	Bread rolls, IP, at commercial bakery/CH	Gewicht gemäss Bun eines Detailhändlers.
Gewicht Fleisch	56.5	g / p	beef IP, minced beef, intensive cattle fattening, at slaughterhouse	Berechnet aus Gesamtgewicht und Brotgewicht.

Buch

Die Modellierung eines Buches entspricht der Modellierung, die für die Substitution vorgenommen wurden. Sie ist in Taelle 40 im Kapitel 3.7.2 beschrieben.

⁵⁰ MacDonalds / Burger King, Hamburger, <https://www.mcdonalds.ch/de/menuekarte/klassiker/burger/hamburger/> und <https://de.burger-king.ch/produkte>, besucht am 6.6.2017.

⁵¹ Migros, American Favorites - Burger Buns, <https://produkte.migros.ch/american-favorites-buns-vorgeschnitten>, 6.6.2017

T-Shirt

Es wird ein T-Shirt aus gewobener Baumwolle verwendet. Das T-Shirt wurde durch nicht gefärbte, gewobene Baumwolle angenähert. Ein Gewicht von 175 g pro Stück wurde angenommen. Es wurde keine weitere Verarbeitung des T-Shirts miteinbezogen.

Tabelle 52 Modellierung eines T-Shirts pro Stück

Input	Wert	Einheit	Verwendeter Datensatz
Gewobener Baumwollstoff	175	g / p	1 kg Textile, woven cotton {GLO} production

4. Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

Die in der Sachbilanz beschriebenen Daten werden mit der Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht et al., 2013) ausgewertet. Es werden sowohl die Durchschnittswerte aus der Umfrage analysiert, die einem durchschnittlichen Jugendlichen entsprechen, als auch die aus der Clusteranalyse stammenden Nutzertypen (Suter & Waller, 2017b).

Die Methode der ökologischen Knappheit teilt die Umweltbelastung in verschiedene Kategorien auf, wie zum Beispiel

- **Energieressourcen:** Die Nutzung nicht-erneuerbarer Energien (Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran).
- **Mineralische Ressourcen:** Die Entnahme von mineralischen Ressourcen aus der Natur
- **Klimawandel:** Einfluss auf das weltweite Klima durch die Emission von Treibhausgasen wie beispielsweise Kohlendioxid (CO₂).
- **Radioaktiver Abfall:** Dieser entsteht durch die Nutzung von Strom, welcher durch Atomkraftwerke bereitgestellt wird.

Die weiteren Kategorien beinhalten Luft-, Boden- und Wasserverschmutzung, nicht-radioaktiven Abfall, Landnutzung, Wasserverbrauch und den Ozonschichtabbau. Diejenigen Kategorien, welche nur noch einen geringen Anteil an der Gesamtumweltbelastung haben, werden in der Gruppe «Weitere Umweltaspekte» zusammengefasst.

4.1. Nutzung digitaler Geräte

Die Nutzung wurde auf drei Arten ausgewertet: Hauptsächlich wurde die Umweltbelastung nach der Methode der ökologischen Knappheit ausgewertet, wobei die Kategorie «Mineralische Ressourcen» derselben Methode einzeln ausgewiesen wurde. Zusätzlich wurde bei der Nutzung der kumulierte Energieaufwand (Hischier et al., 2010) ausgewertet, welcher nur die Energienutzung bewertet. Details zu den Methoden sind in Kapitel 2.4 auf Seite 7 beschrieben.

4.1.1. Gesamtumweltbelastung

Die Gesamtumweltbelastung der Nutzung digitaler Geräte während eines Tages ist in Abbildung 6 angegeben. Nutzungsdauer und Nutzungsart ist einberechnet basierend auf dem Fragebogen von Suter & Waller (2017b). Gesamthaft macht die Nutzungsphase ein Viertel und die Geräte drei Viertel der Umweltbelastung aus.

Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

Es fällt auf, dass das Mobiltelefon, welches eine geringere Umweltbelastung pro Stück hat als das Tablet, dennoch mehr Umweltbelastung pro Person erreicht. Dies kommt daher, dass bei jedem Gerätetyp berücksichtigt wurde, wie viele Geräte ein Jugendlicher durchschnittlich besitzt, wobei neben dem eigenen Besitz auch der Mitbesitz von Geräten in der Familie miteingerechnet wurde. Da dieser Wert beim Tablet und den anderen Geräten (Ausnahme Mobiltelefon) geringer als eins ausfällt, können die Auswirkung einzelner Geräte trotz höherer Umweltbelastung pro Stück (siehe Kapitel 4.2) weniger ins Gewicht fallen. Ausserdem ist die Lebensdauer des Tablets mehr als doppelt so lang wie die des Mobiltelefons.

Der Anteil des Gerätes an der Gesamtumweltbelastung liegt zwischen 50 % (Router) und 85 % (Laptop, Tablet) Prozent. Dabei muss berücksichtigt werden, dass beim «Leerlauf Router» der Standby-Stromverbrauch und das Gerät selbst eingerechnet ist, während der zusätzliche Stromverbrauch als Teil der Nutzung des WLANs durch verschiedene Geräte eingerechnet ist. Dadurch überschätzen die 50 % den Anteil des Gerätes.

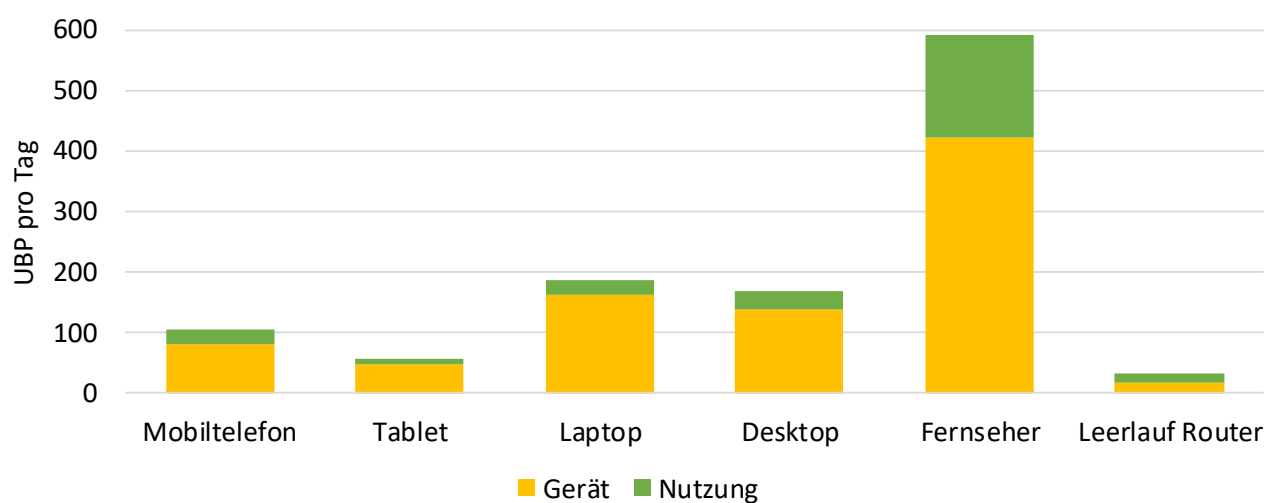


Abbildung 6: Durchschnittliche Umweltbelastung durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte. Die Angaben sind in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung. Die Umweltbelastung ist aufgeteilt auf die Geräte (Herstellung und Entsorgung) und die Nutzung.

Der grösste Anteil der Nutzungsphase an der Umweltbelastung der Nutzung pro Gerät findet sich beim Mobiltelefon (23 %) und beim Fernsehen (28 %). Bei diesen Geräten ist die Nutzung auch besonders intensiv: Das Mobiltelefon wird täglich mehr als drei Stunden, der Fernseher täglich über eine Stunde lang genutzt. Beim Fernsehen ist das Rechenzentrum in der Nutzungsphase ausschlaggebend für die Umweltbelastung. Grund dafür ist neben der langen Nutzungsdauer die hohe Datenmenge, die dabei

verwendet wird und der Modellierung aller Rechenzentren mit Strom aus den USA. Dieser Strom hat mehr Umweltbelastung pro Strommenge als beispielsweise der Schweizer Strommix.

Der direkte Stromverbrauch der Geräte trägt zu ca. 5 % der Gesamtumweltbelastung bei, wobei je 2 % durch Desktop und Fernseher entstehen und 1 % durch den Laptop. Das Mobiltelefon und das Tablet machen zusammen nur knapp ein Viertel Prozent aus. Beim Fernsehen wurde mit 60 W Leistungsbezug gerechnet. Der Stromverbrauch von Fernsehgeräten variiert je nach Modell und Grösse. In Deutschland ist ein Fernseher durchschnittlich 46 Zoll gross⁵². Der Median des Leistungsbedarfs von 46 Modellen mit 46 Zoll Bildschirmgrösse beträgt 77 W, der Mittelwert liegt bei 82 W⁵³. Der Stromverbrauch eines Dekodiergerätes, welcher das digitale Signal umwandelt, wurde hier nicht miteingerechnet. Der Stromverbrauch eines Schweizer Fernsehers mit Dekodiergerät wurde in Müller et al. (2012, S. 201) mit 154 W abgeschätzt. Die 60 W könnten den Strombedarf also unterschätzen, wodurch der Strombedarf des Fernsehers noch an Bedeutung zunähme.

Beim Fernseher ist wegen der hohen Auflösung und der langen Nutzungsdauer auch die Bereitstellung der Daten in einem Rechenzentrum relevant. Diese verursachen 13 % der Gesamtumweltbelastungen digitaler Geräte. Drei Prozent der Gesamtumweltbelastung entsteht durch die Bereitstellung von Daten für das Betrachten von Videos. Im Vergleich zu den anderen modellierten Tätigkeiten benötigt diese hohe Datenmengen pro Minute. Für alle weiteren Tätigkeiten macht das Rechenzentrum aber nur knapp 0.4 % aus.

Es ist mehr Strom nötig, um den Zugang zum Internet via Mobilfunk zu gewährleisten als via WLAN. Nur mit dem Mobiltelefon wurde ein Zugang über Mobilfunk berücksichtigt, bei den anderen Geräten wurde von einer reinen WLAN Nutzung ausgegangen. Nur 30 % der Videos, die mit dem Handy betrachtet werden, werden über das Mobilfunknetz übertragen. Schlussendlich führen diese Aspekte dazu, dass der Stromverbrauch für das Mobilfunknetz nur 0.6 % der Umweltauswirkungen der Nutzung digitaler Geräte ausmacht.

⁵² n-tv (2014) Technikstandards in deutschen Wohnstuben: Durchschnitts-TV hat 46 Zoll.
<http://www.n-tv.de/technik/Technikstandards-in-deutschen-Wohnstuben-article12676186.html>,
abgerufen am 15.5.2017

⁵³ Gustav Zygmund, Stromverbrauch Info (2017). Der große Vergleich des Stromverbrauchs von TV
Geräten. <http://www.stromverbrauchinfo.de/stromverbrauch-tv-geraete.php>, abgerufen am
25.5.2017

Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

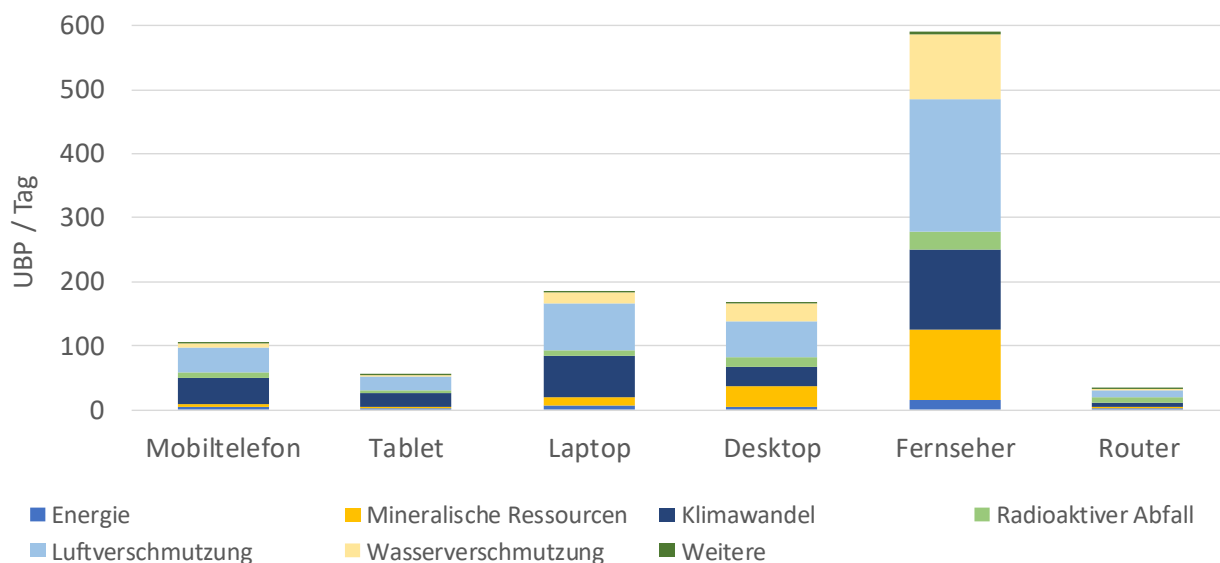


Abbildung 7: Durchschnittliche Umweltbelastung durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte. Die Angaben sind in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung. Die Umweltbelastung ist aufgeteilt auf verschiedene Umweltauswirkungen.

Der **Klimawandel** ist beim Mobiltelefon und dem Tablet diejenige Umweltkategorie, welche am meisten zur Gesamtumweltbelastung beiträgt, dicht gefolgt von der **Luftverschmutzung**. Diese erreicht bei allen weiteren Geräten, also Laptop, Desktop, Fernseher und Router, den höchsten Anteil an der Belastung. Der Klimawandel ist bei diesen Geräten die Kategorie mit dem zweithöchsten Anteil, mit Ausnahme des Routers, bei welchem vor dem Klimawandel noch die Kategorie radioaktiver Abfall kommt. Bei den zwei grössten Geräten, namentlich bei Desktop und Fernseher, ist zudem die Nutzung mineralischer Rohstoffe eine wichtige Kategorie, die für 20 % der Umweltbelastung des jeweiligen Gerätes verantwortlich ist. Alle anderen Kategorien sind für weniger als 10 % der Umweltbelastung verantwortlich.

4.1.2. Vergleichswerte zur Gesamtumweltbelastung

Um die Umweltbelastung digitaler Medien mit anderen Alltagstätigkeiten zu vergleichen, wurden einige sehr einfache Modellierungen zum Vergleich erstellt. Alle Annahmen sind in der Sachbilanz in Kapitel 3.8 beschrieben.

Die Nutzung digitaler Medien durch Schweizer Jugendliche pro Tag entspricht etwa gleich viel Umweltbelastung wie

- 🍵 Täglich vier Liter Eistee trinken *oder*
- 🍔 Täglich einen Hamburger essen *oder*
- 📖 Täglich zwei Bücher kaufen
- 👕 *Oder* alle fünf Tage ein neues T-Shirt kaufen.

4.1.3. Mineralische Ressourcen

Wenn bei den Umweltbelastungspunkten nur die Kategorie der mineralischen Ressourcen betrachtet wird, bleibt der Fernseher der wichtigste Verursacher der Belastung. Der Anteil der Auswirkung der Nutzung des Mobiltelefons und des Tablets fallen im Vergleich zur Betrachtung aller Umweltbelastungskategorien stark ab.

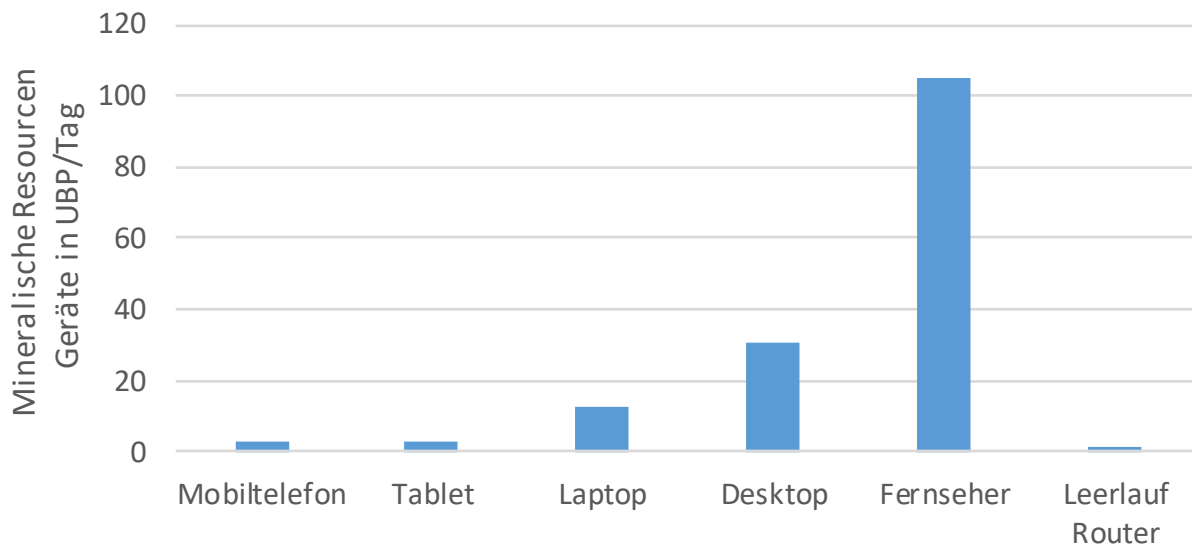


Abbildung 8: Durchschnittliche Umweltbelastung in der Kategorie «Abbau mineralischer Ressourcen» durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte. Die Angaben sind in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.

Die Methode ist darauf ausgerichtet, dass nur diejenigen mineralischen Ressourcen bewertet werden, welche durch die Nutzung verloren gehen. Die momentane Umsetzung der Methode in SimaPro und ecoinvent bewertet aber die Gesamtnutzung, also inklusive diejenigen Materialien, welche rezykliert werden. Dadurch überschätzt diese Kategorie momentan die Umweltbelastung.

Die Analyse der Internetdienstleistungen der Schweiz in Müller et al. (2012) bestätigen, dass in der Nutzungsphase der Fernseher, Desktop und Laptop am meisten Umweltbelastung verursachen. In der Analyse werden jedoch nur diejenigen Fernsehgeräte berücksichtigt, welche Fernsehkanäle übers Internet empfangen können, was 2012 noch sehr selten genutzt wurde (Müller et al., 2012).

4.1.4. Kumulierter Energieaufwand

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Geräten verringern sich, wenn nur die Energienutzung analysiert wird (siehe folgende Tabelle).

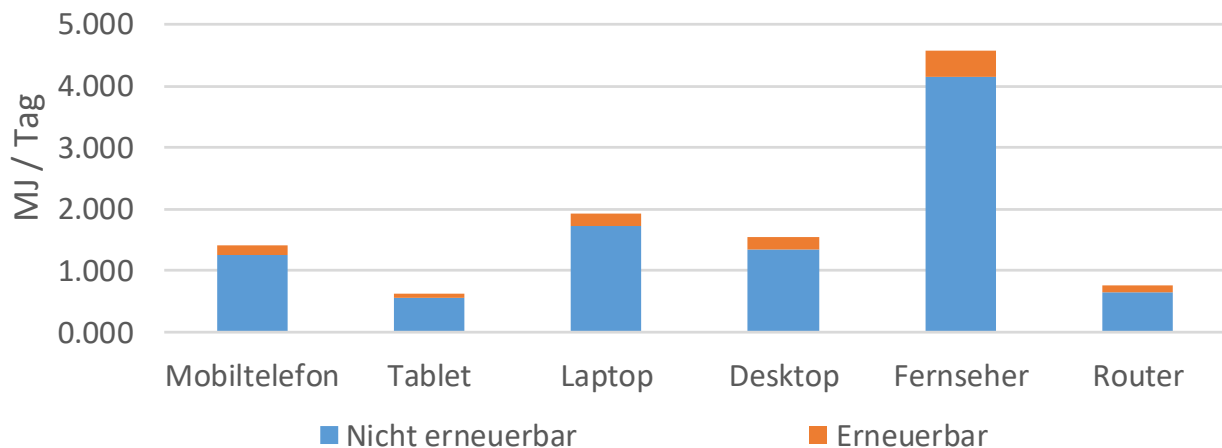


Abbildung 9: Kumulierter Energieaufwand durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte in Megajoule pro Tag der Nutzung. Der Energieaufwand ist aufgeteilt auf nicht erneuerbare und erneuerbare Quellen der Energie.

Die verwendete Energie ist zum grössten Teil nicht erneuerbar (blaue Anteile in Grafik). Die Datenzentren sind für 20 % des kumulierten Energieaufwandes verantwortlich, wobei davon allein die Daten für den Fernseher 16 % ausmachen: Grund dafür sind die hohen Datenmengen und der im Vergleich zu den anderen Geräten langen täglichen Nutzungsdauer: Wenn die mit der Häufigkeit der Nutzung korrigierte Werte betrachtet werden, wird nach dem Mobiltelefon am meisten Zeit mit dem Fernseher verbraucht.

Die Aufteilung auf Nutzung und Gerät verschiebt sich beim kumulierten Energieaufwand, so dass die Nutzung im Verhältnis zum Gerät bedeutender wird (siehe Abbildung 9).

Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

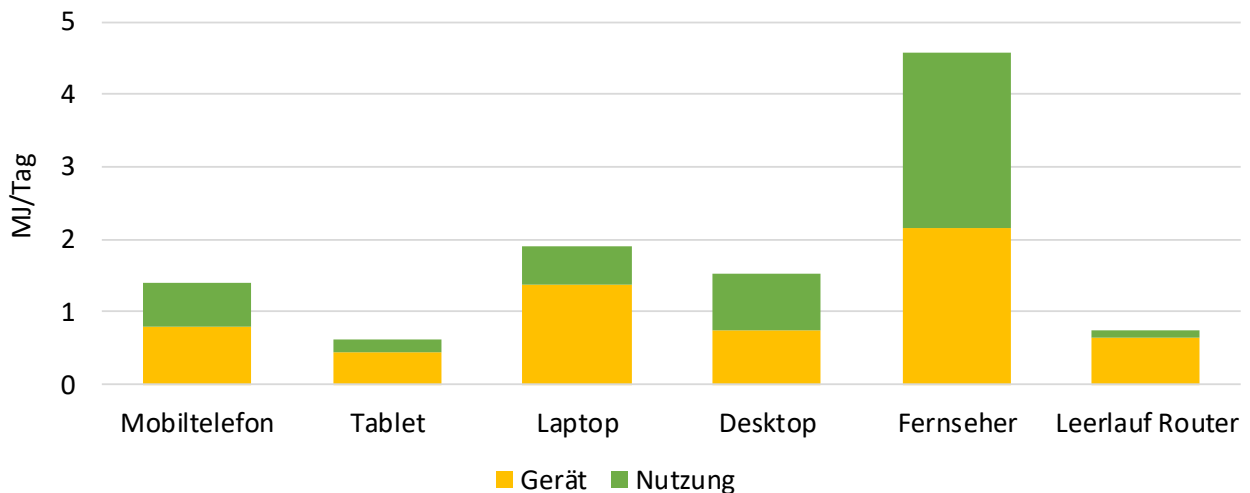


Abbildung 10: Kumulierter Energieaufwand durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte in MJ pro Tag der Nutzung. Der Energieaufwand ist aufgeteilt auf Gerät und Nutzung.

Mit Ausnahme des Fernsehers, bei welchem die Nutzung über die Hälfte der Auswirkung des Fernsehers ausmacht, benötigt die Nutzung einen geringeren kumulierten Energieaufwand als die Herstellung der Geräte selber. Die Werte variieren zwischen 6 % (Tablet) und 18 % (Laptop).

Der Fernseher ist auch bei dieser Auswertung das Gerät mit den höchsten Auswirkungen: Die Nutzungsphase und die Geräteherstellung sind je für zirka 20 % des kumulierten Energieaufwandes der gesamten Nutzung verantwortlich. Die Herstellung des Routers verursacht nur 1 %, während der Standby-Strombedarf des Routers doch noch für stolze 6 % des kumulierten Energieaufwandes verantwortlich ist.

4.2. Geräteherstellung pro Stück

Die Abbildung 11 zeigt die Umweltbelastung durch die Herstellung und Entsorgung digitaler Geräte pro Stück. Für die Nutzung des Desktop-Computers wird sowohl der Desktop als auch ein Bildschirm benötigt. Die Umweltbelastung nimmt mit zunehmender Grösse respektive Gewicht des Gerätes wie erwartet zu.

Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

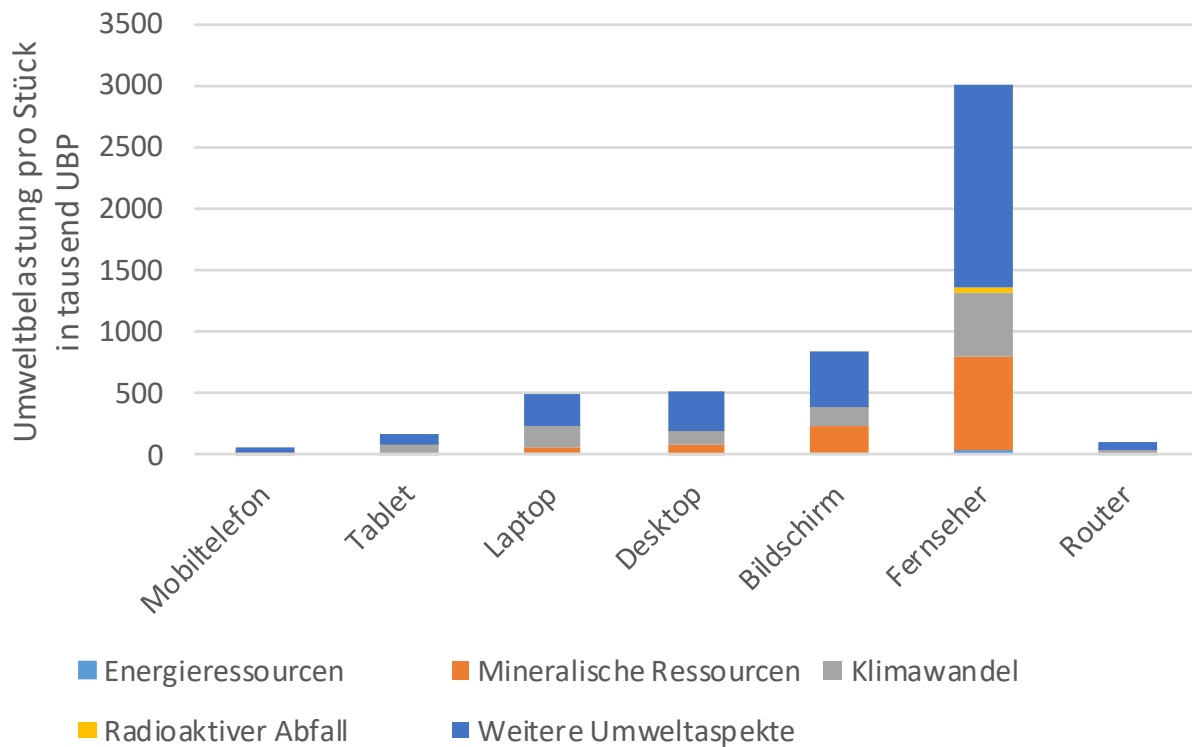


Abbildung 11: Umweltbelastung durch die Herstellung und Entsorgung digitaler Geräte pro Stück in tausend Umweltbelastungspunkten (UBP).

Bei den mineralischen Ressourcen dominieren bei den Auswertungen der Geräte Gold und Indium und teilweise auch Zink die Resultate. Indium spielt eine wichtige Rolle, da ein beträchtlicher Teil des Indiums für LCD-Bildschirme verwendet werden.

4.3. Tätigkeiten ohne Endgerät

Bei Tätigkeiten wie beispielsweise E-Mail senden oder online Musik hören werden weitere Geräte und zusätzlichen Strom für die Datenbereitstellung und den Datentransfer benötigt (siehe Kapitel 3.6). Die Umweltbelastung, die direkt durch die Tätigkeiten entsteht, hängt somit von der Datenmenge und der Art der Verbindung zum Internet ab (Mobilfunknetz oder WLAN). In Abbildung 12 ist die Umweltbelastung verschiedener Tätigkeiten pro Stunde dargestellt, jeweils zuerst die Nutzung über das Mobilfunknetz, gefolgt von der Nutzung über WLAN, aber jeweils ohne das Endgerät und ohne den Stromverbrauch desselben.

Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

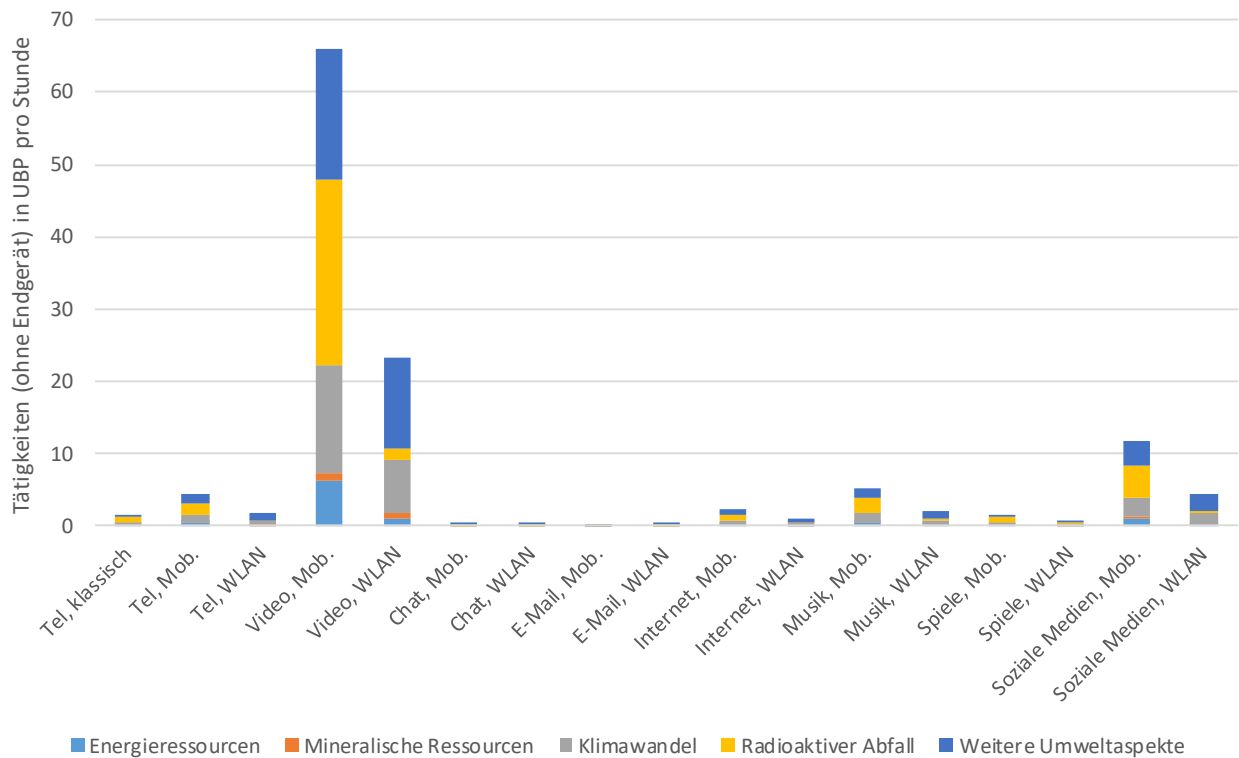


Abbildung 12: Umweltbelastung für Datenbereitstellung und Datentransfer verschiedener Tätigkeiten. Das Endgerät und der Stromverbrauch desselben ist nicht miteingerechnet. Angaben in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Stunde Nutzung.

Es ist ersichtlich, dass das Betrachten von Videos wegen der grossen Datenmenge pro Stunde deutlich herausragt: Dieses benötigt fünfzehn mal mehr Daten als das Telefonieren (siehe Kapitel 3.4.6). Dies ist insbesondere relevant, da das Betrachten von Videos bei allen Geräten zu den am längsten ausgeführten Tätigkeiten gehört, wobei auch die in sozialen Medien abgespielten Videos dazugezählt wurden. Beim Mobiltelefon sind es circa 25 Minuten, bei Tablet und Laptop 40, beim Desktop 35 (siehe Tabelle 13 auf Seite 25).

Beim Mobiltelefon findet die Nutzung von sozialen Medien und von Chats noch häufiger statt, und beim Desktop das Gamen, während das Betrachten von Videoinhalten bei Laptop und Tablet die häufigste Tätigkeit ist. Auch die höheren Belastungen beim Internetzugang über das Mobilfunknetz im Vergleich zum WLAN sind sichtbar. Weniger datenintensive Tätigkeiten wie beispielsweise das Schreiben von Text-E-Mails verursacht kaum Auswirkungen durch den Transfer und die Bereitstellung von Daten.

4.4. Tätigkeit: eine Stunde Video pro Tag mit verschiedenen Geräten

Im Gegensatz zum vorangehenden Kapitel wird hier die Herstellung des Gerätes⁵⁴ und der Stromverbrauch desselben miteingerechnet. Es wird also die Umweltbelastung angegeben, die beim Betrachten von Videoinhalten während einer Stunde auf einem eigenen Gerät pro Tag entsteht. Sie ist in Abbildung 13 dargestellt.

In das Ergebnis fliesst einerseits die Lebensdauer des Gerätes mit ein, andererseits die Umweltbelastung durch die Datenübertragung und durch den Stromverbrauch des Geräts. Der Anteil, mit welchem die Daten über WLAN respektive über das Mobilfunknetz übertragen werden, basieren auf den Werten der Umfrage. Bei Videoinhalten auf dem Mobiltelefon wird 27 % der Zeit das Mobilfunknetz benutzt, bei allen anderen Geräten wird von einem 100 % Gebrauch des WLAN ausgegangen (siehe Kapitel 3.5.3).

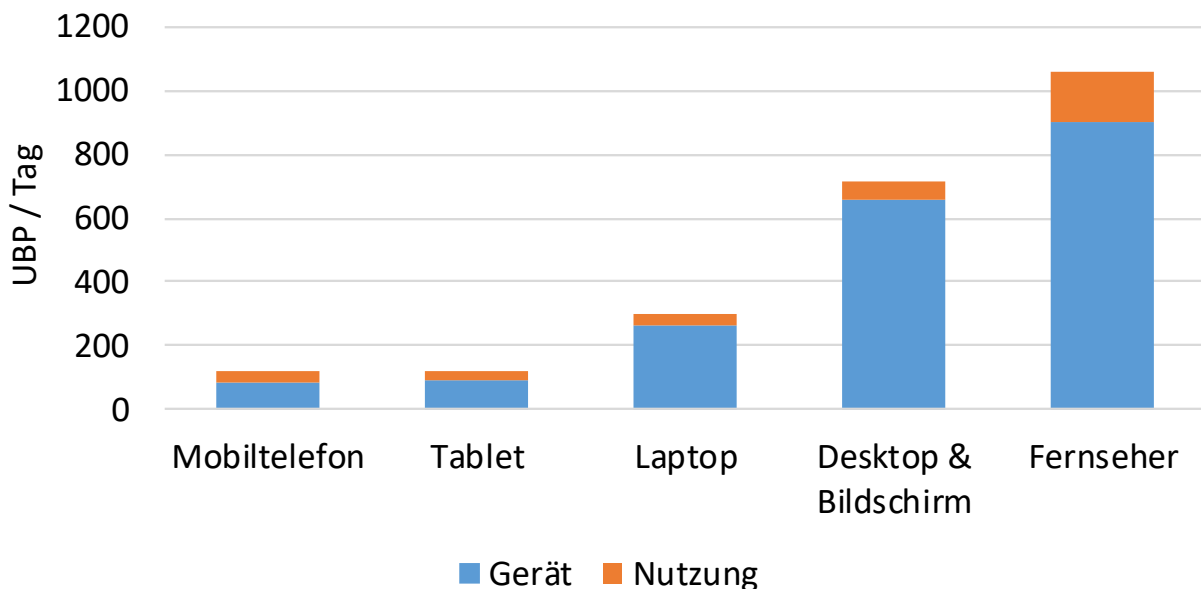


Abbildung 13: Umweltbelastung durch das Gerät und die Nutzung, wenn das eigene Gerät pro Tag ausschliesslich für eine Stunde für das Betrachten von Videos genutzt wird. Die Nutzung beinhaltet die Datenübertragung sowie den Stromverbrauch des Endgerätes.

Die Umweltbelastung durch das Gerät ist beim Tablet und beim Mobiltelefon ähnlich gross, obwohl das Tablet pro Stück mehr Umweltbelastungen verursacht. Der Grund dafür ist die Lebensdauer, welche beim Tablet mehr als doppelt so gross ist als beim Mobiltelefon. Auch beim Fernseher führt die lange Lebensdauer dazu, dass das Gerät trotz höherer Umweltbelastung pro Stück zu weniger Belastung führt als der Desktop mit Bildschirm. Die Nutzungsphase des Fernsehers hat die grössten Umweltbelastungen

⁵⁴ Dabei wird die Lebensdauer berücksichtigt: Der Anteil, der ein Tag an der gesamten Lebensdauer des Gerätes hat, entspricht dem Anteil des Gerätes, der für einem Tag Nutzung miteingerechnet wird.

(siehe auch Auswertung im Kapitel 4.9). Da hier von einem eigenen Gerät ausgegangen wird, ist hier die Umweltbelastung des Gerätes pro Tag höher als bei den anderen Analysen, bei welchen miteingerechnet wird, dass die Geräte mit anderen Familienmitgliedern geteilt werden.

4.5. Nutzung Mobiltelefon

Das Mobiltelefon wird von den Jugendlichen täglich am längsten genutzt wird (Suter & Waller, 2017b) und ist fast ausschliesslich in persönlichen Besitz der Jugendlichen (Waller et al., 2016). Die Aufteilung der Umweltbelastung auf Gerät, Tätigkeiten und Stromverbrauch durch Hintergrundfunktionen wie Ortungsdienste, Bluetooth und WLAN-Suche (siehe Kapitel 3.2) ist in Abbildung 14 angegeben.

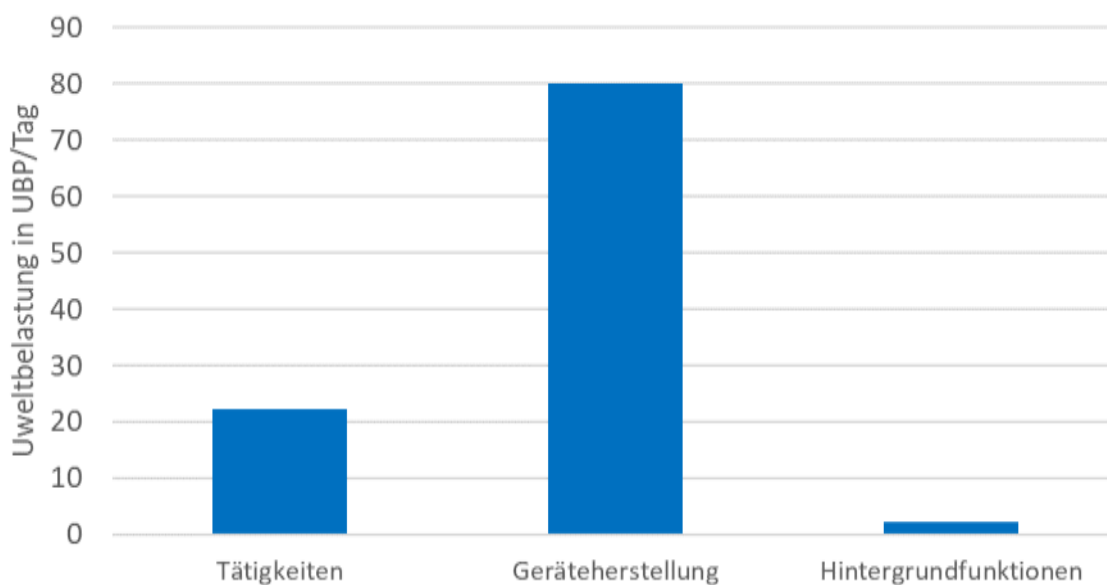


Abbildung 14: Aufteilung der Umweltbelastung des Mobiltelefons auf Tätigkeiten, Geräteherstellung und Entsorgung, und Hintergrundfunktionen in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.

Die Auswirkung der Tätigkeiten mit dem Mobiltelefon ist weiter aufgeschlüsselt in Abbildung 15. Es zeigt sowohl die Umweltbelastung einzelner Tätigkeiten (gelb, linke Achse) als auch die Dauer derselben Tätigkeiten pro Tag (blauer Punkt, rechte Achse). Tätigkeiten, die hohe Datenmengen benötigen wie beispielsweise Videos, verursachen mehr Umweltbelastungen als chatten, obwohl diese pro Tag länger genutzt werden. Der Strombedarf des Endgerätes ist hierbei miteingerechnet. Die Umweltbelastung der Tätigkeiten nur durch den Datentransfer und die Datenbereitstellung, also ohne den direkten Strombedarf des Endgerätes, ist in der Abbildung 12 auf Seite 74 dargestellt.

Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

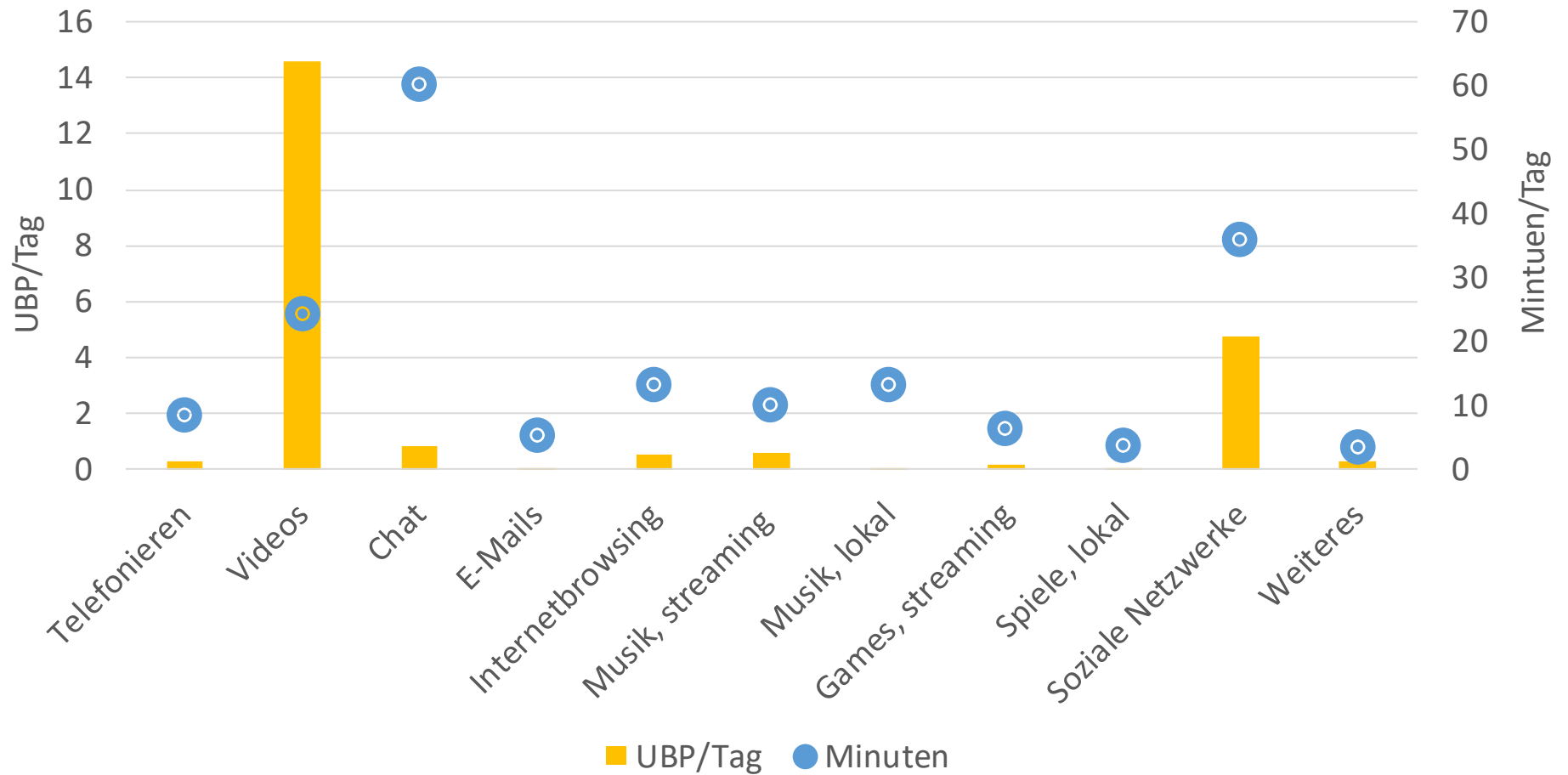


Abbildung 15: Aufteilung der Umweltbelastung (linke Achse, in Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Person und Tag) auf die verschiedenen Tätigkeiten mit dem Mobiltelefon. Die rechte Achse zeigt die Minuten pro Tag an, während welcher die Tätigkeiten ausgeführt werden.

In obiger Grafik ist die tägliche Dauer der Nutzung bereits einberechnet. Für einen direkten Vergleich der Tätigkeiten ist zusätzlich in Abbildung 16 angegeben, wie viel Umweltbelastung pro Stunde entsteht. Die Umweltbelastung ist ohne Einbezug der Herstellung des Endgeräts berechnet. Miteinbezogen sind der direkte Stromverbrauch bei der Nutzung des Endgerätes sowie der Strombezug und alle Geräte, die für den Datentransfer und die Datenbereitstellung benötigt werden. Der Anteil des Internetzugangs, welcher über das Mobilfunknetz und über das WLAN geschah, wurde gemäss den Ergebnissen der Umfrage miteingerechnet (Suter & Waller, 2017b). Der Anteil des Internetzugangs, der über das Mobilfunknetz getätigt wurde, bewegt sich beim Mobiltelefon für die verschiedenen Nutzungsarten zwischen 27 % und 44 %.

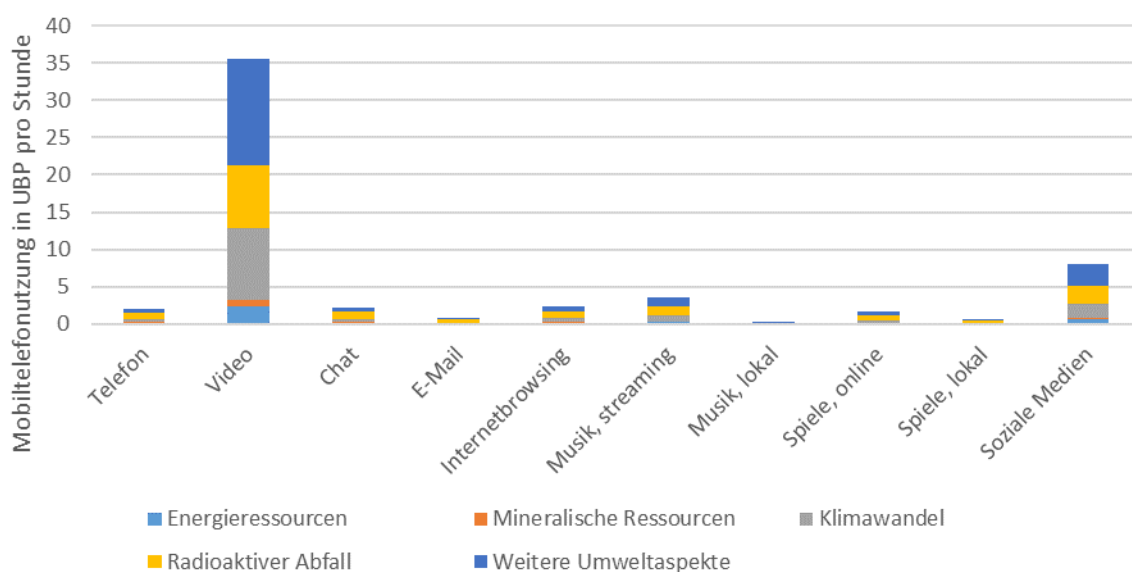


Abbildung 16: Vergleich der Umweltbelastung der Tätigkeiten mit dem Mobiltelefon pro Stunde. Miteingerechnet ist direkter Stromverbrauch des Endgerätes sowie Datentransfer und -bereitstellung. Das Endgerät selbst ist nicht berücksichtigt. Der Anteil der Datenübertragung über das Mobilfunknetz und über WLAN ist miteingerechnet und stammt aus dem Fragebogen von Suter & Waller (2017b).

Das Betrachten von Videos ist mit deutlich mehr Umweltbelastung verbunden als beispielsweise das Hören von Musik. Die sozialen Medien benötigen mehr Daten als die Telefonie oder das Browsen im Internet. Das Hören von lokal gespeicherter Musik hat keine Umweltbelastung durch Datentransfer und benötigt zudem von allen Tätigkeiten beim Mobiltelefon am wenigsten Strom beim Gerät selber, weshalb es die geringsten Umweltbelastungen pro Stunde aufweist.

4.6. Nutzung Tablet

Auch beim Tablet macht das Gerät den Hauptteil der Umweltbelastung aus, obwohl davon ausgegangen wird, dass es in der Familie geteilt wird (siehe Abbildung 17).

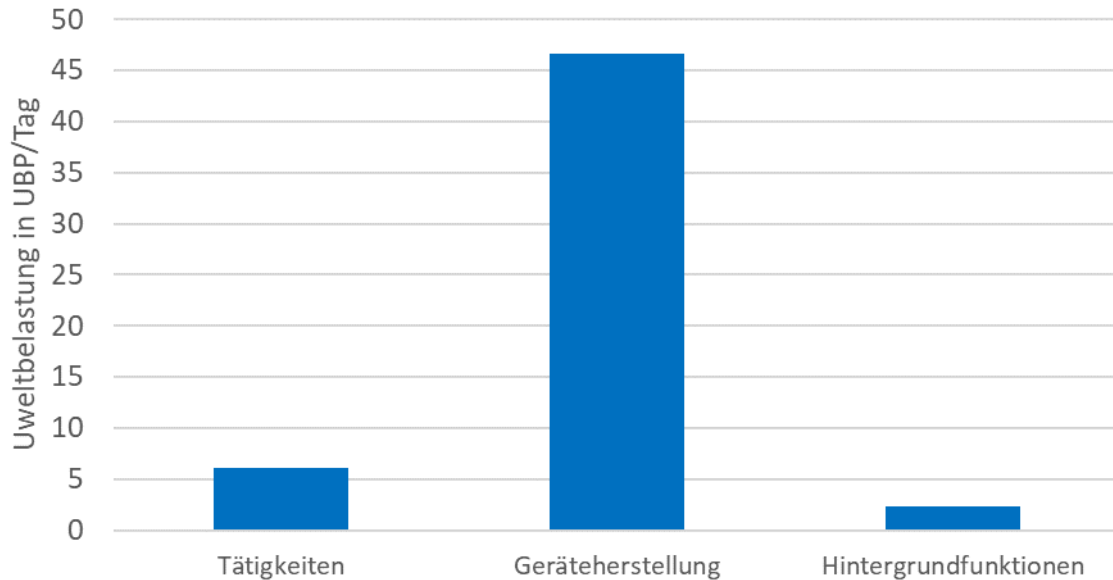


Abbildung 17: Aufteilung der Umweltbelastung des Tablets auf Tätigkeiten, Herstellung und Entsorgung, und Hintergrundfunktionen in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.

Das Tablet wird hauptsächlich für Spiele und das Betrachten von Videos genutzt (siehe Abbildung 18) Am meisten Umweltbelastung entsteht beim Betrachten von Videos und beim Browsen im Internet.

Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

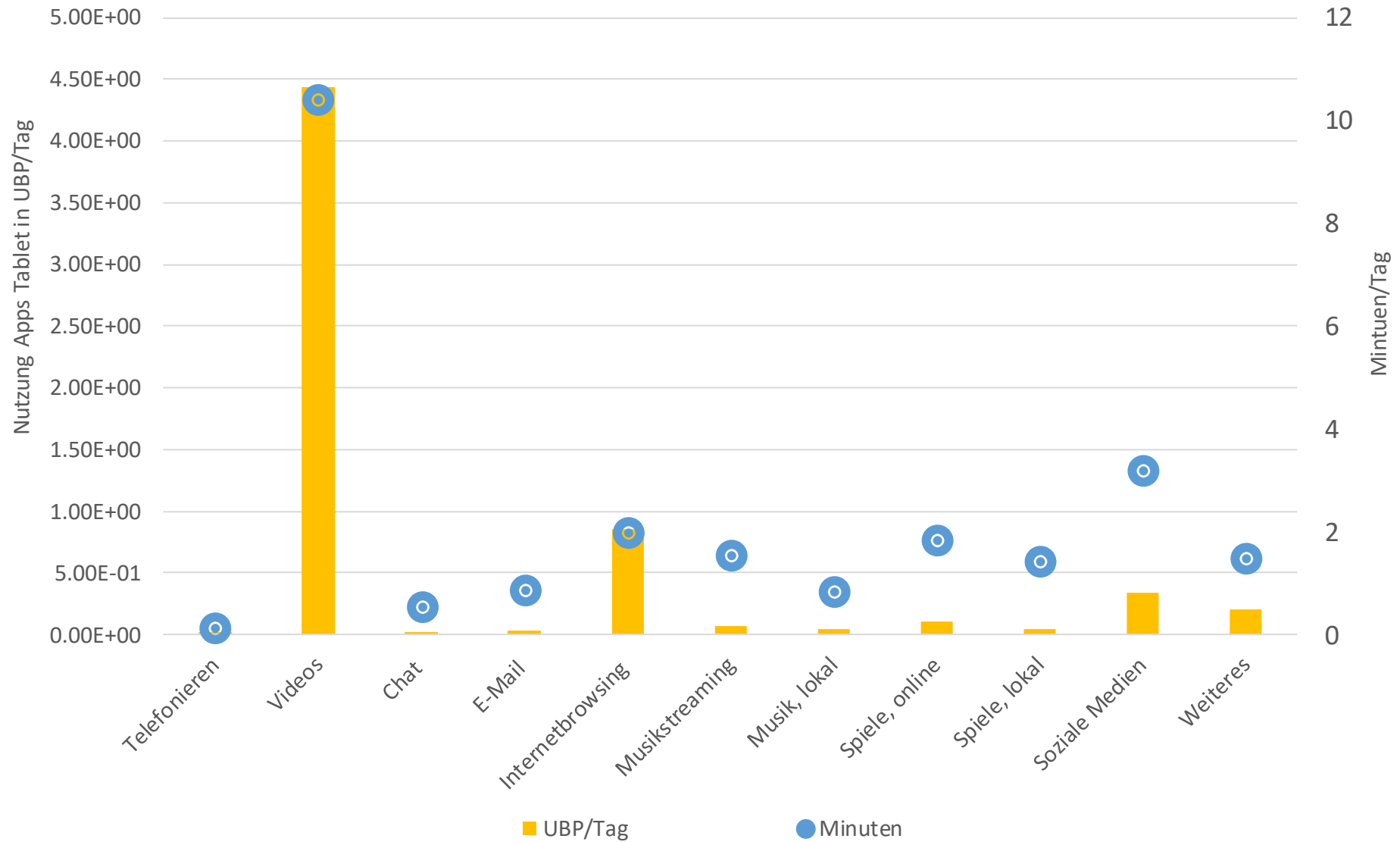


Abbildung 18: Aufteilung der Umweltbelastung (linke Achse, in Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Person und Tag) auf die verschiedenen Tätigkeiten mit dem Tablet. Die rechte Achse zeigt die Minuten pro Tag an, während welcher die Tätigkeiten ausgeführt werden

4.7. Nutzung Laptop

Beim Laptop zeigt sich ein ähnliches Bild wie beim Tablet. Die Umweltbelastung der Geräteherstellung fällt jedoch höher aus (siehe Abbildung 19).

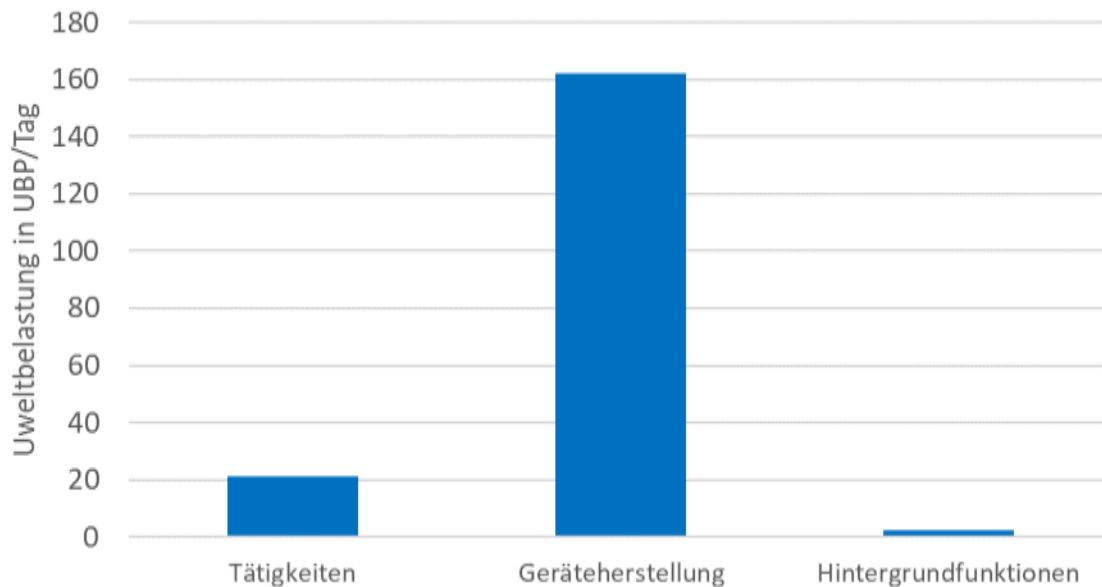


Abbildung 19: Aufteilung der Umweltbelastung der Laptopnutzung auf Tätigkeiten, Herstellung und Entsorgung, und Hintergrundfunktionen. Angaben in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.

Der Laptop wird hauptsächlich für das Betrachten von Videos, für Internetbrowsing und für das Schreiben von E-Mails genutzt (siehe Abbildung 20).

Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

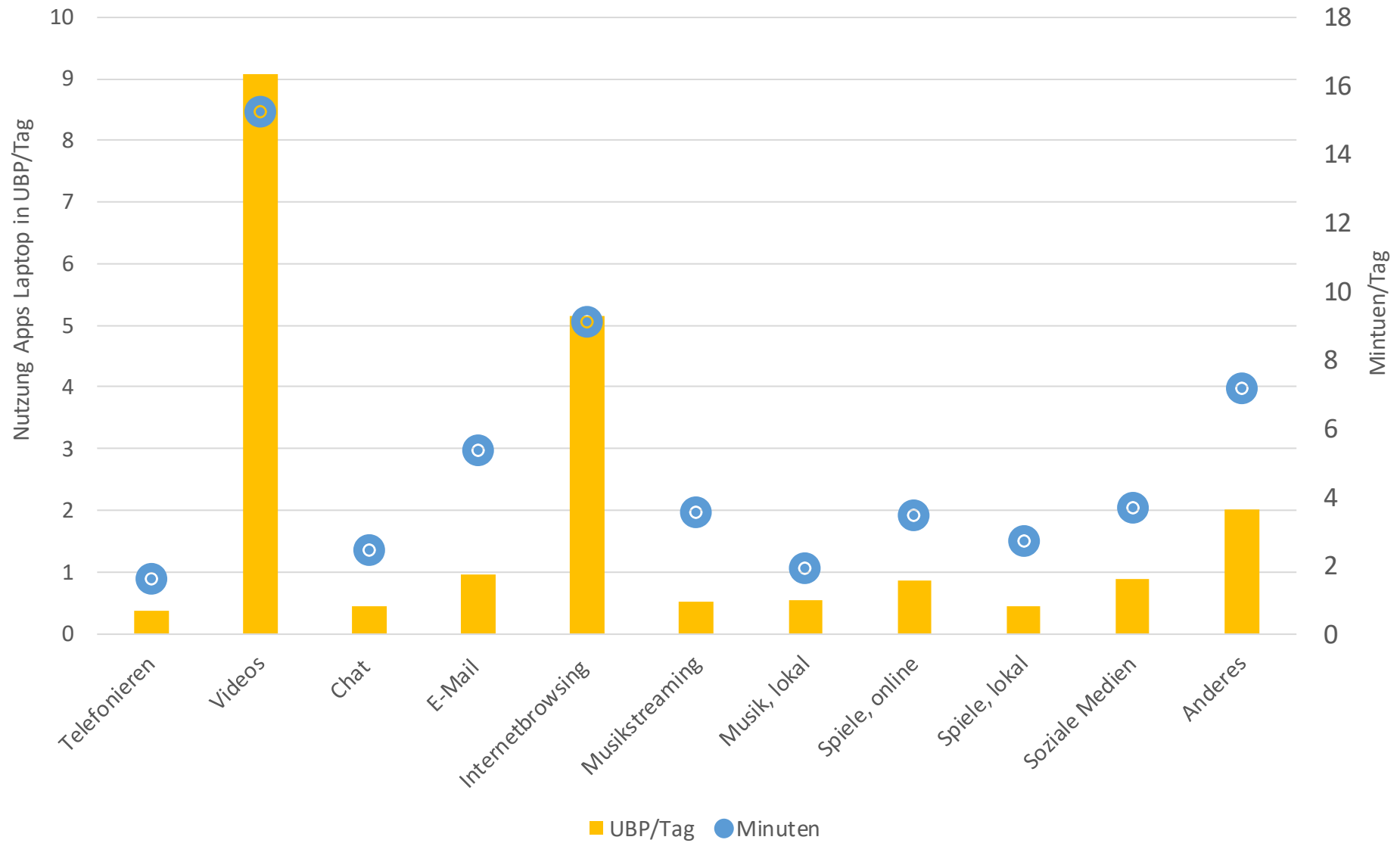


Abbildung 20: Aufteilung der Umweltbelastung (linke Achse, in Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Person und Tag) auf die verschiedenen Tätigkeiten mit dem Laptop. Die rechte Achse zeigt die Minuten pro Tag an, während welcher die Tätigkeiten ausgeführt werden.

4.8. Nutzung Desktop

Beim Desktop ist der Bildschirm für die höchsten Umweltbelastungen verantwortlich, gefolgt vom Desktop-Rechner (siehe Abbildung unten). Der direkte Stromverbrauch des Desktops trägt immerhin zu 14 % der Umweltbelastung der Desktopnutzung bei, was ca. 2 % der Gesamtumweltbelastung digitaler Geräte entspricht.

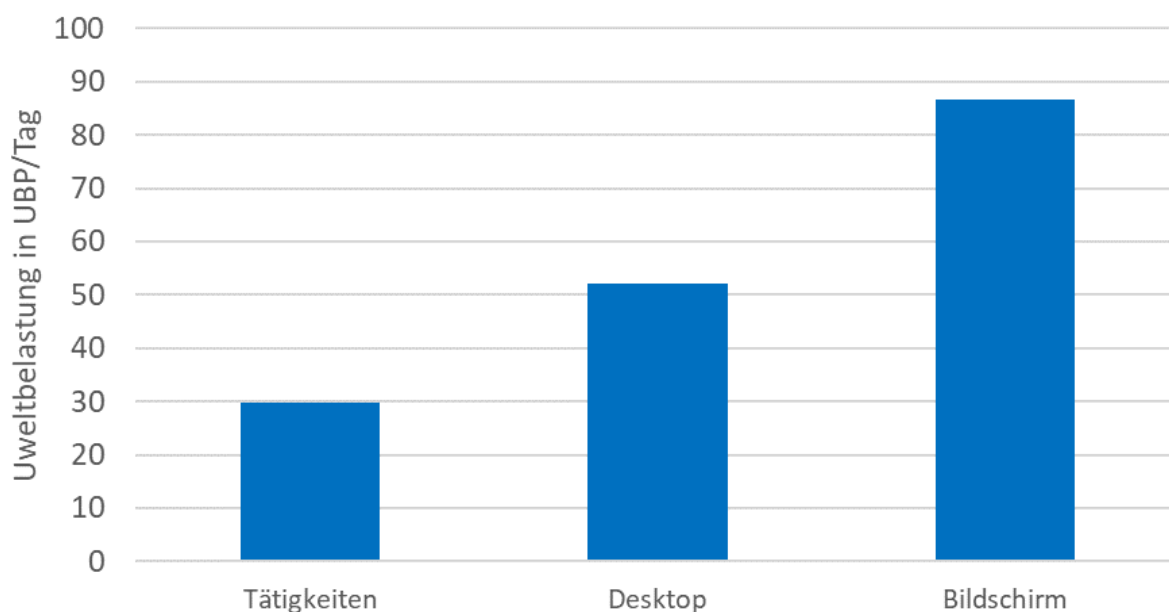


Abbildung 21: Aufteilung der Umweltbelastung der Desktopnutzung auf Tätigkeiten sowie Herstellung und Entsorgung von Desktop und Bildschirm. Angaben in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.

Auch hier wurde zum Vergleich die Umweltbelastung pro Stunde Nutzung ohne die Herstellung des Gerätes berechnet (siehe Abbildung 22). Die Umweltbelastung pro Stunde variiert beim Desktop viel weniger als beim Mobiltelefon, da der Desktop bei der Nutzung deutlich mehr Strom benötigt als das Mobiltelefon (siehe Kapitel 3.3.2 zum Stromverbrauch und Abbildung 16 zur Umweltbelastung pro Stunde Nutzung).

Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

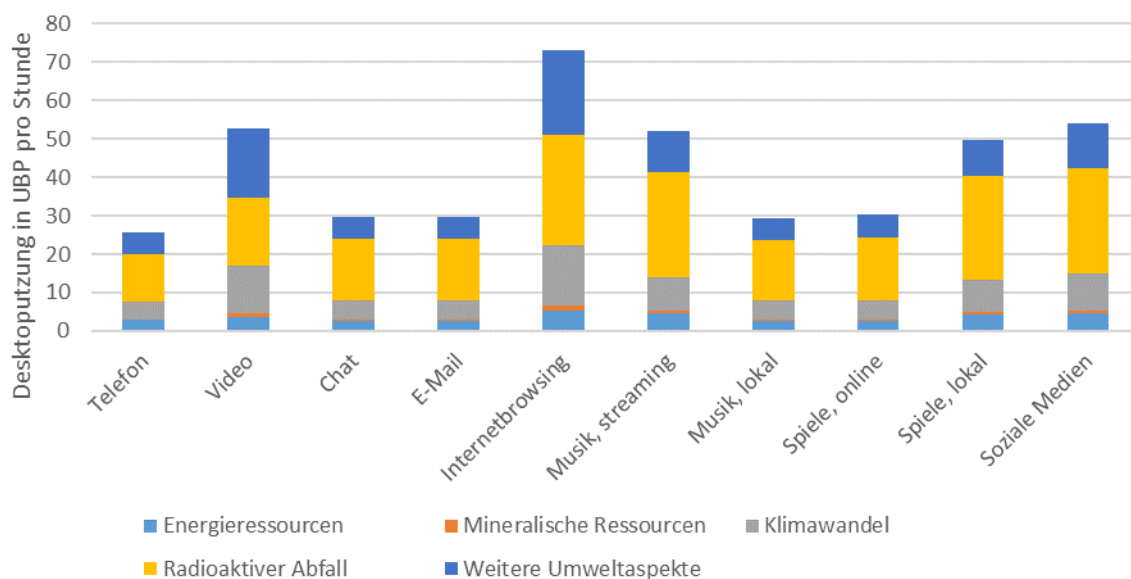


Abbildung 22: Vergleich der Umweltbelastung der Tätigkeiten mit dem Desktop pro Stunde. Miteingerechnet ist direkter Stromverbrauch des Desktops sowie Datentransfer und -bereitstellung. Die Herstellung und -entsorgung des Endgerätes selbst ist nicht berücksichtigt.

Der Desktop wird vor allem für das Betrachten von Videos, für Internetbrowsing und für Spiele genutzt (Abbildung 23). Es wurde dieselbe Datenmenge pro Minute bei allen Geräten verwendet. Im Gegensatz zum E-Mail, wo unabhängig des Gerätes dasselbe Programm verwendet wird, werden jedoch verschiedene Spiele auf dem Desktop und auf dem Mobiltelefon genutzt, weshalb der Datenverbrauch beim Desktop wohl unterschätzt wurde.

Wirkungsabschätzung Durchschnittsnutzung

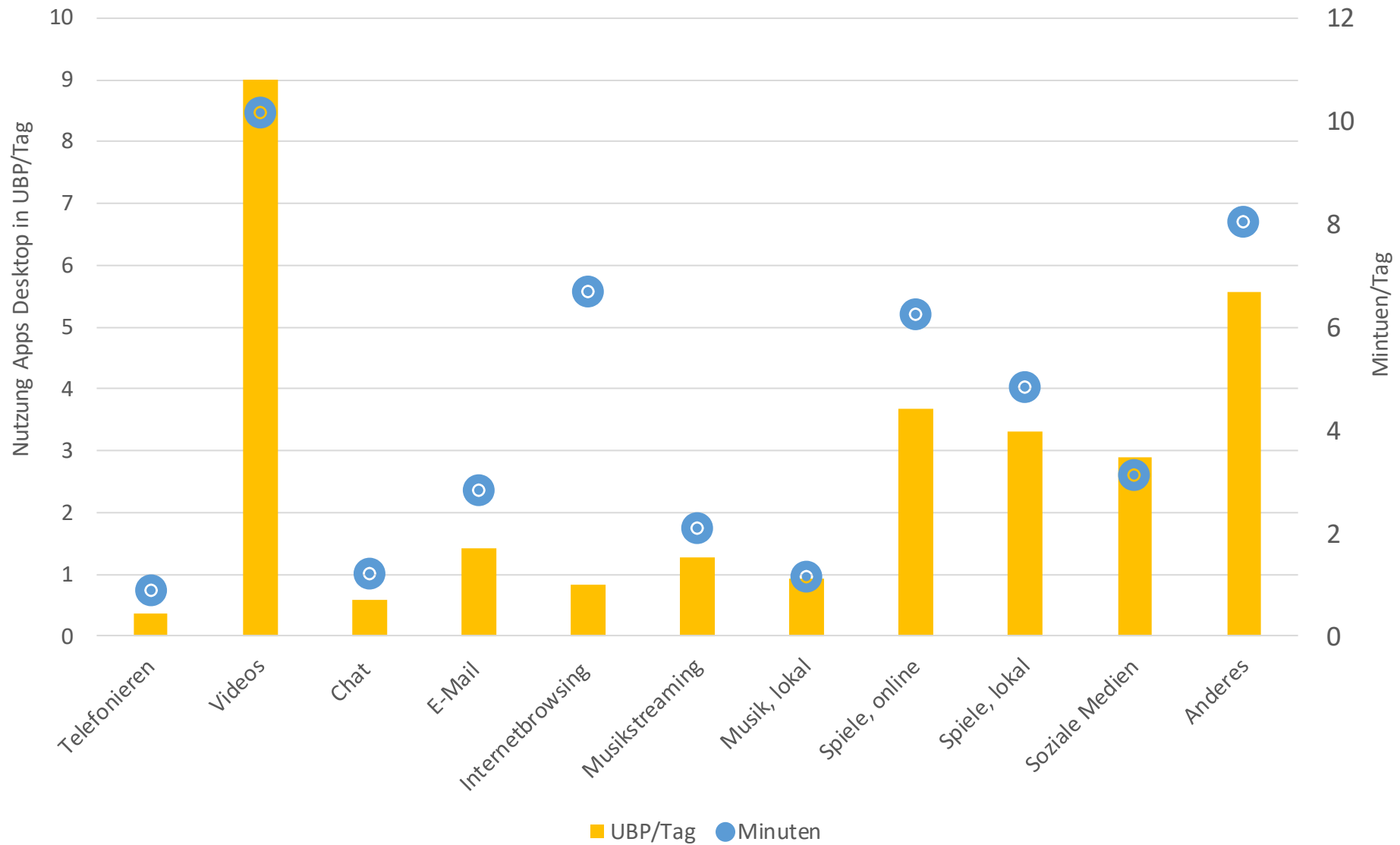


Abbildung 23: Aufteilung der Umweltbelastung (linke Achse, in Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Person und Tag) auf die verschiedenen Tätigkeiten mit dem Desktop. Die rechte Achse zeigt die Minuten pro Tag an, während welcher die Tätigkeiten ausgeführt werden.

4.9. Nutzung Fernseher

Beim Fernsehen steht einerseits das Gerät und andererseits das Rechenzentrum im Vordergrund (Abbildung 24). Es wird von einer Hochauflösung ausgegangen⁵⁵, was hohe Datenmengen benötigt. Zudem wird angenommen, dass sich das Rechenzentrum in den USA befindet und somit mit US-Strom betrieben wird. Der Datentransfer über das Internet verursacht weniger als einen Umweltbelastungspunkt pro Tag und ist in der Grafik deshalb nicht aufgeführt.

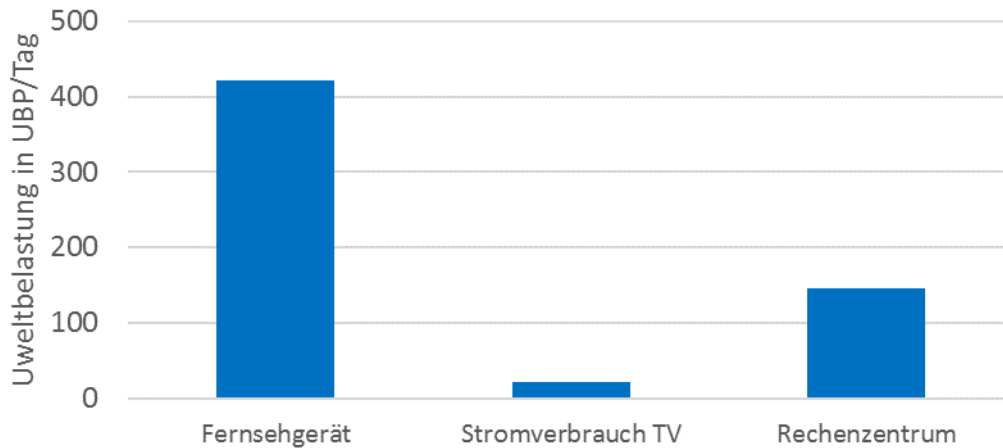


Abbildung 24: Aufteilung der Umweltbelastung des Fernsehens auf die Herstellung und Entsorgung des Gerätes, den Stromverbrauch beim Gerät und das Rechenzentrum. Angaben in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.

⁵⁵ Auf Englisch High Definition, kurz HD.

5. Wirkungsabschätzung Nutzungstypen

Mit einer Cluster-Analyse (siehe Details im Anhang B) wurden aus den Antworten der Umfrage von Suter & Waller (2017b) typische Nutzungsmuster identifiziert. Mithilfe dieser wurden die Jugendlichen in Nutzungsgruppen eingeteilt. Hier werden die Mittelwerte dieser Nutzungstypen verwendet, um festzustellen, ob Unterschiede in der Umweltbelastung dieser Gruppen bestehen. Dies kann für die Formulierung von Empfehlungen für die verschiedenen Gruppen genutzt werden.

5.1. Gesamtumweltbelastung der Nutzung

Welche Geräte sind Hauptverursacher der Umweltbelastung digitaler Geräte? Abbildung 26 zeigt die Gesamtumweltbelastung pro Tag der Nutzung für drei Nutzertypen, aufgeteilt auf die verschiedenen Geräte, welche genutzt werden. Der Router des heimischen WLAN-Zugangs hat einen Strombedarf, auch wenn niemand den Zugang zum Internet nutzt. Dieser Stand-by-Stromverbrauch und die Herstellung des Routers selbst wird als «Leerlauf» bezeichnet und ist unabhängig von der Nutzungsintensität aufgeführt.

Die verschiedenen Nutzertypen verursachen eine unterschiedlich hohe Umweltbelastung: Nutzertyp zwei, der audiovisuell orientiert ist, hat die geringsten Auswirkungen. Nutzertyp drei, der kommunikationsorientiert ist, hat 12 % höhere Auswirkungen. Der medienintensive Nutzertyp 1 verursacht sogar 28 % mehr Umweltbelastungen (siehe Abbildung 25).

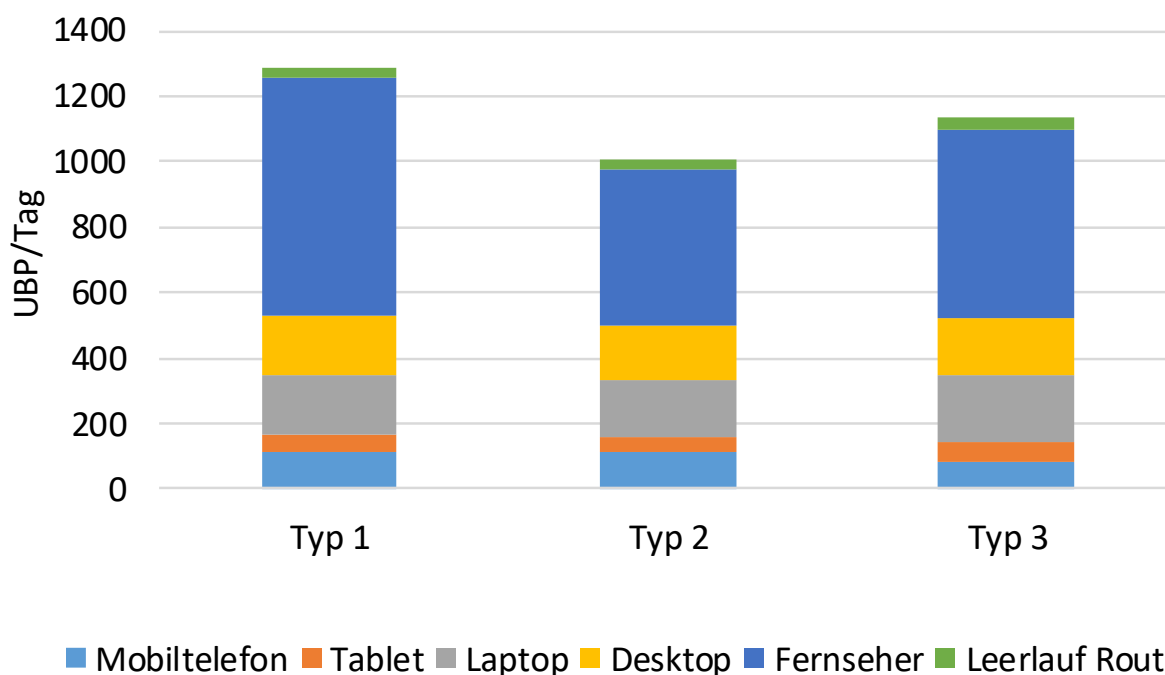


Abbildung 25 Umweltauswirkungen durch die Nutzung digitaler Geräte der drei Nutzertypen in Umweltbelastungspunkten pro Person und Tag, aufgeteilt auf die verschiedenen Geräte.

5.2. Nutzung digitaler Geräte

Um die Unterschiede der Umweltbelastung zwischen den verschiedenen Typen auch bezogen auf die einzelnen Geräte aufzuzeigen, wurde in Abbildung 26 die Umweltbelastung der Nutzertypen pro Gerät dargestellt.

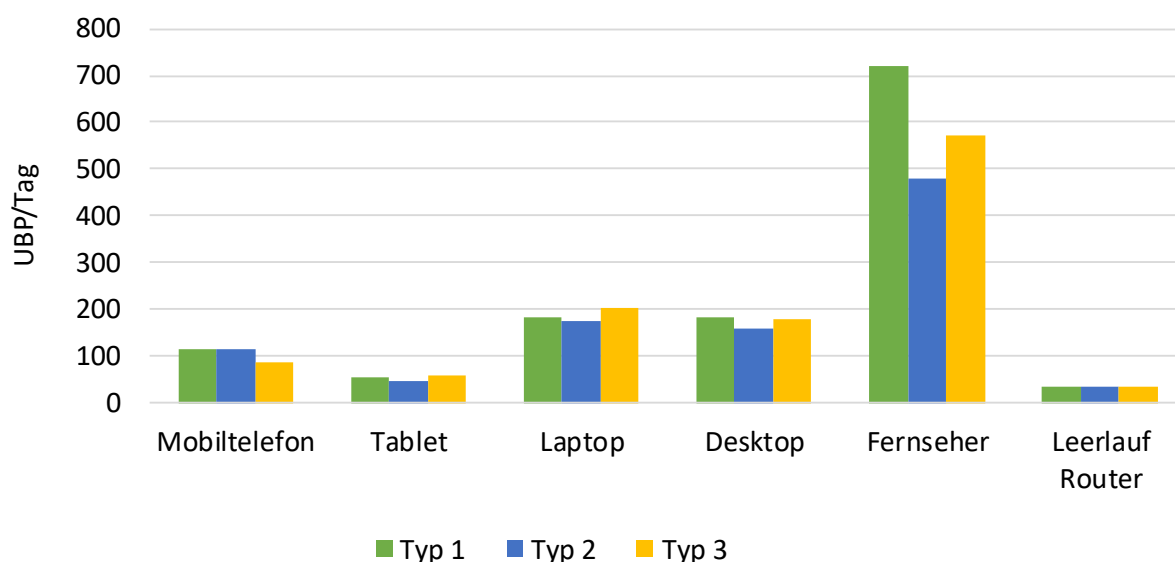


Abbildung 26: Umweltbelastung durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte der drei Nutzertypen. Die Angaben sind in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.

Die Unterschiede entstehen sowohl durch unterschiedlichen Gerätebesitz als auch durch unterschiedliche Nutzung. Die grössten Unterschiede in der Umweltbelastung der einzelnen Typen pro Gerät bestehen beim Fernseher, wo der Typ 2 einen Drittel weniger Umweltbelastung verursacht als der Typ eins.

Auf den ersten Blick überraschend ist auch, dass die Handynutzung trotz des geringeren Gewichts des Gerätes und geringeren Leistungsbedarfs zu mehr Umweltbelastung als beispielsweise das Tablet führt, das pro Stück höhere Umweltbelastungen aufweist. Da aber laut der «JAMES» Studie (Waller et al., 2016) 99% aller Jugendlichen ein Mobiltelefon besitzen und die Lebensdauer des Tablets fast dreimal so lang ist wie die Lebensdauer des Mobiltelefons, entsteht letztendlich mehr Umweltbelastung durch das Mobiltelefon pro Tag als durch das Tablet.

6. Wirkungsabschätzung Substitution

Substitution bedeutet in diesem Bericht der Ersatz von physischen Medien durch digitale Medien. Um zu berechnen, welche Auswirkungen diese Substitution auf die Umweltbelastung hat, wurde davon ausgegangen, dass das Gerät zur digitalen Nutzung nicht neu gekauft wird, sondern bereits im Besitz des Nutzers ist. Die Erarbeitung der Inhalte, wie beispielsweise der Text einer Zeitung, sind hier nicht miteingerechnet, sondern nur das Medium, mit welchem die Inhalte genutzt werden. Grund dafür ist, dass die Inhalte unabhängig vom Medium erarbeitet werden müssen und dies für den Vergleich nicht ausschlaggebend ist. Die Berechnung der genauen Substitution ist mit den vorhandenen Daten nicht genau möglich. Die Auswertungen sind daher als Abschätzung des Potentials zu betrachten, welches durch die digitalen Medien grundsätzlich vorhanden ist.

Im folgenden Kapitel werden drei Fragen beantwortet:

- **Wie hoch sind die Umweltvorteile, die durch die digitale Mediennutzung entstehen?** Hier wird die aktuelle Substitution modelliert, die bereits jetzt bei Schweizer Jugendlichen stattfindet. Einerseits der Ersatz von Büchern durch Hörbücher, von gedruckten Zeitungen durch Online-Zeitungen und einer Kamera durch den Besitz eines Handys. (Kapitel 6.4)
- **Welche Art der Substitution von nicht digitalen Tätigkeiten lohnt sich aus Umweltsicht?** Ab wann kann der Kauf eines neuen Gerätes empfohlen werden? Hier werden Fotos und Briefe in der digitalen und der papierenen Variante verglichen. (Kapitel 6.5 und 6.6)
- Wie hoch sind die Umweltvorteile, wenn die **Metalle des Handys recycelt** werden? Durch das Recycling werden weniger Metalle neu abgebaut und es entsteht weniger Knappheit (Kapitel 6.7)

6.1. Bücher

Die Umweltbelastung eines Buches beträgt 570 UBP pro Stück, wenn nur das Papier und der Druck eingerechnet wird.

Nutzung eines bestehenden Gerätes

Wird ein digitales Buch auf dem Tablet gelesen, entsteht die Umweltbelastung nur durch den direkten Strombedarf des Tablets, da davon ausgegangen wird, dass das **Tablet bereits im Besitz des Lesers** war. Die Umweltbelastung der digitalen Variante ist deshalb abhängig von der Lesedauer. Dadurch stellt sich die Frage: Wie lange kann ein digitales-Buch gelesen werden, damit die Umweltbelastung gleich hoch ist wie beim Kauf eines physischen Buches? Man muss sich über

dreihundert Stunden Zeit lassen für ein digitales Buch (siehe Abbildung 27), um auf dieselbe Umweltbelastung zu kommen.

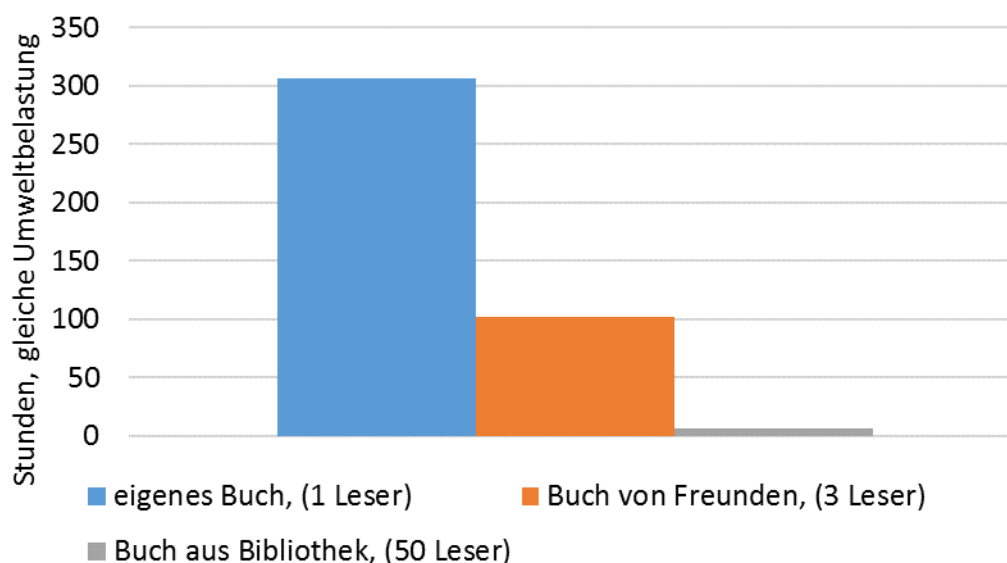


Abbildung 27 Stunden, während welcher ein Buch online (Tablet) gelesen werden müsste, damit dieselbe Umweltbelastung entstehen würde wie bei der Herstellung eines physischen Buches. Nur der direkte Stromverbrauch des Tablets ist eingerechnet.

Wenn jedoch das Buch von Freunden ausgeliehen wird, sodass nicht nur ich selbst, sondern drei Personen dasselbe Buch nutzen, sind es nur noch hundert Stunden. Wenn ein Buch aus der Bibliothek stammt, wird es von noch mehr Personen gelesen. Maximal sind dies 50 Personen, da ein Buch danach als zerlesen gilt (Gantert, 2016). Bei einem oft gelesenen Bibliotheksbuch ist dieselbe Umweltbelastung bereits bei sechs Stunden erreicht. Daher sind Bibliotheksbücher dem digitalen Buch aus Umweltsicht vorzuziehen.

Neukauf eines Gerätes

Laut der Netzwerkorganisation des Maschinenbaus VDMA lohnt sich der **Kauf** eines E-Readers aus Sicht des Klimaschutzes erst ab dem Lesen von mindestens 59 Taschenbüchern (VDMA, 2012). Hier sind aber die Umweltauswirkungen von seltenen Metallen nicht miteingerechnet, da nur die Treibhausgasemissionen verglichen werden. Bei Coroama (2015a) wurden auch die Treibhausgasemissionen von Büchern (360-seitig, gebunden) mit einem E-Book Reader verglichen; Dort wurde berechnet, dass sich der Kauf erst ab über 30 Büchern im Vergleich zum Neukauf respektive über 70 im Vergleich zu zweimal gelesenen Büchern lohnt. In unserer Modellierung, welche neben dem Klima weitere Umweltaspekte berücksichtigt (siehe Kapitel 2.4), lohnt sich der Kauf eines Tablets erst nach dem Neukauf von über **300 Büchern**.

6.2. Zeitungen

Nutzung eines bestehenden Gerätes

Wenn dazu kein neues Gerät gekauft wird, ist das Lesen einer Online-Zeitung auf dem Mobiltelefon gegenüber der gedruckten Zeitung im Vorteil: Verglichen mit einer Zeitung, die von der ganzen Familie gelesen wird, müsste die Online-Zeitung während 20 Stunden gelesen werden, damit die Umweltbelastung gleich hoch wird. Bei einer eigenen Zeitung müsste die Zeitung sogar 80 Stunden gelesen werden. Das eine Zeitung so lange gelesen wird, ist unrealistisch. Durch das Teilen einer Zeitung kann die Umweltbelastung deutlich gesenkt werden.

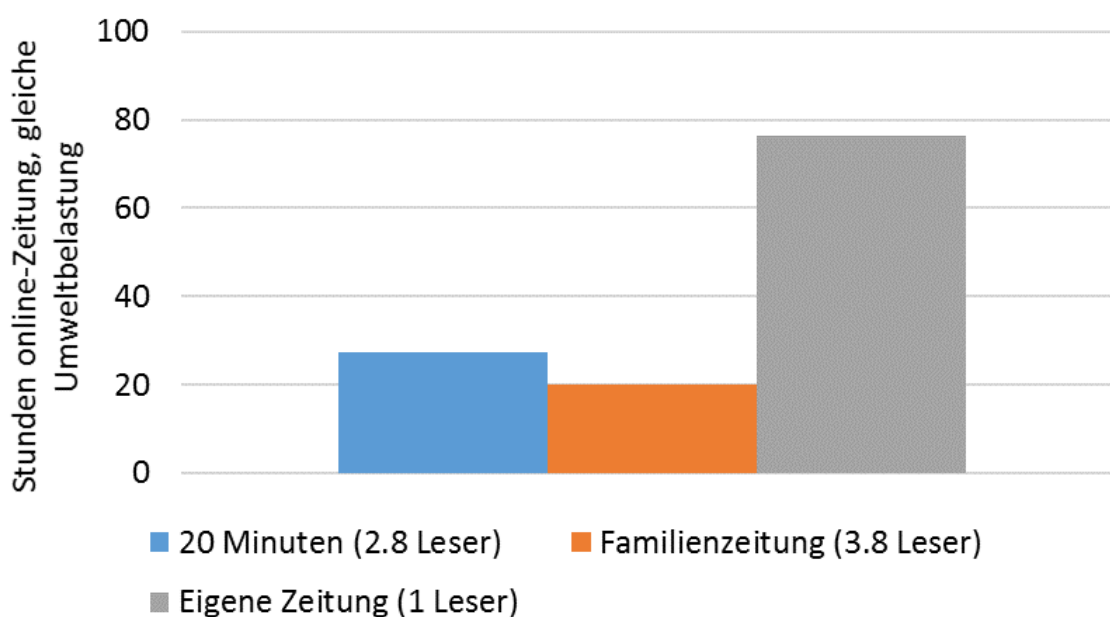


Abbildung 28 Dauer, mit welcher eine Zeitung online auf dem Mobiltelefon gelesen werden müsste, damit dieselbe Umweltbelastung entstehen würde wie bei der Nutzung einer Zeitung bei unterschiedlicher Anzahl Leser. Sowohl der direkte Strombedarf des Mobiltelefons als auch die Bereitstellung und der Transfer der Daten ist hier miteingerechnet.

Die Studie des Fachverbandes für Druckmedien (VDMA, 2012) kommt auch zum Schluss, dass die Printzeitung mehr Primärenergie benötigt und höhere Treibhausgasemissionen verursacht als die Online-Zeitung. Auch diese Studie betont, dass es auf die Dauer des Lesens ankommt, die Art der Verbindung zu den Inhalten (UMTS hat höhere Umweltauswirkungen) und auf die Anzahl der Menschen, die sich eine Zeitung teilen. In Ihrer Studie ist die Umweltbelastung ab 26.5 Minuten Lesezeit bei der Online-Zeitung umweltbelastender, wobei sich die Studie wahrscheinlich auf das Lesen der Zeitung mit einem Desktop bezieht.

Der Stromverbrauch eines Mobiltelefons ist viel geringer als derjenige eines Desktops, sodass die Betrachtungsdauer bei einer Modellierung mit einem Desktop in unserer Studie geringer ausfallen würde. Die Analyse in unserer Studie bezieht zudem die Umweltbelastung des Gerätes nicht mit ein, was ein weiterer Grund für den Unterschied sein könnte: Laut Novotny (2013) beinhaltet die Wahl

des Endgerätes das grösste Sparpotential (75 % der Klimabelastung) gefolgt vom Internetzugang (22 % der Belastung).

Neukauf eines Gerätes

Wird die Umweltbelastung eines Tablets mit der Umweltbelastung einer Zeitung verglichen, lohnt sich der Kauf eines Tablets erst, wenn dabei beinahe 1000 gekaufte Zeitungen eingespart würden.

6.3. Kamera

Über die Hälfte der Jugendlichen besitzen keine eigene Kamera. Der Grund bei drei Viertel der Jugendlichen ist, dass Sie für Fotos meist Ihr Mobiltelefon nutzen (siehe Details in Kapitel 3.7.4). Mit der Annahme, dass eine Kamera etwa 250 Gramm wiegt, entstehen durch die Produktion einer Kamera 113'000 Umweltbelastungspunkte.

Um die Substitution zu berechnen, muss der Anteil der Jugendlichen, welche ihre Kamera substituiert haben, miteingerechnet werden. Dieser beträgt 42%. Um die Substitution auch auf einen Tag zu beziehen, muss die Lebensdauer der Kamera miteinbezogen werden. Hier wurde 5.3 Jahren angenommen. Pro Tag resultiert am Ende eine Substitution, welche durchschnittlich 24 Umweltbelastungspunkte einspart.

6.4. Summe Substitution: Bücher, Zeitungen und Kamera

Durch die Nutzung der digitalen Geräte entstehen Umweltvorteile, indem weniger physische Zeitungen und Bücher gedruckt werden und weniger Kameras gekauft werden. Abbildung 29 zeigt die durchschnittliche Reduktion der Umweltbelastung Schweizer Jugendlicher, welche durch diese drei Arten der Substitution pro Tag erreicht wird.

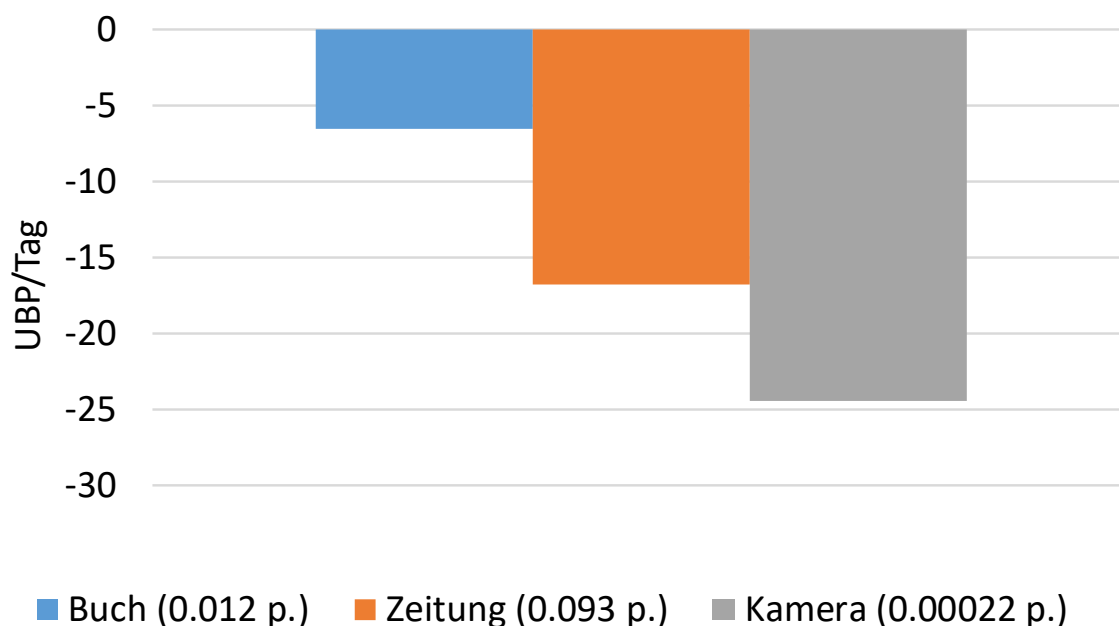


Abbildung 29: Eingesparte Umweltbelastung durch die Nutzung digitaler anstatt physischer Medien in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung. Die Substitution basiert auf den Angaben der Jugendlichen zur Nutzung physischer und nicht-physischer Medien (Buch und Zeitung) und auf der Annahme, dass das Handy die Kamera teilweise ersetzt. In Klammern ist die Anzahl der ersetzten physischen Medien angegeben.

Der Verzicht auf eine Kamera und auf den Kauf von Zeitungen erreicht eine höhere Reduktion der Umweltbelastung als der Verzicht auf den Bücherkauf. Dies ist auf die sehr geringe Anzahl Bücher zurückzuführen, die durchschnittlich täglich gekauft werden.

Es wird davon ausgegangen, dass Zeitungen, Bücher und die Kamera durch Tablet und Mobiltelefon ersetzt werden und nicht durch Desktop, Laptop und Fernseher. Deshalb ist es sinnvoll, die die Reduktion der Umweltbelastung durch Substitution mit der Belastung durch die Nutzung von Mobiltelefon und Tablet zu vergleichen. In Abbildung 30 ist dieser Vergleich dargestellt.

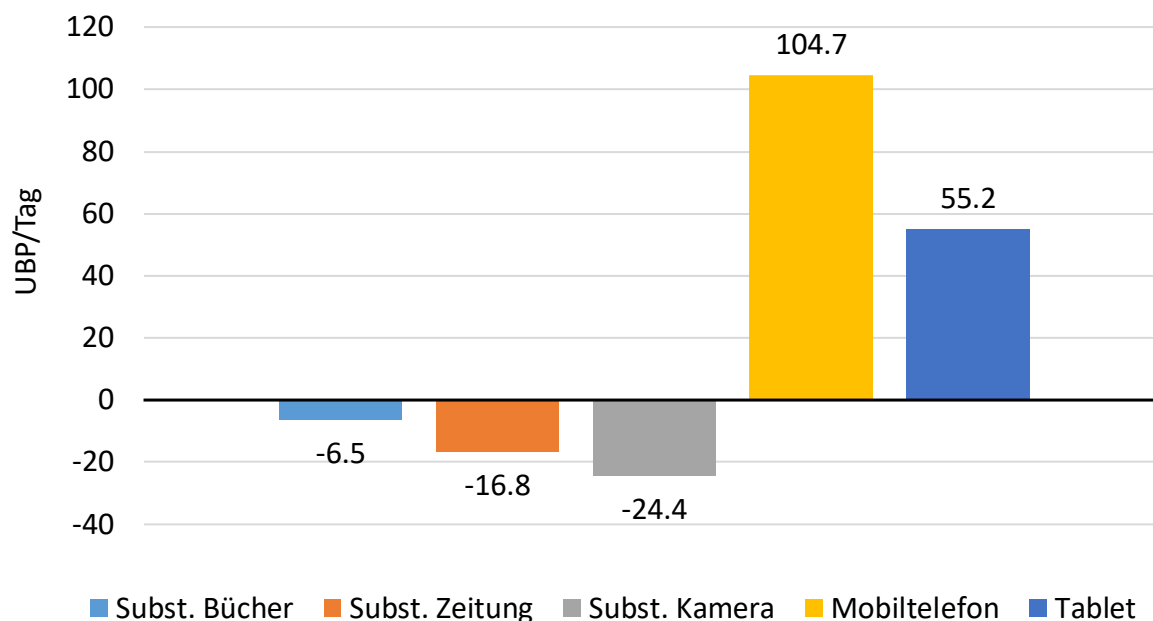


Abbildung 30: Durchschnittliche Umweltbelastung durch die individuelle Nutzung von Mobiltelefon und Tablet (rechts, oberhalb der X-Achse) im Vergleich zu den Umweltvorteilen durch Substitution (links, Negativwerte unterhalb der X-Achse.). Die Angaben sind in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.

Dreissig Prozent der Umweltbelastung, welche durch Tablet- und Mobiltelefonnutzung entsteht, wird somit bereits durch die Substitution von physikalischen Büchern, Zeitungen und den Ersatz der Kamera eingespart. Wenn man die gesamte Umweltbelastung digitaler Geräte verglichen wird, sind es immerhin noch vier Prozent der Umweltbelastungen, welche durch diese Substitution eingespart werden.

Das Mobiltelefon hat eine hohe Funktionsvielfalt. Potentiell könnten neben der oben berechneten Kamera viele weitere Geräte ersetzt werden:

- Armbanduhr
- Wecker
- Stereoanlage (ohne Boxen)
- CDs (mehrere Duzend)
- Videoplayer
- DVDs (mehrere Duzend)
- Taschenlampe
- Taschenrechner

Das bedeutet, dass ein Gerät mit relativ wenig Material theoretisch viel Material ersetzen könnte. Tatsächlich werden viele Jugendliche dennoch obengenannte Geräte zusätzlich zum Mobiltelefon besitzen: eine Taschenlampe wird zum Beispiel für Ausflüge mit Jugendgruppen benötigt, ein Taschenrechner für die Hausaufgaben oder für Prüfungen, bei welchen die Nutzung eines Mobiltelefons zumeist verboten ist. Daher kann hier nicht abgeschätzt werden, wie viele Geräte tatsächlich durch das Mobiltelefon ersetzt werden. Der mögliche Ersatz weiterer Geräte durch das Mobiltelefon oder das Tablet könnte die Einsparungen durch Substitution grundsätzlich weiter erhöhen.

6.5. Fotos

Es wird davon ausgegangen, dass für das Betrachten von Fotos ein Tablet verwendet wird.

Nutzung eines bestehenden Gerätes

Analog zu den digitalen Büchern entsteht die Umweltbelastung beim Betrachten von Fotos nur durch den direkten Strombedarf des Tablets, da davon ausgegangen wird, dass das **Tablet bereits im Besitz des Lesers** war. Die Umweltbelastung der digitalen Variante ist deshalb abhängig davon, wie lange ein digitales Foto betrachtet wird. Dadurch stellt sich die Frage: Wie lange kann ein Foto betrachtet werden, bis die Umweltbelastung gleich hoch ist wie beim Ausdruck eines Fotos? Mit dem Tablet müsste dasselbe Foto fast fünf Stunden lang betrachtet werden, bis es sich aus Umweltsicht zu lohnen beginnt, das Foto stattdessen auszudrucken (siehe Abbildung 31/Abbildung 27). Mit dem Mobiltelefon sind es wegen dessen geringem Strombedarf sogar beinahe **80 Stunden**, um auf dieselbe Umweltbelastung zu kommen. Wenn kein neues Tablet gekauft wird, ist es aus Umweltsicht besser, Fotos auf dem Tablet zu betrachten anstatt die Fotos auszudrucken.

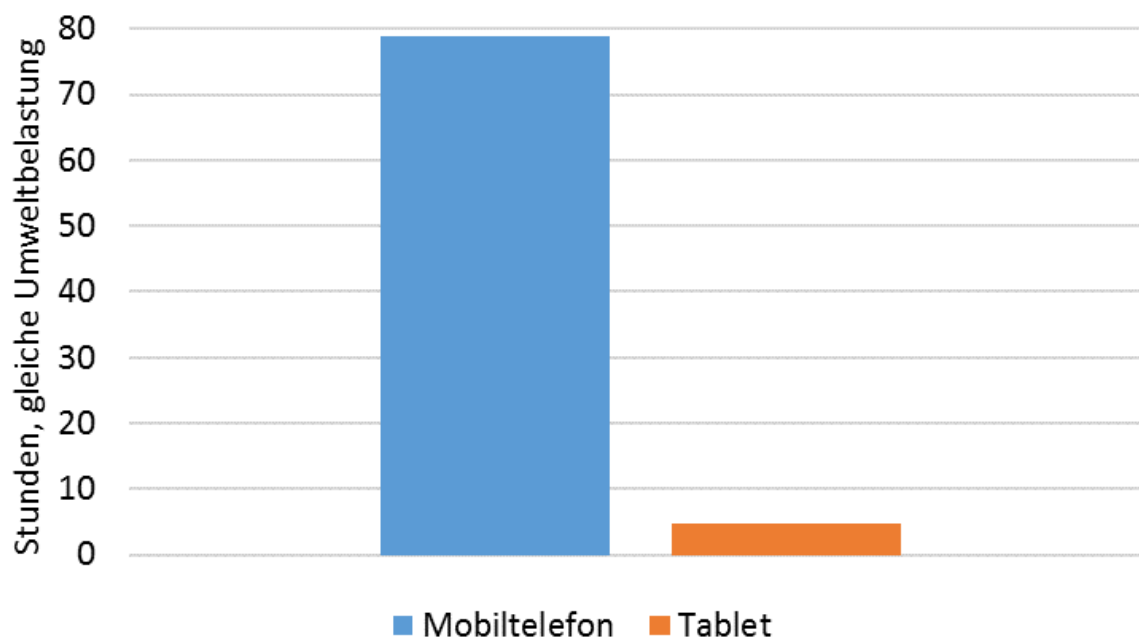


Abbildung 31: Dauer, mit welcher ein Foto (mit dem Mobiltelefon respektive mit dem Tablet) angesehen werden müsste, damit dieselbe Umweltbelastung entstehen würde wie beim Ausdrucken eines Fotos.

Neukauf eines Gerätes

Wird die Umweltbelastung von gedruckten Fotos mit der Herstellung eines Tablets verglichen, lohnt sich der Kauf eines Tablet erst ab dem Ausdruck von rund **20'500 Fotos**. Auf den Kauf eines Tablets sollte daher verzichtet werden.

6.6. Briefe

Für den Vergleich der Klimabelastung von postalischen Briefen mit elektronischen E-Mails wurde nur der direkte Strombedarf des Gerätes und die Bereitstellung und der Transfer der Daten miteingerechnet. Es wurde zudem davon ausgegangen, dass nur Textnachrichten ohne Anhänge versendet werden. Mit diesen Annahmen können mit dem Mobiltelefon beinahe **4'000 Nachrichten** versendet werden, um auf die gleiche Klimabelastung wie beim Versenden eines Briefes zu kommen (siehe Abbildung 32).

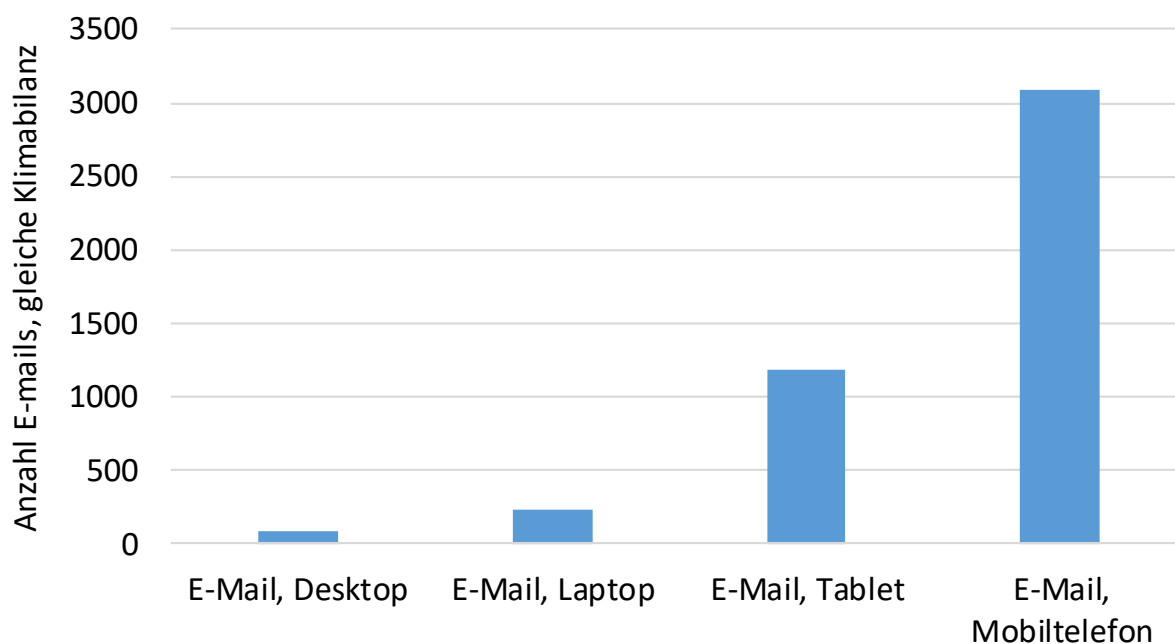


Abbildung 32: Anzahl E-Mails, die gesendet werden müssten, damit dieselbe Klimabelastung entstehen würde wie beim Versenden eines Briefes. Das Endgerät selbst ist nicht miteingerechnet.

Die Dauer des E-Mail-Schreibens wurde als konstant angenommen und das Gerät selbst nicht miteingerechnet. Die unterschiedliche Anzahl Nachrichten, welche dem Senden eines physischen Briefes entsprechen, kann deshalb auf den Stromverbrauch des Gerätes zurückgeführt werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Addition stattfindet: Heute werden mehr elektronische Briefe geschrieben als früher physische Briefe. Dennoch ist die Menge der zusätzlich geschriebenen Briefe wohl geringer als 1'000. Daher kann mit den gegebenen Annahmen das Senden von digitalen Briefen mithilfe des Tablets oder des Mobiltelefons aus Umweltsicht empfohlen werden.

Es muss jedoch auch darauf hingewiesen werden, dass die Umweltauswirkung des physischen Briefes nur sehr grob geschätzt wurde: Die Klimabilanz der Schweizerischen Post wurde auf den Betriebsertrag bezogen. Danach wurde der Anteil eines Briefes an der Gesamtklimabilanz dem Anteil der Kosten eines B-Post-Briefes am Betriebsertrag gleichgesetzt. Die genaue Herleitung ist im Kapitel 3.7.5 beschrieben.

6.7. Recycling von Mobiltelefonen

Wird ein Mobiltelefon nach dem Gebrauch rezykliert, können Metalle wiederverwendet werden. Durch diese Wiederverwertung können Umweltbelastungen auf zwei Weisen vermindert werden: Einerseits, da die Umweltbelastung durch den Abbau neuer mineralischen Ressourcen wegfällt, andererseits, weil dadurch weniger Rohstoffe genutzt werden und dadurch weniger Knappheit beispielsweise bei den seltenen Metallen entsteht. Voraussetzung für den Umweltvorteil des Rezyklierens ist, dass die Anzahl der Geräte, die eine Person besitzt, konstant bleibt, also dass ein

neues Gerät jeweils ein altes ersetzt. Der Aufwand, der durch das Rezyklieren entsteht, ist hier nicht miteingerechnet.

Die Menge an Metallen pro Mobiltelefon wurden Manhart et al. (2016)⁵⁶ entnommen. Diese Mengen wurden mit der Umweltbelastung pro Kilogramm Metall aus der Primärproduktion verrechnet. Die Werte sind in der Tabelle 53 dargestellt. Die verwendeten Datensätze und weitere Details zur Modellierung sind im Anhang D) beschrieben.

Tabelle 53 Materialien in Gramm pro Mobiltelefon in der mittleren Spalte (Manhart et al., 2016)), die Umweltbelastung pro Mobiltelefon (rechte Spalte, erste Zeile) und mögliche Umweltvorteile durch den Verzicht auf den Abbau mineralischer Primärressourcen dank dem Rezyklieren (weitere Zeilen der rechten Spalte).

	Gewicht	Umweltbelastung
Einheit	g/p	UBP/p
Mobiltelefon total	136	59'048
Gold (Au)	0.03	-6'025
Kupfer (Cu)	15.12	-2'042
Palladium (Pd)	0.01	-1984
Indium (In)	0.01	-1312
Aluminium (Al)	22.18	-438
Zinn (Sn)	1.21	-434
Kobalt (Co)	5.38	-421
Magnesium (Mg)	5.54	-277
Silber (Ag)	0.31	-267
Weitere	10	-71
Total Reduktion Umweltbelastung		-13'270

Diese mögliche Umwelteinsparung durch das Rezyklieren eines Mobiltelefons wurde der Umweltbelastung der Produktion gegenübergestellt und in der Abbildung 33 graphisch dargestellt.

⁵⁶ Auch in der Publikation von Yu et al. (2010) wurden die benötigten Materialien pro Mobiltelefon angegeben. Dort wurden aber weniger Materialien aufgeführt, weshalb mit der Quelle von Manhart et al. (2016) gerechnet wurde.

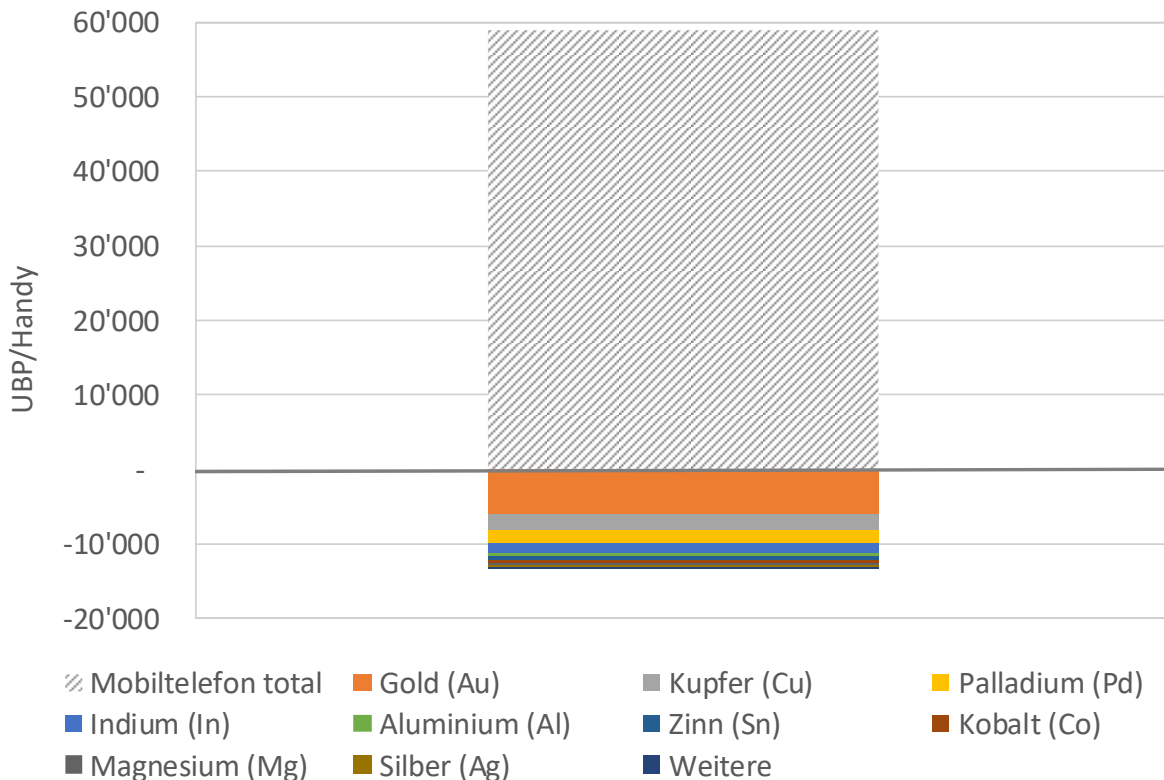


Abbildung 33: Umweltbelastung der Herstellung eines Mobiltelefons pro Stück (grauer Balken oberhalb der x-Achse) und die potenziell eingesparte Umweltbelastung beim Recycling, da auf den Abbau von Primärmineralien verzichtet werden kann (Werte unterhalb der x-Achse).

Wird der Aufwand des Rezyklierens selbst nicht berücksichtigt, können bis zu 22 % der Umweltbelastung durch die Produktion eines Mobiltelefons eingespart werden, indem das Telefon recycelt wird und die Mineralischen Ressourcen dadurch wiederverwendet werden. Das Rezyklieren eines Mobiltelefons ist aus Umweltsicht deutlich zu empfehlen und sollte dem Lagern alter Mobiltelefone in Schubladen klar vorgezogen werden.

7. Empfehlung

Bei den Empfehlungen wird sowohl auf die Geräte eingegangen, welche den grösseren Teil der Umweltbelastung verursachen, als auch auf die Nutzung selbst. Dort können insbesondere beim kumulierten Energieaufwand relevante Reduktionen bewirkt werden. Die Empfehlungen beziehen sich auf die Analyse von Durchschnittsjugendlichen in der Schweiz. Welcher Aspekt wie relevant ist, hängt bei jeder Nutzung von der Art des Internetzugangs (Mobilfunknetz oder WLAN), von Anzahl und Typ der genutzten Geräte und von der Datenintensität der Nutzung ab. Dadurch können die hier genannten Aussagen nicht automatisch auf andere Nutzergruppen übertragen werden.

7.1. Geräte

Am relevantesten für die Umweltbelastung ist der Besitz von Geräten. Die Reduktion der Geräte, die pro Person gekauft werden, hat die höchste Priorität. Folgende Möglichkeiten können dazu genutzt werden:



Es kann darauf geachtet werden, dass mehr Nutzungen auf demselben Gerät stattfinden. Das heisst, dass zum Beispiel nur ein Gerät für das Schreiben von E-Mails, das Zeigen von Fotos und das Betrachten von Videoinhalten genutzt wird. Anstatt Tablet, Laptop und Desktop zu kaufen, wird beispielsweise ein Laptop für alle Tätigkeiten verwendet. Die Hauptfrage, die man sich stellen kann, ist dann: «*Welches Gerät brauche ich wirklich?*».

Solange die Anzahl der Geräte in der Welt zunimmt, nehmen dadurch die dafür genutzten Materialien auch zu. Dadurch wird, sogar wenn alles recycelt würde, weiterhin neues Rohmaterial abgebaut, um die Zunahme der Materialien zu decken (Wäger et al., 2015). Deshalb ist Zurückhaltung bezüglich der Geräteanschaffung zu empfehlen. Im Sinne der Suffizienz kann man sich fragen: «*Was brauche ich wirklich, um glücklich zu werden?*». Ein neues Gerät ist es in den meisten Fällen nicht.



Wenn zwei Personen sich ein Tablet teilen, werden nur halb so viele Tablets produziert und gekauft, als wenn jede Person sich selbst eines kaufen würde. Daher empfiehlt es sich, genau hinzuschauen und zu überlegen: «*Was muss ich wirklich selbst besitzen? Was brauche ich nicht durchgehend und kann es gut mit jemandem teilen, der im selben Haushalt oder nebenan wohnt?*»

Der Fernseher hat im Verhältnis zu den anderen Geräten eine hohe Umweltbelastung pro Stück und einen hohen Anteil an Eigenbesitz bei Jugendlichen. Dadurch gibt es hier ein grosses Potential für die Reduktion der Umweltbelastung.

Lebensdauer

Ein Mobiltelefon wird von Jugendlichen durchschnittlich alle zwei Jahre ersetzt, ein Tablet erst nach mehr als fünf Jahren. Wenn ein Mobiltelefon erst nach drei statt zwei Jahren ersetzt würde, würden 50 % weniger Mobiltelefone produziert.

Die Lebensdauer kann durch verschiedene Tätigkeiten verlängert werden: Einerseits können Geräte, die häufig in der Hand gehalten werden, durch eine Schutzhülle vor Schaden bewahrt werden, sodass diese nicht ersetzt werden müssen. Andererseits gibt es bereits viele Läden, welche Reparaturen anbieten, sodass ein zerschlagener Bildschirm nicht automatisch das Ende eines Mobiltelefons bedeutet. Kritisch ist in diesem Zusammenhang auch, dass regelmässig neue Versionen von Smartphones zum Verkauf stehen, die mit weiteren oder verbesserten Funktionen locken. Deshalb wird das Gerät teilweise nicht wegen eines Defekts, sondern wegen einer besseren Leistung oder neuen Funktionen gekauft.

Auch hier kann man sich die Frage stellen: «Was brauche ich wirklich? Möchte ich mich den aktuellen Trends anschliessen? *Kann ich nicht auch meinen eigenen Weg gehen* und das Gerät erst ersetzen, wenn es nicht mehr funktioniert?»⁵⁷.

Gerätewahl

Wenn die Anschaffung eines Gerätes ansteht, kann als Grundregel gesagt werden, dass kleinere Geräte tendenziell weniger umweltbelastend sind und den grösseren vorzuziehen sind. Ein Laptop ist ein vollwertiger Ersatz für den grösseren Desktop. Wenn es nur darum geht, Filme anzuschauen und E-Mails zu beantworten und keine langen Texte verfasst werden müssen, reicht vielleicht sogar ein Tablet. Wer vor allem Musik hören, Fotos schiessen und Nachrichten schreiben will, kann das Mobiltelefon wählen. Ein kleines Gerät hat den Vorteil, dass mehr Platz in der Tasche und im Gestell bleibt für das, was einem wirklich wichtig ist.

7.2. Nutzung

Um die Umweltbelastung der Nutzung zu reduzieren, kann grundsätzlich an zwei Orten angesetzt werden: Beim direkten Stromverbrauch der Geräte zu Hause und beim Stromverbrauch, der durch den Datentransfer verursacht wird.

Direkter Stromverbrauch

Beim direkten Stromverbrauch ist es empfehlenswert, kleine Geräte zu nutzen, da die grösseren Geräte deutlich mehr Strom benötigen (siehe Tabelle 11 auf Seite 23). Das Mobiltelefon und das

⁵⁷ Laut Manhart (2016) erfolgt ein neuer Gerätekauf aufgrund der psychologische Obsoleszenz, welche hauptsächlich durch kurze Innovationszyklen, Produktwerbung und angebotene Tarifmodelle der Netzbetreiber verursacht sind.

Tablet brauchen zwanzig- bis achtzigmal weniger Strom als beispielsweise Laptop oder Desktop. Der direkte Stromverbrauch trägt zu ca. 5 % der Gesamtumweltbelastung bei, wobei je 2 % durch Desktop und Fernseher entstehen. Daher kann vor allem mit der Reduktion der Nutzung dieser zwei Geräte eine Reduktion erreicht werden.

Dabei gibt es zwei Varianten: Einerseits können Filme beispielsweise auf effizienteren oder kleineren Geräten geschaut werden. Die andere Variante ist die Reduktion der Nutzungsdauer, denn der Fernseher hat auch deshalb einen hohen Anteil an der Umweltbelastung, weil er täglich über eine Stunde lang genutzt wird. Hier kann man sich die Frage stellen: «*Worauf habe ich wirklich Lust? Interessiert mich heute etwas noch mehr als der Fernseher?*»

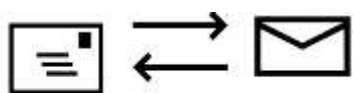
Umweltbelastung durch Datentransfer

Die Umweltbelastung, die durch die Bereitstellung von Daten durch Rechenzentren verursacht wird, ist nur bei sehr hohen Datenmengen relevant, namentlich beim hochauflösenden Fernseher. Dort kann eine leichte Reduktion der Umweltbelastung erreicht werden, indem Videos anstatt mit dem Fernseher zum Beispiel auf dem Tablet und dadurch mit weniger Auflösung angesehen werden. Neben dem Fernseher und dem Betrachten von Videos ist die Bereitstellung von Daten nicht ausschlaggebend für die Umweltbelastung (weniger als 1 % der Umweltbelastung).

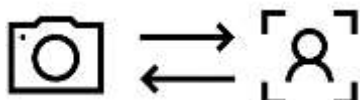
Der Stromverbrauch von Mobilfunkantennen für den Datentransfer trägt bei Jugendlichen zu weniger als einem Prozent der Umweltbelastungen bei, sodass dieser Aspekt nicht im Vordergrund steht. Dies ist auch deshalb der Fall, da bei den Jugendlichen die Nutzung des Mobilfunknetzes für den Datentransfer gering ausfällt: Nur mit dem Mobiltelefon konnte von einer Nutzung des Mobilfunknetzes ausgegangen werden und auch dort geschieht diese nicht zu hundert Prozent. Bei diesem Aspekt kann man sich getrost den Kopf freihalten und muss nicht auch noch über die Umwelt nachdenken.

7.3. Substitution

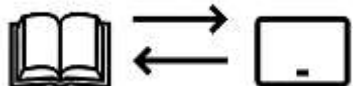
Der Neukauf von Geräten, um physische Produkte zu ersetzen (z.B. Tablet für Zeitungen oder Bücher) lohnt sich typischerweise nicht, da die Umweltbelastung des Gerätes erst nach dem Ersatz



von einer hohen Anzahl Bücher oder Zeitungen wieder aufgehoben ist.



Wenn das Gerät bereits im eigenen Besitz ist, dann lohnt sich die Nutzung des Gerätes als Ersatz für die physischen Güter. Es wird empfohlen, sich Hörbücher fürs Handy anstatt Bücher zum Lesen zu kaufen und sich Bücher mit den Freunden zu teilen.



Bei der Berechnung von Substitutionen sollte nicht vergessen werden, dass durch den einfacheren Zugang auch eine Mehrnutzung («Addition») anstatt ein Ersatz

(«Substitution») stattfindet. Auch in Coroama (2015a) wird darauf hingewiesen, dass zwar energieeffiziente Geräte verfügbar sind, dies aber nicht bedeutet, dass Dematerialisation automatisch geschieht: Es kann gut sein, dass eine Addition anstatt eine Substitution stattfindet.

7.4. Recycling

Recycling von nicht mehr benutzten Geräten wird empfohlen, um Metalle und seltene Erden zurückzugewinnen. Viele ausgediente Geräte landen in Schubladen und werden nicht dem Recycling zugeführt.



Solange die Anzahl Geräte in der Welt aber zunehmen, führt Recycling alleine nicht dazu, dass keine neuen Materialien abgebaut respektive hergestellt werden: Mehr Geräte führen auch zu mehr Bedarf an dafür genutzten Materialien, wodurch neues Rohmaterial abgebaut wird, um diese Zunahme zu decken (Wäger et al., 2015). Also: Alte Geräte raus aus den Schubladen und rein ins Recycling. Das schafft auch Platz in den Schubladen für Dinge, die wir wirklich schätzen.

7.5. Weitere Aspekte neben der Umwelt

Bei der Nutzung digitaler Geräte gibt es weitere problematische Aspekte (Manhart et al., 2016), welche im Rahmen dieser Umweltabschätzung nicht beachtet werden. Dazu gehört die Rohstoffgewinnung in politisch instabilen Regionen der Welt, welche indirekt Konflikte fördert. Auch die teilweise prekären Arbeitsbedingungen bei der Herstellung der Geräte zumeist in Asien oder das unsachgemässe Recycling werden in einer Ökobilanz nicht betrachtet. Eine Betrachtung der Umweltaspekte ist nur ein Teil einer umfassenden Nachhaltigkeitsbetrachtung, in welche auch wirtschaftliche und soziale Aspekte miteinfließen sollten.

Es besteht eine positive Rückkopplung zwischen gewissen Empfehlungen, welche zu Umweltvorteilen führen, und Einflüssen in weiteren Themengebieten. Eine längere Nutzung der digitalen Geräte führt beispielsweise auch zu weniger Abbau der Metalle und somit zu weniger sozialen Auswirkungen. Da die Elektronikindustrie aufgrund der grossen Menge an verkauften Smartphones und Tablets einen wichtigen Anteil am weltweiten Verbrauch gewisser Rohstoffe wie Kobalt, Palladium, Tantal, Silber, Gold, Indium und Magnesium hat (Manhart et al., 2016), gibt es eine Verantwortung bezüglich des Rohstoffabbaus bei der Produktion und Nutzung der digitalen Geräte.

Literaturverzeichnis

Quellen zum Datenverbrauch stammen von verschiedenen Webseiten und sind im Kapitel 3.3 aufgelistet.

- Aijaz, A., Aghvami, H., & Amani, M. (2013). A Survey on Mobile Data Offloading: Technical and Business Perspectives. *IEEE Wireless Communications*, 20(2), 104–112.
- Altenburger, A., Hauri, D., Puntsagdash, G., & Deiningner, S. (2014). *Rechenzentren in der Schweiz - Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotenzial*. Basel, Schweiz: Amstein+Walthert.
- Apple. (2015, 2016, abgerufen am 2017). Environmental Report.
- Auer, G., Blume, O., Giannini, V., Godor, I., Imran, M. A., Jading, Y., Katranaras, E., Olsson, M., Sabella, D., Skillermark, P., & Wajda, W. (2010). *Energy Efficiency Analysis of the Reference Systems, Areas of Improvements and Target Breakdown* (earth - Energy Aware Radio and neTwork technologies No. Deliverable D2.3).
- Buser, P., Friedli, S., & Woodtli, S. D. (2016). *Vergleichende Ökobilanz Kaffee / Schwarztee - Projektarbeit – Modul Ökobilanzierung und Labelmanagement ÖBLM Bachelorstudiengang 2014 Studienrichtung Umweltingenieurwesen*. Wädenswil, Schweiz: Hochschule für angewandte Wissenschaften, Institut UNR.
- CEET. (2013). *The Power of Wireless Cloud - An Analysis of the Impact on Energy Consumption of the Growing Popularity of Accessing Cloud Services via Wireless Devices*. Melbourne, Australia: Centre for Energy-Efficient Telecommunications (CEET), University of Melbourne.
- Coroama, V. C., & Hilty, L. M. (2014). Assessing Internet Energy Intensity: A Review of Methods and Results. *Environmental Impact Assessment Review*, 45, 63–68.
- Coroama, V. C., Moberg, Å., & Hilty, L. M. (2015a). Dematerialization Through Electronic Media? In *ICT Innovations for Sustainability* (S. 405–421). Springer, Cham.
- Coroama, V. C., Schien, D., Preist, C., & Hilty, L. M. (2015b). The Energy Intensity of the Internet: Home and Access Networks. In *ICT Innovations for Sustainability* (S. 137–155). Springer International Publishing.

- die Post. (2016). *Geschäftsbericht 2016*.
- ecoinvent Centre. (2015). *ecoinvent data v3.2, Swiss Centre for Life Cycle Inventories*. Zürich.
- Entner, R. (2011). *International Comparisons: The Handset Replacement Cycle*. Recon Analytics.
- Faist Emmenegger, M., Frischknecht, R., & Jungbluth, N. (2003). *LCA des Mobilfunksystems UMTS. Unter Mitarbeit von M. Guggisberg, Swisscom, M. Stutz, Motorola, T. Otto, Deutsche Telekom, R. Witschi, Swisscom*. Uster: ESU-services.
- Frischknecht, R., Büsser Knöpfel, S., Flury, K., Stucki, M., & Ahmadi, M. (2013). *Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz*. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Gantert, K. (2016). *Bibliothekarisches Grundwissen*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Hilty, L. M. (2019, Juni 14). Video-Streaming ist weit weniger klimabelastend als Fliegen. Gastkommentar bei der NZZ.
- Hischier, R., Coroama, V. C., Schien, D., & Ahmadi Achachlouei, M. (2015). Grey Energy and Environmental Impacts of ICT Hardware. In Hilty, L.M., Aebischer, B. (eds.) *ICT Innovations for Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing* (Bd. 310, S. 171–189). Springer, Switzerland.
- Hischier, R., Keller, M., Hilty, L., & Lisibach, R. (2013a). Mat - an ICT Application to Support a More Sustainable Use of Print Products and ICT Devices.
- Hischier, R., Keller, M., Lisibach, R., & Hilty, L. M. (2013b). *Green Media Calculator*. en, Zürich, Schweiz.
- Hischier, R., & Wäger, P. A. (2015). The Transition from Desktop Computers to Tablets: A Model for Increasing Resource Efficiency? In Hilty, L.M., Aebischer, B. (eds.) *ICT Innovations for Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing* (Bd. 310, S. 243–256). Springer, Switzerland.
- Hischier, R., Weidema, B., Althaus, H., Bauer, C., Frischknecht, R., Doka, G., Dones, R., Hellweg, S., Humbert, S., Jungbluth, N., Köllner, T., Loerincck, Y., Margni, M., & Nemecek, T. (2010). *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods*. Dübendorf, CH: Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

- IGEM, & WEMF. (2015). *IGEM-digiMONITOR 2015*. Lommiswil, Schweiz: Interessengemeinschaft Elektronische Medien (IGEM) und Werbemedienforschung (WEMF AG).
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Koomey, J. G. (2008). Worldwide Electricity Used in Data Centers. *Environmental Research Letters*, 3(3), 034008.
- Life Cycle Assessment of the Mobile Communication System UMTS. (2004). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 1–12.
- MACH Basic 2017-1. (2017, Mai 3). 20 Minuten Print.
- Manhart, A., Blepp, M., Fischer, C., Graulich, K., Prakash, S., Priess, R., Schleicher, T., & Tür, M. (2016). *Resource Efficiency in the ICT Sector* (Final Report, November 2016) (S. 1–86). Freiburg, DE: Greenpeace e.V.; Öko-Institut e.V.
- Müller, E., Widmer, R., Orthlieb, A., & Giradin, B. (2012). *Materialflüsse und Umweltauswirkungen der Dienstleistung «Internet Schweiz»* (S. 1–58). Bern, Schweiz: EMPA, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- Novotny, R. (2013). *Energieverbrauch digitaler Zeitungen* (Energieeffizienz). Fehrltorf, CH: Electrosuisse.
- Paiano, A., Lagioia, G., & Cataldo, A. (2013). A Critical Analysis of the Sustainability of Mobile Phone Use. *Resources, Conservation and Recycling*, 73, 162–171.
- Pickavet, M., Vereecken, W., Demeyer, S., Audenaert, P., Vermeulen, B., Develder, C., Colle, D., Dhoedt, B., & Demeester, P. (2008). Worldwide Energy Needs for ICT: The Rise of Power-Aware Networking (S. 1–3). IEEE.
- PRé Consultants. (2016). *SimaPro 8.3 software*.
- Schien, D., Coroama, V. C., Hilty, L. M., & Preist, C. (2015). The Energy Intensity of the Internet: Edge and Core Networks. In L. M. Hilty & B. Aebischer (Hrsg.), *ICT Innovations for Sustainability* (Bd. 310, S. 157–170). Cham: Springer International Publishing.
- Schien, D., Preist, C., Yearworth, M., & Shabajee, P. (2012). Impact of Location on the Energy Footprint of Digital Media (S. 1–6). IEEE.

- Schien, D., Shabajee, P., Yearworth, M., & Preist, C. (2013). Modeling and Assessing Variability in Energy Consumption During the Use Stage of Online Multimedia Services. *Journal of Industrial Ecology*, 17(6), 800–813.
- Suh, Y., Choi, J., Seo, C., & Shin, Y. (2014). A study on energy savings potential of data network equipment for a green internet (Bd. 16, S. 1146–1151). Gehalten auf der 16th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT).
- Suter, L., & Waller, G. (2017a). *DigiSUFF - Segmentierung: Technical Report (unveröffentlicht)*. Zürich.
- Suter, L., & Waller, G. (2017b). Zahlen der Umfrage des DigiSUFF-Projektes (Excel-Dokument, unveröffentlicht). ZHAW Angewandte Psychologie.
- Suter, L., Waller, G., Willemse, I., Genner, S., & Süss, D. (2017). JAMESfocus. Handyverhalten und Nachhaltigkeit.
- Thiébaud, E., Hilty, L. M., Schluep, M., Widmer, R., & Faulstich, M. (2017). Service Lifetime, Storage Time and Disposal Pathways of Electronic Equipment: A Swiss Case Study. *Journal of Industrial Ecology*.
- VDMA. (2012). *Elektronische Medien sind nur manchmal ökologisch vorteilhaft*. Im Auftrag vom Fachverband Druck- und Papiertechnik: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
- Wäger, P. A., Hischier, R., & Widmer, R. (2015). The Material Basis of ICT. In *ICT Innovations for Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing* (S. 209–221). Springer International Publishing.
- Waller, G., Willemse, I., Genner, S., Suter, L., & Süss, D. (2016). *JAMES - Jugend | Aktivitäten | Medien - Erhebung Schweiz*. (Ergebnisbericht zur JAMES-Studie 2016.). Zürich, Schweiz: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.
- Whitney, J., & Delforge, P. (2014). *Data Center Efficiency Assessment - Scaling up Energy Efficiency across the Data Center Industry: Evaluating Key Drivers and Barriers* (Issue Paper No. IP:14-08-A). New York, USA: Natural Resources Defense Council (NRDC).
- Wyssen, P.-A. (2015). *Optimierung des Energieverbrauchs bei mobilen Applikationen* (Bachelorarbeit) (S. 1–78). Sierre, Schweiz: Haute Ecole de Gestion & Tourisme HES-SO.

Yu, J., Williams, E., & Ju, M. (2010). Analysis of Material and Energy Consumption of Mobile Phones in China. *Energy Policy*, 38(8), 4135–4141.

Zahner, M., Fröhlich, J., & Dürrenberger, G. (2017). *Energieeffizienz und EMF-Immissionen von integrierten Induktionsladestationen* (Schlussbericht). Bern, Schweiz: Auftraggeber: Bundesamt für Energie (BFE); FSM - Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Nutzungsdauer («service lifetime») verschiedener Geräte in Jahren (Thiébaud et al., 2017)	11
Tabelle 2 Für die Modellierung verwendete Nutzungsdauer verschiedener Geräte in Jahren (Durchschnitt).....	12
Tabelle 3 Für die Modellierung verwendete Nutzungsdauer (in Jahren) des Mobiltelefons in Abhängigkeit der Nutzertypen.....	12
Tabelle 4 Gerätebesitz und Geräte im Haushalt (Waller et al., 2016) und daraus berechneter Gerätebesitz pro Person. Die berechneten Werte sind kursiv angegeben. Annahme: 75 % der Geräte der Kategorie «Laptop/Desktop» sind Laptops, der Rest Desktops. Die Anzahl Nutzer pro Haus beträgt im Durchschnitt 3.8 Personen (Suter & Waller, 2017b)	14
Tabelle 5 Gerätebesitz der Jugendlichen aus verschiedenen Nutzertypen, die aufgrund der Zuordnung der Antworten zwischen der JAMES-Studie (Waller et al., 2016) und des Fragebogens (Suter & Waller, 2017b) berechnet wurden.	15
Tabelle 6 Modellierung einer Stunde Nutzung von Ortungsdiensten.....	17
Tabelle 7 Modellierung einer Stunde Nutzung der WLAN-Suchfunktion	17
Tabelle 8 Modellierung einer Stunde Nutzung von Bluetooth im Stand-by-Modus.....	18
Tabelle 9 Modellierungsaufbau des Datentransfers einer Tätigkeit während einer Stunde (z.B. Musik hören), aufgeteilt auf die zwei Varianten «Datentransfer über das Mobilfunknetz» (dritte Spalte von links) und «Datentransfer über das Heim-WLAN» (vierte Spalte von links)....	20
Tabelle 10 Aufbau der Modellierung einer Stunde Tätigkeit mit einem Endgerät.....	21
Tabelle 11 Leistungsbezug verschiedener Endgeräte in Abhängigkeit der Tätigkeit, angegeben in Watt (ohne Ladeverluste).....	23
Tabelle 12 Ladeeffizienz verschiedener Endgeräte, angegeben in Prozent. Eingerechnet sind auch Umwandlungsverluste durch die Speicherung in den Batterien.	24
Tabelle 13 Dauer der verschiedenen Tätigkeiten, aufgeteilt auf die Geräte, für die durchschnittliche Nutzung der Geräte am gestrigen Tag (Suter & Waller, 2017b)	25
Tabelle 14 Häufigkeit der durchschnittlichen Gerätenutzung der Jugendlichen (Waller et al., 2016) in Prozent.....	25
Tabelle 15 Umrechnung der qualitativen Häufigkeit der Gerätenutzung auf einen quantitativen Wert, um den Korrekturfaktor der Dauer zu berechnen	26
Tabelle 16 Korrekturwert für die Nutzungsdauer (Suter & Waller, 2017b) basierend auf der Gerätenutzungshäufigkeit (Waller et al., 2016)	26
Tabelle 17 Dauer der verschiedenen Tätigkeiten, aufgeteilt auf die Geräte, für die durchschnittliche Nutzung (Suter & Waller, 2017b).....	27
Tabelle 18 Dauer der verschiedenen Tätigkeiten, aufgeteilt auf die Geräte, für die Nutzung der Geräte am gestrigen Tag durch die drei Nutzertypen (Suter & Waller, 2017b).....	29
Tabelle 19 Häufigkeit der Gerätenutzung der drei Nutzertypen aus dem Fragebogen (Suter & Waller, 2017b).....	30
Tabelle 20 Korrekturwert für die Nutzungsdauer (Suter & Waller, 2017b) basierend auf der Gerätenutzungshäufigkeit (Waller et al., 2016)	30
Tabelle 21 Dauer der verschiedenen Tätigkeiten, aufgeteilt auf die Geräte, für die durchschnittliche Nutzung der Geräte durch die drei Nutzertypen (Suter & Waller, 2017b).....	31
Tabelle 22 Datenmenge für Telefonanrufe über das Internet pro Minute	35
Tabelle 23 Datenmenge pro versendete Nachricht.....	36
Tabelle 24 Datenmenge pro Minute Internetbrowsing respektive «News».....	37
Tabelle 25 Datenmenge pro Minute YouTube-Video.....	38
Tabelle 26 Datenmenge pro Minute Soziale Medien	39
Tabelle 27 Datenmenge pro Profilaufruf. Konnte für Modellierung nicht verwendet werden.....	39
Tabelle 28 Datenmenge pro Musikstreaming.....	40
Tabelle 29 Datenmenge für Gaming pro Minute	40

Tabelle 30 Datenmenge beim Fernsehen	41
Tabelle 31 Stromverbrauch des Mobilfunknetzes pro Datenmenge aus verschiedenen Quellen	43
Tabelle 32 Modellierung eines Megabytes Datentransfers über das Mobilfunknetz der dritten Generation (UMTS).....	43
Tabelle 33 Modellierung eines Tages Standby-Nutzung des Routers	45
Tabelle 34 Modellierung einer Stunde aktiver Nutzung eines WLAN Routers.....	46
Tabelle 35 Anteil Internetzugang mit Mobilfunknetz im Gegensatz zu WLAN, angegeben in Prozent. Angaben aus Suter & Waller (2017b).....	47
Tabelle 36 Modellierung des Datentransfers, basierend auf Hischier et al. (2015).....	48
Tabelle 37 Modellierung der Rechenzentren: Stromverbrauch und Gerät pro Megabyte Datentransfer	51
Tabelle 38 Annahme zur Substitution der Jugendlichen pro Tag (Summe)	53
Tabelle 39 Kauf von physischen und Nutzung digitaler Bücher (Suter & Waller, 2017b).....	54
Tabelle 40 Modellierung eines Buches pro Stück	55
Tabelle 41 Anzahl Nutzer pro Exemplar bei Büchern	55
Tabelle 42 Kauf von physischen und Nutzung digitaler Zeitungen (Suter & Waller, 2017b), bezogen auf eine Woche.	56
Tabelle 43 Annahmen für die Modellierung der Zeitung (diese Studie).....	57
Tabelle 44 Modellierung einer Zeitung pro Stück.....	57
Tabelle 45 Geräte, welche zum Lesen von Online-Zeitungen genutzt werden (Suter & Waller, 2017b).	58
Tabelle 46 Gewicht der drei meistverkauften Kompaktkameras auf digitec, die weniger als 50 CHF kosten.....	59
Tabelle 47 Modellierung Kamera pro Stück	59
Tabelle 48 Modellierung einer ausgedruckten Fotografie pro Stück.....	60
Tabelle 49 Modellierung des Versenden eines Briefes (Klimabilanz)	61
Tabelle 50 Modellierung Eistee	63
Tabelle 51 Modellierung eines Burgers pro Stück	64
Tabelle 52 Modellierung eines T-Shirts pro Stück	65
Tabelle 53 Materialien in Gramm pro Mobiltelefon in der mittleren Spalte (Manhart et al., 2016)), die Umweltbelastung pro Mobiltelefon (rechte Spalte, erste Zeile) und mögliche Umweltvorteile durch den Verzicht auf den Abbau mineralischer Primärressourcen dank dem Rezyklieren (weitere Zeilen der rechten Spalte).....	98
Tabelle 54 Für die Segmentierung (Bildung von Nutzertypen) verwendete Antwortvariablen der Umfrage (Suter & Waller, 2017b)	115
Tabelle 55 Korrektur: CO ₂ -Emissionen pro Gerät aus den Apple Umweltberichten und berechneter Durchschnitt pro Typ (fettgedruckt). Zudem die Datensätze von Hischier et al. (2013b) (kursiv) und ecoinvent 2 (ecoinvent Centre, 2015).	118
Tabelle 56 Klimabilanz der Geräte in kg CO ₂ -eq pro Stück im Vergleich (ecoinvent Centre, 2015; Hischier et al., 2013b; Manhart et al., 2016)	119
Tabelle 57 Korrektur: Berechnung des zusätzlichen Inputs von Strom bei den Endgeräten.....	120
Tabelle 58 Potentiell eingesparte Umweltbelastung durch die Rückgewinnung der Metalle pro Mobiltelefon (absolut und relativ, rechte Spalten), das Gewicht der Materialien pro Mobiltelefon (mittlere Spalte, auf Manhart et al. (2016) basierend) und die verwendeten ecoinvent-Datensätze (linke Spalte). Die grössten Umwelteinsparungen sind fett dargestellt, graue Materialien flossen nicht in die Bewertung ein.	121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Systembild der Modellierung. In der oberen Zeile sind die Parameter gegeben, welche bei der Modellierung verwendet werden, darunter werden die Hauptdatensatztypen gezeigt, welche modelliert wurden.	6
Abbildung 2: Modellierung der Tätigkeiten. Zuerst sind die Parameter gegeben, welche die Modellierung der Prozesse beeinflussen, darunter werden die Hauptdatensatztypen blau umrandet dargestellt.	19
Abbildung 3: Durchschnittliche tägliche Nutzungsdauer der verschiedenen Tätigkeiten in Minuten pro Tag, aufgeteilt auf die Geräte (Suter & Waller, 2017b).....	28
Abbildung 4: Dauer der verschiedenen Nutzungsarten, aufgeteilt auf die Geräte, für die durchschnittliche Nutzungsdauer der Geräte für die drei Nutzertypen (Suter & Waller, 2017b).....	32
Abbildung 5 Für die Summe der Substitution wurden Bücher, Zeitungen und Kamera miteingerechnet	53
Abbildung 6: Durchschnittliche Umweltbelastung durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte. Die Angaben sind in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung. Die Umweltbelastung ist aufgeteilt auf die Geräte (Herstellung und Entsorgung) und die Nutzung.	67
Abbildung 7: Durchschnittliche Umweltbelastung durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte. Die Angaben sind in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung. Die Umweltbelastung ist aufgeteilt auf verschiedene Umweltauswirkungen.	69
Abbildung 8: Durchschnittliche Umweltbelastung in der Kategorie «Abbau mineralischer Ressourcen» durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte. Die Angaben sind in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.	70
Abbildung 9: Kumulierter Energieaufwand durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte in Megajoule pro Tag der Nutzung. Der Energieaufwand ist aufgeteilt auf nicht erneuerbare und erneuerbare Quellen der Energie.	71
Abbildung 10: Kumulierter Energieaufwand durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte in MJ pro Tag der Nutzung. Der Energieaufwand ist aufgeteilt auf Gerät und Nutzung.....	72
Abbildung 11: Umweltbelastung durch die Herstellung und Entsorgung digitaler Geräte pro Stück in tausend Umweltbelastungspunkten (UBP).	73
Abbildung 12: Umweltbelastung für Datenbereitstellung und Datentransfer verschiedener Tätigkeiten. Das Endgerät und der Stromverbrauch desselben ist nicht miteingerechnet. Angaben in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Stunde Nutzung.....	74
Abbildung 13: Umweltbelastung durch das Gerät und die Nutzung, wenn das eigene Gerät pro Tag ausschliesslich für eine Stunde für das Betrachten von Videos genutzt wird. Die Nutzung beinhaltet die Datenübertragung sowie den Stromverbrauch des Endgerätes.	75
Abbildung 14: Aufteilung der Umweltbelastung des Mobiltelefons auf Tätigkeiten, Geräteherstellung und Entsorgung, und Hintergrundfunktionen in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.	76
Abbildung 15: Aufteilung der Umweltbelastung (linke Achse, in Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Person und Tag) auf die verschiedenen Tätigkeiten mit dem Mobiltelefon. Die rechte Achse zeigt die Minuten pro Tag an, während welcher die Tätigkeiten ausgeführt werden.	77
Abbildung 16: Vergleich der Umweltbelastung der Tätigkeiten mit dem Mobiltelefon pro Stunde. Miteingerechnet ist direkter Stromverbrauch des Endgerätes sowie Datentransfer und – bereitstellung. Das Endgerät selbst ist nicht berücksichtigt. Der Anteil der Datenübertragung über das Mobilfunknetz und über WLAN ist miteingerechnet und stammt aus dem Fragebogen von Suter & Waller (2017b).....	78
Abbildung 17: Aufteilung der Umweltbelastung des Tablets auf Tätigkeiten, Herstellung und Entsorgung, und Hintergrundfunktionen in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.....	79
Abbildung 18: Aufteilung der Umweltbelastung (linke Achse, in Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Person und Tag) auf die verschiedenen Tätigkeiten mit dem Tablet. Die rechte Achse zeigt die Minuten pro Tag an, während welcher die Tätigkeiten ausgeführt werden	80
Abbildung 19: Aufteilung der Umweltbelastung der Laptopnutzung auf Tätigkeiten, Herstellung und Entsorgung, und Hintergrundfunktionen. Angaben in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.....	81

- Abbildung 20: Aufteilung der Umweltbelastung (linke Achse, in Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Person und Tag) auf die verschiedenen Tätigkeiten mit dem Laptop. Die rechte Achse zeigt die Minuten pro Tag an, während welcher die Tätigkeiten ausgeführt werden.82
- Abbildung 21: Aufteilung der Umweltbelastung der Desktopnutzung auf Tätigkeiten sowie Herstellung und Entsorgung von Desktop und Bildschirm. Angaben in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.....83
- Abbildung 22: Vergleich der Umweltbelastung der Tätigkeiten mit dem Desktop pro Stunde. Miteingerechnet ist direkter Stromverbrauch des Desktops sowie Datentransfer und –bereitstellung. Die Herstellung und –entsorgung des Endgerätes selbst ist nicht berücksichtigt.84
- Abbildung 23: Aufteilung der Umweltbelastung (linke Achse, in Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Person und Tag) auf die verschiedenen Tätigkeiten mit dem Desktop. Die rechte Achse zeigt die Minuten pro Tag an, während welcher die Tätigkeiten ausgeführt werden.85
- Abbildung 24: Aufteilung der Umweltbelastung des Fernsehens auf die Herstellung und Entsorgung des Gerätes, den Stromverbrauch beim Gerät und das Rechenzentrum. Angaben in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.....86
- Abbildung 25 Umweltauswirkungen durch die Nutzung digitaler Geräte der drei Nutzertypen in Umweltbelastungspunkten pro Person und Tag, aufgeteilt auf die verschiedenen Geräte.87
- Abbildung 26: Umweltbelastung durch die individuelle Nutzung digitaler Geräte der drei Nutzertypen. Die Angaben sind in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.88
- Abbildung 27 Stunden, während welcher ein Buch online (Tablet) gelesen werden müsste, damit dieselbe Umweltbelastung entstehen würde wie bei der Herstellung eines physischen Buches. Nur der direkte Stromverbrauch des Tablets ist eingerechnet.90
- Abbildung 28 Dauer, mit welcher eine Zeitung online auf dem Mobiltelefon gelesen werden müsste, damit dieselbe Umweltbelastung entstehen würde wie bei der Nutzung einer Zeitung bei unterschiedlicher Anzahl Leser. Sowohl der direkte Strombedarf des Mobiltelefons als auch die Bereitstellung und der Transfer der Daten ist hier miteingerechnet.91
- Abbildung 29: Eingesparte Umweltbelastung durch die Nutzung digitaler anstatt physischer Medien in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung. Die Substitution basiert auf den Angaben der Jugendlichen zur Nutzung physischer und nicht-physischer Medien (Buch und Zeitung) und auf der Annahme, dass das Handy die Kamera teilweise ersetzt. In Klammern ist die Anzahl der ersetzten physischen Medien angegeben.93
- Abbildung 30: Durchschnittliche Umweltbelastung durch die individuelle Nutzung von Mobiltelefon und Tablet (rechts, oberhalb der X-Achse) im Vergleich zu den Umweltvorteilen durch Substitution (links, Negativwerte unterhalb der X-Achse.). Die Angaben sind in Umweltbelastungspunkten (UBP) pro Person und pro Tag der Nutzung.94
- Abbildung 31: Dauer, mit welcher ein Foto (mit dem Mobiltelefon respektive mit dem Tablet) angesehen werden müsste, damit dieselbe Umweltbelastung entstehen würde wie beim Ausdrucken eines Fotos.....96
- Abbildung 32: Anzahl E-Mails, die gesendet werden müssten, damit dieselbe Klimabelastung entstehen würde wie beim Versenden eines Briefes. Das Endgerät selbst ist nicht miteingerechnet.97
- Abbildung 33: Umweltbelastung der Herstellung eines Mobiltelefons pro Stück (grauer Balken oberhalb der x-Achse) und die potenziell eingesparte Umweltbelastung beim Recycling, da auf den Abbau von Primärmineralien verzichtet werden kann (Werte unterhalb der x-Achse).99

Anhang

Folgende zusätzliche Informationen sind in diesem Anhang verfügbar:

Im Anhang «**A Gewichtung der Umfrageergebnisse**» wird erklärt, welche Gewichtung der Umfrageergebnisse vorgenommen wurde, damit die Werte dem Durchschnitt Schweizer Jugendlichen entsprechen (Autor: Lilian Suter, ZHAW Angewandte Psychologie).

Im Anhang «**B Herleitung der Nutzertypen**» wird erklärt, wie mittels Segmentierung drei Nutzertypen hergeleitet wurden (Autor: Gregor Waller, ZHAW Angewandte Psychologie).

Die Korrektur der bestehenden Sachbilanzdaten der Geräte, um der höheren Klimabilanz der Ökobilanz von Geräteherstellern zu entsprechen, ist in «**C Korrektur bei der Herstellung der Endgeräte**» erklärt.

Details dazu, wie die Vorteile durch das Recycling von Mobiltelefonen berechnet wurden, ist in «**D Modellierung der Vorteile von Mobiltelefonrecycling**» beschrieben.

A. Gewichtung der Umfrageergebnisse

von Lilian Suter

Da die Stichprobe in einigen Merkmalen nicht mit der Deutschschweizer Bevölkerung zwischen 12 und 25 Jahren übereinstimmt, wurde vor der Analyse der Daten eine Gewichtung bzw. Poststratifizierung vorgenommen.

Grundlage für die Poststratifizierung bilden die Zahlen der ständigen **Wohnbevölkerung** der Schweiz (Stichtag 31. Dezember 2015). Berücksichtigt wurden lediglich die Deutschschweizer Kantone (inkl. Bern, ohne Wallis und Fribourg) und die Altersgruppen zwischen 12 und 25 Jahren. Die Population umfasst 872'582 Personen. Die Bevölkerungszahlen wurden in vier Altersgruppen (12-15 Jahre, 16-18 Jahre, 19-21 Jahre, 22-25 Jahre) zusammengefasst/summiert. Innerhalb dieser vier Altersgruppen wurde die weitere Gewichtung nach Geschlecht, Bildungsniveau und Urbanität der Wohnorte und vorgenommen.

Aufgrund der ungleichen **Geschlechterverteilung** in der Stichprobe (insbesondere in den Daten des Panels) wurde das Geschlecht in der Poststratifizierung ebenfalls berücksichtigt. Wie ein Blick in die Geschlechterverteilung der oben genannten Altersgruppen in der Bevölkerung zeigt, kann von einem 50:50-Verhältnis der Geschlechter ausgegangen werden. Dieses wurde in der Gewichtung eingesetzt.

Als Indikator für das **Bildungsniveau** in der Schweiz wurde das Verhältnis der Bildungsabschlüsse in der Schweiz 2013 auf Sekundarstufe 2 herangezogen. 64 % der Abschlüsse zählen zur beruflichen Grundbildung (inkl. Eidg. Fähigkeitszeugnisse), 36 % der Abschlüsse zählen zur Allgemeinbildung (inkl. Maturitäten).

Ebenfalls berücksichtigt wurde die **Urbanität der Wohnorte** der Teilnehmer. Die Wohnorte wurden als städtisch oder ländlich eingeteilt. Dies erfolgte anhand der Definition des **städtischen Kernraumes**. Hierzu zählen Agglomerationskerngemeinden sowie Kerngemeinden ausserhalb Agglomerationen. In diesen städtischen Gemeinden lebten 2012 63 % der Schweizer Bevölkerung (vgl. Erläuterungsbericht „Raum mit städtischem Charakter 2012, BFS 2014). Entsprechend wurde das Stadt:Land-Verhältnis mit 63:37 innerhalb der Schichten berücksichtigt.

Durch das oben beschriebene Vorgehen resultieren 28 Schichten. Zusätzlich wurde die Struktur der Stichprobe der 12- bis 15-Jährigen (Befragung in Schulklassen) berücksichtigt, indem jede Schulklasse ein **Cluster** darstellt. Die Panel-Befragung wurde als ein grosses Cluster berücksichtigt.

Diese Gewichtung ist eine **Annäherung an die tatsächliche Verteilung** relevanter Merkmale in der Population Schweizer 12- bis 25-Jähriger. Insbesondere das Bildungsniveau und mögliche zukünftige Bildungswege sind in dieser Altersgruppe schwierig einzuschätzen.

B. Herleitung der Nutzertypen

von Gregor Waller

Die Segmentierung der Antworten die zu der Herleitung von drei Nutzertypen geführt hat, wurden durch Gregor Waller und Lilian Suter der Forschungsgruppe Medienpsychologie der ZHAW Angewandte Psychologie vorgenommen. Sie basiert auf folgenden 18 Antwortvariablen der Umfrage (Suter & Waller, 2017b).

Tabelle 54 Für die Segmentierung (Bildung von Nutzertypen) verwendete Antwortvariablen der Umfrage (Suter & Waller, 2017b)

Variablen-Name	Bezeichnung	Antwortmöglichkeit
Handynutzung	Handy/Smartphone	7-stufig: nie bis täglich
Tabletnutzung	Tablet PC	7-stufig: nie bis täglich
Notebooknutzung	Laptop/Notebook	7-stufig: nie bis täglich
Desktopnutzung	Desktop Computer	7-stufig: nie bis täglich
TVnutzung	Fernsehgerät	7-stufig: nie bis täglich
feste.Spielkonsole.Nutzun g	Feste Spielkonsole	7-stufig: nie bis täglich
tragbare.Spielkonsole.Nut zung	Tragbare Spielkonsole	7-stufig: nie bis täglich
MP3.Player.Nutzung	MP3-Player/iPod	7-stufig: nie bis täglich
Fotokomera.Nutzung	Fotokamera	7-stufig: nie bis täglich
Dauer_Handy	Dauer Handynutzung gestern (Min.)	Minutenangaben
Handy.Nachrichten	Nachrichten, Bilder oder Videos via Messenger (z.B. WhatsApp) verschicken oder empfangen	Prozent-Angabe
Handy.SNS	Soziale Netzwerke nutzen (z.B. Facebook)	Prozent-Angabe
Handy.Musik	Musik hören	Prozent-Angabe
Handy.Videos	Videos, Filme oder Serien anschauen (z.B. YouTube) oder fernsehen	Prozent-Angabe
Handy.Telefonie	Telefonieren auch Videotelefonie	Prozent-Angabe
Handy.Mail	E-Mails versenden oder empfangen	Prozent-Angabe
Handy.Games	Videogames spielen	Prozent-Angabe
Handy.Internet	im Internet surfen	Prozent-Angabe

Um für die weiteren Analysen alle Fälle mit einzubeziehen werden fehlende Werte mit einem nichtparametrischen Punkt-Imputations-Verfahren („Random Forest“-Algorithmus) geschätzt und ersetzt.

Die Information aus den 18 Ausgangsvariablen werden mit Hilfe einer gewichteten Principal Component Analysis (PCA) verdichtet. Die Gewichtungvariable wird aus den einzelnen Fallgewichten (Inversion der Auswahlwahrscheinlichkeit) gebildet. Die optimale Anzahl Komponenten wird mittels „Kaiser-Kriterium“ und „Parallel Analyse“ bestimmt. Beide Methoden kommen zum Ergebnis, dass idealerweise neun Dimensionen extrahiert werden.

Die neun Dimensionen aus der PCA werden also mittels t-SNE⁵⁸ Algorithmus (t-distributed stochastic neighbor embedding) auf zwei Dimensionen reduziert und visualisiert. Mit Hilfe des k-Means Algorithmus werden die Fälle in 3 Segmente aufgesplittet.

Um die Segmente inhaltlich zu interpretieren, wird pro Segment ein Mittelwerts-Profil erstellt. Es fließen dabei auch Variablen ausserhalb der Mediennutzung mit ein. Insgesamt sind es 50 Merkmale, von denen Daten von allen Probanden vorhanden sind. Daraus resultiert die untenstehende Beschreibung der drei Typen.

Segment I: «heavy electronic media users»

Entspricht dem Typ 1

- Eher männliches Geschlecht
- Jüngere Altersgruppe
- Formal niedrigeres Bildungsniveau
- Umweltbelastung bei der Handyherstellung wird unterdurchschnittlich wahrgenommen
- Wenig preissensibel in Bezug auf das Handy
- **Über**durchschnittliche Videogame und TV-Nutzung
- **Über**durchschnittliche Tablet und Desktop-Nutzung
- **Unter**durchschnittliche Nutzung von Handy-Nachrichten
- **Über**durchschnittliche Internet-Nutzung via Handy

⁵⁸ Der t-SNE Algorithmus hat sich in den letzten Jahren im Bereich des Machine Learnings als vielseitig einsetzbaren und effizienten Algorithmus etabliert. Eine Stärke des Algorithmus' ist die Verdichtung von hochdimensionalen Daten in zweidimensionale Abbilder.

Segment II: «audiovisual-oriented smartphone users (video, music, games, streaming)»

Entspricht dem Typ 2

- Eher männliches Geschlecht
- Formal mittleres Bildungsniveau
- Jüngeres Alter
- Umweltbelastung bei der Handyherstellung wird durchschnittlich wahrgenommen
- Nutzung digitaler Medien ist stark auf das Handy fokussiert (Handy-Games, Handy-Videos, Handy-Musik)
- Erhöhte Handynutzungsdauer
- Andere digitale Geräte (Spielkonsole, TV, Notebook etc.) werden zurückhaltend eingesetzt

Segment III: «communication-oriented smartphone users (texting and talking)»

Entspricht dem Typ 3

- Eher weibliches Geschlecht
- Ältere Altersgruppe
- Formal höheres Bildungsniveau
- Umweltbelastung bei der Handyherstellung wird überdurchschnittlich wahrgenommen
- Preissensibel beim Handykauf
- **Unterdurchschnittliche** Game und Desktopnutzung
- **Überdurchschnittliche** Notebooknutzung
- **Überdurchschnittliche** Nutzung von Handy-Nachrichten
- **Überdurchschnittliche** Nutzung von Handy-Telefonie

C. Korrektur bei der Herstellung der Endgeräte

Die Umweltbelastung der Herstellung digitaler Geräte wird in den ecoinvent-Datensätzen unterschätzt, da die ausgewiesenen Klimabilanz-Ergebnisse der detaillierten Umweltberichte von Apple (Apple, 2015) über den Ergebnissen der ecoinvent-Datensätze liegen. Um diesem Umstand gerecht zu werden, wurden zuerst Mittelwerte der Umweltberichte mehrerer Typen desselben Gerätes berechnet (siehe Tabelle 55).

Tabelle 55 Korrektur: CO₂-Emissionen pro Gerät aus den Apple Umweltberichten und berechneter Durchschnitt pro Typ (fettgedruckt). Zudem die Datensätze von Hischier et al. (2013b) (kursiv) und ecoinvent 2 (ecoinvent Centre, 2015).

Quelle	Gerät	Kg CO ₂ -eq pro Gerät
Apple	iPhone 7 32GB	44
Apple	iPhone 7 128GB	49
Apple	iPhone 7 256GB	59
Apple	iPhone 6s	80
Apple	iPhone 7 Plus 32GB	52
Apple	iPhone 7 Plus 128GB	58
Apple	iPhone 7 Plus 256GB	67
Apple	Mittelwert iPhone	58
<i>Hischier</i>	<i>tablet, LCD technology, 10inches, at Plant, GLO</i>	<i>22</i>
Apple	iPad Pro (12.9")	232
Apple	iPad mini 4	101
Apple	Mittelwert iPad	167
<i>Hischier</i>	<i>Laptop computer, 14-15", at Plant {GLO}</i>	<i>129</i>
<i>Hischier</i>	<i>Laptop computer, 15" MacBook Pro, at Plant {GLO}</i>	<i>100</i>
Apple	12-inch MacBook	383
Apple	13-inch MacBook Air	398
Apple	13-inch MacBook Pro	435
Apple	Mittelwert MacBook	405
ecoinvent	Router, internet {GLO} market for	27
ecoinvent	Router, internet {GLO} market for	27
Apple	AirPort Extreme	50
Apple	AirPort Time Capsule	81
Apple	AirPort Express	31
Apple	Mittelwert Airport Router	54
<i>ecoinvent</i>	<i>Summe Desktop und flatscreen</i>	<i>542</i>
Apple	21.5-inch iMac (Rechner und Bildschirm)	347
Apple	27-inch iMac (Rechner und Bildschirm)	495
Apple	Mittelwert Desktop und Bildschirm	494

Die Werte von Apple befinden sich innerhalb des Bereiches, die von Manhart (2016) angegeben werden und werden als realistisch betrachtet. Tabelle 56 fasst die Werte der Klimabilanz aus den verschiedenen Quellen zusammen: Die für die Modellierung in dieser Studie verwendeten Originaldatensätze, die Mittelwerte von Apple und Vergleichswerte der Studie von Manhart (2016). Die Unterschiede in der Studie von Manhart stammen vor allem von methodischen Unterschieden und sind nicht auf eine unterschiedliche Herstellungsweise zurückzuführen.

Anhang - Korrektur bei der Herstellung der Endgeräte

Tabelle 56 Klimabilanz der Geräte in kg CO₂-eq pro Stück im Vergleich (ecoinvent Centre, 2015; Hischer et al., 2013b; Manhart et al., 2016)

Gerät	Einheit	Mobiltelefon	Tablet	Laptop	Desktop	Router
Quelle						
Datensatzname	-					
Hischer	kg CO ₂ -eq pro Stück	7	22	129		
Datensatzname	-	smartphone, at plant {GLO}	tablet, LCD technology, 10inches, at Plant, GLO	Laptop computer, 15" MacBook Pro, at Plant {GLO}		
ecoinvent	kg CO ₂ -pro Stück	-	-	143	202 + 333	27
Datensatzname	-	-	-	Computer, laptop {GLO} market for	Computer, desktop, without screen {GLO} market for & Display, liquid crystal, 17 inches {GLO} market for	Router, internet {GLO} market for
Apple	kg CO ₂ - pro Stück	58	167	405	495	54
Typ	-	iPhone	iPad	MacBook	Mittelwert iMac	Airport Router
Manhart	kg CO ₂ -pro Stück	16 - 110	120 - 240			

Die Differenz zwischen den Originaldatensätzen und den Werten von Apple wurde berechnet. Es wird davon ausgegangen, dass die Differenz daraus entsteht, dass der Stromverbrauch für die Herstellung der Geräte in den ecoinvent-Datensätzen zu gering eingeschätzt. Deshalb und da China als Produktionsland der digitalen Geräte angenommen wurde, wird die Differenz der Klimabilanz mit chinesischem Strom ausgeglichen. Diese als Input hinzugefügte Stromwerte sind in Tabelle 57 angegeben. Zudem ist die Differenz der Resultate der Klimabilanz angegeben, welche die Original-Datensätze von Hischer zu den Werten von Applegeräten aufweisen (Apple, 2015).

Tabelle 57 Korrektur: Berechnung des zusätzlichen Inputs von Strom bei den Endgeräten

Gerät	Einheit	Mobil- telefon	Tablet	Laptop	Desktop	Router
Quelle		Hischer	Hischer	Hischer	Ecoinvent	Ecoinvent
Differenz Apple – genutzter Datensatz	kg CO2-eq pro Stück	52	145	305	-48	27
Electricity, medium voltage {CN} market group for	kg CO2-eq pro kWh	1.17				
Stromäquivalent zur Different	kWh pro Stück	44.17	123.40	260.40	keine	23.41

D. Modellierung der Vorteile von Mobiltelefonrecycling

Die im Kapitel 6.7 berechnete Einsparung von Umweltbelastung basiert auf Mengenangaben Materialien pro Mobiltelefon von Manhart et al. (2016). Die Umweltbelastung durch die Herstellung der Metalle aus Primärmetallen wurden basierend auf Ecoinventdatensätzen (ecoinvent Centre, 2015), modelliert, welche mit der Methode der ökologischen Knappheit bewertet wurden (Frischknecht et al., 2013).

Die Originalwerte für das Gewicht der Materialien aus Manhart et al. (2016) sind in der Tabelle 58 dargestellt. Ergänzt wurden die den Materialien entsprechenden Datensätze aus ecoinvent. Die Materialien, welche für diese Modellierung verwendet wurden, sind in schwarz und fett dargestellt. Sie entsprechen den in der Tabelle 53 im Kapitel 6.7 angegebenen Zahlen.

Tabelle 58 Potentiell eingesparte Umweltbelastung durch die Rückgewinnung der Metalle pro Mobiltelefon (absolut und relativ, rechte Spalten), das Gewicht der Materialien pro Mobiltelefon (mittlere Spalte, auf Manhart et al. (2016) basierend) und die verwendeten ecoinvent-Datensätze (linke Spalte). Die grössten Umwelteinsparungen sind fett dargestellt, graue Materialien flossen nicht in die Bewertung ein.

Name des verwendeten Datensatzes	Material	Gewicht / Mobiltelefon	Umweltbelastung/ Mobiltelefon	% an Total
		g/p	UBP/p	
Copper, primary {GLO} market for Alloc Rec, U	Kupfer (Cu)	15.12	-2'042	15%
Aluminium, wrought alloy {GLO} aluminium ingot, primary, to market Alloc Rec, U	Aluminium (Al)	22.18	-438	3%
Cast iron {GLO} market for Alloc Rec, U	Eisen (Fe)	0.88	-4	0%
Nickel, Mittelwert	Nickel (Ni)	n.a.		
Lead, primary, at plant/GLO U	Blei (Pb)	n.a.		
Tin, at regional storage/RER U	Zinn (Sn)	1.21	-434	3%
Silver {GLO} processing of anode slime, primary copper production Alloc Rec, U	Silber (Ag)	0.31	-267	2%
Gold, primary, at refinery/GLO U	Gold (Au)	0.03	-6'025	45%
Palladium (Pd), Mittelwert	Palladium (Pd)	0.01	-1'984	15%
Indium {GLO} market for Alloc Rec, U	Indium (In)	0.01	-1'312	10%
nicht berücksichtigt	Kunststoffverbrennung	9.53	n.a.	
Magnesium {GLO} market for Alloc Rec, U	Magnesium (Mg)	5.54	-277	2%
Cobalt {GLO} production Alloc Rec, U	Kobalt (Co)	5.38	-421	3%
kein ecoinvent - Datensatz verfügbar	Wolfram (W)	0.44	n.a.	
Neodymium oxide {GLO} market for Alloc Rec, U	Neodym (Nd)	0.05	-2	0%
Tantalum, powder, capacitor-grade {GLO} production Alloc Rec, U	Tantal (Ta)	0.02	-63	0%
Praseodymium oxide {GLO} market for Alloc Rec, U	Praseodym (Pr)	0.01000	-0.4489	0%
kein ecoinvent - Datensatz verfügbar	Yttrium (Y)	0.00040	n.a.	
Cadmium {GLO} market for Alloc Rec, U	Gallium (Ga)	0.00040	-0.5205	0%
Samarium europium gadolinium concentrate, 94% rare earth oxide {GLO} market for Alloc Rec, U	Gadolinium (Gd)	0.00020	-0.0057	0%
Samarium europium gadolinium concentrate, 94% rare earth oxide {GLO} market for Alloc Rec, U	Europium (Eu)	0.00010	-0.0029	0%
Cerium concentrate, 60% cerium oxide {GLO} market for Alloc Rec, U	Zer (Ce)	0.00003	-0.0005	0%
nicht berücksichtigt	Weitere (Glass, Keramik, Halbleiter)	29.9	n.a.	
	Gesamt	160	-13'270	-22%

Die grau markierten Zeilen wurden aus drei Gründen nicht miteinbezogen:

- Weil es sich nicht um Metalle handelt (Kunststoff, Glas, Keramik) und deshalb nicht von einem Recycling ausgegangen werden kann.
- Weil kein Datensatz in der ecoinvent-Datenbank verfügbar war (Wolfram, Ytrium)
- Weil keine Angaben zu den Materialien pro Mobiltelefon verfügbar waren (Nickel, Blei).