

2018

Weiter- und Wiederverwendung von elektrischen und elektronischen Geräten

Ökologische und ökonomische Analyse

Schlussbericht



Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (Bafu)
Abteilung Abfall und Rohstoffe
3003 Bern

Begleitung BAFU

Marco Buletti, Isabelle Baudin

Auftragnehmer

Empa - Materials Science & Technology
Abteilung Technologie und Gesellschaft
Lerchenfeldstrasse 5
9014 St. Gallen

Autoren

Heinz Böni & Dr. Roland Hischier

Hinweis: Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst.
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen	v
Verzeichnis der Tabellen	vi
Abkürzungen	vi
Begriffe	vii
Zusammenfassung	ix
Résumé.....	xi
Riassunto	xiii
Summary	xv
1 Einleitung	1
1.1 <i>Ausgangslage</i>	1
1.2 <i>Zielsetzung</i>	2
2 Grundlagen.....	3
2.1 <i>Rechtliche Grundlagen</i>	3
2.2 <i>Reparatur und Wiederverwendung von E+E Geräten in der Schweiz</i>	4
2.2.1 <i>Initiativen von Privaten und von Hilfswerken</i>	4
2.2.2 <i>Initiativen des Bundes</i>	5
2.2.3 <i>Initiativen von Kantonen und Städten</i>	5
2.3 <i>Lebens- und Nutzungsdauer von E+E Geräten</i>	5
2.4 <i>Aspekte zum Umweltnutzen der Wiederverwendung</i>	6
2.4.1 <i>Nutzungsrelevante vs. produktionsrelevante Geräte</i>	6
2.4.2 <i>Effizienzsteigerung von E+E-Geräten</i>	7
2.4.3 <i>Ersatz eines Neugerätes oder Weiternutzung als Ersatzgerät</i>	8
3 Methodisches Vorgehen.....	9
3.1 <i>Geräteauswahl</i>	9
3.2 <i>Weiterverwendung und Wiederverwendung</i>	9
3.3 <i>Ökologische Analyse</i>	9
3.3.1 <i>Ökobilanzierung</i>	9
3.3.2 <i>Fall A: Weiterverwendung eines eigenen Gerätes oder Neukauf</i>	10
3.3.3 <i>Fall B: Wiederverwendung eines fremden Gerätes oder Neukauf</i>	12
3.4 <i>Ökonomische Analyse</i>	15
3.4.1 <i>Total Cost of Ownership (TCO)</i>	15
3.4.2 <i>Fall A: Weiterverwendung eines eigenen Gerätes oder Neukauf</i>	15
3.4.3 <i>Fall B: Wiederverwendung eines fremden Gerätes oder Neukauf</i>	17

Ökologische und ökonomische Analyse

3.5	<i>Einschränkung der vorliegenden Studie auf Fall B</i>	17
4	Resultate	19
4.1	<i>Ökologische Analyse</i>	19
4.1.1	Kenndaten der untersuchten Geräte	19
4.1.2	Nutzungsrelevante vs. produktionsrelevante Geräte	20
4.1.3	Rechenmodell und Annahmen	20
4.1.4	Resultate	22
4.1.5	Schlussfolgerungen aus ökologischer Sicht	23
4.2	<i>Ökonomische Analyse</i>	25
4.2.1	Ökonomische Grenzbetrachtungen	25
4.2.2	Rechenmodell und Annahmen	25
4.2.3	Maximaler Preis eines Gebrauchtgerätes in Abhängigkeit des Alters	26
4.2.4	Mehr-/Minderkosten eines Gebrauchtgerätes in Abhängigkeit des Alters	27
4.2.5	Schlussfolgerungen aus ökonomischer Sicht	29
4.3	<i>Gesamtbeurteilung</i>	30
4.3.1	Aussagekraft der Ergebnisse	30
4.3.2	Wann ist eine Wiederverwendung ökologisch und ökonomisch sinnvoll?	31
5	Schlussfolgerungen und Ausblick	33
6	Literatur- und Quellenverzeichnis	35
7	Anhang	37
7.1	<i>Grundlagendaten für vereinfachte Ökobilanz-Berechnungen</i>	37
7.2	<i>Detaillierte Daten über die modellierten Gerätekategorien</i>	38

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 2-1:	Rechte und Pflichten gemäss VREG	3
Abbildung 2-2:	Entscheidungsbaum zum Ersetzen von Produkten (Econcept / SOFIES 2014)	6
Abbildung 2-3:	Verkaufsstatistik Kühlschränke und Waschmaschinen nach Energieeffizienzindex 2004-2015 (S.A.F.E. (Schweizerische Agentur für Energieeffizienz) www.energieeffizienz.ch und www.topten.ch 2016)	8
Abbildung 3-1:	Ökologische Betrachtung Weiterverwendung eines eigenen Gerätes oder Neukauf am Beispiel einer Waschmaschine, die 2010 gekauft wurde und eine technische Lebensdauer von 15 Jahren aufweist	11
Abbildung 3-2:	Ökologische Betrachtung Wiederverwendung eines gebrauchten Gerätes oder Neukauf am Beispiel des Kaufes einer Waschmaschine im Jahre 2016, wobei die Option „gebrauchtes Gerät“ eine 2010 produzierten Waschmaschine ist. Technische Lebensdauer 15 Jahre	13
Abbildung 3-3:	Fall A: Weiterverwendung eines eigenen Gerätes oder Neukauf.....	16
Abbildung 3-4:	Fall B: Wiederverwendung eines fremden Gerätes oder Neukauf	18
Abbildung 4-1:	Gesamte Umweltbelastung von Herstellung, Nutzung und Entsorgung der untersuchten Elektro- und Elektronikgeräte. Die dunkle Farbe repräsentiert Herstellung und Entsorgung, die helle Farbe die Nutzungsphase (immer unter Annahme von 100% Nutzung in der Schweiz).	20
Abbildung 4-2:	Ökologisches Einsparpotential (ausgedrückt mit drei verschiedenen Messgrössen) durch die Nutzung eines alten Gerätes in Funktion seines Alters, unter der Annahme dass die ökologische Belastung der Herstellung der Geräte über die Zeit konstant bleibt.	22
Abbildung 4-3:	Ökologisches Einsparpotential (ausgedrückt mit drei verschiedenen Messgrössen) durch die Nutzung eines alten Gerätes in Funktion seines Alters, unter der Annahme dass ökologische Belastung der Herstellung über Zeit konstant ist (ausgezogene Linien), resp. sich ebenfalls verändert (schraffierte Linien).....	23
Abbildung 4-4:	Maximaler Anschaffungspreis eines gebrauchten Gerätes in Abhängigkeit des Alters in % der Anschaffungskosten eines Neugerätes unter der Annahme, dass mit dem gebrauchten Gerät die Total Cost of Ownership (TCO) 20% geringer ausfallen	26
Abbildung 4-5:	Mehrkosten TCO_{REUSE} vs. TC_{NEW} eines 2-jährigen Gerätes	28
Abbildung 4-6:	Mehrkosten TCO_{REUSE} vs. TC_{NEW} eines 5-jährigen Gerätes	28

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 2-1:	Durchschnittliche Erstnutzungsdauer von EAG (Siddharth u. a. 2017).....	5
Tabelle 3-1:	Auswahl der Geräte für die Studie.....	9
Tabelle 4-1:	Wichtigste Kenngrößen der modellierten Geräte.....	19
Tabelle 4-2:	Resultate der ökologischen Berechnungen für die Referenzgeräte (= „neue Gerät“ 2016).....	21
Tabelle 4-3:	Modellannahmen für die ökologischen Berechnungen.....	21
Tabelle 4-4:	Maximales Alter (in Jahren) für Einsatz von gebrauchten Geräten für eine mindest 10%-ige ökologischer Einsparung.....	22
Tabelle 4-5:	Maximales Alter für den Einsatz von gebrauchten Geräten bei 10% ökologischer Einsparung unter Berücksichtigung einer Reduktion des Aufwandes für Herstellung und Entsorgung künftiger Geräte.....	23
Tabelle 4-6:	Modellannahmen für die ökonomischen Berechnungen; Preis Neugerät: Durchschnitt 10 beste topten-Geräte.....	26
Tabelle 4-7:	Maximaler Anschaffungspreis eines gebrauchten Gerätes in Abhängigkeit des Alters in % der Anschaffungskosten eines Neugerätes unter der Annahme, dass mit dem gebrauchten Gerät die Total Cost of Ownership (TCO) 20% geringer ausfallen.....	27
Tabelle 4-8:	Maximaler Anschaffungspreis eines gebrauchten Gerätes in Abhängigkeit des Alters in % der Anschaffungskosten eines Neugerätes ab dem sich eine Anschaffung zu lohnen beginnt (TCO Gebrauchtgerät < TCO Neugerät) (gerundete Zahlen).....	29
Tabelle 4-9:	Gesamtbeurteilung ökologisch und ökonomisch.....	31

Abkürzungen

BAFU	Bundesamt für Umwelt
EAG	Elektroaltgeräte
E+E Geräte	Elektrische und elektronische Geräte
LCA	Ökobilanz (engl. von Life Cycle Assessment)
LCIA	Bewertung (engl. von Life Cycle Impact Assessment)
PBT	Pay-Back-Time
SENS e-recycling	Stiftung Entsorgung Schweiz (siehe: www.erecycling.ch)
Swico	Der Wirtschaftsverband für die digitale Schweiz (siehe: www.swico.ch)
TCO	Total Cost of Ownership
VREG	Verordnung über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) vom 14. Januar 1998
VEG	Vorgezogene Entsorgungsgebühr
VRB	Vorgezogener Recyclingbeitrag

Begriffe

Abfall	<p>Abfälle sind bewegliche Sachen, deren sich der Inhaber entledigt oder deren Entsorgung im öffentlichen Interesse geboten ist. (Quelle: Umweltschutzgesetz, USG, Art. 7, Abs. 6)</p>
Break-even point	<p>Die Gewinnschwelle, auch Nutzenschwelle (engl. break-even point), ist in der Wirtschaftswissenschaft der Punkt, an dem Erlös und Kosten einer Produktion (oder eines Produktes) gleich hoch sind und somit weder Verlust noch Gewinn erwirtschaftet wird. [...] Wird die Gewinnschwelle überschritten, macht man Gewinne, wird sie unterschritten, macht man Verluste. (Quelle: Wikipedia, 14.02.18)</p>
Ende der Abfalleigenschaft	<p>Die Abfalleigenschaft eines Stoffes oder Gegenstandes endet, wenn dieser ein Verwertungsverfahren durchlaufen hat und so beschaffen ist, dass</p> <ol style="list-style-type: none">1. er üblicherweise für bestimmte Zwecke verwendet wird,2. ein Markt für ihn oder eine Nachfrage nach ihm besteht,3. er alle für seine jeweilige Zweckbestimmung geltenden technischen Anforderungen sowie alle Rechtsvorschriften und anwendbaren Normen für Erzeugnisse erfüllt sowie4. seine Verwendung insgesamt nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Mensch oder Umwelt führt. <p>(Quelle: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz-KrWG), Art. 5) [in der Schweiz nicht geregelt]</p>
Entsorgung	<p>Die Entsorgung der Abfälle umfasst ihre Verwertung oder Ablagerung sowie die Vorstufen Sammlung, Beförderung, Zwischenlagerung und Behandlung. Als Behandlung gilt jede physikalische, chemische oder biologische Veränderung der Abfälle. (Quelle: Umweltschutzgesetz, USG, Art. 7, Abs. 6bis)</p>
Lebensdauer	<p>Die Lebensdauer (auch: technische Lebensdauer) eines Produktes wird durch dessen technische Ausgestaltung (z.B. Materialwahl) bestimmt. Es handelt sich um die geplante Dauer, die in der Produktentwicklung herangezogen wird, während der das Produkt bei sachgerechter Verwendung einwandfrei funktionieren soll. Die Lebensdauer endet mit dem Zeitpunkt, zu welchem das Produkt seinen Zweck aufgrund dessen Alterung (Abnutzung) nicht mehr erfüllen kann. Sie wird je nach Produkt in unterschiedlichen Einheiten gemessen (z.B. Anzahl Jahre, Anzahl gefahrene Kilometer, Anzahl Waschzyklen, Anzahl zubereitete Kaffeeportionen etc.). (Quelle: Optimierung der Lebens- und Nutzungsdauer von Produkten, BAFU 2014)</p>
Nutzungsdauer	<p>Die Nutzungsdauer eines Produkts ist der Zeitraum zwischen der Erstnutzung und dem Ende der Nutzung des Produkts. Sie wird somit durch den Nutzer bestimmt und endet mit dem „Nichtmehrgebrauch“, auch wenn das Produkt seine Funktion noch erfüllen könnte. Die Nutzungsdauer wird durch die Werthaltung der Nutzenden, die Sorgfalt beim Gebrauch sowie Reparatur- und Wartungsleistung (Nutzerverhalten) beeinflusst. Sie wird je nach Produkt in unterschiedlichen Einheiten gemessen (z.B. Anzahl Jahre, Anzahl gefahrene Kilometer, Anzahl Waschzyklen, Anzahl zubereitete Kaffeeportionen etc.). (Quelle: Optimierung der Lebens- und Nutzungsdauer von Produkten, BAFU 2014)</p>
Ökologische Rückzahldauer	<p>Schnittpunkt, bei welchem die Umweltbelastung der Optionen „Wiedernutzung altes Gerät“ vs. „Kauf eines neuen Gerätes“ gleich sind (siehe Kapitel 3.3.3)</p>
Payback Time	<p>Die Pay Back time (deutsch: Amortisationszeit) bezieht sich auf den Zeitraum, in welcher sich eine Investition zurückzahlt und der sogenannte „Break-even Punkt“ erreicht wird.</p>
Produkt	<p>Ein Produkt ist jedes Objekt, dass auf einem Markt zur Beachtung oder Wahl, zum Kauf, zur Benutzung oder zum Verbrauch angeboten wird und geeignet ist, damit Wünsche und Bedürfnisse zu befriedigen. (Quelle: Optimierung der Lebens- und Nutzungsdauer von Produkten, BAFU 2014)</p>
Reparatur / Instandsetzung	<p>Unter Reparatur bzw. Instandsetzung wird der Vorgang verstanden, bei dem ein defektes Objekt in den ursprünglichen, funktionsfähigen Zustand zurückversetzt wird. (Quelle: Wikipedia)</p>

Ökologische und ökonomische Analyse

Refurbishing / Aufrüstung	Refurbishing bezeichnet die qualitätsgesicherte Überholung und Überprüfung von Produkten zum Zweck der Wiederverwendung und –vermarktung (=Remarketing). Dieses Produkt wird anschließend wieder verkauft – oft mit deutlichem Preisnachlass unter der Bezeichnung „refurbished“. Mehr Arbeitsspeicher, neue Software, oder Reparaturen gelten nicht als Refurbishing.
Total Cost of Ownership	Total Cost of Ownership (TCO, Gesamtbetriebskosten) ist ein Abrechnungsverfahren, das Verbrauchern und Unternehmen helfen soll, alle anfallenden Kosten von Investitionsgütern (wie beispielsweise Software und Hardware in der IT) abzuschätzen. Die Idee dabei ist, eine Abrechnung zu erhalten, die nicht nur die Anschaffungskosten enthält, sondern alle Aspekte der späteren Nutzung (Energiekosten, Reparatur und Wartung) der betreffenden Komponenten. Somit können bekannte Kostentreiber oder auch versteckte Kosten möglicherweise bereits im Vorfeld einer Investitionsentscheidung identifiziert werden. Wichtigste Grundlage für das weitere Verständnis der TCO ist die Unterscheidung zwischen direkten und indirekten Kosten. (Quelle: Wikipedia, 30.03.17)
Vorbereitung zur Wiederverwendung	Jedes Verwertungsverfahren der Prüfung, Reinigung oder Reparatur, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile von Erzeugnissen, die zu Abfällen geworden sind, so vorbereitet werden, dass sie ohne weitere Vorbehandlung wiederverwendet werden können. (Quelle: Abfallrahmenrichtlinie Österreich) [in der Schweiz nicht geregelt]
Weiterverwendung	Der Begriff „Weiterverwendung“ ist nicht eindeutig definiert. Er wird im Rahmen der vorliegenden Studie verwendet für die Abgrenzung gegenüber der „Wiederverwendung“. Die Weiterverwendung geht von einer verlängerten Nutzung eines Gerätes aus, welches jemand im Besitz hat, anstelle der Anschaffung eines neuen Gerätes. Bei einer Wiederverwendung wird demgegenüber in der vorliegenden Studie davon ausgegangen, dass jemand ein Gerät nicht mehr verwenden möchte und ein anderer Nutzer dieses übernimmt, anstatt ein neues Gerät zu kaufen.
Wiederverwendung	<p>Jedes Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich bestimmt waren (Abfallrahmenrichtlinie Österreich). Maßnahmen, bei denen die Elektro- und Elektronik-Altgeräte oder deren Bauteile zu dem gleichen Zweck verwendet werden, für den sie entworfen wurden, einschließlich der weiteren Nutzung von Geräten oder ihren Bauteilen, die zu Rücknahmestellen, Vertreibern, Recyclingbetrieben oder Herstellern gebracht werden. (Quelle: WEEE Direktive)</p> <p>In der vorliegenden Studie wird davon ausgegangen, dass bei einer Wiederverwendung ein obsoletes Geräte eines Erstnutzers durch einen Zweitnutzer wieder verwendet wird, anstatt dieses zu entsorgen. Der neue Nutzer entscheidet sich dabei für die Anschaffung eines gebrauchten Gerätes anstelle eines Neugerätes.</p>

Zusammenfassung

Die Förderung der Wiederverwendung von elektrischen und elektronischen Geräten bildet wiederholt Gegenstand öffentlicher und politischer Debatten. Das Bewusstsein über die Begrenztheit der Ressourcen, immer kürzere Innovationszyklen und der damit verbundene rasche Wechsel auf Geräte der neuesten Generation haben viele Teile der Gesellschaft für diese Thematik sensibilisiert. Hinzu kommen sinkende Preise und erweiterte Funktionalitäten, welche den Kauf neuer Geräte immer weiter ankurbeln.

Geräte, welche in der Entsorgung landen, werden in der Schweiz seit mehr als 20 Jahren in der Regel direkt dem Recycling zugeführt. Eine Prüfung der Wiederverwendbarkeit dieser Geräte wird vom Gesetzgeber nicht verlangt. Die Rücknahmesysteme von Elektro-Altgeräten (EAG), welche ihre Aufgabe im Auftrag der Hersteller, Importeure und Grossverteiler wahrnehmen, sind vertraglich nicht in der Lage und haben auch nur wenig Interesse, eine Wiederverwendung von Geräten vor dem Recycling zu fördern.

Seit einigen Jahren unterstützt eine Reihe von Akteuren auf privater und öffentlicher Seite die Reparatur noch gebrauchsfähiger EAG. Viele Konsumenten und Politiker gehen davon aus, dass aus Umweltsicht eine Wiederverwendung von EAG dem Recycling vorzuziehen ist. Energieeffizienzsteigerungen insbesondere bei Haushaltgrossgeräten haben dieses Bild in den letzten Jahren jedoch verändert. Es stellt sich deshalb die Frage, wo die ökologische Grenze liegt, d.h. für welche Art von Geräten und bis zu welchem Alter eine Wiederverwendung aus ökologischer Sicht zu empfehlen ist.

Aus ökonomischer Sicht steht für einen Kaufinteressenten eines gebrauchten Gerätes die Frage im Vordergrund, wie hoch der Kaufpreis (inkl. allfälliger Reparaturkosten) im Vergleich zur Option Kauf eines Neugerätes ist. Die Beantwortung dieser Frage hängt von Alter, Zustand und Verkaufspreis des Gebrauchtgerätes ab.

In der vorliegenden Studie wurden die ökologischen und ökonomischen Aspekte einer Wiederverwendung von gebrauchten EAG untersucht. Als Beispiele dienten Waschmaschine, Kühlgerät, Fernsehgerät (LCD-Flachbildschirm), Smartphone und Laptop. Aus ökologischer Sicht zeigte es sich, dass bei Geräten, bei welchen der Grossteil der Umweltbelastung bei Herstellung und Entsorgung anfällt, eine Wiederverwendung immer sinnvoll ist. Es sind dies vor allem die elektronischen Geräte (Laptop und Smartphone). Bei Geräten, welche während der Nutzung Strom und allenfalls Wasser verbrauchen (Kühlgerät, resp. Waschmaschine) und die eine relevante Umweltbelastung in der Nutzungsphase aufweisen, gibt es je nach Alter eine Grenze, ab welcher aus ökologischer Sicht die Wiederverwendung gegenüber dem Kauf eines Neugerätes Nachteile aufweist.

Elektro- und Elektronikgeräte, welche während dem Gebrauch einen wesentlichen Anteil Betriebskosten generieren und zusätzlich eine lange Nutzungszeit aufweisen - typischerweise Haushaltgrossgeräte wie Waschmaschinen oder Kühlgeräte - zeichnen sich durch hohe Gesamtnutzungskosten (Anschaffungspreis plus Betriebskosten) aus. Verbesserungen im Energie- und Wasserverbrauch haben bei diesen Geräten einen spürbaren Einfluss auf die Gesamtkosten. Der Verkaufspreis eines Gebrauchtgerätes muss - je älter (und ineffizienter) das Gerät ist - deshalb deutlich unter dem Preis eines Neugerätes liegen, damit der Nutzer des Gebrauchtgerätes gesamtkostenmässig besser

Ökologische und ökonomische Analyse

fährt, als wenn er sich direkt ein Neugerät anschaffen würde. Bei den Geräten der Informations- und Kommunikationstechnologie (Smartphone, Laptop) und der Unterhaltungselektronik (TV-Gerät), welche nur geringe Betriebskosten generieren, ist dies nicht der Fall. Entscheidend ist bei diesen Geräten allein der Kaufpreis. Neuere Geräte, welche günstig angeboten werden, haben dabei besser Chancen einen Käufer zu finden, als ältere Geräte, bei denen in der Regel keine Herstellergarantie mehr vorhanden ist und wo das Risiko eines Ausfalls zunimmt. Es gilt zudem zu bedenken, dass ein Privatverkäufer eines solchen Gerätes, welcher sich des ökonomischen Wertes bewusst ist, zuerst bestehenden Verkaufskanäle wie Ricardo, Tutti oder e-bay nutzt oder das Gerät einem Zweitnutzer über private Kanäle weitergibt, bevor es in einem anderen Wiederverwendungskanal landet. In dieser Debatte über die Förderung der Wiederverwendung darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Wiederverwendung eines Gebrauchtgerätes nicht in allen Fällen ein neues Gerät ersetzt, sondern teilweise zu einer Mengenausweitung führt (sog. Rebound-Effekt), indem das Gebrauchtgerät zusätzlich weiterverwendet wird (z.B. in der Familie, im Ferienhaus etc.). Dieser Aspekt wurde bisher wenig untersucht.

Unter Berücksichtigung der Resultate der vorliegenden Studie und den Grundsätzen der Abfallbewirtschaftung (Vermeidung-Verminderung-Verwertung-Beseitigung) empfehlen wir:

- Die regelmässig wiederkehrenden öffentlichen und politischen Debatten zur Thematik der Wiederverwendung von Elektro- und Elektronikgeräten erfordern eine Verstärkung der *Informations- und Sensibilisierungsmassnahmen* des BafU (z.B. durch Informationen auf der Webseite und durch Informationsbroschüren). Eine punktuelle Erweiterung des in dieser Studie entwickelten und angewandten Modells auf weitere Gerätetypen verbunden mit einer Verallgemeinerung der Aussagen könnte für Konsumenten eine nützliche Hilfe beim Kaufentscheid für Gebrauchtgeräte, resp. der Weiternutzung eines Gerätes sein. Dabei sind die Vorteile und der Nutzen einer Wiederverwendung differenziert darzustellen: Nicht immer macht es Sinn, ein Gebrauchtgerät weiterzuverwenden, resp. als Gebrauchtgerät zu erwerben und nicht immer ersetzt ein Gebrauchtgerät die Herstellung eines Neugerätes.
- *Aktivitäten im Bereich der Reparatur von Geräten sollen weiterhin gefördert werden, z.B. durch Unterstützung der Herausgabe von Reparaturführern.* Damit kann vermieden werden, dass noch brauchbare Geräte, welche ein Konsument weiterverwenden möchte, nicht bereits im Recycling landen. Mit Massnahmen direkt beim Konsumenten, der ein eigenes Interesse hat ein Gerät weiter zu benutzen, resp. wieder nutzbar zu machen, erübrigen sich alle Marktüberlegungen.

Résumé

La promotion de la réutilisation des appareils électriques et électroniques fait régulièrement l'objet de débats publics et politiques. La prise de conscience des ressources limitées, les cycles d'innovation de plus en plus courts et le passage rapide à la dernière génération d'appareils qui en a résulté ont sensibilisé de nombreuses couches de la société à ce sujet. En outre, les prix baissent et des fonctionnalités étendues s'ajoutent, ce qui stimule de plus en plus l'achat de nouveaux appareils.

En Suisse, les appareils qui se retrouvent dans les sites d'élimination des déchets sont d'une manière générale directement recyclés, et cela depuis plus de 20 ans. La législation n'exige pas que la possibilité de réutiliser ces appareils soit évaluée. Les systèmes de reprise des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), qui s'acquittent de leurs tâches pour le compte des fabricants, des importateurs et des grands distributeurs, ne sont contractuellement pas en mesure - et n'ont que peu d'intérêt - de promouvoir la réutilisation des appareils avant leur recyclage.

Depuis quelques années, un certain nombre d'acteurs privés et publics soutiennent la réparation des DEEE encore utilisables. De nombreux consommateurs et responsables politiques sont d'avis que la réutilisation des DEEE est préférable à leur recyclage d'un point de vue environnemental. L'amélioration de l'efficacité énergétique observée ces dernières années, en particulier pour les gros appareils électroménagers, peut toutefois remettre cet avis en question. La question se pose donc de savoir où se situe la limite écologique, c'est-à-dire pour quel type d'équipement et jusqu'à quel âge la réutilisation est recommandée d'un point de vue écologique.

D'un point de vue économique, l'acheteur potentiel d'un appareil d'occasion s'intéresse avant tout à la question de savoir dans quelle mesure le prix d'achat (y compris les coûts de réparation éventuels) se compare à l'achat d'un nouvel appareil. La réponse à cette question dépend de l'âge, de l'état et du prix de vente de l'appareil d'occasion.

Dans cette étude, les aspects écologiques et économiques de la réutilisation des DEEE ont été examinés. Parmi les exemples présentés figurent les machines à laver, les appareils frigorifiques, les téléviseurs (écran plat LCD), les smartphones et les ordinateurs portables. D'un point de vue écologique, il a été constaté que la réutilisation est toujours judicieuse pour les appareils dont l'impact sur l'environnement se produit principalement lors de la production et de l'élimination. Il s'agit principalement des appareils électroniques (ordinateurs portables et smartphones). Pour les appareils qui consomment des quantités importantes d'électricité et éventuellement aussi d'eau pendant leur utilisation (appareils frigorifiques, resp. machines à laver) et qui ont un impact significatif sur l'environnement pendant cette phase, il existe une limite basée sur l'âge de l'objet à partir duquel la réutilisation présente des désavantages écologiques par rapport à l'achat d'un nouvel appareil.

Les appareils électriques et électroniques générant des coûts d'exploitation relativement élevés pendant leur utilisation et ayant une longue durée de vie (typiquement, les appareils électroménagers tels que les machines à laver ou les appareils frigorifiques) se caractérisent par un coût total d'utilisation élevé (prix d'achat plus coûts d'exploitation). L'amélioration de la consommation d'énergie et d'eau a un impact significatif sur le coût total de ces appareils. Le prix de vente d'un appareil d'occasion doit donc être considérablement plus bas que celui d'un nouvel appareil, et ce d'autant plus que l'appareil d'occasion est vieux et inefficace, de manière à ce que l'utilisateur de

l'appareil d'occasion soit en meilleur posture, en termes de coûts totaux, que s'il avait acheté un appareil neuf. Ce n'est pas le cas des équipements d'information et de communication (smartphones, ordinateurs portables) et de l'électronique grand public (téléviseurs), dont les coûts d'exploitation sont relativement faibles. Pour ces appareils, le prix d'achat est déterminant. Les appareils neufs, souvent offerts à des prix avantageux, ont ainsi de meilleures chances de trouver un acheteur que les appareils plus anciens, qui ne sont souvent plus couverts par la garantie du fabricant et qui sont sujets à un risque de défaillance accru. Il convient en outre de garder à l'esprit qu'un vendeur privé d'un tel appareil, conscient de sa valeur économique, utilise typiquement des canaux de vente existants tels que ricardo.ch, tutti.ch ou eBay, ou transmet l'appareil à un deuxième utilisateur via des canaux privés, avant qu'il puisse se retrouver dans une filière de réutilisation.

Dans ce débat sur la promotion de la réutilisation, il ne faut pas oublier que la réutilisation d'un appareil usagé ne remplace pas toujours un appareil neuf, mais entraîne dans certains cas une augmentation de leur quantité totale (l'effet de rebond), par exemple lorsque l'ancien et le nouveau dispositif sont utilisés (par exemple dans la famille, la maison de vacances, etc.). Cette question a été peu étudiée jusqu'à présent.

Compte tenu des résultats de la présente étude et des principes de gestion des déchets (prévention, réduction, récupération, élimination), nous formulons les recommandations suivantes :

- Les débats publics et politiques récurrents sur le thème de la réutilisation des équipements électriques et électroniques nécessitent une intensification des mesures d'information et de sensibilisation de l'OFEV (par exemple par le biais d'informations sur le site Internet et de brochures d'information). Une extension sélective du modèle élaboré et appliqué dans le cadre de cette étude à d'autres types d'appareils, combinée à une généralisation des observations, pourrait être utile aux consommateurs lorsqu'ils décident d'acheter des appareils usagés ou d'utiliser un autre appareil. Les avantages et les bénéfices de la réutilisation doivent être présentés de manière différenciée: Il n'est pas toujours judicieux de continuer à utiliser un appareil usagé ou de l'acheter en tant qu'appareil usagé, et un appareil usagé ne remplace pas toujours un appareil neuf.
- Les activités dans le domaine de la réparation d'appareils devraient continuer à être encouragées, par exemple en supportant la publication d'instructions de réparation. Cela pourrait permettre d'éviter qu'un appareil encore réutilisable, qu'un consommateur souhaite réutiliser, ne finisse directement dans la chaîne de recyclage. La prise de mesures au niveau du consommateur, qui a un intérêt personnel à réutiliser ou rendre réutilisable un appareil, permet d'éviter les considérations de marché.

Riassunto

L'incentivazione al riutilizzo di apparecchiature elettriche ed elettroniche è ripetutamente oggetto di dibattiti pubblici e politici. La consapevolezza della scarsità delle risorse, i cicli d'innovazione sempre più brevi e il conseguente rapido passaggio a dispositivi dell'ultima generazione ha sensibilizzato molte sfere della società su questo tema. Si aggiungono inoltre prezzi sempre più bassi ed estese funzionalità di queste apparecchiature, i quali incrementano continuamente l'acquisto di nuovi dispositivi.

Da oltre vent'anni in Svizzera le apparecchiature smaltite vengono generalmente riciclate direttamente. Un controllo della possibilità di riutilizzare questi dispositivi non è richiesto dalla legge. I sistemi di ritiro dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), le quali operano per conto dei produttori, degli importatori e dei grossisti, non sono contrattualmente in grado - e hanno scarso interesse - a promuovere il riutilizzo delle apparecchiature prima del riciclaggio.

Da qualche anno, un certo numero di attori privati e pubblici sostiene la riparazione di apparecchiature elettriche ed elettroniche (AEE) ancora utilizzabili. Molti consumatori e politici ritengono che, dal punto di vista ambientale, il riutilizzo delle AEE usate sia preferibile al loro riciclaggio. L'aumento dell'efficienza energetica, in particolare per i grossi elettrodomestici, ha trasformato tuttavia questa immagine negli ultimi anni. Ci si pone quindi la domanda di dove si trova il limite ecologico, cioè per quale tipo di apparecchiatura e fino a quale età dell'oggetto è raccomandato il riutilizzo da un punto di vista ecologico.

Da un punto di vista economico, la domanda principale per un potenziale acquirente di un'apparecchiatura usata è il prezzo di acquisto (inclusi gli eventuali costi di riparazione) rispetto al prezzo di un nuovo dispositivo. La risposta a questa domanda dipende dall'età dell'apparecchiatura, dalle sue condizioni e dal suo prezzo di vendita.

Nel presente studio sono stati esaminati gli aspetti ecologici ed economici di un riutilizzo di AEE usate. Gli esempi presentati includono lavatrici, frigoriferi, TV (schermo piatto LCD), smartphone e laptop. Da un punto di vista ecologico, è stato appurato che il riutilizzo fa sempre senso per delle apparecchiature per le quali l'impatto ambientale ha luogo principalmente durante la produzione e lo smaltimento. Tra di esse si trovano principalmente i dispositivi elettronici (laptop e smartphone). Per i dispositivi che consumano molta elettricità, ed eventualmente anche acqua, durante il loro utilizzo (dispositivi di raffreddamento, lavatrici) e hanno un impatto ambientale rilevante durante questa fase, vi è un limite in base all'età dell'oggetto a partire dalla quale il riutilizzo mostra degli svantaggi rispetto all'acquisto di un nuovo dispositivo.

Le apparecchiature elettriche ed elettroniche che generano una parte sostanziale dei costi durante l'uso ed hanno una lunga durata di vita (tipicamente per esempio degli elettrodomestici come le lavatrici o i frigoriferi) sono caratterizzate da un elevato costo totale d'uso (prezzo d'acquisto più costi operativi). I miglioramenti nel consumo di energia e acqua hanno un impatto significativo sul costo totale di questi dispositivi. Il prezzo di vendita di un'apparecchiatura usata deve quindi - più vecchio (e inefficiente) il dispositivo è - essere significativamente inferiore al prezzo di un nuovo dispositivo in modo che per l'utilizzatore di costo totale sia migliore che se avesse acquistato una

Ökologische und ökonomische Analyse

nuova apparecchiatura. Questo non è valido tuttavia per le tecnologie d'informazione e comunicazione (smartphone, computer portatili) e per l'elettronica di consumo (TV), le quali hanno bassi costi operativi. Cruciale per questi dispositivi è invece unicamente il prezzo di acquisto. Apparecchiature più recenti, offerte a un prezzo favorevole hanno quindi migliori possibilità di trovare un acquirente rispetto ai dispositivi più vecchi, le quali di norma non hanno più una garanzia e per le quali il rischio di un guasto aumenta. Va inoltre tenuto presente che un venditore privato di un tale dispositivo, consapevole del suo valore economico, utilizza in primo luogo canali di vendita esistenti come ricardo.ch, Tutti.ch o eBay o passa il dispositivo ad un secondo utente tramite canali privati prima che il dispositivo finisca in un altro canale di riutilizzo.

In questo dibattito sulla promozione del riutilizzo, non si deve dimenticare che il riutilizzo di un dispositivo usato non sempre sostituisce un nuovo dispositivo, ma in alcuni casi porta ad un aumento della loro quantità totale (il cosiddetto effetto rebound) per esempio quando sia il vecchio ed il nuovo dispositivo vengono utilizzati (ad esempio in famiglia, nella casa di vacanza, ecc.). Questo aspetto è stato finora poco studiato. Tenendo conto dei risultati del presente studio e dei principi di gestione dei rifiuti (prevenzione-riduzione-recupero-eliminazione), raccomandiamo:

- Il rafforzamento delle attività d'informazione e sensibilizzazione dell'UFAM in merito ai ricorrenti dibattiti pubblici e politici sul riutilizzo di apparecchiature elettriche ed elettroniche (ad esempio attraverso le informazioni sul sito web e attraverso volantini informativi). Un'estensione selettiva del modello sviluppato e applicato in questo studio a ulteriori tipi di dispositivi combinata con una generalizzazione delle dichiarazioni potrebbe fornire ai consumatori un aiuto utile nella decisione di acquistare un dispositivo usato o, rispettivamente, continuare a utilizzare un dispositivo esistente. I vantaggi ed i benefici di un riutilizzo dovrebbero essere differenziati: non ha sempre senso riutilizzare od acquistare un dispositivo usato, e non sempre l'utilizzo un dispositivo usato sostituisce la produzione di un nuovo dispositivo.
- Attività nel campo della riparazione delle apparecchiature dovrebbero continuare a essere promosse, per esempio sostenendo la pubblicazione di guide di riparazione. Con ciò si può evitare che dispositivi ancora utilizzabili - che un consumatore o una consumatrice vorrebbe riutilizzare - non finiscano nel sistema di riciclaggio. Adottando misure direttamente presso i consumatori, i quali hanno un proprio interesse a continuare ad utilizzare un dispositivo o a renderlo nuovamente utilizzabile, si rendono le considerazioni di mercato superflue.

Summary

The promotion of the reuse of electrical and electronic equipment is the subject of repeated public and political debate. Awareness of resource limitations, increasingly short innovation cycles and associated rapid changeovers to the latest generations of devices have sensitized many parts of society to this issue. In addition, there are falling prices and expanded functionalities, which are driving the purchase of new devices ever further.

For more than 20 years, equipment that ends up in waste disposal has generally been directly recycled in Switzerland. A check of the reusability of these devices is not required by law. The take-back systems of waste electrical and electronic equipment (WEEE), which perform their tasks on behalf of manufacturers, importers and wholesalers, are not contractually obligated to promote reuse of equipment prior to recycling and generally have little interest in doing so voluntarily.

Over the past few years, a number of private and public stakeholders have announced their support for repairing still-usable WEEE. Many consumers and politicians believe that, from an environmental point of view, reuse of WEEE is preferable to recycling. However, increases in energy efficiency, particularly for household appliances, have changed this picture in recent years. It therefore raises the question of where does the ecological limit lie? I.e. for what types of equipment and up to which age is reuse recommended from an environmental point of view?

From an economic point of view, the main question for a prospective purchaser of a used device is the purchase price (including any repair costs) compared to the option of buying a new device. The answer to this question depends on the age, condition and sale price of the used device.

In the present study, the ecological and economic aspects of electrical and electronic equipment (EEE) reuse were investigated. Examples of EEE considered include washing machines, refrigerators, televisions (LCD flat screen), smartphones and laptops. From an environmental point of view, it has been found that reuse of equipment for which most of their environmental impacts occur during manufacturing and disposal is always recommended. This mainly relates to electronic devices, such as laptops and smartphones. For devices that consume electricity and, possibly, water during use (e.g. cooling devices or washing machines) and that have a relatively high environmental impact during the use phase, at a certain age (device-specific) reuse actually becomes environmentally disadvantageous compared to the purchase of a new, replacement device.

EEE for which a substantial proportion of operating costs are generated during use and that also have a long service life - typically household appliances, such as washing machines or refrigerators - are characterized by high total costs of use (purchase price plus operating costs). Improvements in energy and water consumption have a significant impact on the total cost of these devices. Hence, the selling price of a used device – depending on its age and inefficiency – must be significantly lower than the price of a new device, so that the user of the used device incurs lower costs than if they were to buy a new, replacement device. This is not the case for information and communication technology devices (e.g. smartphones and laptops) and consumer electronics (e.g. televisions), which have low operating costs. For these devices, it is the purchase price alone that is crucial. Newer devices that are offered cheaply have better a chance of finding a buyer than older devices, for which manufacturers' warranties rarely exist and the risk of failure is greater. It should

also be kept in mind that those owners of older devices who are aware of their economic value first use existing sales channels, such as Ricardo, Tutti or e-bay, or pass on their device to a secondary user through private channels before such a device enters an alternative reuse channel.

Concerning the debate on the promotion of reuse, it should not be forgotten that a reused device does not always replace a new device, but in some cases simply leads to an increase in the total quantity of devices being used in society (a so-called rebound effect). After a new, replacement device is purchased, older devices are often still used elsewhere, for instance by other family members or in holiday homes, etc. This aspect has been scarcely studied so far.

Taking into account the results of the present study and the principles of waste management (prevention-reduction-recovery-elimination), we recommend:

- The recurrent public and political debates on the reuse of electrical and electronic equipment require the *strengthening of FOEN's information on the subject and increased activity in raising societal awareness* (e.g. through improved information on the FOEN website and through the provision of information leaflets). The selective extension of the model developed and applied in this study to further device types, combined with a generalization of the study's findings could provide consumers with useful help when making decisions on whether to continue using their devices or purchase a replacement new or used device. The benefits of reuse should be differentiated: It does not always make sense environmentally or economically to reuse or acquire an old device and such reused devices do not always replace the production of a new device.
- *Activities in the field of equipment repair should continue to be promoted, e.g. by supporting the preparation and dissemination of guidelines on how to repair different types of equipment.* This may help to avoid situations where still usable devices that a consumer would like to reuse end up in the recycling. With measures targetted directly at consumers, who have a personal interest in further using their devices, further market intervention by government, for instance, is not required.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Seit 1998 besteht in der Schweiz mit der „Verordnung über die Rückgabe, Rücknahme und Entsorgung von elektronischen Geräten“ (VREG) eine gesetzliche Verpflichtung zur Rückgabe, Rücknahme und Entsorgung nicht mehr gebrauchter elektrischer und elektronischer Geräte. Die Rücknahmepflichtigen müssen die Geräte entsorgen, die sie nicht weiterverwenden und nicht an andere Rücknahmepflichtige übergeben. Diese Verpflichtung wird von der Stiftung Sens (seit 1992) und dem IT-Branchenverband Swico (seit 1994) im Auftrag von insgesamt mehr als 1'300 Herstellern, Grossverteilern, Detaillisten und Importeuren umgesetzt. Ein dichtes Netz von Rücknahmestellen bei Handel, in Städten und Gemeinden führt mit rund 16 kg/Einwohner*Jahr zu einer der höchsten pro Kopf-Sammelmengen von EAG in ganz Europa. Zusätzlich bestehen etablierte Rücknahmesysteme für Batterien (Inobat, seit 1996) und Leuchtmittel (SLRS, seit 2012).

Die Vielfalt und die immer kürzere Nutzungsdauer der Geräte sowie die steigende Verbreitung in der Gesellschaft haben die entsorgten Mengen stark ansteigen lassen. Heute landen aufgrund fallender Preise und durch veränderte Konsumgewohnheiten viele Geräten bereits vor dem Erreichen ihrer technisch möglichen Lebensdauer in der Entsorgung. Anstrengungen zur Wiederverwendung von solchen Gebrauchtgeräten wurden in der Schweiz von Seiten des Handels, der Importeure und Hersteller bisher kaum unternommen.

Im europäischen Ausland besteht eine Pflicht zur Prüfung der Möglichkeit einer Wiederverwendung von Altgeräten vor deren Entsorgung. In einigen Ländern wurden ergänzend zu den Entsorgungssystemen Netzwerke für eine Wiederverwendung von Geräten aufgebaut (u.a. Deutschland, Österreich, Belgien). Es bedarf jedoch oftmals einen erheblichen Aufwand die Geräte wieder in Stand zu stellen und für einen Kauf vorzubereiten. Der Absatz der Secondhand-Geräte ist zudem aufgrund der Preissituation für Neugeräte oft erschwert.

In der Schweiz haben verschiedene politische Vorstösse eine Prüfung der Förderung der Wiederverwendung verlangt. Dabei wurde u.a. angeregt, „.... einen separaten, vorgeschalteten Wiederverwendungskreislauf, z. B. über die Sammel- und Zerlegebetriebe, mit entsprechenden technischen Vorschriften zu schaffen“¹.

Aufgrund der in den letzten Jahren deutlich verbesserten Umweltleistung von verschiedenen Geräten (z.B. Kühlschränke, Waschmaschinen) ist es nicht zwingend gegeben, dass eine Wiederverwendung von Gebrauchtgeräten einen Umweltnutzen bringt. Dabei stellt sich die Frage

¹ siehe z.B. Postulat 13.3606 von Bastien Girod vom 21. Juni 2013; vom Bundesrat am 21. August 2013 angenommen, am 19. Juni 2015 abgeschlossen.

unterschiedlich für den *aktuellen Nutzer des Gebrauchtgerätes* (Frage: Soll ich mein bestehende Gerät weiterverwenden oder ein neues, leistungsfähigeres Gerät anschaffen? - *Weiterverwendung*) oder für einen *Zweitnutzer* (Frage: Soll ich ein neues leistungsfähigeres Gerät oder allenfalls ein älteres Secondhand-Gerät kaufen? - *Wiederverwendung*).

1.2 Zielsetzung

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, die ökologischen und ökonomischen Aspekte einer Weiter- oder Wiederverwendung elektrischer und elektronischer Geräte in der Schweiz zu analysieren. Dabei liegt der Fokus auf der Frage, *ob zumindest bei einer Teilmenge der ins Recycling gelangenden Elektro- und Elektronikgeräte das ökologische und ökonomische Potential für eine Wiederverwendung besteht, welches durch staatliche Massnahmen weiter gefördert werden sollte.*

Beim *ökologischen Potential* stellt sich die Frage, bei welchen Elektro- und Elektronikgeräten (Typ, Alter) aus Umweltsicht eine Weiter- oder Wiederverwendung sinnvoll ist. Vor allem bei älteren Geräten kann die Situation eintreten, dass die Umweltbelastungen, welche während der Dauer einer Wiederverwendung erzeugt werden, grösser sind, als jene beim Kauf eines neuen Gerätes.

Das *ökonomische Potential* einer Weiter- oder Wiederverwendung von gebrauchten elektrischen und elektronischen Geräten wird aus Sicht des Konsumenten ein zentrales Element für den Kaufentscheid sein. Das ökologische Potential wird der Konsument allenfalls ergänzend in die Betrachtungen miteinbeziehen.

Ist bei Geräten, welche heute im Entsorgungssystem landen, eine solche Weiter- oder Wiederverwendung ökologisch und ökonomisch sinnvoll, stellt sich zusätzlich noch die Frage, ob für diese Art von Geräten auch ein Markt besteht. Dies insbesondere unter Berücksichtigung der zunehmenden Effizienzsteigerungen und der erweiterten Funktionalitäten bei verschiedenen Gerätetypen verbunden mit der negativen Preisentwicklung, welche diese Geräte heute für eine breite Bevölkerungsschicht erschwinglich machen. Auf diese Frage wird in der vorliegenden Studie allerdings nicht weiter eingegangen.

2 Grundlagen

2.1 Rechtliche Grundlagen

Die „Verordnung über die Rückgabe, Rücknahme und Entsorgung und elektronischer Geräte“ (VREG) vom 14. Januar 1998 regelt die Rückgabepflicht des Abfallerzeugers (Art. 3), die Rücknahmepflicht des Handels, der Hersteller und Importeure (Art. 4) sowie die Entsorgungspflicht der Rücknahmepflichtigen (Art. 5). Diese „... müssen die Geräte entsorgen, *die sie nicht weiterverwenden* und nicht an andere Rücknahmepflichtige übergeben.“ Die Rücknahmepflichtigen können also Geräte einer Wiederverwendung zuführen, eine eigentliche Wiederverwendungspflicht, resp. die Klärung der Frage der Wiederverwendbarkeit und deren Priorisierung gegenüber einer stofflichen und energetischen Verwertung besteht in der schweizerischen Gesetzgebung jedoch nicht.

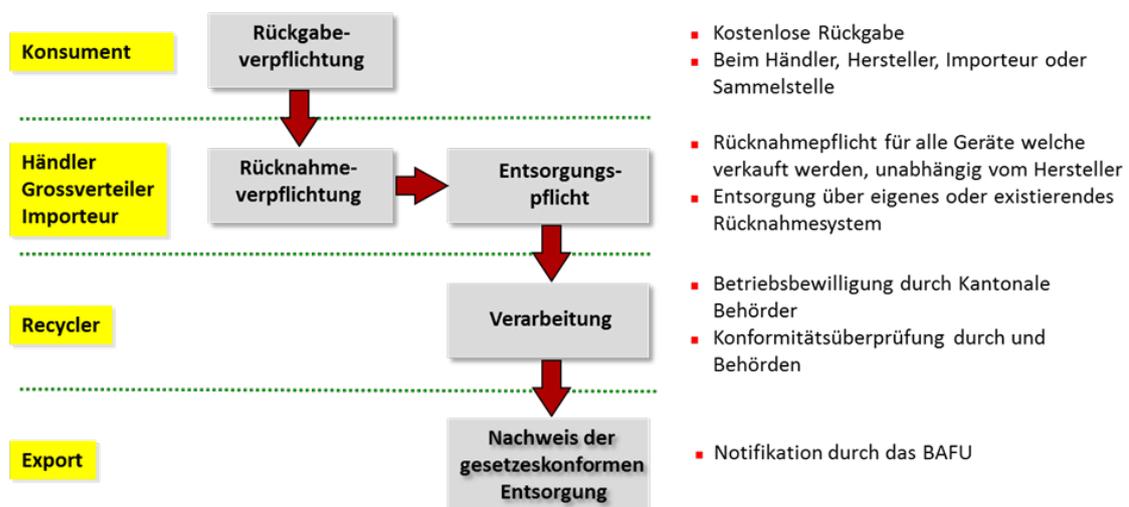


Abbildung 2-1: Rechte und Pflichten gemäss VREG

Im Anhörungsentwurf zur revidierten VREG vom Juni 2013 steht in Art. 8 „Entsorgungspflicht“: „Die Rücknahmepflichtigen sowie die Betreiber von öffentlichen Sammlungen und Sammelstellen müssen die Geräte und Bestandteile, die ihnen übergeben wurden, entsorgen, *wenn sie sie nicht weiterverwenden* oder an andere Rücknahmepflichtige übergeben.“ Damit eröffnet die revidierte VREG den Gemeinden die Möglichkeit, Geräte einer Weiterverwendung zuzuführen. *Eine Pflicht (geeignete) Geräte einer Weiterverwendung zuzuführen besteht jedoch auch mit der revidierten VREG (voraussichtlich) nicht.*

In der europäischen Richtlinie 2012/19/EU vom 4. Juli 2012 über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE-Direktive; (European Union 2012)) ist eine solche Wiederverwendung von Gebrauchsgütern explizit vorgesehen. So kann z.B. zur Erreichung der festgelegten Recycling- und Verwertungsquoten auch die Wiederverwendung angerechnet werden. Verschiedene Länder (u.a. Deutschland und Österreich), haben in ihren nationalen Gesetzgebungen festgelegt,

dass eine Wiederverwendung eines Gerätes vor dessen Behandlung zu prüfen ist. Trotz dieser Vorgaben zeigen Untersuchungen, dass der Anteil der einer Wiederverwendung statt einem Recycling zugeführten Geräte in der EU im Durchschnitt lediglich ca. 2% beträgt und sich auf wenige Länder konzentriert (European Commission 2015).

2.2 Reparatur und Wiederverwendung von E+E Geräten in der Schweiz

2.2.1 Initiativen von Privaten und von Hilfswerken

Über Internetplattformen wie z.B. *e-bay* (www.ebay.ch), *Ricardo* (www.ricardo.ch) und *Tutti* (www.tutti.ch) werden gebrauchte elektrische und elektronische Geräte für eine Wiederverwendung angeboten. Das Volumen der Verkäufe über diese Plattformen ist nicht bekannt.

Swisscom führt zusammen mit *Valora* und dem *SOS-Kinderdorf* in den *Swisscom Shops* und *Kiosken* seit 2013 nationale Handy Sammelaktionen durch (*Swisscom Mobile Aid*). Die Geräte werden in der Schweiz sortiert und für den Wiederverkauf aufbereitet. Die funktionierenden Mobiltelefone werden auf dem internationalen Gebrauchthandymarkt weiterverkauft. Der Erlös aus dem Wiederverkauf der Handys fließt in ein Schulprojekt von *SOS-Kinderdorf* in Äthiopien. Defekte Handys werden in der Schweiz in einem vom *Swico* lizenzierten Unternehmen umweltgerecht rezykliert.

Die Initiative *La Bonne combine* (www.laboncombine.ch) in Prilly/VD bietet die Reparatur und den Verkauf von Elektrogeräten an. Auf die reparierten Geräte wird eine Garantie von 6 Monaten gewährt. Die *Stiftung für Konsumentenschutz* lancierte am 24. April 2014 das erste ständige „Reparaturkaffee“ in der Schweiz in Bern (www.konsumentenschutz.ch/repaircafe). Inzwischen existieren in vielen Orten der Schweiz insgesamt 67 Repair-Cafés in denen mehrmals jährliche Reparaturveranstaltungen stattfinden. Am 27. Oktober 2017 fand der zweite Nationale Reparaturtag statt. Die Plattform *Bauteilclick* vermittelt und verkauft Occasions-Bauteile und -möbel (www.bauteilclick.com).

Daneben gibt es Fachgeschäfte, welche Occasionsgeräte anbieten. Es handelt sich meist um neuere Geräte, welche von Firmen stammen. Die Firma *Utilis* (www.utilis.ch) in St. Gallen bietet solche Geräte seit vielen Jahren an. Zu Beginn wurden fast ausschliesslich Secondhand Notebook-Geräte angeboten. Der Verkauf lag jedoch deutlich unter den Erwartungen, weshalb die Firma auch Neugeräte in das Sortiment aufnahm. *Revendo* (www.revendo.ch) bietet inzwischen in 6 Städten Secondhand-Geräte von Apple an.

Es gibt zusätzlich mehrere Online-Reparaturführer (siehe www.reparaturfuehrer.ch/infos). Der bekannteste ist *IFIXIT* (www.ifixit.com) der für knapp 10'000 elektronische Geräte verschiedener Hersteller die notwendigen Werkzeuge sowie mehr als 31'000 Reparaturanleitungen in 11 Sprachen anbietet. Die Reparaturanleitungen sind gratis, die Werkzeuge müssen gekauft werden.

2.2.2 *Initiativen des Bundes*

Das Programm „Energie Schweiz“ des Bundesamtes für Energie hat im Juni 2012 eine Entscheidungshilfe zur Frage herausgegeben für welche Geräte in Abhängigkeit des Alters und der veranschlagten Reparaturkosten es sich lohnt, diese zu reparieren anstatt zu ersetzen (Energie Schweiz 2012). Ökologische Aspekte sind rein summarisch in die Empfehlungen eingeflossen, in dem gesagt wird, dass sich die graue Energie beim Ersatz durch effiziente Neugeräte mit tiefem Betriebsverbrauch innert 4-10 Jahren kompensiert und dass bei Berücksichtigung weiterer Umweltbelastung diese Rückzahldauer noch verlängert wird. Diese Entscheidungshilfe deckt Kühl- und Gefriergeräte, Waschmaschinen und Wäschetrockner, Geschirrspüler, Backofen, Kaffeemaschinen, LCD- und Röhrenmonitore (PC und TV) sowie Heizungspumpen ab.

2.2.3 *Initiativen von Kantonen und Städten*

11 Kantone sowie die Städte Thun, Köniz und Bern betreiben gemeinsam einen Reparaturführer (www.reparaturfuehrer.ch), der auf lokale Reparaturmöglichkeiten verweist. In der Datenbank sind aktuell ca. 300 Reparatereure für Elektronikgeräte aufgeführt. Ziel ist es, für den Reparaturführer ein schweizweites Angebot realisieren zu können. Weitere Kooperationspartner werden laufend gesucht.

2.3 **Lebens- und Nutzungsdauer von E+E Geräten**

Die *Lebensdauer* von elektrischen und elektronischen Geräten kann deutlich länger sein, als deren *Nutzungsdauer*. Ein vom ersten Eigentümer nicht mehr genutztes Gerät kann in eine zweite oder dritte Nutzungsphase gelangen, zwischengelagert oder als Reservegerät aufbewahrt werden.

Untersuchungen der Empa ergaben eine totale Nutzungsdauer (inkl. Aufbewahrungszeit) von 6 Jahren für Mobiltelefone, 8 Jahre für Laptops und 6.5 Jahre für LED TV-Geräte (Thiébaud 2017). Untersuchungen aus dem Jahre 2012/2013 der Fachhochschule Nordwestschweiz ergaben ein durchschnittliches Alter von Notebooks und Mobiltelefonen in der Entsorgung von je rund 8 Jahren (Stocker 2013).

Eine Studie des deutschen Umweltbundesamtes nennt die in Tabelle 2-1 aufgeführten durchschnittlichen Erstnutzungsdauern von Elektroaltgeräten (EAG) (Siddharth u. a. 2017).

Tabelle 2-1: Durchschnittliche Erstnutzungsdauer von EAG (Siddharth u. a. 2017)

	Erstnutzungsdauer
Waschmaschinen/Wäschetrockner/Geschirrspüler	12 Jahre
Kühl-/Gefrierkombination	13 Jahre
TV Flachbildschirmgeräte	4-6 Jahre
Laptop	5-6 Jahre

2.4 Aspekte zum Umweltnutzen der Wiederverwendung

2.4.1 Nutzungsrelevante vs. produktionsrelevante Geräte

Im Projekt „Optimierung der Lebens- und Nutzungsdauern von Produkten“ (Econcept / SOFIES 2014) wurden Grundlagen zur Bestimmung der optimalen Lebens- und Nutzungsdauer von Produkten sowie Rahmenbedingungen und Aktivitäten zur deren Optimierung erarbeitet. In der Studie wird zwischen nutzungsrelevanten und produktionsrelevanten Produkten unterschieden. Nutzungsrelevant heisst, dass die grössten Umweltbelastungen bei der Nutzung entstehen (typisches Beispiel dafür ist eine Waschmaschine), während bei produktionsrelevanten Produkten (wie beispielsweise einem Möbelstück) die Produktion und Entsorgung massgebend sind. Die Frage, wann ein Produkt aus ökologischer Sicht besser ersetzt (und damit entsorgt) wird oder idealerweise noch länger genutzt werden soll (mittels Wieder- oder gar Weiterverwendung), lässt sich nicht immer schlüssig beantworten. Es hängt u.a. stark von der Art der Nutzung und dem betrachteten Gerätetypen ab. Abbildung 2-2 zeigt einen möglichen, vereinfachten Entscheidungsbaum.

Entscheidungsbaum zum Ersetzen von Produkten

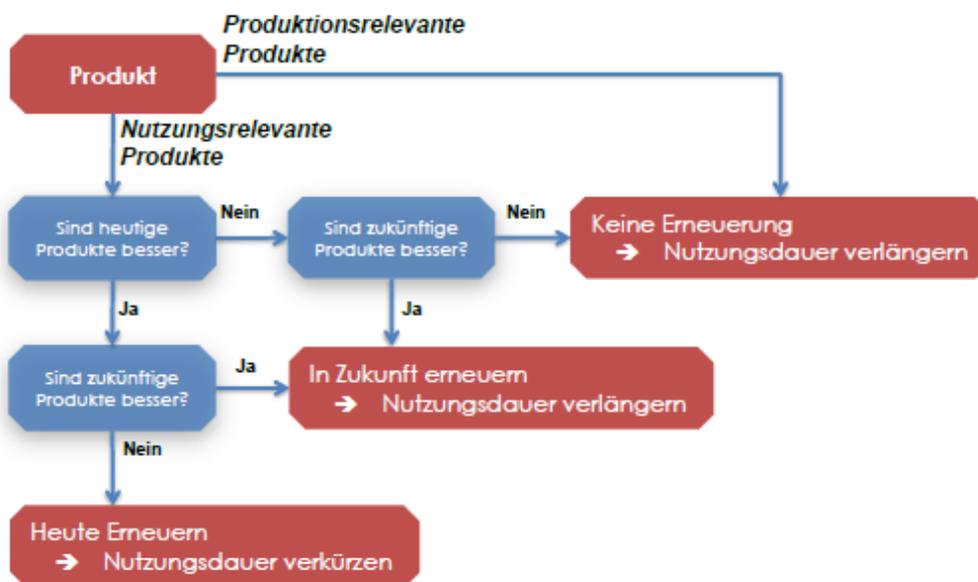


Abbildung 2-2: Entscheidungsbaum zum Ersetzen von Produkten (Econcept / SOFIES 2014)

Aus rein ökologischer Sicht kann gesagt werden:

- Bei allen *produktionsrelevanten Produkten* ist der Ersatz durch ein neues Produkt nicht erstrebenswert; stattdessen soll eine Verlängerung der Lebens- und Nutzungsdauer angestrebt werden.
- Bei *nutzungsrelevanten Produkten* kann ein Ersatz erstrebenswert sein, abhängig davon, ob heutige oder zukünftige Produkte ökologisch besser sind. Die Verlängerung resp. Verkürzung der Nutzungsdauer kann somit zweckmässig sein.

Bezüglich der EAG wurde von den Autoren der Studie eine grobe Kategorisierung vorgenommen. Aufgrund der grossen Variation der Nutzungsintensität ist es innerhalb der Kategorien jedoch schwierig, einen klaren Break-Even Punkt² zu berechnen. Eine Aufteilung in «nutzungsrelevante» und «produktionsrelevante» Produkte ist deshalb nur bedingt aussagekräftig.

2.4.2 Effizienzsteigerung von E+E-Geräten

Für EAG, welche während des Gebrauchs keine oder eine geringe Umweltbelastung erzeugen, kann allgemein angenommen werden, dass eine Weiterverwendung aus ökologischer Sicht sinnvoll ist. Anders sieht es bei Produkten aus, welche während des Gebrauchs Energie oder Wasser benötigen. In den letzten rund 10 Jahren haben z.B. Haushaltgrossgeräte bedeutende Effizienzsteigerungen verzeichnen können, wie in Abbildung 2-3 gut ersichtlich wird (S.A.F.E. (Schweizerische Agentur für Energieeffizienz) www.energieeffizienz.ch und www.topten.ch 2016).

Die verkauften Kühlschränke sind heute praktisch ausschliesslich A++ (83%) und A+++ (15%) Geräte, während 2010 mehrheitlich A+ Geräte verkauft wurden (60%). Ähnlich präsentiert sich die Situation bei Waschmaschinen, wo seit 2012 mehrheitlich A+++ Geräte verkauft wurden (vgl. Abbildung 2-3). Mit anderen Worten: Bei diesen beiden Gerätetypen dürften Geräte, die älter als 5 Jahre sind, aufgrund der Tatsache, dass die Energieeffizienz sich so stark weiterentwickelt hat, wesentliche umweltbezogene Nachteile mit sich bringen.

² Der Break-Even Punkt bezeichnet den Zeitpunkt, nach welchem die Umweltbelastung durch den Betrieb eines Produktes während seiner Nutzungszeit diejenige für dessen Herstellung und Entsorgung überschreitet.

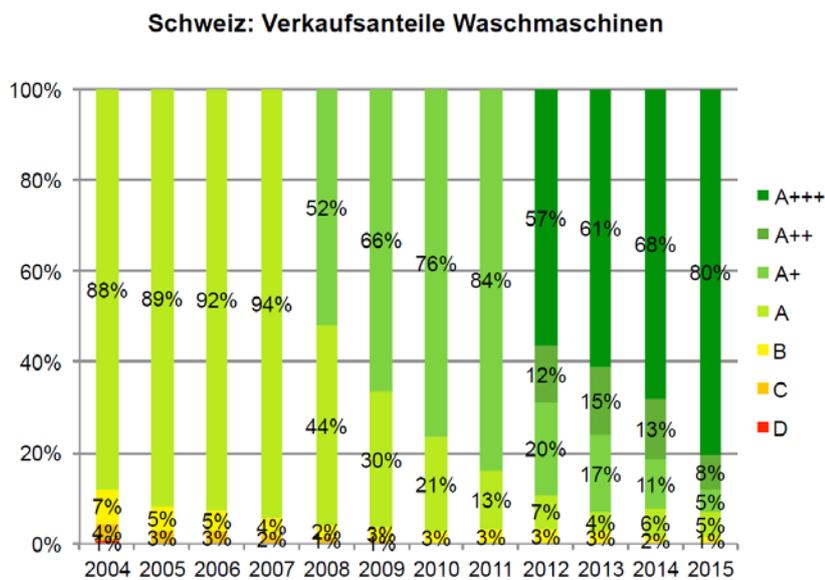
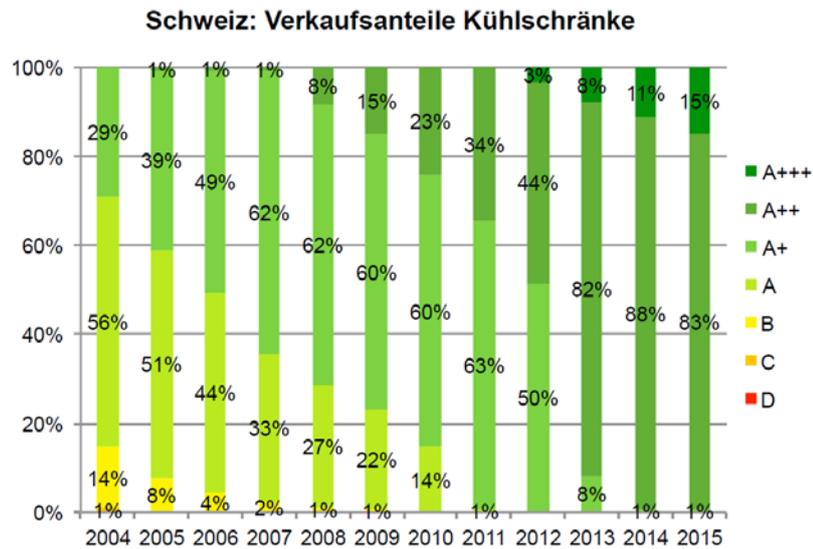


Abbildung 2-3: Verkaufsstatistik Kühlschränke und Waschmaschinen nach Energieeffizienzindex 2004-2015 (S.A.F.E. (Schweizerische Agentur für Energieeffizienz) www.energieeffizienz.ch und www.topten.ch 2016)

2.4.3 Ersatz eines Neugerätes oder Weiternutzung als Ersatzgerät

Aus einer übergeordneten Perspektive ist bei der Beurteilung der Frage des Umweltnutzens eines wieder- oder weiterverwendeten Gerätes auch zu berücksichtigen, ob dieses ein Neugerät ersetzt oder ob das wieder- oder weiterverwendete Gerät allenfalls zu einer Nutzungsausweitung führt (sog. Rebound-Effekt), indem das ältere Gerät parallel zu einem Neugerät weiterverwendet wird (z.B. Kühlschrank oder TV-Gerät im gleichen Haushalt).

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Geräteauswahl

Zur Beurteilung der Frage nach dem ökologischen und ökonomischen Sinn einer Wiederverwendung von E+E-Geräten wurde ein adäquates methodisches Vorgehen entwickelt. In einem ersten Schritt wurden Geräte ausgewählt, welche das breite Spektrum an produktionsrelevanten und nutzungsrelevanten Geräten möglichst repräsentativ abdecken (vgl. Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1: Auswahl der Geräte für die Studie

← produktionsrelevant ←	→ nutzungsrelevant →
	Waschmaschine
	Kühlgerät
	Fernsehgerät (LCD-Flachbildschirm)
	Laptop
Smartphone	

3.2 Weiterverwendung und Wiederverwendung

Bei der Frage nach der (weiteren) Nutzung eines gebrauchten Elektro- oder Elektronikgerätes aus den beiden Perspektiven der Ökologie und der Ökonomie müssen zwei verschiedene Fälle unterschieden werden (hier dargestellt für das Beispiel eines TV-Gerätes):

- **Fall A „Weiterverwendung eines eigenen Gerätes oder Neukauf“** (gleicher Nutzer). Jemand besitzt bereits ein TV-Gerät und steht vor der Frage, ob er dieses weiter nutzen oder ob er ein neues Gerät kaufen soll.
- **Fall B „Wiederverwendung eines fremden Gerätes oder Neukauf“** (neuer Nutzer). Jemand hat noch kein TV-Gerät und steht vor der Frage, ob er ein neues Gerät oder ein von Altgerät erwerben soll.

Die Unterscheidung dieser beiden Fälle erfordert einen unterschiedlichen Bezugsrahmen (vgl. Kapitel 3.3 und 3.4).

3.3 Ökologische Analyse

3.3.1 Ökobilanzierung

Für die Untersuchung und Quantifizierung aus ökologischer Sicht wird eine vereinfachte Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment, LCA) erstellt. Bei der Ökobilanz handelt es sich um eine Methode zur Abschätzung der Umweltwirkungen von einem Produkt, einer Dienstleistung, einem Prozess oder einer Technologie. Die Vorgehensweise ist durch die ISO-Normen 14'040 und 14'044 (ISO, 2006b, a) international geregelt. Eine Ökobilanz erlaubt eine Quantifizierung

der totalen Umweltbelastungen, welche mit einer Weiter- resp. Wiederverwendung eines Elektrogerätes verbunden sind.

Für die zentralen Teile der Betrachtung - d.h. Daten betreffend die Zusammensetzung sowie die Betriebsaufwände der untersuchten Geräte - basiert die vorliegende Studie auf Daten von exemplarischen Beispielen, von denen auf die ganze Kategorie verallgemeinert wird (Details zu den verschiedenen Kategorien, siehe Kapitel 4.1). Für die vorgelagerten Material- und Energieströme wurde in allen Fällen auf Daten aus der LCA-Datenbank ecoinvent (Systemmodell „recycled-content“ in der Version 3.3) zurückgegriffen. Die Tabellen im Anhang 6.1 geben einen Überblick über die verwendeten Datensätze aus dieser Datenbank. Die Modellierungen und Berechnungen erfolgten mit der LCA-Software OpenLCA (Version 1.5.0). Die folgenden Bewertungsmethoden wurden dabei angewandt:

- **Treibhauseffekt**, ausgedrückt in kg CO₂-Äquivalent, gemäss IPCC 2013 (implementiert in die Ökobilanz-Methode so wie beschrieben in Bourgault, 2015),
- (nicht-erneuerbarer) **Primärenergieverbrauch**, ausgedrückt in MJ-Äquivalent (auch dieser Faktor implementiert, so wie beschrieben in Bourgault, 2015), sowie
- **Ökologische Gesamtbelastung** nach der Methode der ökologischen Knappheit, ausgedrückt in sog. Umweltbelastungspunkten (UBP), in der Version 2013 (Frischknecht, R. und Büsser-Knöpfel, S. 2013)

Bei den drei berücksichtigten Bewertungsmethoden handelt es sich um weit verbreitete, in der Schweiz häufig eingesetzte Methoden, welche den Bezug zur 2000 W Gesellschaft, sowie zur aktuellen Umweltpolitik der Schweiz herstellen und die vom Bafu geforderten Ansprüche an eine „true and fair view“ bei den verwendeten Daten und Methoden erfüllen.

3.3.2 Fall A: Weiterverwendung eines eigenen Gerätes oder Neukauf

Im *Fall A* vergleicht man aus ökologischer Sicht ein bereits produziertes Gerät, welches vom bisherigen Nutzer weitergenutzt werden könnte, mit einem neuen Gerät, welches für diesen Nutzer hergestellt wird. Sinnvollerweise betrachtet man für einen solchen Vergleich *die totale Nutzungsdauer des alten Gerätes* (die bereits erfolgte plus die theoretisch noch verbleibende Nutzungsdauer, was zusammen der Lebensdauer des Gerätes entspricht). In Abbildung 3-1 ist dieser Fall für das Beispiel einer Waschmaschine, gekauft im Jahr 2010, graphisch dargestellt. Als Betrachtungszeitraum wird der Zeitraum zwischen Anschaffung (2010) und Ende der Lebensdauer (2010 plus 15 Jahre = 2025) gewählt. Im Jahre 2016 kann der Nutzer die Waschmaschine entweder bis 2025 weiter nutzen oder ein neues Gerät kaufen. Dieses neue Gerät hat am Ende des Betrachtungszeitraums (2025), da es nur 9 Jahre gebraucht wurde, aber eine Lebensdauer von 15 Jahren hat, noch einen ökologischen Restnutzen, welcher in der Betrachtung berücksichtigt werden muss.

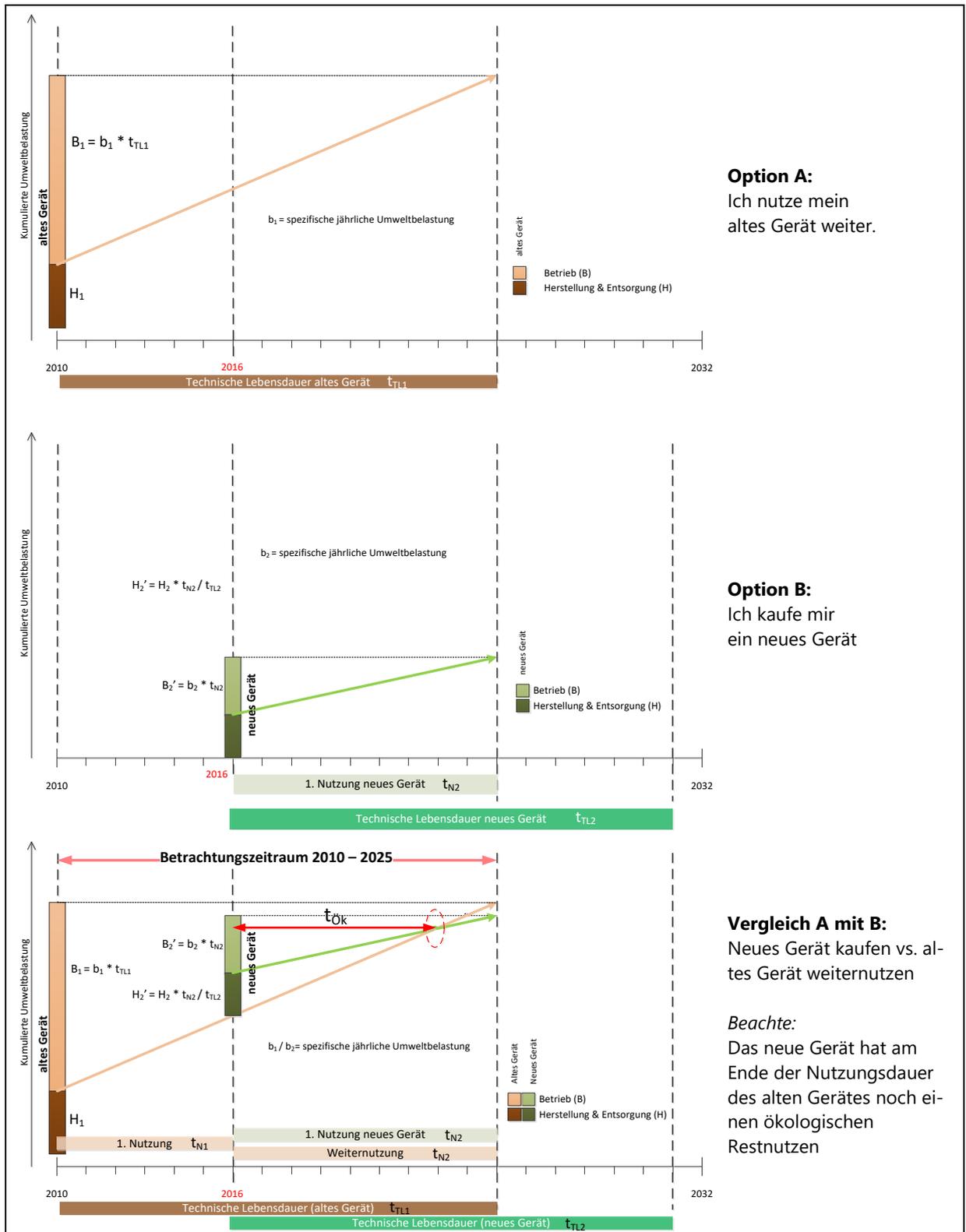


Abbildung 3-1: Ökologische Betrachtung Weiterverwendung eines eigenen Gerätes oder Neukauf am Beispiel einer Waschmaschine, die 2010 gekauft wurde und eine technische Lebensdauer von 15 Jahren aufweist

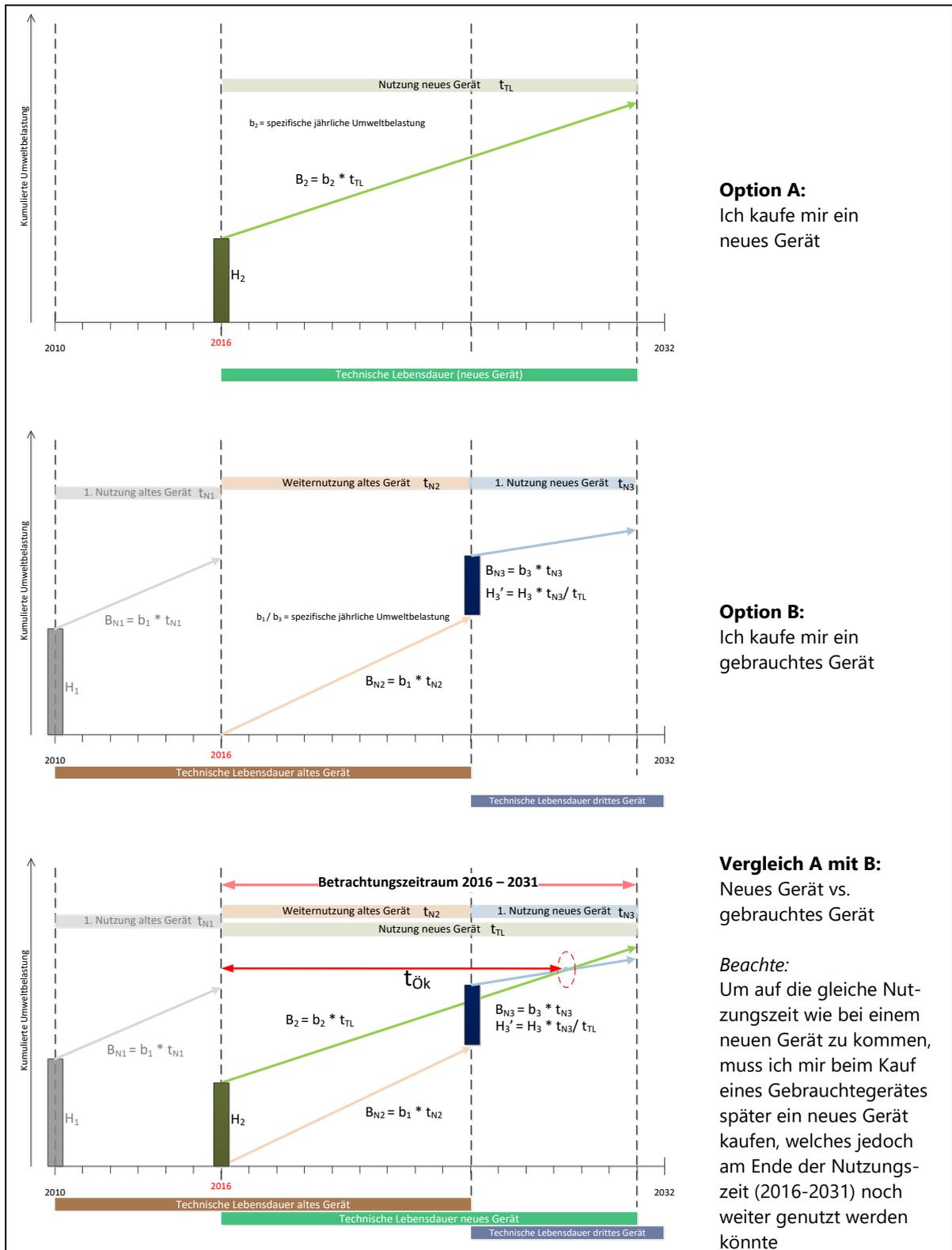
3.3.3 Fall B: Wiederverwendung eines fremden Gerätes oder Neukauf

Im Fall B erwirbt jemand entweder ein gebrauchtes Gerät und nutzt dieses für den Rest seiner möglichen Nutzungsdauer oder er kauft sich ein neues Gerät. In diesem Fall ist der betrachtete Zeitraum für den Vergleich *die total mögliche Nutzungsdauer des neuen Gerätes (d.h. der Lebensdauer dieser Gerätekategorie)*. Diese Optik bedeutet, dass im Falle des Erwerbs eines gebrauchten Gerätes zum Zeitpunkt des Ablaufs der Nutzungsdauer dieses gebrauchten Gerätes ein weiteres Gerät angeschafft werden muss, um die gesamte Nutzungszeit komplett abdecken zu können. Dieses weitere Gerät wird am Ende des Betrachtungszeitraums noch einen ökologischen Restnutzen aufweisen, welcher berücksichtigt werden muss. Keine Berücksichtigung findet in dieser Betrachtung der ökologische Schaden (im Speziellen die Herstellung und Entsorgung) aus der Erstinutzung des gebrauchten Gerätes, da das Gerät vom Erstinutzer als „Abfall“ deklariert wird (weshalb die gesamte Belastung von Herstellung und Entsorgung dieser ersten Nutzung zugewiesen wird).

Abbildung 3-2 zeigt am Beispiel einer Waschmaschine diesen zweiten Fall graphisch auf. Als Betrachtungszeitraum wird der Zeitraum zwischen heute (2016) und dem Ende der Lebensdauer (2016 plus 15 Jahre = 2031) gewählt. Im Jahre 2016 kann der Nutzer ein neues Gerät oder ein Gebrauchtgerät kaufen. Beim Kauf eines Gebrauchtgerätes muss nach Erreichen der Lebensdauer (2025) für den Rest des Betrachtungszeitraumes (2025-2031) ein neues Gerät gekauft werden, um den gesamten Betrachtungszeitraum abzudecken. Dieses Gerät hat, dass es bis 2031 nur 6 Jahre genutzt wird, aber eine Lebensdauer von 15 Jahren hat, noch einen ökologischen Restnutzen, welcher in der Betrachtung berücksichtigt werden muss.

Beide Abbildungen (i.e. Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2) enthalten jeweils einen Schnittpunkt, bei welchem die Umweltbelastungen der beiden Optionen (i.e. die Weiternutzung des alten Gerätes resp. der Kauf eines neuen Gerätes) gleich sind – hier bezeichnet als „ökologische Rückzahldauer“ ($t_{ök}$). Liegt dieser Schnittpunkt innerhalb des betrachteten Zeitraumes, so ist im Fall A die Option Neugerät ökologisch gesehen sinnvoller; im Fall B heisst dies, dass der Einsatz eines gebrauchten Gerätes dann mehr Sinn macht.

Mit einer Grenzbetrachtung kann somit bestimmt werden, unter welchen Umständen/bei welchen Bedingungen die ökologische Rückzahldauer genau dem Ende des betrachteten Zeitraums – also der Lebensdauer der betrachteten Gerätekategorie – entspricht. Aus dem Resultat dieser Grenzbetrachtung kann dann abgeleitet werden, unter welchen Rahmenbedingungen der Wechsel auf ein Neugerät Sinn macht, resp. wann der Erwerb eines gebrauchten Gerätes ökologisch gesehen sinnvoller sind.



Option A:
 Ich kaufe mir ein
 neues Gerät

Option B:
 Ich kaufe mir ein
 gebrauchtes Gerät

Vergleich A mit B:
 Neues Gerät vs.
 gebrauchtes Gerät

Beachte:
 Um auf die gleiche Nutzungszeit wie bei einem neuen Gerät zu kommen, muss ich mir beim Kauf eines Gebrauchtgerätes später ein neues Gerät kaufen, welches jedoch am Ende der Nutzungszeit (2016-2031) noch weiter genutzt werden könnte

Abbildung 3-2: Ökologische Betrachtung Wiederverwendung eines gebrauchten Gerätes oder Neukauf am Beispiel des Kaufes einer Waschmaschine im Jahre 2016, wobei die Option „gebrauchtes Gerät“ eine 2010 produzierten Waschmaschine ist. Technische Lebensdauer 15 Jahre

Ökologische und ökonomische Analyse

Für eine solche Grenzbetrachtung sind für die beiden Fälle (d.h. Weiter- resp. Wiederverwendung) die folgenden Überlegungen zu machen:

- **Fall A:** Die Fragestellung lautet „Um wieviel darf sich die Umweltauswirkung der Nutzungsphase reduzieren, damit ein Weiterverwendung meines (bereits vorhandenen) Gerätes über t_2 Jahre (höchstens) die gleichen Umweltauswirkungen verursacht, wie der Wechsel auf ein neues Gerät?“ Mathematisch entspricht diese maximale Reduktion dem Quotienten zwischen der Umweltbelastung von Herstellung und Entsorgung des neuen Gerätes (H_2) und seiner technischen Lebensdauer (t_{TL2}) und die Formel dafür lautet:

$$\Delta b = b_1 - b_2 = \frac{H_2}{t_{TL2}}$$

- **Fall B:** Die Fragestellung lautet „Um wieviel darf die Umweltauswirkung der Nutzungsphase eines gebrauchten Gerätes höher sein, so dass eine Nutzung über die verbleibende t_{N2} Jahre, inklusive seinem Ersatz für die verbleibenden t_{N3} Jahre insgesamt nicht zu einer höheren Belastung als bei einem sofortigen Einsatz eines neuen Gerätes führt?“ Berechnet wird dies über die folgende Formel (Bedeutung der Variablen siehe Abbildung 3-2):

$$\Delta b = b_1 - b_2 = \frac{1}{t_{TL}} * (H_2 - H'_3) - b_3 * \frac{t_{N3}}{t_{TL}}$$

Die funktionale Einheit für die Ökobilanz lautet in beiden Fällen „Nutzung eines Gerätes aus der Kategorie xy über die Lebensdauer von t_{TL} Jahren“. Die Systemgrenzen für die Berechnungen der beiden Fälle berücksichtigen bei allen Geräten neben der Nutzungszeit auch die Herstellung sowie die abschliessende Entsorgung (inklusive Recycling). In jenen Fällen wo die Lebensdauer des Gerätes nicht vollständig in diesem betrachteten Zeitraum liegt, sondern über diesen Zeitraum hinausgeht, wird der Herstelleraufwand (und damit verbunden auch der Aufwand für die Entsorgung) nur proportional berücksichtigt (denn das Gerät wird ja weiter genutzt!).

3.4 Ökonomische Analyse

3.4.1 Total Cost of Ownership (TCO)

Um die Kosten der Weiter-, resp. Wiederverwendung von Elektroaltgeräten mit den Kosten des Neukaufs vergleichen zu können, müssen die Kosten über die gesamte Nutzungszeit bestimmt werden. Diese setzen sich aus den Anschaffungskosten sowie den Kosten der späteren Nutzung (Energie- und ggfls. Wasserkosten, Reparatur- und Wartungskosten) - nachfolgend als Betriebskosten bezeichnet - über die Nutzungszeit des Gerätes zusammen. Diese Gesamtkosten werden „Total Cost of Ownership“ genannt.

3.4.2 Fall A: Weiterverwendung eines eigenen Gerätes oder Neukauf

Im Fall A hat der Besitzer eines Gerätes bereits Kosten mit dem Kauf und dem Betrieb des Gerätes gehabt. Mit der Weiternutzung entstehen zusätzliche Betriebskosten. Demgegenüber hat der Kauf eines Neugerätes zum Zeitpunkt X und dessen Nutzung bis zum Ende der möglichen Lebensdauer des alten Gerätes zusätzliche Anschaffungskosten sowie Betriebskosten zur Folge. Am Ende der möglichen Nutzungszeit des alten Gerätes hat das Gerät noch einen Restwert, welcher in der Berechnung berücksichtigt werden muss. Zusätzlich zu berücksichtigen ist, dass das gebrauchte Gerät zum Zeitpunkt der Anschaffung eines neuen Gerätes noch einen Wiederverkaufswert hat, was die Anschaffungskosten für ein neues Gerät entsprechend reduzieren würde.

Um die 2 Optionen vergleichen zu können, muss ein Betrachtungszeitraum festgelegt werden. Im Fall A beginnt dieser mit dem Jahr des Kaufs des ersten Gerätes und endet mit dessen maximaler Lebensdauer. Für einen im Jahre 2016 6-jährigen Kühlschrank der eine Lebensdauer von 15 Jahren hat, wäre der Betrachtungszeitraum demzufolge von 2010-2025 (vgl. Abbildung 3-3).

Aus ökonomischer Sicht ist die Neuanschaffung eines Gerätes dann sinnvoll, wenn die Pay-Back Time (PBT) kürzer ist als die zweite Nutzungszeit des alten Gerätes:

$$PBT < t_{TN2} \text{ oder } TCO_{\text{Weiterverwendung}} < TCO_{\text{Neugerät}}$$

Die totalen Kosten (TCO) der beiden Optionen können folgendermassen bestimmt werden:

$$TCO_{\text{Weiterverwendung}} = TCO_1 = K_1 + b_1 * (t_{TN1} + t_{TN2}) + (\text{Reparaturkosten altes Gerät})$$

$$TCO_{\text{Neugerät}} = TCO_2 = K_1 - (\text{Verkauf altes Gerät}) + b_1 * t_{TN1} + K_2 + b_2 * t_{TN2} - (\text{Verkauf Neugerät})$$

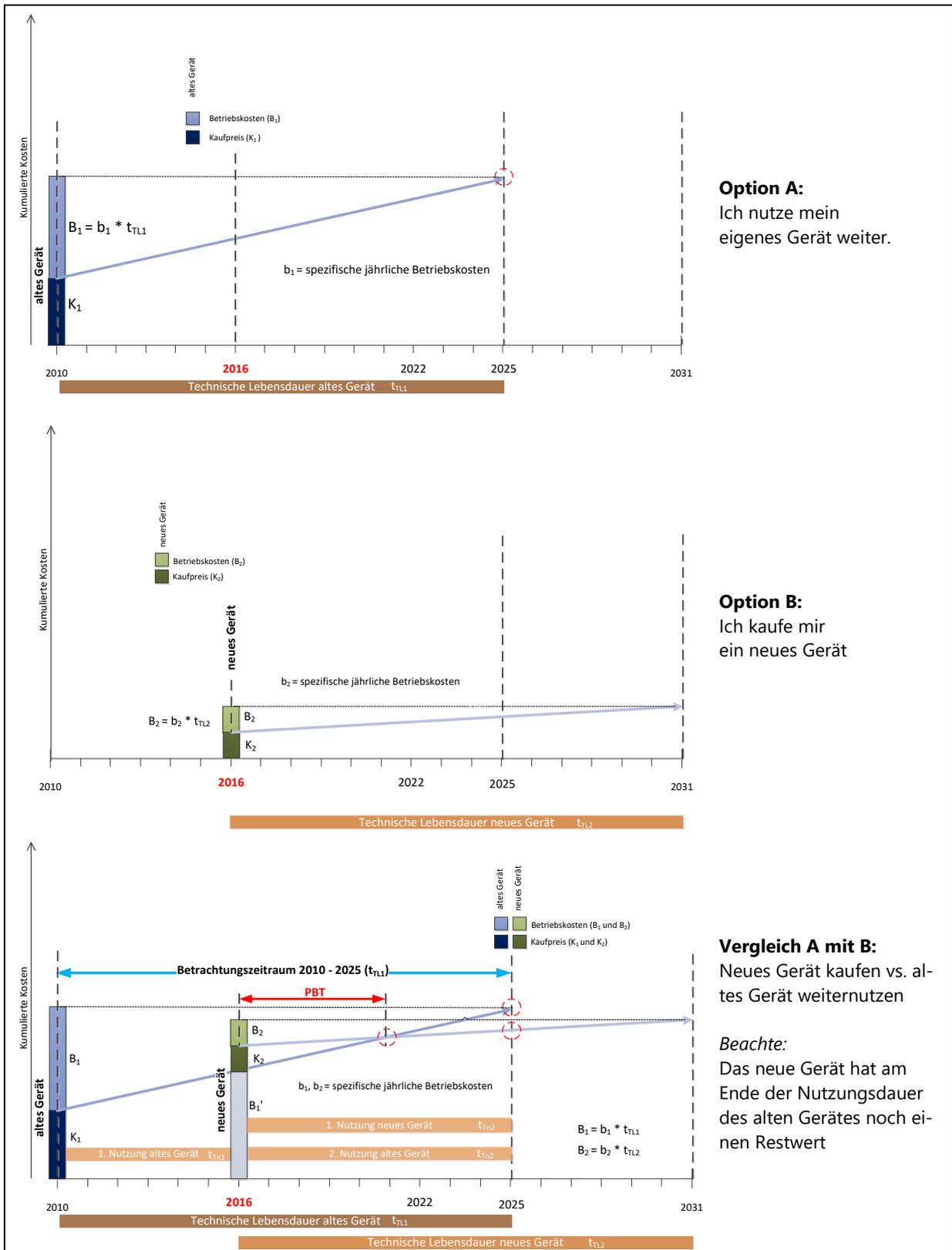


Abbildung 3-3: Fall A: Weiterverwendung eines eigenen Gerätes oder Neukauf

3.4.3 Fall B: Wiederverwendung eines fremden Gerätes oder Neukauf

Im Fall B kauft ein Nutzer statt eines Neugerätes ein Gebrauchtgerät eines anderen Nutzers. Der Käufer übernimmt somit keine Kosten aus der ersten Nutzungsphase. Am Ende der maximalen Nutzungsphase dieses Gebrauchtgerätes muss der Nutzer ein neues Gerät kaufen. Dieses nutzt er solange, bis die Nutzungsdauer des Neugerätes, welches er alternativ im Zeitpunkt des Erwerbs des Gebrauchtgerätes hätte kaufen können, die maximale Nutzungszeit des Gebraucht-Gerätes erreicht hat. In diesem Fall hat das später angeschaffte Gerät im Zeitpunkt der maximalen Nutzungszeit des ersten Neugerätes noch ein Restwert, der in der Berechnung berücksichtigt werden muss.

Der Betrachtungszeitraum in diesem Fall beginnt mit dem aktuellen Jahr und endet mit der maximaler Lebensdauer des Gerätes. Für einen Fernseher der eine Lebensdauer von 10 Jahren aufweist, wäre der Betrachtungszeitraum demzufolge von 2016-2026 (vgl. Abbildung 3-4).

Auch hier gilt wie schon im Fall A: Aus ökonomischer Sicht ist die Neuanschaffung eines Gerätes dann sinnvoll, wenn die Pay-Back Time (PBT) kürzer ist als die zweite Nutzungszeit des alten Gerätes:

$$PBT < t_{2TL} \text{ oder } TCO_{\text{Wiederverwendung}} < TCO_{\text{Neugerät}}$$

Die totalen Nutzungskosten (TCO) der beiden Varianten können folgendermassen bestimmt werden:

$$TCO_{\text{Wiederverwendung}} = K_{1ALT} + b_1 * t_{1Tn2} + K_{3NEU} + b_3 * t_{3Tn1}$$
$$TCO_{\text{NEW}} = M_{2NEU} + b_2 * t_{2Tn1}$$

3.5 Einschränkung der vorliegenden Studie auf Fall B

Da es im vorliegenden Projekt um die Frage der Nutzung eines Gebrauchtgerätes im Vergleich zur Anschaffung eines Neugerätes durch einen neuen Nutzer geht (nicht um die Frage, wie lange ich eigenes Gerät nutzen soll), wird nachfolgend nur der Fall B untersucht.

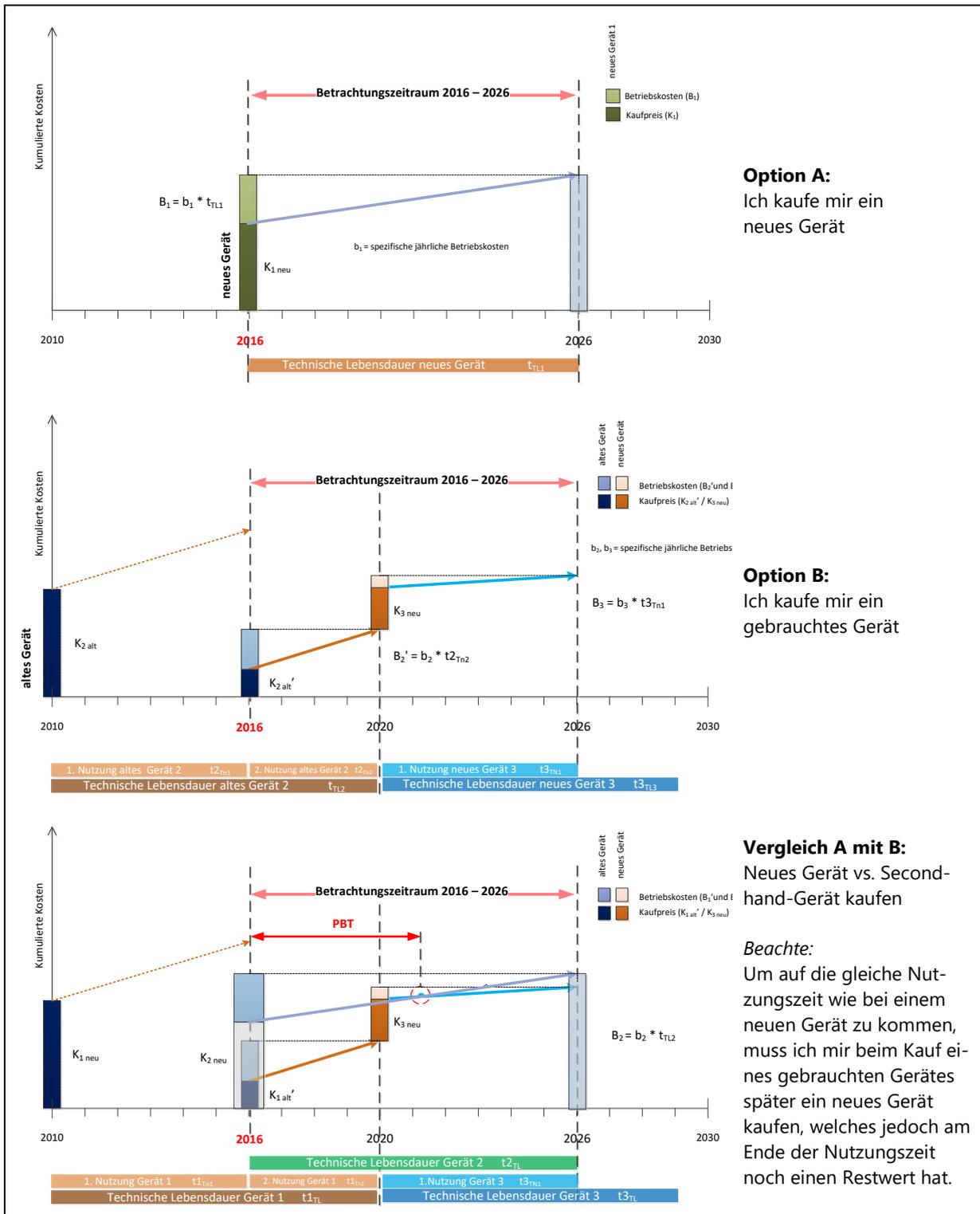


Abbildung 3-4: Fall B: Wiederverwendung eines fremden Gerätes oder Neukauf

4 Resultate

4.1 Ökologische Analyse

4.1.1 Kenndaten der untersuchten Geräte

Tabelle 4-1 zeigt die Kenngrößen für die untersuchten Geräte (Waschmaschine, Kühlgerät, Fernsehgerät sowie Smartphone). Da sich die Untersuchungen auf den Fall B – Wiederverwendung eines fremden Gerätes oder Neukauf - beschränken, wird jede der Gerätekategorien über ein typisches Gerät für das Referenzjahr 2016 abgebildet. Die Angaben zu den typischen Geräten stammen von der Webseite „Topten.ch“, welche eine Übersicht über ökologische Modelle auf dem Markt gibt. Die Angaben von Topten.ch werden mit weiteren Quellen ergänzt, um vereinfachte Lebenszyklusberechnungen zu erstellen.

Tabelle 4-1: Wichtigste Kenngrößen der modellierten Geräte

Waschmaschine	Kühlgerät	Fernsehgerät	Laptop	Smartphone
Durchschnitt Topten.ch	Durchschnitt Topten.ch	Durchschnitt Topten.ch	EU-Preparatory Study	Durchschnitt 5 Geräte
				
Gewicht 77.8 kg	Gewicht 68.4 kg	Gewicht 15.1 kg	Gewicht 1.93kg	Gewicht 0.136 kg
Lebensdauer 15 Jahre	Lebensdauer 15 Jahre	Lebensdauer 10 Jahre	Lebensdauer 8 Jahre	Lebensdauer 5 Jahre
Wäschemenge 8 kg	Kühlraum 191m ³ Netto	Diagonale, Screen 130 cm	Diagonale, Screen 39.6 cm	Strom 1.1 W (aktiv, hoch)
Nutzung:	Gefrierraum 66m ³ Netto		80% HDD/20% SSD	Strom 0.65 W (aktiv, tief)
Wasser: 9'500 L/a	Nutzung:	Nutzung:	Nutzung:	Strom 0.015 W (Stand-by)
Strom: 113 kWh/a	Strom: 149 kWh/a	Strom: 88 kWh/a	Strom 24.75 kWh/a	1h hoch+tief, 22h Standby
XLS von www.Topten.ch (→ Durchschnitt der 10 „besten“ Geräte)	XLS von www.Topten.ch (→ Durchschnitt der 10 „besten“ Geräte)	XLS von www.Topten.ch (→ Durchschnitt der 10 „besten“ Geräte)	Daten aus EU-Studien (Marwede, M. u. a. 2017) (VITO & viegand maagoe 2017)	Daten aus Erhebungen für Studie (Hischier, R. u. a. 2013)

Ein detaillierter Überblick über die benutzten Daten (und ihre Quellen) für jede der untersuchten Geräte ist im Anhang 6.2 zu finden.

4.1.2 Nutzungsrelevante vs. produktionsrelevante Geräte

Basierend auf einer Analyse der in Tabelle 4-1 ausgewählten Geräte über ihren jeweils gesamten Lebenszyklus (unter Annahme einer Nutzung in der Schweiz über die gesamte, technische Lebensdauer) folgt für die fünf berücksichtigten Geräte folgendes Resultat:

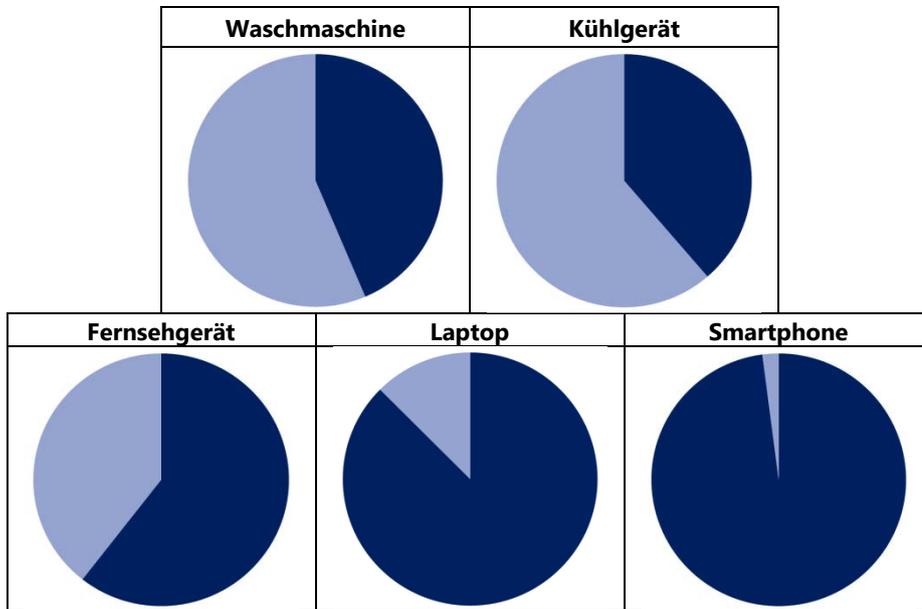


Abbildung 4-1: Gesamte Umweltbelastung von Herstellung, Nutzung und Entsorgung der untersuchten Elektro- und Elektronikgeräte. Die dunkle Farbe repräsentiert Herstellung und Entsorgung, die helle Farbe die Nutzungsphase (immer unter Annahme von 100% Nutzung in der Schweiz).

Die weitergehenden Abklärungen beschränken sich auf die vier ersten Geräte aus Abbildung 4-1. Für die letzte Kategorie (Smartphone), wo mehr als 95% der Umweltbelastung aus Herstellung und Entsorgung stammen, ist eine möglichst lange Nutzung unter allen Umständen die ökologisch sinnvollste Option. Aus ökologischer Sicht erübrigt sich deshalb eine weitergehende Analyse dieses Gerätes.

4.1.3 Rechenmodell und Annahmen

Startpunkt für die Berechnungen sind die Tabelle 4-1 charakterisierten „Durchschnittsgeräte“ 2016. In Kombination mit den Daten aus ecoinvent v3.3 („recycled-content“ Version) folgen für die vier hier betrachteten Geräte die folgenden ökologischen Belastungen (Details zu den Berechnungen vgl. Anhang 6.1. und 6.2). Aus diesen Angaben lässt sich die gesamte Umweltbelastung für ein im Jahr 2016 neu gekauftes Gerät berechnen, das über seine gesamte (technische) Lebensdauer genutzt wird.

Tabelle 4-2: Resultate der ökologischen Berechnungen für die Referenzgeräte (= „neue Gerät“ 2016)

		Wasch-ma- schine	Kühlgerät	Fernsehgerät	Laptop
<i>Herstellung & Entsorgung</i>					
Treibhauseffekt	kg CO ₂ -Eq	1.93E+02	2.38E+02	2.01E+02	1.05E+02
Graue Energie	MJ-Eq	2.97E+03	3.60E+03	2.94E+03	1.43E+03
Ökologische Gesamtbelastung	UBP	4.31E+05	4.10E+05	3.93E+05	2.52E+05
<i>Jährliche Nutzung (Energieverbrauch, in der Schweiz)</i>					
Treibhauseffekt	kg CO ₂ -Eq	1.17E+01	1.54E+01	9.11E+00	2.56E+00
Graue Energie	MJ-Eq	1.20E+03	1.58E+03	9.37E+02	2.63E+02
Ökologische Gesamtbelastung	UBP	3.29E+04	4.33E+04	2.56E+04	7.20E+03
<i>Jährliche Nutzung (Wasserverbrauch, in der Schweiz)</i>					
Treibhauseffekt	kg CO ₂ -Eq	1.80E+00	-	-	-
Graue Energie	MJ-Eq	6.13E+01	-	-	-
Ökologische Gesamtbelastung	UBP	4.22E+03	-	-	-

Für den Fall der Nutzung eines gebrauchten Gerätes, müssen analoge Werte für das ältere (gebrauchte) Gerät, sowie auch für ein zukünftiges (neues) Gerät, berechnet werden, denn nur so lässt sich eine gleich lange Zeitspanne abdecken. Für diese Berechnungen werden die in Tabelle 4-3 aufgeführten Modellannahmen betreffend Effizienzsteigerung, sowie auch betreffend den Veränderungen bei Herstellung/Entsorgung benutzt.

Tabelle 4-3: Modellannahmen für die ökologischen Berechnungen

		Wasch-ma- schine	Kühlgerät	Fernsehgerät	Laptop
Lebensdauer	Jahre	15	15	10	5
Alter des gebrauchten Gerätes	Jahre	2-14	2-14	2-9	2-4
Energieverbrauch	kWh/a	113	150	88	24.75
Wasserverbrauch	l/a	9'500	-	-	-
Effizienzsteigerung pro Jahr	Energie	-2%	-2%	-2%	-
	Wasser	-1%	-	-	-
Reduktion des Produktionsaufwandes (pro Jahr)		0% / -2%	0% / -2%	0% / -1%	-

Die angenommenen Effizienzsteigerungen im Energie- und Wasserverbrauch von Geräten aus verschiedenen Herstellungsjahren beruhen auf den gleichen Daten, welche auch für die Beurteilung der ökonomischen Aspekte benutzt werden (siehe Kapitel 4.2); Veränderungen beim Produktionsaufwand basieren auf zwei verschiedenen Szenarien. Für den Laptop wird angenommen, dass weder betreffend Effizienzsteigerung, noch betreffend einer Reduktion des Herstelleraufwandes eine Veränderung eintritt, denn Geräte weisen eine laufend steigende Leistungsfähigkeit aufgrund neuer, schnellerer Prozessoren, etc. auf.

Ökologische und ökonomische Analyse

4.1.4 Resultate

In einem ersten Szenarium wurde angenommen, dass sich die Umweltbelastung für die Herstellung (und damit verbunden auch das abschliessende Entsorgen) von allen untersuchten Geräten über die nächsten 15 Jahre nicht verändert – d.h. ein Gerät, welches in 5 Jahren gekauft wird, weist eine gleich hohe ökologische Belastung für Herstellung und Entsorgung auf, wie ein heute gekauftes Gerät.

Unter diesen Umständen resultiert für die drei hier betrachteten ökologischen Kenngrössen für den Fall B „Wiederverwendung“ (d.h. statt ein Neugerät ein gebrauchtes Gerät kaufen) das in Abbildung 4-2 dargestellte ökologische Einsparpotential, dargestellt in Funktion des Alters des gebrauchten Gerätes.

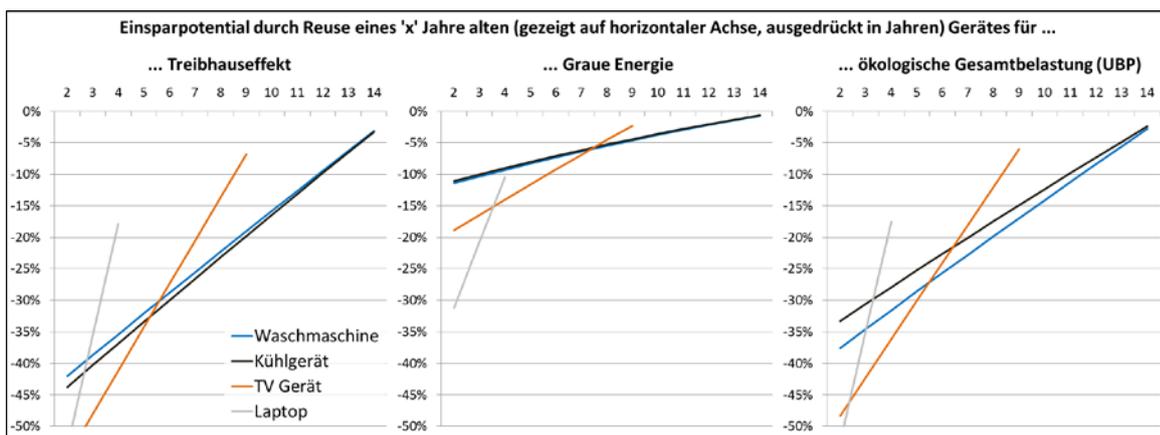


Abbildung 4-2: Ökologisches Einsparpotential (ausgedrückt mit drei verschiedenen Messgrössen) durch die Nutzung eines alten Gerätes in Funktion seines Alters, unter der Annahme dass die ökologische Belastung der Herstellung der Geräte über die Zeit konstant bleibt.

Setzt man das minimale ökologische Einsparpotential, damit sich der Einsatz eines gebrauchten Gerätes lohnt, bei 10% Einsparung an, so resultiert folgendes maximales Alter für den Einsatz von gebrauchten Geräten:

Tabelle 4-4: Maximales Alter (in Jahren) für Einsatz von gebrauchten Geräten für eine mindest 10%-ige ökologischer Einsparung

	Waschmaschine	Kühlgerät	Fernsehgerät	Laptop
Graue Energie	3 Jahre	3 Jahre	5 Jahre	4 Jahre
Ökologische Gesamtbelastung	11 Jahre	10 Jahre	8 Jahre	4 Jahre
Treibhauseffekt	11 Jahre	11 Jahre	8 Jahre	4 Jahre

Das Ansetzen des „minimalen ökologischen Einsparpotentials“ bei einem Wert höher als 0 macht Sinn, da solche ökologischen Berechnungen aufgrund der Vielzahl von Vereinfachungen immer eine gewisse Unschärfe aufweisen. Hinzu kommt, dass hier eine zukünftige Nutzung

(Nutzung in den Jahren 2016 bis 2031) angeschaut wird, diese aber durchgehend mit dem Strommix von 2015 abgebildet wird. Geht man in einem zweiten Schritt hin und berücksichtigt zusätzlich auch die Tatsache, dass sich der Aufwand für Herstellung und Entsorgung von zukünftigen Geräten verändern kann und benutzt dafür die in Tabelle 4-3 aufgeführten Maximalwerte, so führt dies nur zu sehr geringen Veränderungen in den Resultaten (vgl. Abbildung 4-3, diese zusätzlichen Werte sind als schraffierte Linien dargestellt).

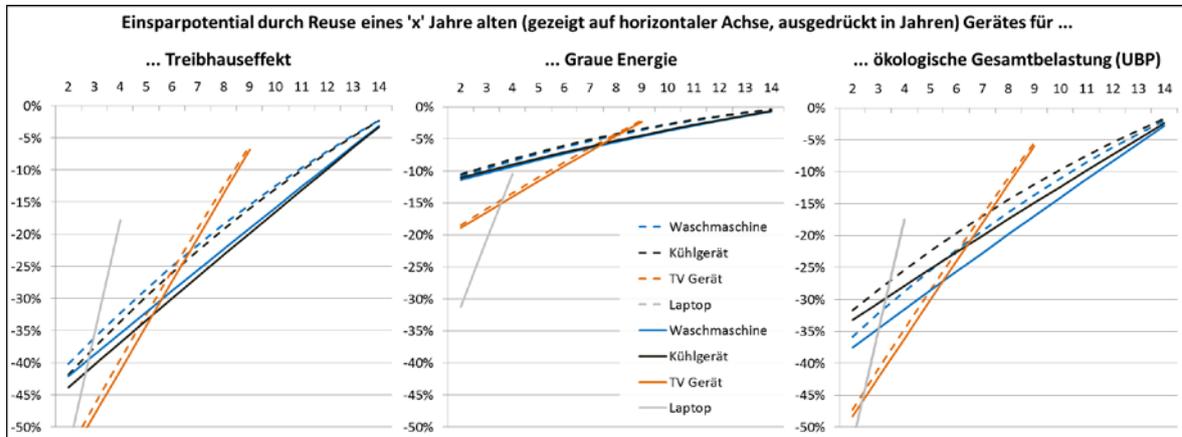


Abbildung 4-3: Ökologisches Einsparpotential (ausgedrückt mit drei verschiedenen Messgrößen) durch die Nutzung eines alten Gerätes in Funktion seines Alters, unter der Annahme dass ökologische Belastung der Herstellung über Zeit konstant ist (ausgezogene Linien), resp. sich ebenfalls verändert (schraffierte Linien).

Generell führt ein solches Szenario für Einsparungen beim Herstelleraufwand von zukünftigen Geräten dazu, dass das maximale Alter, bis zu welchem sich aus ökologischen Gründen die Nutzung eines gebrauchten Gerätes lohnt, nur sehr geringfügig verändert. Die Werte, welche sich ändern, sind in Tabelle 4-5 fett dargestellt.

Tabelle 4-5: Maximales Alter für den Einsatz von gebrauchten Geräten bei 10% ökologischer Einsparung unter Berücksichtigung einer Reduktion des Aufwandes für Herstellung und Entsorgung künftiger Geräte

	Waschmaschine	Kühlgerät	Fernsehgerät	Laptop
Graue Energie	2 Jahre	2 Jahre	5 Jahre	4 Jahre
Ökologische Gesamtbelastung	10 Jahre	9 Jahre	8 Jahre	4 Jahre
Treibhauseffekt	10 Jahre	11 Jahre	8 Jahre	4 Jahre

4.1.5 Schlussfolgerungen aus ökologischer Sicht

Das ökologische Potential einer Wiederverwendung von elektrischen und elektronischen Geräten ist davon abhängig, welches der dominierende Lebensabschnitt des Gerätes ist. Für Kategorien wie beispielsweise Smartphones oder Laptops, bei denen die Produktionsphase den

Ökologische und ökonomische Analyse

gesamten Impact dominiert, macht eine längere Nutzung immer Sinn - hier ist das ökologische Potential sozusagen „100%“ - eine Wiederverwendung lohnt sich in allen Fällen.

Wenn die Nutzungsphase dominiert, muss das ökologische Potential einer Wiederverwendung differenziert angeschaut werden, je nachdem ob man als Beurteilungsgrundlage primär den Energieverbrauch (ausgedrückt als „Graue Energie“ in MJ-Äquivalenten) oder aber eine umfassende Beurteilung (dargestellt mit Umweltbelastungspunkten) heranzieht.

Betreffend *Energieverbrauch* zeigen sowohl Waschmaschinen wie auch Kühlgeräte ein – wenn auch kleines – Potential; denn nur relativ neue Maschinen (d.h. Maschinen die nicht älter als 2 Jahre alt sind) weisen ein Einsparpotential von mehr als 10% auf. Beim Fernseher ist das entsprechende Potential etwas höher; selbst 5-jährige Geräte weisen hier ein Einsparpotential grösser 10% auf.

Schaut man die *ökologische Gesamtbelastung* an, so zeigt sich wiederum ein relativ ähnliches Bild für Waschmaschinen und Kühlgeräte. Für beide Geräte zeigen auch noch relativ alte Geräte ein Einsparpotential von über 10% ; 9-11 Jahre alte Maschinen erscheinen aus ökologischer Sicht gegenüber einem Neukauf vorteilhafter zu sein. Bei den Flachbildschirm TV-Geräten sind es nur die sehr alten, d.h. mehr als 8 Jahre alte Geräte, bei welchen es ökologisch nicht mehr sinnvoll ist, diese weiter zu benutzen.

Der *Treibhauseffekt* zeigt für alle hier untersuchten Geräte ein sehr ähnliches bis identisches Bild wie die umfassende Beurteilung mit den Umweltbelastungspunkten und führt somit zu analogen Schlussfolgerungen betreffend dem Potential für eine Weiternutzung resp. einen Neukauf.

Was in den Berechnungen von dieser Studie keine Berücksichtigung findet, ist die Tatsache, dass viele ältere Maschinen nicht der gleichen Technologie entsprechen (d.h. nicht zur gleichen Energieklasse (z.B. A+++) gehören, wie die hier betrachteten Referenzgeräte) – und damit mit den hier erfolgten Abschätzungen gar nicht korrekt erfasst werden können. Geräte aus einer weniger hohen Energieklasse weisen einen deutlich höheren Energie- (und Wasser) verbrauch auf und können somit einem Vergleich mit aktuellen Referenzgeräten nicht standhalten – d.h. eine Wiederverwendung von solchen Geräten lohnt sich auf keinen Fall.

4.2 Ökonomische Analyse

4.2.1 Ökonomische Grenzbetrachtungen

Soll ein Gebrauchtgerät anstelle eines Neugerätes angeschafft werden, so sind aus ökonomischen Überlegungen zwei Fragen interessant:

- **Maximaler Preis eines x-Jahre alten Gebrauchtgerätes in Bezug auf den Preis eines Neugerätes:** Wie hoch darf der Kaufpreis eines x Jahre alten Gebrauchtgerätes höchstens sein, damit die Total Cost of Ownership (TCO) während der Restnutzungszeit dieses Gerätes plus die TCO des Neugerätes B mindestens X% geringer ausfällt, als die TCO durch die direkte Anschaffung eines Neugerätes A?
- **Mehr-/Minderkosten (TCO) eines x-Jahre alten Gebrauchtgerätes in Bezug auf die TCO eines Neugerätes:** Welche Mehr-/Minderkosten (TCO) entstehen durch den Kauf eines x-Jahre alten Gebrauchtgerätes im Vergleich zu den TCO eines Neugerätes?

4.2.2 Rechenmodell und Annahmen

Für die Beantwortung dieser zwei Fragen wurde ein Rechenmodell entwickelt, welches die verschiedenen Parameter abbildet. Tabelle 4-6 zeigt eine Zusammenstellung der für dieses Modell benutzten Annahmen.

In diesem Rechenmodell ist zu berücksichtigen, dass die Nutzung eines Gebrauchtgerätes dazu führt, dass nach Ablauf der Lebensdauer dieses Gerätes ein weiteres Gerät angeschafft werden muss, welches (um den Vergleich mit der direkten Anschaffung eines Neugerätes führen zu können) nur während einem Teil der Nutzungsdauer Verwendung findet. Diese weitere Anschaffung führt zu *zwei weitere Unsicherheiten* in den Modellbetrachtungen hier, nämlich:

- Dieses später anzuschaffende Gerät kann wiederum ein Gebrauchtgerät sein (mit entsprechend geringeren Kosten als ein Neugerät).
- Am Ende der Nutzungszeit (nicht der Lebensdauer!) dieses zweiten Gerätes hat dieses einen theoretischen Restwert, welcher in den Berechnungen berücksichtigt werden muss. Die Frage ist, welcher Restwert eingesetzt wird. Im Modell wird von einer eher konservativen Annahme von 50% des Wertes bei linearer Abschreibung ausgegangen³.

³ Eine Waschmaschine mit einem Neuwert von Fr. 1'500 und einer technischen Lebensdauer von 15 Jahren hätte nach einer 5-jährigen Nutzungszeit einen Wert bei linearer Abschreibung von Fr 1'000. Im Modell wird 50% davon, resp. Fr. 500 eingesetzt.

Tabelle 4-6: Modellannahmen für die ökonomischen Berechnungen; Preis Neugerät: Durchschnitt 10 beste topten-Geräte

		Waschmaschine	Kühlgerät	Fernsehgerät	Laptop	Smartphone
Untersuchter Typ		A+++ / 8kg	A+++ / 200-300 l	A++ / A+ / 120 - 155 cm	Dell / Lenovo	i-phone / Samsung Galaxy
Preis Neugerät	[CHF]	1'700	1'750	900	1'000	700
Lebensdauer		15	15	10	8	5
Weiternutzungswert Zweitgerät*	50% des Wertes bei linearer Abschreibung					
Preisreduktion pro Jahr		-3%	-3%	-3%	-3%	-3%
Energieverbrauch		113 kWh/a	150 kWh/a	88 kWh/a	25 kWh/a	4 kWh/a
Wasserverbrauch		9'500 l/a	-	-	-	-
Effizienzsteigerung pro Jahr	Energie	-2%	-2%	-2%	-	-
	Wasser	-1%	-	-	-	-
Stromkosten	[Fr./kWh]	0.20				
Wasserkosten	[Fr./m ³]	4.00	-	-	-	-

4.2.3 Maximaler Preis eines Gebrauchtergates in Abhängigkeit des Alters

Abbildung 4-4 und Tabelle 4-7 zeigen die Resultate einer solchen Grenzbetrachtung betreffend dem maximalen Preis eines Gebrauchtergates in Abhängigkeit des Alters.

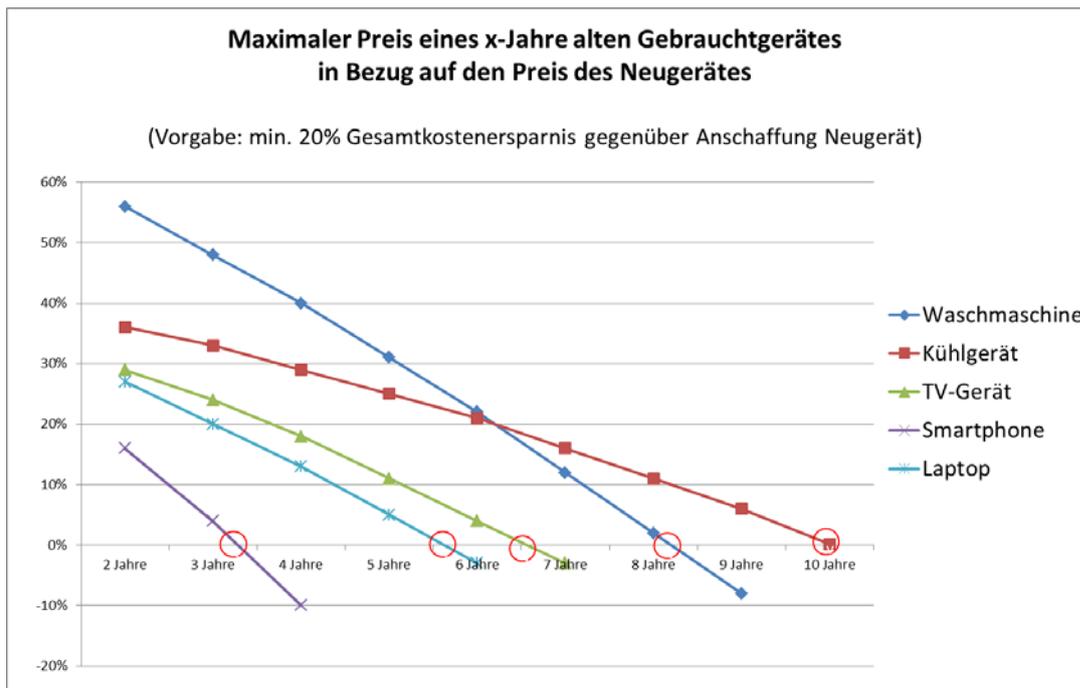


Abbildung 4-4: Maximaler Anschaffungspreis eines gebrauchten Gerates in Abhängigkeit des Alters in % der Anschaffungskosten eines Neugerates unter der Annahme, dass mit dem gebrauchten Gerat die Total Cost of Ownership (TCO) 20% geringer ausfallen

Tabelle 4-7: Maximaler Anschaffungspreis eines gebrauchten Gerätes in Abhängigkeit des Alters in % der Anschaffungskosten eines Neugerätes unter der Annahme, dass mit dem gebrauchten Gerät die Total Cost of Ownership (TCO) 20% geringer ausfallen

	Waschmaschine	Kühlgerät	Fernsehgerät	Laptop	Smartphone
2 Jahre	56%	36%	29%	27%	16%
3 Jahre	48%	33%	24%	20%	4%
4 Jahre	40%	29%	18%	13%	
5 Jahre	31%	25%	11%	5%	
6 Jahre	22%	21%	4%		

Demnach darf z.B. eine zweijährige Waschmaschine nicht mehr als ca. 56% der Kosten eines Neugerätes (von Fr 1'700) kosten, damit die Kostenersparnis noch rund 20% beträgt. Ist die Waschmaschine bereits 5-jährig, darf der maximale Preis knapp 31% betragen. Ist die Waschmaschine 8 Jahre oder älter, lohnt sich aus ökonomischen Überlegungen die Wiederverwendung nicht mehr. Bei einem 3-jährigen Kühlgerät kann der maximale Preis noch ca. 33% und bei einem Fernsehgerät noch ca. 24% eines Neugerätes betragen, um eine solche Kostenersparnis von 20% zu erreichen.

Bei Laptops und Smartphones ist die Situation deutlich drastischer, da diese Geräte aufgrund der kürzeren Lebensdauer relativ rasch an Wert verlieren und weil dann innerhalb der Nutzungszeit ein neues Gerät angeschafft werden muss, um auf die gleiche Nutzungszeit zu kommen, wie beim direkten Kauf eines Neugerätes. Diese Kostensituation würde sich ändern, wenn das zweite Gerät ebenfalls ein Gebrauchtgerät ist.

4.2.4 Mehr-/Minderkosten eines Gebrauchtgerätes in Abhängigkeit des Alters

Die Abbildung 4-5 und die Abbildung 4-6 (nächste Seite) zeigen eine Gegenüberstellung der Mehr-, resp. Minderkosten (in Bezug auf die TCO) der Anschaffung eines 2 Jahre resp. eines 5 Jahre alten Reuse-Gerätes gegenüber der Anschaffung eines Neugerätes.

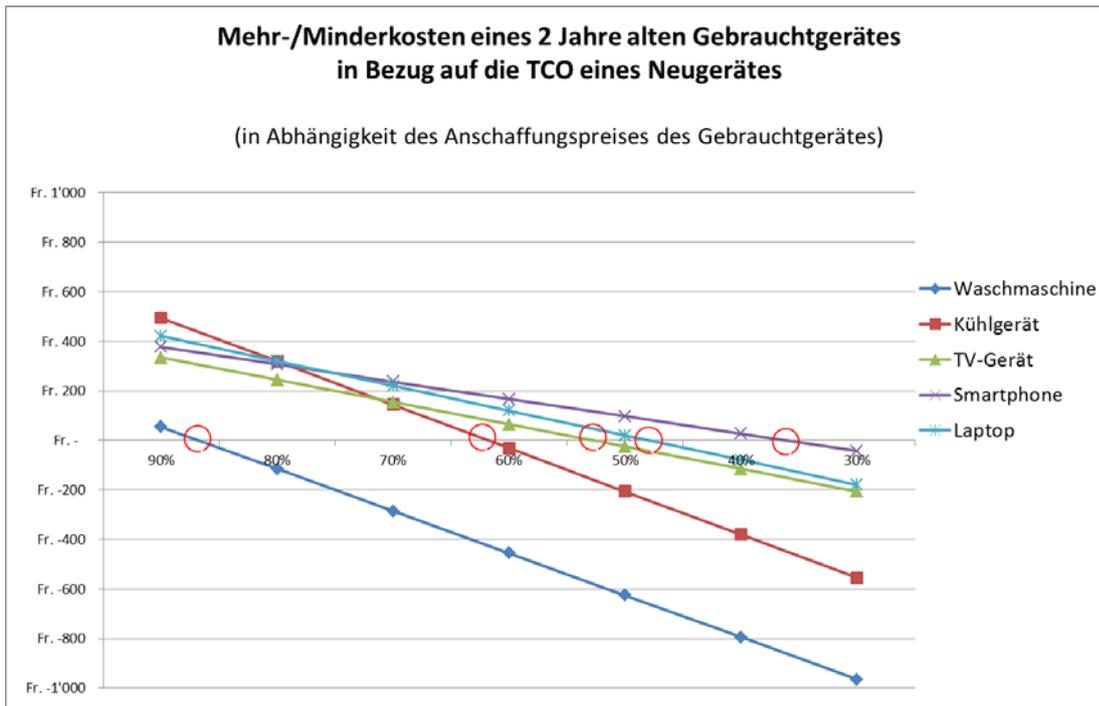


Abbildung 4-5: Mehrkosten TCO_{REUSE} vs. TC_{NEW} eines 2-jährigen Gerätes

Lesebeispiel: Ein 2-jähriges Kühlgerät darf höchstens ca. 60% des Preises eines Neugerätes kosten, damit über die gesamte Lebensdauer geringere Kosten anfallen, als beim Kauf eines Neugerätes. Kauft der neue Nutzer dieses Kühlgerät für 40% des Neupreises spart er über die gesamte Lebensdauer ca. Fr 400

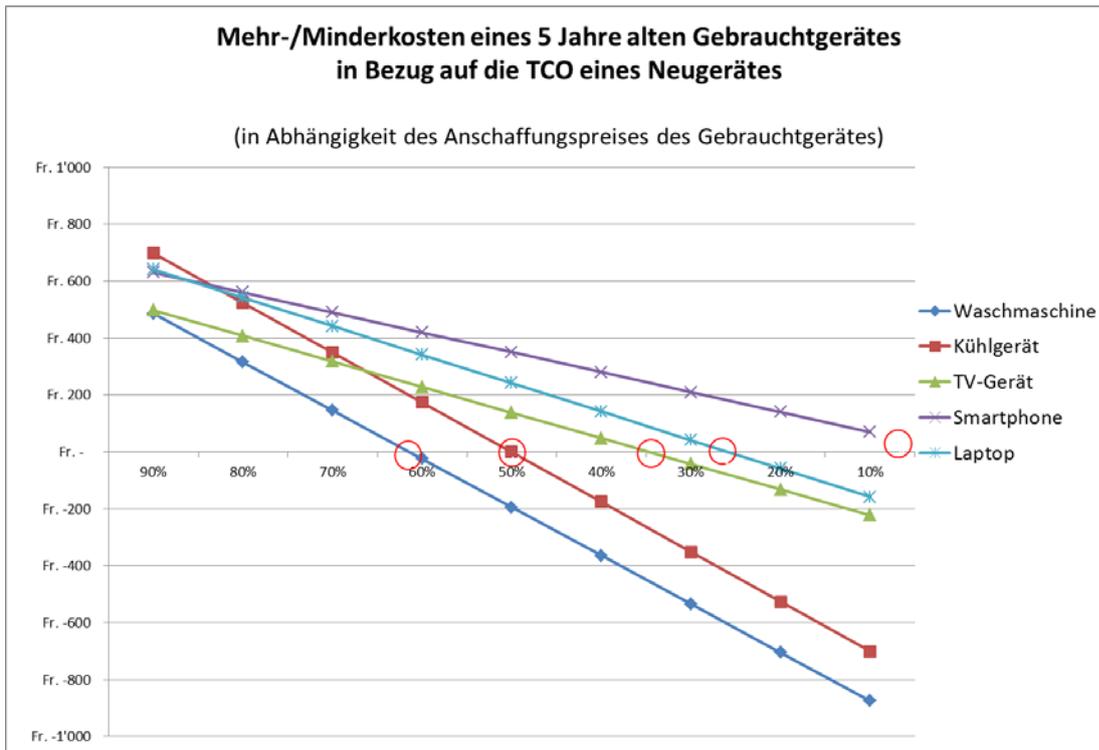


Abbildung 4-6: Mehrkosten TCO_{REUSE} vs. TC_{NEW} eines 5-jährigen Gerätes

Aus den beiden obigen Abbildungen folgen die in Tabelle 4-8 aufgeführten, maximalen Anschaffungspreise für Reuse-Geräte, damit die Gesamtkosten (TCO) kleiner ausfallen als für ein neues Gerät.

Tabelle 4-8: Maximaler Anschaffungspreis eines gebrauchten Gerätes in Abhängigkeit des Alters in % der Anschaffungskosten eines Neugerätes ab dem sich eine Anschaffung zu lohnen beginnt (TCO Gebrauchtgerät < TCO Neugerät) (gerundete Zahlen)

	Waschmaschine	Kühlgerät	Fernsehgerät	Laptop	Smartphone
2-jährig	85%	60%	50%	50%	35%
5-jährig	60%	50%	35%	25%	0%

Falls eine 2-jährige Waschmaschine beispielsweise weniger als ca. 85% eines Neugerätes kostet, lohnt sich aus ökonomischen Überlegungen die Anschaffung des Second-Hand Gerätes. Ist die Waschmaschine bereits 5 Jahre alt, sollte deren Preis maximal ca. 60% des Preises eines Neugerätes betragen.

4.2.5 Schlussfolgerungen aus ökonomischer Sicht

Ein Konsument, der vor der Frage steht, entweder ein gebrauchtes Gerät oder ein Neugerät zu kaufen, wird sich aus ökonomischen Überlegungen dann für das Gebrauchtgerät entscheiden, wenn er annimmt, dass er damit insgesamt kostengünstiger fährt.

Er muss sicherstellen, dass das Gebrauchtgerät funktionsfähig ist und darauf hoffen (in der Regel ohne Garantiegewährung), dass dieses für den Rest der Lebensdauer genutzt werden kann. Er wird sich – wenn er nach ökonomischen Gesichtspunkten handelt – zudem versichern, dass der Kauf eines Neugerätes mit vergleichbarer Leistung zum Zeitpunkt der Anschaffung nicht preiswerter ist als das Gebrauchtgerät.

Ob alle diese Voraussetzungen bei einem ökonomisch motivierten Kaufentscheid zugunsten eines gebrauchten Gerätes zutreffen, ist unsicher. Der Konsument wird vermutlich aus anderen Überlegungen ein Gebrauchtgerät einem Neugerät vorziehen, z.B. weil er sich kein neues Gerät leisten kann oder will oder weil er sich aus seinen ökologischen Überlegungen für ein Gebrauchtgerät entscheidet. Wobei dieses Argument oft auch auf falschen Annahmen („Ein Wiederverwendung ist immer besser als ein Neukauf“) beruht und zu einem ökologisch nicht unbedingt vorteilhafteren Entscheid führen kann (siehe Kapitel 4.1).

Die untersuchten Geräte weisen unterschiedlich hohe Betriebskosten auf. Bei Waschmaschinen betragen die Betriebskosten eines neuen Gerätes über eine 15-jährige Nutzungszeit ca. 35%, bei Kühlgeräten (ebenfalls über 15 Jahre) ca. 20%, bei TV-Geräten (über 10 Jahre) ca. 16% und bei Laptops (über 8 Jahre) 4% und bei Smartphones (über 5 Jahre) lediglich ca. 1% der Anschaffungskosten.

Ökologische und ökonomische Analyse

Bei Geräten, welche einen hohen Betriebskostenanteil aufweisen, kann es sich aus ökonomischen Überlegungen lohnen, sich ein leistungsfähigeres neues Gerät an Stelle ein u.U. veraltetes Gebrauchtgerätes anzuschaffen. Dies trifft insbesondere bei Waschmaschinen und Kühlgeräten zu, welche sich bezüglich ihrer Umweltleistung in den letzten Jahren enorm verbessert haben. Während z.B. bei Waschmaschinen aktuell über 70% der Neugeräte der Klasse A+++ zugeordnet werden, waren vor 5-6 Jahren die A++ Geräte dominierend. Noch deutlicher zeigt sich diese Situation bei den Kühlschränken, welche heute fast ausschliesslich A++ und A+++ Geräte sind, während vor 5 Jahren A+ Geräte dominierten (S.A.F.E. (Schweizerische Agentur für Energieeffizienz) www.energieeffizienz.ch und www.topten.ch 2016).

Bei Smartphones und Laptops, welche einen sehr geringen Betriebskostenanteil aufweisen, entscheidet sich die Frage nach der ökonomischen Sinnhaftigkeit der Anschaffung von einem Gebrauchtgerät allein über einen Kaufpreisvergleich mit einem Neugerät. Dieser ist für ältere Geräte infolge der raschen Abschreibung und Wertminderung in der Regel tief, sodass es ökonomisch Sinn machen kann, ausschliesslich Gebrauchtgeräte zu nutzen. Ob jedoch ein Konsument diese Überlegungen miteinbezieht ist umso unwahrscheinlicher, je geringer die Anschaffungskosten eines Neugerätes sind.

Je tiefer unter dem Neuwert der Konsument ein Gebrauchtgerät kaufen kann, umso eher geht die Rechnung zugunsten dieses Gerätes auf (unter der Annahme, dass ich mein zweites Gerät entweder zu einem guten Preis verkaufen oder dann bis zum Ende der Nutzungszeit nutzen kann).

4.3 Gesamtbeurteilung

4.3.1 Aussagekraft der Ergebnisse

Die Beantwortung der Frage, wann die Wiederverwendung der fünf betrachteten Geräte (Waschmaschine, Kühlgerät, TV-Gerät, Laptop, Smartphone) ökologisch sowie ökonomisch sinnvoll ist, benötigt im angewandten Rechenmodell eine grosse Zahl von Annahmen.

So wurde z.B. bei den Geräten angenommen, dass die aktuell zum Kauf angebotenen Referenzgeräte dem Durchschnitt der 10 besten Geräte aus der Topten.ch-Rangliste (siehe www.topten.ch) entsprechen. Von diesen Geräten wurden die aktuellen Verbrauchsdaten sowie die Durchschnittspreise übernommen.

Die Betrachtung über eine Lebensdauer von 15 Jahre (Waschmaschine und Kühlgerät), 10 Jahre (TV-Gerät), 8 Jahre (Laptop) und 5 Jahre (Smartphone) ist mit weiteren Unsicherheiten behaftet. Einerseits was die erwartete Effizienzsteigerung der Geräte anbelangt, andererseits bezüglich der Entwicklung hinsichtlich Materialzusammensetzung und Durchschnittsgewicht. Zudem können in dieser Art von Modellbetrachtungen Technologiesprünge, welche in den letzten Jahren insbesondere bei verbrauchsintensiven Geräten (wie z.B. Waschmaschinen) zu beobachten waren, nicht adäquat abgebildet werden.

All diese Modellannahmen und -unsicherheiten schränken somit die Aussagekraft der Ergebnisse ein. *Die Resultate dieser Studie lassen demzufolge eher Tendenzen erkennen, welche im Einzelfall zu verifizieren sind, als dass sie ein genaues Bild ergeben.*

4.3.2 Wann ist eine Wiederverwendung ökologisch und ökonomisch sinnvoll?

Tabelle 4-9 fasst die wichtigsten Resultate der ökologischen und der ökonomischen Untersuchungen aus den beiden vorangehenden Kapiteln zusammen.

Tabelle 4-9: Gesamtbeurteilung ökologisch und ökonomisch

	Waschmaschine	Kühlgerät	Fernsehgerät	Laptop	Smartphone
Maximales Alter für den Einsatz von Gebrauchtgernäten für 10% ökologische Einsparung					
Graue Energie	2 Jahre	2 Jahre	5 Jahre	<i>Ökologisch immer sinnvoll, gebrauchtes Gerät wieder zu verwenden !</i>	
Ökologische Gesamtbelastung	10 Jahre	9 Jahre	8 Jahre		
Treibhauseffekt	10 Jahre	10 Jahre	8 Jahre		
Maximaler Anschaffungspreis eines Gebrauchtgernätes in Abhängigkeit des Alters in % der Anschaffungskosten eines Neugerätes unter der Annahme, dass mit dem Gebrauchtgernät die Total Cost of Ownership (TCO) mindestens 20% geringer ausfallen					
2 Jahre	56%	36%	29%	27%	16%
3 Jahre	48%	33%	24%	20%	4%
4 Jahre	40%	29%	18%	13%	
5 Jahre	31%	25%	11%	5%	
6 Jahre	22%	21%	4%		

Die hier untersuchten Geräte spannen bei der ökologischen Analyse einen weiten Bogen auf: Während sich beim Smartphone und Laptop eine Wiederverwendung in allen Fällen lohnt, so ist für Waschmaschine, Kühlgerät und Fernsehgerät das Alter des Gerätes ausschlaggebend. Macht man eine umfassende ökologische Analyse mit der Methode der Umweltbelastungspunkte (UBP) so dürfen Waschmaschine und Kühlgerät nicht älter als 10-12 Jahre sein; für den Fernseher liegt diese Schwelle bei rund 8 Jahren.

Fügt man zu diesen Werten den ökonomische Aspekt bei, so folgt daraus für die vier hier betrachteten Geräte folgende Gesamtbeurteilung:

- **Waschmaschine:** Ökologisch gesehen sollten selbst 10-jährige Maschinen wiederverwendet werden; ökonomisch müssen 8-jährige Geräte kostenlos weitergegeben werden, damit beide Dimensionen im grünen Bereich zu liegen kommen.
- **Kühlgerät:** Zeigt ein sehr ähnliches Bild wie die Waschmaschine – d.h. ökologisch gesehen sollten selbst 9-10 jährige Geräte sinnvoll wiederverwendbar sein; ökonomisch gesehen ist die Wertverminderung geringer als bei der Waschmaschine – in Kombination kommt dadurch für Geräte bis 10 Jahre ein doppeltes „Ja“ heraus.

Ökologische und ökonomische Analyse

- **Fernsehgerät:** Ökologisch gesehen können auch noch 8 Jahre alte Geräte wiederverwendet werden, wobei Geräte älter als 6.5 Jahre jedoch gratis abgegeben werden müssten, damit sich die Wiederverwendung auch ökonomisch lohnt.
- **Laptop:** Eine Wiederverwendung ist a priori immer sinnvoll, da die ökologische Belastung primär bei der Herstellung angefallen ist. Ökonomisch lohnt sich dies aber nur für neuere Geräte; Geräte älter als ca. 5.5 Jahre müssten kostenlos weitergegeben werden.
- **Smartphone:** Eine Wiederverwendung ist a priori immer sinnvoll, da die ökologische Belastung primär bei der Herstellung angefallen ist. Ökonomisch lohnt sich dies aber nur für neuere Geräte; Geräte älter als 3.5 Jahre müssten kostenlos weitergegeben werden.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Ausgangspunkt dieser Studie war die Frage: „*Wann ist eine Wiederverwendung von gebrauchten elektrischen und elektronischen Geräten aus ökologischer und ökonomischer Sicht sinnvoll und soll der Staat Massnahmen ergreifen, um Geräte, welche ins Recycling gelangen, einer Wiederverwendung zuzuführen?*“

Die Beantwortung dieser Frage muss in einer Gesamtschau aus regulatorischer Sicht und aus Sicht des potentiellen Wiederverwenders unterschiedlich beantwortet werden:

- Aus **umweltpolitischer Sicht** wird sich die Antwort vorwiegend an ökologischen Überlegungen orientieren. Demnach ist eine Fokussierung auf Geräte angebracht, welche aus ökologischen Überlegungen sinnvollerweise wiederverwendet werden sollten. Generell trifft dies auf produktionsrelevante Geräte zu, d.h. Geräte, bei welchen der Löwenanteil der Umweltbelastung entlang des Lebenszyklus in der Herstellung entsteht. Hier ist eine Wiederverwendung aus ökologischer Sicht sinnvoll. Inwieweit ein Staat dafür spezifische Förderungsmassnahmen ergreifen soll hängt davon ab, ob für solche Geräte heute nicht bereits ein funktionierender Secondhand-Markt besteht und ob diejenigen Geräte, welche ins Recyclingsystem gelangen, überhaupt noch marktfähig sind.
- Aus **Sicht des Konsumenten** ist ein Kaufentscheid für ein gebrauchtes Gerät immer eine Beurteilung eines Einzelfalles (wie z.B. Alter und Preis des Gerätes, Kauf eines Zweit- oder Erstgerätes). Er wird sich aber in der Regel eher ökonomisch orientieren. Der Kaufentscheid wird sich bei produktionsrelevanten Geräten, insbesondere im Bereich der Informationstechnologie und Unterhaltungselektronik, aber auch bei Haushaltgeräten sowie Werkzeugen an der Attraktivität des Preises in Bezug auf den Zustand und das Alter des Gerätes richten. Bei Geräten mit nutzungsrelevanten Kosten wird der Kaufentscheid zusätzlich intuitiv die Frage des Energie- und Wasserverbrauchs mitbeinhalten. Das trifft auf Haushaltsgrossgeräte zu, bei welchen ältere Modelle gerade in diesem Bereich oft jedoch deutliche Nachteile gegenüber Neugeräten aufweisen. Zudem wird der Konsument beim Kaufentscheid von Geräten mit längerer Lebensdauer und höherer Defektanfälligkeit den Aspekt der meist abgelaufenen und damit fehlenden Garantie berücksichtigen und sich u.U. trotz attraktivem Preis gegen einen Kauf entscheiden.

Aus einer **übergeordneten Perspektive** ist bei der Beurteilung der Frage des Umweltnutzens der Förderung einer Wiederverwendung entsorgter Geräte zu berücksichtigen, ob solche Geräte ein Neugerät ersetzen oder ob die wiederverwendeten Geräte nicht zu einer Mengenausweitung führen (sog. Rebound-Effekt), indem das ältere Gerät parallel zu einem Neugerät weiterverwendet wird (z.B. Kühlschrank oder TV-Gerät im gleichen Haushalt).

Unter Berücksichtigung der Resultate der vorliegenden Studie und den Grundsätzen der Abfallbewirtschaftung (Vermeidung-Verminderung-Verwertung-Beseitigung) empfehlen wir:

Ökologische und ökonomische Analyse

- Die immer wiederkehrenden öffentlichen und politischen Debatten zur Thematik der Wiederverwendung von Elektro- und Elektronikgeräten erfordern eine Verstärkung der *Informations- und Sensibilisierungsmassnahmen* des BafU (z.B. durch Informationen auf der Webseite und durch Informationsbroschüren). Eine punktuelle Erweiterung des hier angewandten Modells auf weitere Gerätetypen verbunden mit einer Verallgemeinerung der Aussagen könnte für Konsumenten eine durchaus nützliche Hilfe beim Kaufentscheid für Gebrauchtgeräte, resp. der Weiternutzung eines Gerätes sein. Dabei sind Vorteile und Nutzen der Wiederverwendung differenziert darzustellen: Nicht immer macht es Sinn, ein Gebrauchtgerät weiterzuverwenden, resp. als Gebrauchtgerät zu erwerben und nicht immer ersetzt ein Gebrauchtgerät die Herstellung eines Neugerätes.
- *Aktivitäten im Bereich der Reparatur von Geräten sollen weiterhin gefördert werden, z.B. durch Unterstützung der Herausgabe von Reparaturführern.* Damit kann vermieden werden, dass noch brauchbare Geräte, welche ein Konsument weiterverwenden anstatt recyceln möchte, im Recycling landen. Mit Massnahmen beim Konsumenten, der ein eigenes Interesse hat ein Gerät weiter zu benutzen, resp. wieder nutzbar zu machen, erübrigen sich dann auch weitere Marktüberlegungen.

6 Literatur- und Quellenverzeichnis

Bourgault, G.: Implementation of IPCC impact assessment method 2007 and 2013 to ecoinvent database 3.2. ecoinvent Association, Zürich, Schweiz (2015)

Econcept / SOFIES: Optimierung der Lebens- und Nutzungsdauer von Produkten. (2014)

Energie Schweiz: Defekte elektrische Geräte reparieren oder ersetzen? Eine Entscheidungshilfe, (2012)

European Commission: Study on WEEE recovery targets, preparation for re-use targets and on the method for calculation of the recovery targets - Final Report. (2015)

European Union: Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE), (2012)

Frischknecht, R., Büsser-Knöpfel, S.: Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Schweiz (2013)

Hischier, R., Keller, M., Lisibach, R., Hilty, L.M.: mat - an ICT application to support a more sustainable use of print products and ICT devices. Proceedings of the First International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainability, ETH Zürich. (2013)

Marwede, M., Clemm, C., Dimitrova, G., Tecchio, P., Ardente, F., Mathieux, F.: Analysis of material efficiency aspects of personal computers product group - Technical support for Environmental Footprinting, material efficiency in product policy and the European Platform on LCA. EUR 28394 EN; doi 10.2788/89220. (2017)

S.A.F.E. (Schweizerische Agentur für Energieeffizienz) www.energieeffizienz.ch und, www.top-ten.ch: Schweizer Verkaufstatistik Geräte 2004 – 2015. (2016)

Siddharth, P., Dehoust, G., Gsell, M., Schleicher, T.: Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“. Umweltbundesamt (UBA) (2017)

Stocker, R.: Stock und Lifespans elektronischer Geräte. Fachhochschule Nordwestschweiz, Windisch (2013)

Thiébaud, E.: Critical metals in electronic equipment - A methodology to model end-user stocks and flows. (2017)

VITO & viegand maagoe: Preparatory study on the Review of Regulation 617/2013 (Lot 3): Computers and Computer Servers. (2017)

7 Anhang

7.1 Grundlegenden Daten für vereinfachte Ökobilanz-Berechnungen

[i] Abbildung der Materialien:

Material	Prozess aus ecoinvent	Bemerkungen
Stahl	[GLO] market for steel, low-alloyed	Annahme Empa
Kupfer	[GLO] market for copper	Annahme Empa
Aluminium	[GLO] market for aluminium, wrought alloy	Annahme Empa
Kunststoffe (Typ 1)	[GLO] market for polypropylene, granulate	Wichtigster Kunststoff gemäss den Statistiken von PlasticsEurope
Kunststoffe (Typ 2)	(gleichmässiger) Split von: [GLO] market for polyethylene, low density, granulate / [GLO] market for polystyrene, high impact / [GLO] market for polyurethane, rigid foam	Basierend auf den Statistiken von Plastics Europe (... repräsentieren zweitwichtigsten Kunststoffarten ...)
Glas	[GLO] market for flat glass, coated	Annahme Empa
Elektronik	[GLO] market for printed wiring board, mounted mainboard, desktop computer, Pb free ... mounted mainboard, laptop computer, Pb free ... surface mounted, unspecified, Pb free ... through-hole mounted, unspecified, Pb free	Annahme 1: 100% Pb-freie Lote Annahme 2: am besten passendste Datensatz aus dieser Liste benutzt, gemäss Annahmen Empa
übriges		... schauen, ob nötig (und falls ja, wie abgebildet werden kann) ...

[ii] Abbildung des Herstellungsaufwandes:

	Prozess aus ecoinvent	Bemerkungen
Elektrizität	[GLO] market group for electricity, medium voltage	Globaler Mix auf Stufe Mittelspannung für die Herstellung der Geräte
Prozesswärme	[RER] market for heat, in chemical industry	In 1. Näherung den Durchschnitt der Europäischen Chemischen Industrie für alle Industrien benutzt
Wasser	[GLO] market for water, decarbonised, at user ... water, deionised, from tap water, at user ... water, ultrapure	Je nach Art der Informationen wird passende DS gewählt – ohne Info als 100% "decarbonised" abgebildet
Chemikalien		... schauen, ob nötig (und falls ja, wie abgebildet werden kann) ...

[iii] Abbildung der Entsorgung:

Bei der Entsorgung der Geräte wird davon ausgegangen, dass diese dem SWICO-/SENS-System zugeführt werden. Es wird von einer Verarbeitung in einem Shredder ausgegangen. Für die verschiedenen Fraktionen werden die gleichen Annahmen getroffen, wie in ecoinvent für das Beispiel des Desktop PC angewandt – d.h.

Komponente / Teil	Weitere Behandlung	Bemerkungen
Metallteile	Aussen: 50% in Shredder / 50% Altmetall in Sekundärproduktion ; Innen: 100% in Shredder ; Total: 75% Shredder / 25% Altmetall	
Plastikteile	Aussen: 50% in Shredder / 50% in KVA (als Kunststoff) ; Innen: 100% in Shredder ; Total: 67% Shredder / 33% in KVA	
Glas	100% in Shredder	
Kabel	100% in Shredder	
Elektronik	100% in Shredder	Hochwertige Leiterplatten (z.B. Desktop PC) Annahme: 50% in spez. Recycling-Prozess
Weitere Teile		... schauen, ob nötig (und falls ja, wie abgebildet werden kann) ...

Die jeweiligen Shredder-Input- und -Outputmengen sowie die resultierenden Zusammensetzungen sind mit dem XLS-Tool vonecoinvent (siehe Elektronik-Bericht) berechnet!

7.2 Detaillierte Daten über die modellierten Gerätekategorien

Auf den nachfolgenden Seiten sind die Eingabedaten sowie die resultierenden Resultate für die drei hier betrachteten Bewertungsmethoden für jede der untersuchten Gerätekategorien (Ausnahme Smartphone) im Detail dargestellt.

[i] Waschmaschine:

Datenquelle	5kg Wasch- maschine	ADORA	NOVAMATIC	Chinese 6 kg machine	Miele 8 kg Maschine	2016- Modell für Studie	GWP (kg CO ₂ -Eq)	CE2, Total (MJ-Eq)	UBP, Total (UBP)	
(i) Eckwerte										
Gewicht	kg	72.3	70.1	75.0	95.0	77.8				
Stromverbrauch	kWh/a				168	113.2				
Wasserverbrauch	L/a				10560	9505				
(ii) Zusammensetzung										
Stahl	kg	32.361	40.08	31.38	68.915	56.438	1.03E+02	1.20E+03	2.36E+05	
Kupfer	kg	0.348	2.675	1.25	1.084	0.888	3.72E+00	5.16E+01	8.80E+04	
Aluminium	kg	2.233	2.325	1.28	4.772	3.908	7.54E+01	7.65E+02	8.05E+04	
Kunststoffe (Typ 1)	kg	8.073	16.83	16.34	10.388	8.507	1.82E+01	6.50E+02	1.43E+04	
Kunststoffe (Typ 2)	kg	4.361	4.81	4.35	5.261	4.308	1.52E+01	3.87E+02	1.37E+04	
Glas	kg	1.773	2.41	1.84	1.35	1.106	1.37E+00	1.73E+01	1.58E+03	
Elektronik	kg	0.253	0.47	0.11	1.605	1.314	8.94E+01	1.27E+03	2.49E+05	
übriges	kg	4.73	0.53	0.34	1.625	1.330	5.32E+00	7.55E+01	1.19E+04	
Beton (Gewicht)	kg	18.18	0	18.51	0	0.000	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
(iii) Herstelleraufwand, Absolut										
Strombedarf	kWh	28.98		1.3	48	48.000	3.70E+01	5.38E+02	4.07E+04	
Wärme / Erdgas	MJ	53.244			10.44	10.440	8.63E+01	1.27E+01	6.59E+02	
Dampf	kg			1.37						
Druckluft	m ³			3.7						
Wasser	m ³	0.59		11.5	0.0236	0.024	4.46E+06	1.52E+04	1.05E+02	
Schmiermittel	kg	0.045				0.045	5.18E+02	3.71E+00	1.00E+02	
Reinigungsmittel production efforts	kg	0.047				0.047	9.72E+02	3.04E+00	1.10E+02	
(iv) Total, Herstellung Gerät							Total	3.49E+02	4.97E+03	7.37E+05
Gesamtaufwand										

			GWP (kg CO ₂ -Eq)	CED, Total (MJ-Eq)	UBP, Total (UBP)
(v) Nutzungsphase					
Stromverbrauch (pro Jahr i), Nutzung in Schweiz	113.2	KWh/a	1.17E+01	1.20E+03	3.29E+04
Wasserverbrauch (pro Jahr j), Nutzung in Schweiz	9'505	Liter/a	1.80E+00	6.13E+01	4.22E+03
(vi) End-of-Life Behandlung					
(a) Entsorgungsaufwand			Menge (kg)		
- Entsorgung Kunststoffe & übriges (in KVA)	4.229		1.31E+01	2.57E+00	7.03E+03
- Shredder-Aufwand	58.262		3.19E+00	4.62E+01	5.51E+03
- Entsorgung RESH (in KVA)	12.248		2.89E+01	6.42E+00	1.56E+04
- Aufbereitung Stahl	40.421		1.79E+01	3.56E+02	9.95E+04
- Aufbereitung Aluminium	3.082		4.08E+00	6.71E+01	3.39E+04
- Aufbereitung Kupfer	2.512		9.09E-01	7.61E+00	1.69E+03
			6.80E+01	4.86E+02	1.63E+05
(b) Recycling-Gutschriften					
			Menge (kg)		
- Energiegutschrift von Kunststoff & übriges in KVA	4.229		-3.15E+00	-1.01E+02	-3.48E+03
- Gutschrift Stahlrecycling	54.530		-1.38E+02	-1.51E+03	-2.77E+05
- Gutschrift Aluminium	4.059		-7.80E+01	-7.90E+02	-8.32E+04
- Gutschrift Kupfer	2.734		-4.93E+00	-8.82E+01	-1.06E+05
			-2.24E+02	-2.49E+03	-4.70E+05
Total, End-of-Life Behandlung			-1.56E+02	-2.01E+03	-3.06E+05

[ii] Kühlgeräte

Datenquelle	Kühlgerät, COLD1 AVG	Kühlgerät, COLD7 AVG	Kühlgerät, COLD8 AVG	Electrolux ER 8199B	Miele Studie	2016- Modell für Studie	GWP (kg CO ₂ -Eq)	CED, Total (MJ-Eq)	UBP, Total (UBP)	
	EUP-Report	EUP-Report	EUP-Report	EPD Electrolux	Öko-Institut (2016)	TopTen.ch				
(i) Eckwerte										
Gewicht	kg	46.193	64.615	55.069	89.000	71.065	68.400			
Volumen, verpackt	m ³	0.549	0.784	0.522						
Kühlraum (Netto)	L	223	209	0	193	208	191			
Gefrierraum (Netto)	L	0	67	177	95	58	66			
Stromverbrauch	kWh/a	163.7	324.4	274.5	219	164	148.9			
(ii) Zusammensetzung										
Stahl	kg				53.4	24.883	33.452	6.08E+01	7.11E+02	1.40E+05
Kupfer	kg				2.492	1.1097	1.539	6.45E+00	8.95E+01	1.52E+05
Aluminium	kg				1.691	0.7773	1.055	2.03E+01	2.07E+02	2.17E+04
Kunststoffe (Typ 1)	kg				14.329	25.1385	16.866	3.60E+01	1.29E+03	2.83E+04
Kunststoffe (Typ 2)	kg				9.3806	6.1395	6.632	3.10E+01	6.86E+02	3.39E+04
Glas	kg				5.162	3.339	3.633	4.49E+00	5.69E+01	5.18E+03
Elektronik	kg				0.534	1.177	0.731	4.97E+01	7.06E+02	1.39E+05
übriges	kg				1.513	8.437	4.252	1.39E+01	2.49E+02	3.46E+04
Kühlmittel	kg				0.178	0.064	0.103	8.45E+00	1.42E+01	1.57E+04
(iii) Herstelleraufwand, Absolut										
Strombedarf	kWh	31.495	25.34	26.51	29.1	32.460	2.50E+01	3.64E+02	2.75E+04	
Wärmebedarf	MJ	41.724	56.484	60.48	56.88	62.230	5.14E+00	7.56E+01	3.93E+03	
Wasser	m ³		0.228	0.18	0.0205	0.154	2.90E-05	9.91E-04	6.82E-02	
Schmiermittel	kg	0.027	0.027	0.027		0.033	3.84E-02	2.75E+00	7.45E+01	
Reinigungsmittel	kg	0.008	0.008	0.008		0.010	2.05E-02	6.40E-01	2.32E+01	
Stickstoff	kg	0.043	0.084	0.043		0.070	1.98E-02	4.39E-01	2.01E+01	
Argon	kg	0.005	0.005	0.005		0.006	1.67E-02	2.48E-01	1.85E+01	
Sauerstoff	kg	0.027	0.027	0.027		0.033	2.35E-02	5.24E-01	2.39E+01	
Helium	kg	0.0017		0.0017		0.002	1.74E-02	1.10E+00	2.71E+01	
Herstelleraufwand							3.03E+01	4.45E+02	3.16E+04	

(iv) Total, Herstellung Gerät		Total	2.62E+02	4.45E+03	6.02E+05
Gesamtaufwand					
			GWP (kg CO ₂ -Eq)	CED, Total (MJ-Eq)	UBP, Total (UBP)
(v) Nutzungsphase					
Stromverbrauch (pro Jahr !), Nutzung in Schweiz	148.9	KWh/a	1.54E+01	1.58E+03	4.33E+04
(vi) End-of-Life Behandlung					
(a) Entsorgungsaufwand		Menge (kg)			
- Entsorgung Kunststoffe & übriges (in KVA)	0.0		0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
- Shredder-Aufwand	68.160		3.73E+00	5.41E+01	6.45E+03
- Entsorgung RESH (in KVA)	29.347		6.93E+01	1.54E+01	3.74E+04
- Aufbereitung Stahl	32.175		1.42E+01	2.84E+02	7.92E+04
- Aufbereitung Aluminium	1.488		4.39E-01	3.67E+00	8.16E+02
- Aufbereitung Kupfer	4.829		7.85E+00	1.29E+02	6.52E+04
		<i>Aufwand Total</i>	<i>9.55E+01</i>	<i>4.86E+02</i>	<i>1.89E+05</i>
(b) Recycling-Gutschriften		Menge (kg)			
- Energiegutschrift von Kunststoff & übriges in KVA	0.0		0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
- Gutschrift Stahlrecycling	32.175		-8.15E+01	-8.93E+02	-1.63E+05
- Gutschrift Aluminium	1.488		-2.86E+01	-2.90E+02	-3.05E+04
- Gutschrift Kupfer	4.829		-8.71E+00	-1.56E+02	-1.88E+05
		<i>Aufwand Total</i>	<i>-1.19E+02</i>	<i>-1.34E+03</i>	<i>-3.82E+05</i>
Total, End-of-Life Behandlung		Total	-2.33E+01	-8.53E+02	-1.93E+05

[iii] Fernsehgeräte

Datenquelle	EUP-Report	EUP-Report	EUP-Report	2016- Modell für Studie	TopTench	GW/P (kg CO ₂ -Eq)	CED, Total (MJ-Eq)	UBP, Total (UBP)
(i) Eckwerte								
Gewicht	kg	18.9	18.9	18.9	15.1			
Diagonale	cm	81	81	81	130			
Leistung, ON	W	150	150	150	61			
Leistung, Stand-by	W	2	2	2	0.4			
Stromverbrauch	kWh/a				88.1			
(ii) Zusammensetzung								
steel	kg	8.936	5.633	8.936	7.122	1.29E+01	1.51E+02	2.98E+04
copper	kg	0.172	0.149	0.172	0.137	5.75E-01	7.97E+00	1.36E+04
aluminium	kg	0.310	0.310	0.310	0.247	4.77E+00	4.84E+01	5.09E+03
plastics (type 1)	kg	3.975	3.531	3.975	3.168	6.77E+00	2.42E+02	5.32E+03
plastics (type 2)	kg	1.800	0.266	1.800	1.435	5.05E+00	1.29E+02	4.56E+03
glass	kg	1.015		1.015	0.809	9.99E-01	1.27E+01	1.15E+03
LCD Display Module	kg		6.990		0.000	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
electronics	kg	2.034	1.970	2.034	1.621	1.10E+02	1.57E+03	3.08E+05
others	kg	0.607		0.607				
(iii) Herstelleraufwand, Absolut						1.41E+02	2.16E+03	3.67E+05
Strombedarf	kWh	50	50	50	50	3.85E+01	5.61E+02	4.24E+04
Wärme / Erdgas	MJ	369	369	369	369	3.05E+01	4.48E+02	2.33E+04
Wasser	m ³	0.026	0.026	0.026	0.026	4.91E-06	1.68E-04	1.15E-02
production efforts						6.91E+01	1.01E+03	6.57E+04
(iv) Total, Herstellung Gerät						2.10E+02	3.17E+03	4.33E+05
Gesamtaufwand					Total			

			GWP (kg CO ₂ -Eq)	CED, Total (MJ-Eq)	UBP, Total (UBP)
(v) Nutzungsphase					
Stromverbrauch (pro Jahr i); Nutzung in Schweiz	88.1	kWh/a	9.11E+00	9.37E+02	2.56E+04
(vi) End-of-Life Behandlung					
(a) Entsorgungsaufwand					
	Menge (kg)				
- Entsorgung Kunststoffe & übriges (in KVA)	1.519		4.69E+00	9.23E-01	2.52E+03
- Shredder-Aufwand	11.144		6.11E-01	8.85E+00	1.05E+03
- Entsorgung RESH (in KVA)	2.862		6.76E+00	1.50E+00	3.65E+03
- Aufbereitung Stahl	3.298		1.46E+00	2.91E+01	8.12E+03
- Aufbereitung Aluminium	0.379		1.12E-01	9.36E-01	2.08E+02
- Aufbereitung Kupfer	0.699		1.14E+00	1.87E+01	9.45E+03
		<i>Aufwand Total</i>	1.48E+01	5.99E+01	2.50E+04
(b) Recycling-Gutschriften					
	Menge (kg)				
- Energiegutschrift von Kunststoff & übriges in KVA	1.519		-1.13E+00	-3.61E+01	-1.25E+03
- Gutschrift Stahlrecycling	5.079		-1.29E+01	-1.41E+02	-2.58E+04
- Gutschrift Aluminium	0.441		-8.47E+00	-8.58E+01	-9.04E+03
- Gutschrift Kupfer	0.734		-1.32E+00	-2.37E+01	-2.86E+04
		<i>Aufwand Total</i>	-2.38E+01	-2.87E+02	-6.46E+04
Total, End-of-Life Behandlung		Total	-9.03E+00	-2.27E+02	-3.96E+04

[iv] Laptop

Datenquelle	Laptop	Laptop	Laptop	Laptop	2016- Modell für Studie	GWP (kg CO ₂ -Eq)	CED, Total (MJ-Eq)	UBP, Total (UBP)
(i) Eckwerte								
Gewicht	kg	1.93	2.23	2.5	1.93			
Diagonale	cm	39	39	35 bis 39	39			
Stromverbrauch	kWh/a				24.75			
(ii) Zusammensetzung								
steel	kg	0.077		0.092		1.40E-01	1.64E+00	3.22E+02
copper	kg	0.009		0.092		3.56E-02	4.94E+01	8.42E+02
aluminium	kg	0.189		0.227		3.65E+00	3.70E+01	3.89E+03
Magnesium alloy	kg	0.177	0.895	0.201		5.51E+00	6.66E+01	8.68E+03
plastics (type 1)	kg	0.238		0.470		5.08E-01	1.82E+01	4.00E+02
plastics (type 2)	kg	0.322				1.13E+00	2.89E+01	1.02E+03
glass	kg			0.044		0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
LCD Display Module	kg	0.173	0.280	0.561		1.04E+01	1.36E+02	2.15E+04
PWB (Mainboard)	kg	0.188	0.240	0.206		5.16E+01	7.21E+02	1.23E+05
PWB (others)	kg	0.077				1.90E+01	2.66E+02	5.09E+04
Storage Drive	unit	0.096	0.1 kg	1.0		4.49E+00	5.88E+01	7.90E+03
Optical Drive	unit	0.212	0.18 kg	1.0		5.84E+00	8.48E+01	1.44E+04
Batteries	kg	0.263	0.310	0.363		2.23E+00	9.53E+00	4.76E+03
others	unit		0.21 kg	1.0		4.70E+00	6.54E+01	1.85E+04
(iii) Herstelleraufwand, Absolut						1.09E+02	1.49E+03	2.56E+05
Strombedarf	kWh	1.661		1.346	1.661	1.28E+00	1.86E+01	1.41E+03
Wärme / Erdgas	MJ	4.108			4.108	3.40E-01	4.99E+00	2.59E+02
Wasser	m ³			1.308	1.308	2.47E-04	8.44E-03	5.81E-01
production efforts						1.62E+00	2.36E+01	1.67E+03
(iv) Total, Herstellung Gerät						1.11E+02	1.52E+03	2.58E+05
Gesamtaufwand						Total		

			GWP (kg CO ₂ -Eq)	CED, Total (MJ-Eq)	UBP, Total (UBP)
(V) Nutzungsphase					
Stromverbrauch (pro Jahr 1), Nutzung in Schweiz	24.75	KWh/a	2.56E+00	2.63E+02	7.20E+03
(VI) End-of-Life Behandlung					
(a) Entsorgungsaufwand					
	Menge (kg)				
- Entsorgung Kunststoffe & übriges (in KVA)	0.185		5.71E-01	1.12E-01	3.07E+02
- Aufwand für Batterie-Recycling	0.263		3.20E-01	4.72E+00	8.20E+03
- Shredder-Aufwand	2.017		1.11E-01	1.60E+00	1.91E+02
- Entsorgung RESH (in KVA)	0.905		2.14E+00	4.74E-01	1.15E+03
- Aufbereitung Stahl	0.401		1.77E-01	3.53E+00	9.87E+02
- Aufbereitung Aluminium	0.329		9.70E-02	8.12E-01	1.80E+02
- Aufbereitung Kupfer	0.238		3.87E-01	6.36E+00	3.22E+03
		Aufwand Total	3.80E+00	1.76E+01	1.42E+04
(b) Recycling-Gutschriften					
	Menge (kg)				
- Energiegutschrift von Kunststoff & übriges in KVA	0.185		-1.38E-01	-4.39E+00	-1.52E+02
- Gutschrift Stahlrecycling	0.420		-1.06E+00	-1.17E+01	-2.13E+03
- Gutschrift Aluminium	0.420		-8.08E+00	-8.18E+01	-8.62E+03
- Gutschrift Kupfer	0.241		-4.34E-01	-7.76E+00	-9.36E+03
		Aufwand Total	-9.72E+00	-1.06E+02	-2.03E+04
Total, End-of-Life Behandlung		Total	-5.92E+00	-8.80E+01	-6.03E+03

