



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Vorbereitung zur Wiederverwendung – orientierende ökobilanzielle Untersuchung für drei Gebrauchsgüter

im Rahmen der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2018
für das Land Berlin

für die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenUVK),
Referat Kreislaufwirtschaft, 10179 Berlin

Sabrina Ludmann, Regine Vogt

Heidelberg, Juli 2019



Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Auswahl	1
1.2	Vorgehen und methodische Aspekte	2
1.3	Potenzial	4
2	Holzmöbel	6
2.1	Datenlage und Auswahl der Möbelkategorie	6
2.2	Systemraum	7
2.2.1	Vorbereitung zur Wiederverwendung	7
2.2.2	Neuherstellung	8
2.2.3	Lebensdauererlängerung	8
2.2.4	Parameter und Annahmen	9
2.3	Ergebnisse	9
2.3.1	Ergebnisse pro Möbelstück	9
2.3.2	Hochrechnung	12
3	Laptops	14
3.1	Datenlage	14
3.2	Systemraum	15
3.2.1	Vorbereitung zur Wiederverwendung	16
3.2.2	Neuherstellung	17
3.2.3	Lebensdauererlängerung	17
3.2.4	Parameter und Annahmen	18
3.3	Ergebnisse	19
3.3.1	Ergebnisse pro Laptop	19
3.3.2	Hochrechnung	20
4	Schuhe	22
4.1	Datenlage und Auswahl der Schuhkategorie	22
4.2	Systemraum	23
4.2.1	Vorbereitung zur Wiederverwendung	23
4.2.2	Neuherstellung	23
4.2.3	Lebensdauererlängerung	23
4.2.4	Parameter und Annahmen	24
4.3	Ergebnisse	25
4.3.1	Ergebnisse pro Paar Schuhe	25
4.3.2	Hochrechnung	27

Inhalt

5 Zusammenfassung und Empfehlungen	28
Literaturverzeichnis	32
Abbildungsverzeichnis	34
Tabellenverzeichnis	35
Abkürzungsverzeichnis	36

1 Einleitung

Im Rahmen der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2018 für das Land Berlin werden drei Steckbriefe für die Wiederverwendung von Gebrauchtwaren erstellt. Die Vorbereitung zur Wiederverwendung ist ein wichtiger Schritt in der Weiterentwicklung der Berliner Abfallwirtschaft in Richtung einer modernen Kreislaufwirtschaft. Die Steigerung der Wiederverwertung von im Müll enthaltenen Wertstoffen ist auch Bestandteil der Berliner Koalitionsvereinbarung 2016 - 2021 zwischen den regierenden Parteien unter dem Leitbild „Zero Waste“. Insbesondere adressiert werden „noch funktionsfähige Elektrogeräte und Möbel, die es aufzuarbeiten, reparieren und – beispielsweise in einem Sozialkaufhaus – zu verkaufen gilt“.

Gebrauchtwarenkaufhäuser haben in anderen Städten bereits Tradition, beispielsweise in Hamburg. Dort gibt es seit 2001 die Stilbruch Betriebsgesellschaft mbH, eine Tochterfirma der Stadtwerke Hamburg, die mittlerweile zwei Gebrauchtwarenhäuser betreibt. Das Portfolio der gehandelten Gebrauchtwaren ist sehr umfangreich und reicht von Möbeln über Bücher, Kronleuchter, Vasen, Kinderwagen, Nippes bis zu sonstigen Einrichtungsgegenständen. Seit 2015 wird zudem eine eigene Elektrowerkstatt betrieben.

In Berlin werden innovative Schritte in Richtung Kreislaufwirtschaft durch die Re-Use Initiative der Senatsverwaltung unternommen. Unter dem Motto „Wiederverwenden statt Wegwerfen“ wurden Sammelaktionen durchgeführt für den Verkauf in einem Pop-Up-Store. Von den Erlösen werden Zero-Waste-Initiativen gefördert und prämierte Ideenwettbewerbe ausgeschrieben.

Im Rahmen der SKU-Bilanz 2018 wird an drei Beispielen die ökologische Vorteilhaftigkeit der Vorbereitung zur Wiederverwendung untersucht.

1.1 Auswahl

Für die Auswahl der drei mengenrelevanten Gebrauchtwaren wurden zum einen die Mengen der SKU-Bilanz berücksichtigt und zum anderen auch Experten befragt. Nach Mengenrelevanz und Eignung kommen insbesondere die folgenden Abfallfraktionen der SKU-Bilanz in Frage:

- Sperrmüll
- Altholz
- E-Schrott
- Altmetalle
- Alttextilien

Expertenseitig wurde empfohlen ein Elektro-/Elektronikaltgerät zu untersuchen. Nach Untersuchungen des Wuppertal-Instituts im Auftrag der Senatsverwaltung wird der Anteil wiederverwendungsfähiger Waren im Bereich Sperrmüll, Altholz und Altmetall auf 6 % geschätzt, und für Elektro- und Elektronikaltgeräte auf 8 %. Elektro- und Elekt-

ronikaltgeräte können in Berlin kostenfrei an kommunalen Sammelstellen, in großen Handelsgeschäften und bei Onlinehändlern abgegeben werden. Die über kommunale Sammelstellen erfassten Elektroaltgeräte werden zu einer Erstbehandlungsanlage der BRAL GmbH transportiert. Für eine Wiederverwendung geeignete Geräte könnten dann abgetrennt, geprüft und ggf. repariert werden. Auf Bundesebene schwankt der jährliche Anteil der Vorbereitung zur Wiederverwendung zwischen 1-2 %¹.

Landesspezifische liegen keine Daten darüber vor, aus welchen Produkten sich die Abfallfraktionen Sperrmüll, Altholz, E-Schrott oder Altmetalle zusammensetzen. Insofern kann daraus keine mengenrelevante Entscheidung für ein Gebrauchtgut getroffen werden. Jedoch sind Möbel nach Erfahrungen in bestehenden Gebrauchtwarenhäusern relevante Gebrauchtwaren. Und aus dem Elektro-/Elektroaltgerätebereich spielen insbesondere Notebooks/Laptops für die grüne Beschaffung eine wichtige Rolle. Des Weiteren werden Alttextilien und Schuhe traditionell gebraucht gehandelt, wobei Alttextilien bereits in der SKU-Bilanz berücksichtigt sind. Basierend auf diesen Überlegungen und Erkenntnissen wurden die folgenden Gebrauchtwaren für die Untersuchung ausgewählt:

1. Holzmöbel
2. Notebook/Laptop
3. Schuhe

1.2 Vorgehen und methodische Aspekte

Für die ausgewählten drei mengenrelevanten Gebrauchtwaren werden orientierende Ökobilanzen durchgeführt, um das Klima- und Umweltschutzpotenzial der Wiederverwendung aufzuzeigen. Je nach Art und Beschaffenheit der ausgewählten Gebrauchtwaren werden Parameter der SKU-Bilanz ausgewertet. Dies umfasst in jedem Fall die klimawirksamen Umweltwirkungen und darüber hinaus relevante Aspekte der Ressourcenschonung wie beispielsweise die Schonung von Holz oder von Rohmetallen bei Möbeln oder bestimmte relevante Luftschadstoffe wie beispielsweise versauernde (NO_x-, NH₃-, SO₂-) Emissionen bei Schuhen. Für jede der ausgewählten Gebrauchtwaren wurden verfügbare Studien und Veröffentlichungen zu Herstellungsaufwendungen und Lebensdauern gesammelt und ausgewertet, um basierend auf den gegebenen Informationen das detaillierte Vorgehen für die Bilanzierung festzulegen.

Entscheidend für eine Einschätzung des Klima- bzw. Umweltschutzpotenzials einer Wiederverwendung ist neben dem Aufwand des Aufarbeitens oder Reparierens vor allem die durch eine weitere Nutzung erreichbare Verlängerung der Lebensdauer der Produkte.

Die Möglichkeit zur Verlängerung der Lebensdauer bzw. die Verlängerung der Nutzenphase ist entscheidend abhängig von der Qualität des Gebrauchtgegenstandes sowie vom Verhalten der Folgenutzenden. Eine Nutzung ist sukzessive über mehrere Personen denkbar; schöpfen Folgenutzende die Nutzenphase jedoch nicht aus und stellen die Gebrauchtware auch nicht für weitere Nutzende zur Verfügung, wird die Lebensdauererlängerung überschätzt. Umgekehrt ist es mitunter sehr schwierig, eine reprä-

¹ <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehelter-abfallarten/elektro-elektronikaltgeraete#textpart-4>. Zugriff 26.11.18

sentative Angabe zur erreichbaren Lebensdauerverlängerung eines aufgearbeiteten Gegenstandes zu machen.

Einbeziehen in Ökobilanzen der Abfallwirtschaft

Die Vorbereitung zur Wiederverwendung kann nach Abfallmengen nur insoweit in die Gesamtbilanz eingebunden werden, wie entsprechende Mengendaten zur Verfügung stehen. Üblicherweise werden die Vertriebskanäle oder Märkte für Gebrauchtwaren nicht statistisch erfasst. Insofern erfolgt die mengenmäßige Einbeziehung durch eine Hochrechnung basierend auf Potenzialuntersuchungen und Expertenschätzungen (vgl. Kap. 1.3).

Methodisch ist das Einbeziehen der Vorbereitung zur Wiederverwendung in die Ökobilanz der Abfallwirtschaft grundsätzlich möglich. Dies bezieht sich jedoch ausschließlich auf die direkte Wiederverwendung und nicht auf eine Kaskadennutzung. Beispielsweise müssen Mehrweg-Getränkeverpackungen von einer Betrachtung im Rahmen der Ökobilanz der Abfallwirtschaft ausgeschlossen werden. Die mehrfachen Umläufe und Verwendung von Getränkeverpackungen im Mehrwegsystem kann nur durch Produktökobilanzen abgebildet werden.

Die Vorbereitung zur Wiederverwendung steht quasi an der Schnittstelle zwischen der Produktökobilanz und der Ökobilanzmethode der Abfallwirtschaft, da es sich bei den betrachteten Gegenständen noch nicht um Abfall im eigentlichen Sinne handelt. Die einfache Wiederverwendung kann einbezogen werden, indem zum einen der Aufwand der Vorbereitung betrachtet wird und zum anderen die durch die Lebensdauerverlängerung vermiedene Herstellung von Neuware. Dabei stellt die einfache Lebensdauerverlängerung von Waren grundsätzlich ein „zusätzliches“ Minderungspotenzial dar, da die betrachteten Gebrauchtwaren am Ende der verlängerten Nutzungsdauer als Abfall weiterhin recycelt oder energetisch verwertet werden können.

Allerdings ist hierbei die gegebene zeitliche Verzögerung zu bedenken. Insofern die substituierten Primärherstellungsverfahren im Verlängerungszeitraum keine umweltrelevante Veränderung erfahren, kann der durch die Lebensdauerverlängerung eines Gutes entstehende Nutzen als additiv verstanden werden. Für die Bilanzierung ist dies zu eruieren. Beispiele für umweltrelevante Veränderungen sind

- deutlich Effizienzsteigerung von stromverbrauchenden Geräten;
- signifikante Emissionsminderung bei der Herstellung von Materialkomponenten (z.B. Transformation der Stahlherstellung von Oxygen- zu Elektrostahl insofern für letzteres Strom aus erneuerbaren Energien verwendet wird).

Sind solche Aspekte relevant, wäre der Bilanzraum zu erweitern, um die Innovationen zu berücksichtigen. Das direkte Recycling mit Substitution des „alten“ Verfahrens könnte in einem solchen Fall ökologisch vorteilhaft sein. Im Rahmen dieser Untersuchung wird dieser Aspekt nicht vertieft. Zum einen ist die Bilanzierung orientierend, zum anderen sind für die Herstellung der 3 ausgewählten Gebrauchtwaren keine entsprechenden signifikanten Veränderungen zu erwarten. Dies gilt auch für Laptops im Hinblick auf die potenzielle Reduzierung des Stromverbrauchs (vgl. Kap. 3.2.3).

1.3 Potenzial

Ausgangspunkt für die Hochrechnung von Mengenpotenzialen für die Wiederverwendung ungenutzter Güter in Berlin bilden die Untersuchungen nach Behrendt (2019) und Prakash et al. (2016) (Projekt „Öko-APC“) gemeinsam mit Einschätzungen von Experten aus dem Bereich der Weiternutzung. Insofern keine Informationen vorlagen, wurden im Austausch mit dem Auftraggeber plausible Annahmen getroffen.

Insgesamt fehlen Daten über genaue Mengen an Gegenständen zur Weiternutzung sei es direkte Wiederverwendung, Vorbereitung zur Wiederverwendung oder Online-Handel. In Gries und Wilts (2017) wurde aus diesem Grund versucht eine Datenbasis zur Erfassung der Mengen von in Deutschland wiederverwendeten Produkten zu schaffen. Die resultierenden Hochrechnungen für in Deutschland bereits jährlich einer Wiederverwendung bzw. einer Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeführten Waren unterliegen hohen Unsicherheiten (Rücklauf Befragung Wiederverwendungseinrichtungen rd. 12 %, sehr heterogene Betriebsstruktur, deutliche regionale Unterschiede, Problematik Umrechnung Stückzahl auf Gewichtsmengen, inkl. eBay-Auktionen über 1 Monat in 5 Regionen) und werden im Weiteren nicht für Berlin verwendet.

Grundsätzlich wird das Potenzial für private Haushalte in Berlin eingeschätzt. Für die Hochrechnung werden die folgenden beiden Potenzialmengen unterschieden:

1. Potenzial jährliche Menge aus Berliner Haushalten für den Markt
2. Potenzial für den ungenutzten Bestand in Berliner Haushalten gesamt

Einzelne Potenzialabschätzungen können direkt aus Behrendt (2019) übernommen werden. So wird eine Studie der TNS Infratest von 2015 zitiert, die in etwa in jedem dritten Berliner Haushalt einen ungenutzten Laptop ermittelte. Daraus ergibt sich bei 2 Millionen Berliner Haushalten ein Gesamtpotenzial ungenutzter Laptops von 680.000 Stück. Darüber hinaus wird nach Expertenschätzung ein Potenzial von 200.000 Laptops aus Haushalten angenommen, die jährlich in Berlin gebraucht weiterverkauft werden könnten (Ebelt 2019).

Für Möbel und Schuhe wurden die Potenziale in Abstimmung mit dem Auftraggeber abgeschätzt. In Bezug auf Möbel werden 2 Stück ungenutzte Möbel („Lagerbestand“) pro Haushalt angenommen. Bei 2 Millionen Haushalten in Berlin ergibt sich damit ein gesamtes Potenzial von 4 Millionen ungenutzten Möbelstücken. Für das jährliche Potenzial für den Markt wird ebenfalls von einem mittleren Bestand von 2 Möbeln pro Haushalt ausgegangen, die vor Ablauf der mit 15 Jahren angenommenen mittleren Lebensdauer von den Eigentümern nicht mehr genutzt werden. Daraus ergibt sich das jährliche Potenzial für den Markt zu rund 270.000 Stück.

Im Bereich der Schuhe wurde das Gesamtpotenzial ungenutzter Schuhe auf etwa 4 Paar je Haushalt abgeschätzt. Bei einem Anteil der Lederschuhe von etwa einem Viertel (Gottfridsson und Zhang 2015) findet sich pro Haushalt ein Paar Lederschuhe zur Weiternutzung und damit hochgerechnet auf Berlin rund 2 Mio. Paar Lederschuhe. Ebenso wie bei den Möbeln wird auch hier die gleiche Anzahl für die Menge Schuhe angesetzt, die vor Ablauf der mit 5 Jahren angenommenen mittleren Lebensdauer nicht mehr genutzt werden, so dass sich ein jährliches Potenzial für den Markt von rund 400.000 Paar Lederschuhen ergibt.

Zusammenfassend sind die erläuterten Potenziale in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Hochrechnung des Potenzials an Geräten und Gegenständen zur Wiederverwendung als Menge pro Jahr und Haushalt und ungenutzte („gelagerte“) Gesamtmengen für Berlin

Produktgruppe	pro Haushalt gesamt	Für Berlin gesamt	Für Berlin jährlich
Laptops	0,34 Stück*	680.000 Stück*	200.000 Stück**
Möbel**	2 Stück	4.006.000 Stück	267.000 Stück
Schuhe** (darunter Lederschuhe)	4 (1) Paar	8.012.000 (2.003.000) Paar	1.602.000 (401.000) Paar

Quellen: *Behrendt (2019), **Expertenschätzungen (Laptops Ebelt (2019), Möbel, Schuhe eigene Schätzung)

Diese Potenziale aus Berliner Haushalten werden im Weiteren für die Berechnung der gesamten und jährlichen Einsparpotenziale verwendet. Zur Würdigung der Datenunsicherheiten werden die Ergebnisse mit einem Unsicherheitsfaktor von 20 % ausgewiesen.

Die ermittelten und abgeschätzten Potenziale berücksichtigen nicht über welche Kanäle die Gebrauchtwaren gehandelt bzw. in den Markt gebracht werden. Aus Sicht der Abfallwirtschaft wäre eine weitere Differenzierung sinnvoll, um insbesondere die Potenzialmengen herauszustellen, für die abfallwirtschaftliche Akteure bzw. öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (öRE) eine Anbindung bzw. Möglichkeit zur Einflussnahme haben, da die Erschließung dieser Potenziale eine Leistung der Abfallwirtschaft darstellen würde. Dagegen besteht für den Onlinehandel z.B. über eBay keine Möglichkeit der Einflussnahme durch die Abfallwirtschaft. Zudem sind beim Onlinehandel weitere Aspekte wie Rechenzentren und Reboundeffekte zu berücksichtigen. In den folgenden orientierenden Ökobilanzierungen sind diese nicht beinhaltet.

2 Holzmöbel

Für die Vorbereitung zur Wiederverwendung von Holzmöbeln wird für ausgewählte Möbelstücke eine Screening-Ökobilanz erstellt. Auf dieser Basis wird ein errechnetes Entlastungspotenzial aus der Nutzungsverlängerung dem Aufwand für die Vorbereitung zur Wiederverwendung gegenübergestellt. Neben den klimawirksamen Umweltwirkungen wird für Holzmöbel die Schonung von Holz betrachtet und der Einsatz von Metallen (Beschläge) für die Möbelherstellung thematisiert.

Das Vorgehen der Bilanzierung umfasst die Auswahl eines repräsentativen Möbelstückes und die Erfassung der damit verbundenen Herstellungsaufwendungen. Die ermittelten Herstellungsaufwendungen bestimmen neben der anzunehmenden Lebensdauer des Möbelstückes maßgeblich die möglichen ökologischen Vorteile durch eine Lebensdauerverlängerung des Möbelstückes.

2.1 Datenlage und Auswahl der Möbelkategorie

Eine sehr gute Datenbasis findet sich in Thünen (2015). Insbesondere werden Details zu den drei Möbelkategorien Aufbewahrungsmöbel, Ablagemöbel und Küchenmöbel aufgeführt; Sachbilanz- und Ökobilanz-Ergebnisse stehen zur Verfügung. Die Gruppe der Aufbewahrungsmöbel umfasst unterschiedliche Arten von Schränken sowie Nachtkästchen und Kommoden. Unter Ablagemöbeln werden im Rahmen dieses Reports Schreibtische betrachtet. Küchenmöbel umfassen eine Vielzahl unterschiedlicher Elemente wie Hoch-, Unter- und Hängeschränke, Arbeitsplatten, Wangen und Borde ohne weitere Geräte, Spülen, Armaturen und Beleuchtungselemente.

Für die Verwendung im vorliegenden Projekt wird die Gruppe der Aufbewahrungsmöbel ausgewählt. Dagegen fallen Ablagemöbel (Schreibtische) eher den Bereich der Büromöbel und weniger in die Kategorie privat weitergegebenen Einrichtungsmöbel. Küchenmöbel werden in Gebrauchtwarenhäusern ebenfalls nicht in relevantem Umfang gehandelt: komplette Küchen sind nach der ersten Nutzung entweder nicht mehr zu gebrauchen oder werden direkt vor Ort abgebaut und privat weitergegeben.

Das durchschnittliche Aufbewahrungsmöbelstück besteht laut Thünen (2015) zum Großteil aus Spanplatten, zum Teil sind Faserplatten, Metall und Glas verbaut. Massivholz, d.h. im Stück gewachsenes Holz, wird im Möbelbau selten verarbeitet. Es kann starken Veränderungen unterworfen sein; es schwindet und dehnt sich, kann sich verziehen und es können Trocken-, Spannungs- und Windrisse auftreten. Laut der Sachbilanzdaten wird für Aufbewahrungsmöbel in Thünen (2015) kein Schnittholz verwendet.

Neben den Ökobilanz-Daten aus Thünen (2015) wurden weitere Quellen herangezogen, um die Herstellungsaufwendungen von Holzmöbeln und deren Holzbestandteilen zu erfassen. Diese Quellen sowie ihre Nutzung für die vorliegende Bilanzierung sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2: Datenquellen für die Bilanzierung der Herstellung von Holzmöbeln und für Lebensdauern

Quelle	verwendete Informationen
Thünen (2015)	Sachbilanzdaten Möbelherstellung (Möbelfabrik)
Thünen (2012)	Sachbilanzdaten Span-/MDF-Plattenherstellung und Transporte
ifeu (2013)	Daten zu Forstwirtschaft und Sägewerk sowie Transporten
Informationen zu Lebensdauern	
JRC (2013), Tabelle 35	Zusammenstellung aus unterschiedlichen Quellen: Konferenztisch: 20 bis 30 Jahre; Schreibtisch: 20 Jahre; Tisch: 15 Jahre; Schrank: 10 Jahre
Unterschiedliche Environmental Product Declarations (EPD) für Möbel*	Schreibtisch, Büroschrank: 25 Jahre Konferenztisch, Couchtisch, Regal, Holzstuhl: 15 Jahre

*Quellen, Zugriff jeweils 10.4.19: <https://www.environdec.com/Detail/?Epd=13018> sowie [/?EPD=13020](https://www.environdec.com/Detail/?EPD=13020), [/?EPD=13501](https://www.environdec.com/Detail/?EPD=13501), [/?EPD=13504](https://www.environdec.com/Detail/?EPD=13504), <https://www.epd-norge.no/platemobler/iris-school-furniture-3a4-w-shelves-hp-laminate-article1734-330.html>, <https://www.epd-norge.no/seating-solutions/pan-chair-with-armrest-article1799-437.html>

2.2 Systemraum

2.2.1 Vorbereitung zur Wiederverwendung

Die relevanten Abschnitte der Vorbereitung zur Wiederverwendung von Holzmöbeln umfassen den Transport zum Gebrauchtwarenkaufhaus und das Aufstellen im Verkaufsraum. Die Vorbereitung zur Wiederverwendung erfordert in der Regel keine weiteren größeren Maßnahmen; üblicherweise sind die ausgewählten Gebrauchtwarenstücke in einem guten Zustand. Im Einzelfall ist ein Metallscharnier zu ergänzen oder ein kleinerer Riss abzudichten. Für diesen Schritt wurden für die Bilanzierung keine Aufwendungen angenommen.

Möbelstücke werden in Berlin im Durchschnitt über 20 km zum Gebrauchtwarenkaufhaus transportiert (Kommunikation Sozialkaufhäuser Berlin)². Für diese Aufwendung wurde ein Transporter (Diesel) im Stadtverkehr angenommen; da keine Informationen über die Auslastung des Fahrzeugs vorliegen, wurden die Emissionen der Fahrt pauschal für ein einzelnes Möbelstück angenommen. Dadurch werden die Lasten des Transportes, vor allem bei kleineren Möbeln, wahrscheinlich überschätzt. Transporte des Käufers zum neuen Standort des Möbelstückes sind nicht in die Bilanzierung einbezogen.

Der Wiederverkauf eines geeigneten Möbelstückes erfolgt etwa innerhalb einer Woche Ausstellungszeit im Sozial- oder Gebrauchtwarenkaufhaus. Die Aufwendungen, die durch die Bereitstellung der Verkaufsflächen entstehen (Strom und Wärme) wurden basierend auf Angaben aus bestehenden Gebrauchtwarenkaufhäusern berücksichtigt.

² Mitteilung per Email Dezember 2018

2.2.2 Neuherstellung

Für die Herstellung der betrachteten Möbel wurden Ökobilanzergebnisse aus Thünen (2015) und Thünen (2012) verwendet. Die Forstwirtschaft und Bereitstellung des Holzes für die Möbelfabrik wurden basierend auf internen Daten (ifeu 2013) bilanziert.

Die betrachteten Lebenswegabschnitte der Holzanteile sind die Forstwirtschaft, das Sägewerk, die Plattenherstellung und die anschließende Möbelherstellung aus den Platten in der Möbelfabrik. Weitere Inputs wie Lacke, Beschichtungen, Metall- oder Glasbauteile wurden weniger detailliert bilanziert. Unter den Materialbedarfen wird der Holzinput separat betrachtet. Der Holzinput umfasst Spanplatten (roh und Melamin-beschichtet) und mitteldichte Holzfaserplatten (MDF-Platten).

Grundsätzlich wurde für die Möbel die Verwendung von Industrieholz (Nadelholz) aus Deutschland angenommen. Als Datenbasis dienen interne und vertrauliche Informationen der Forstwirtschaft. Die Transporte des Holzes vom Forst zum Sägewerk mit angeschlossenen Plattenhersteller und von dort aus zur Möbelfabrik sind in der Bilanzierung ebenfalls enthalten.

2.2.3 Lebensdauererlängerung

Nach der Erfassung der Aufwendungen aus der Herstellung eines Möbelstückes wird angenommen, dass das Möbelstück einen gewissen Anteil seiner Lebensdauer in der ersten Nutzung verbringt, um daraufhin durch einen Verkauf im Gebrauchtwarenkaufhaus eine Nutzungsverlängerung zu erfahren. Insgesamt wird angenommen, dass dadurch die gesamte Lebensdauer des Möbelstückes ausgeschöpft werden kann.

Die Annahme der möglichen Gesamtlebensdauer spielt eine zentrale Rolle bei der Quantifizierung der möglichen Einsparungen. Sie basiert auf Angaben aus EPDs unterschiedlicher Möbelstücke mit Lebensdauern zwischen 15 Jahren (u.a. Regal) und 25 Jahren (Büromöbel) (Tabelle 2). Die Gesamtlebensdauer für Aufbewahrungsmöbel wurde entsprechend auf 15 Jahre gesetzt (Tabelle 3).

Durch den Weiterverkauf wird der Anteil der Lebensdauererlängerung am Herstellungsaufwand eingespart. Bei einer angenommenen Erstnutzung von 10 Jahren mit einer Nutzungsverlängerung von 5 Jahren entspräche dies $5/(10+5) = 33,3\%$ des Herstellungsaufwandes. Diese Einsparung kann als Gutschrift für das Möbelstück betrachtet werden.

Das durchschnittliche Alter von Möbeln, die zur Wiederverwendung abgegeben werden, konnte nicht aus Erfahrungswerten abgeschätzt werden, da entsprechende Daten nicht verfügbar waren. Um zu veranschaulichen, welchen Einfluss das Alter des Möbelstückes zur Wiederverwendung – der bereits verstrichene Anteil der 15-jährigen Gesamtlebensdauer – hat, werden drei Alter für die zur Wiederverwendung vorgesehenen Möbel nebeneinander dargestellt: Verkauf nach einer Erstnutzung von 2 Jahren, 5 Jahren und 10 Jahren. Die Zeitspanne für die zweite Nutzung ergibt sich aus der Differenz zur Gesamtlebensdauer.

2.2.4 Parameter und Annahmen

Die Möbelkategorie der Ablagemöbel deckt eine Vielzahl von Möbeln ab, so dass für die vorliegende Beurteilung der ökologischen Vorteile der Wiederverwendung drei unterschiedlich große exemplarische Möbelstücke herangezogen werden. Hierfür wurden das Gewicht und die notwendige Ausstellungsfläche des Möbelstücks variiert. Diese drei Möbelstücke werden in Tabelle 3 gemeinsam mit den wichtigsten Annahmen beschrieben.

Tabelle 3: Annahmen zur Abschätzung für den Weiterverkauf eines Ablagemöbelstücks

Lebensdauer und Nutzungsdauern	Annahme	Quelle
Gesamtlebensdauer des Möbelstückes	15 Jahre	Abschätzung, diverse EPDs
Erstnutzung / Alter des Möbels zur Wiederverwendung	2 Jahre, 5 Jahre, 10 Jahre	Abschätzung, Sensitivitäten
Weitere Parameter		
Exemplarisches Möbelstück, Aufbewahrungsmöbel, Regal halbhoch	Grundfläche ca. 0,22 m ² , Gewicht 20 kg	Halbhohes Regal ca. 80x28x100
Exemplarisches Möbelstück, Aufbewahrungsmöbel, Regal hoch	Grundfläche ca. 0,22 m ² , Gewicht 50 kg	Raumhohes Regal ca. 80x28x200
Exemplarisches Möbelstück, Aufbewahrungsmöbel, Kleiderschrank	Grundfläche ca. 1,32 m ² , Gewicht 110 kg	Kleiderschrank ca. 200x66x236
Transport eines einzelnen Möbelstücks zum Gebrauchtwarenkaufhaus, Emissionen inkl. Dieselvorkette	20 km innerorts, Transporter, Diesel	Sozialkaufhaus Berlin, Emissionsdaten: ifeu intern
Zeitraum von der Aufstellung bis zum Verkauf	1 Woche	Sozialkaufhaus Berlin
Pro Möbelstück benötigte Fläche im Gebrauchtwarenkaufhaus (mit Strom- und Wärmeverbrauch)	Grundfläche + 1 m Gangbreite	Schätzung
Strom- und Wärmeverbrauch im Gebrauchtwarenkaufhaus je m ² und Jahr	38 kWh/m ² *a (Strom) 89 kWh/m ² *a (Wärme)	Sozialkaufhaus Berlin

2.3 Ergebnisse

2.3.1 Ergebnisse pro Möbelstück

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Klimagasbilanz sowie die errechneten Einsparungen an Holzrohstoff (als Masse Holz (20 % WG) und Flächenbedarf im Forst) und an Metallen für drei unterschiedliche Möbelstücke und je drei unterschiedliche Alter beim Weiterverkauf beschrieben.

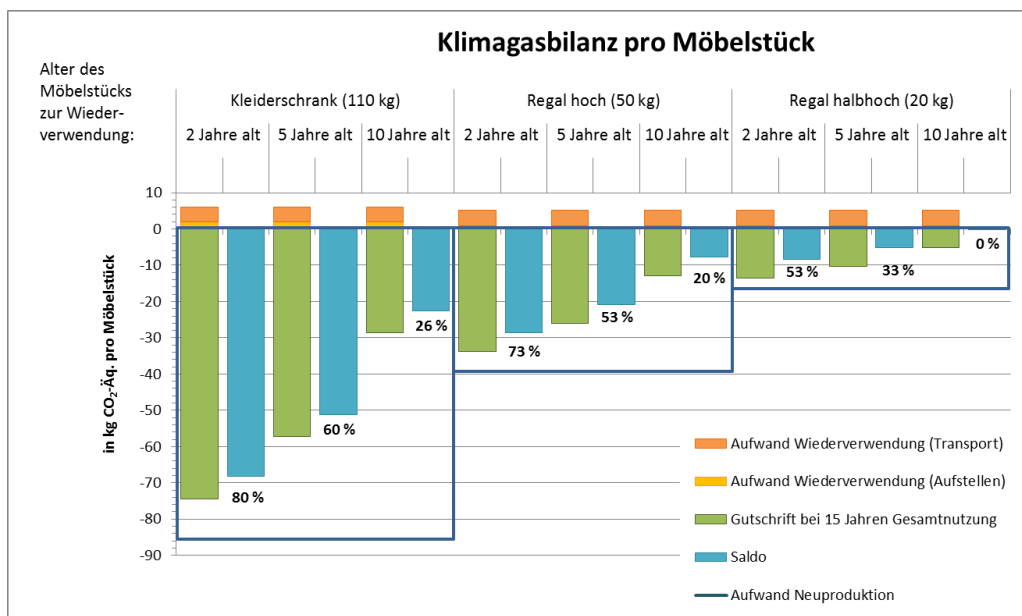
Klimagasbilanz

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Klimagasbilanz in kg CO₂-Äq je Möbelstück. Der Saldo jeder Berechnung (blau) errechnet sich jeweils aus der Gutschrift durch einge-

sparten Aufwand der Möbelherstellung (grün) und dem Aufwand für die Wiederverwendung (gelb/orange). Der Anteil des Saldos am Aufwand einer Neuproduktion ist in Prozent in der Abbildung angegeben. Die Gutschriften aus der Möbelherstellung basieren auf der Einsparung an Emissionen, die durch eine vermiedene Neuproduktion des jeweiligen Möbelstückes ermöglicht werden. Die Einsparungen basieren jeweils auf der Annahme, dass nach der Erstnutzung (von 2, 5 oder 10 Jahren) durch die zweite Nutzung die Lebensdauer von 15 Jahren ausgeschöpft wird. Die Gutschrift setzt sich zusammen aus Anteilen der Forstwirtschaft (2 %), des Sägewerkes (6 %), der Herstellung von MDF- und Spanplatten (30 %) und Emissionen der Möbelfabrik (62 %). Über diese Prozessschritte hinweg besteht der Herstellungsaufwand aus Beiträgen des Strom- und Wärmebedarfes (31 % und 4 %), der Bereitstellung der sonstigen Inputs (62 %) und den Transporten zwischen den Prozessschritten. Die Bereitstellung sonstiger Inputs beinhaltet hauptsächlich nicht-Holz Inputs der Möbelfabrik und Plattenherstellung. Bei der Plattenherstellung ist die Bereitstellung der Bindemittel bestimmend, in der Möbelfabrik sind es insbesondere (überwiegend metallische) Beschläge und in geringerem Umfang Spiegel und Glasanteile, Beschichtungen und Kunststoffe.

Der Aufwand zur Wiederverwendung umfasst den Transport mit gut 4 kg CO₂-Äq und die Bereitstellung der Verkaufsfläche mit 1-2 kg CO₂-Äq je Möbelstück. Im Einzelfall kann die Bilanz vor allem für kleine Möbelstücke besser ausfallen, wenn die Transportlasten sich durch eine erhöhte Auslastung des Transporters auf mehr als nur das einzelne Möbelstück verteilen lassen.

Abbildung 1: Klimagasbilanz für drei unterschiedliche Möbelstücke und drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern



Die möglichen Netto-Einsparungen (Saldo) aus der Wiederverwendung von Möbeln sind bei größeren Möbelstücken (hier 110 kg Kleiderschrank) besonders hoch, da hier vergleichsweise viel Material und Herstellungsaufwand eingespart werden. Ebenso zeigt sich eine Weiternutzung gut erhaltener (neuerer) Möbeln bis zum Ende der angenommenen Lebensdauer als besonders vorteilhaft. Bei einem Kleiderschrank, der lediglich 2 Jahre alt ist, können beispielsweise 80 % der Klimagase oder 68 kg CO₂-Äq aus der Neuproduktion eingespart werden, wenn er einer weiteren Nutzung von 13 Jahren zugeführt werden kann (Säule ganz links in Abbildung 1).

Ein stärker abgenutztes und/oder kleineres Möbelstück bietet ein geringeres Einsparpotenzial. Beim Weiterverkauf eines bereits 10 Jahre alten kleinen Regales, wie es in Abbildung 1 ganz rechts dargestellt ist, ergeben sich keine Vorteile für die Klimagasbilanz, wenn für das Möbelstück eine separate Fahrt mit dem Transporter durchgeführt wird.

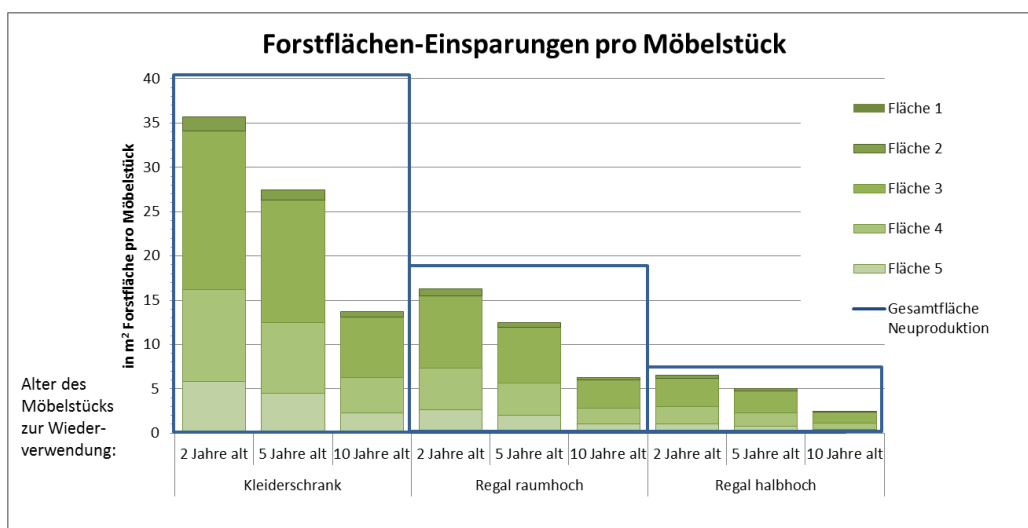
Insgesamt zeigen sich Einsparpotenziale zwischen 80 % und 53 % bei neuen Möbelstücken (2 Jahre alt) und bis zu 26 % Einsparpotenzial auch bei alten Möbelstücken (Kleiderschrank, 10 Jahre alt).

Inanspruchnahme von Holz

Die Einsparungen bei der Inanspruchnahme von Holz beziehen sich nur auf den Holzrohstoff und somit auf den Flächenbedarf im Forst (Abbildung 2). Das verwendete Holz stellt einen Mittelwert des Industrieholzes (Nadel) in Deutschland dar. Dieser Mittelwert umfasst unterschiedliche Forstkategorien bezogen auf die Naturnähe der Waldfläche: 1) sehr naturnah, 2) naturnah, 3) bedingt naturnah, 4) kulturbetont und 5) kulturbestimmt. Ein Großteil der Fläche (50,2 %) wird von bedingt naturnahem Forst (3) gestellt; 4,5 % der eingesparten Flächen liegen im Bereich des naturnahen Forstes (2). Insgesamt werden fast 0,4 Quadratmeter Forstfläche (beziehungsweise 0,9 kg Holz, 20 % WG) pro 1 kg fertigen Möbelstücks beansprucht; die Produktion eines 110 kg schweren Kleiderschranks beansprucht über 40 Quadratmeter Forstfläche (94,8 kg Holz, 20 % WG).

Durch die Weiternutzung eines Möbelstücks in gutem Zustand (2 Jahre alt) können knapp 87 % Holzrohstoff beziehungsweise Forstfläche eingespart werden. Ein 10 Jahre altes Möbelstück (mit 5 Jahren Restnutzungsdauer) birgt noch ein Einsparpotenzial von einem Drittel der Holzmenge und Forstfläche einer Neuproduktion. Insgesamt wird bei jeder vermiedenen Neuproduktion Holz und Fläche eingespart, bei einem gut erhaltenen schweren Möbelstück (Kleiderschrank, 2 Jahre alt) sind es bis zu 36 Quadratmeter (82,2 kg Holz, 20 % WG).

Abbildung 2: Flächeneinsparung im Forst durch eingespartes Holz für drei unterschiedliche Möbelstücke und drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern



Verwendung von Metallen

Im Rahmen von Thünen (2015) werden Metallbeschlägen für Möbelstück aus der Kategorie der Aufbewahrungsmöbel angenommen, die durchschnittlich 27 g Metall pro 1 kg Möbel betragen. Basierend auf diesem Wert ergeben sich Metall-Einsparungen bei einer Lebensdauererlängerung der betrachteten Möbelstücke auf insgesamt 15 Jahre, die in der folgenden Tabelle aufgelistet sind. Die Einsparungen sind anrechenbar soweit Möbelbeschläge intakt sind und nicht erneuert werden müssen.

Tabelle 4: Durchschnittliche Einsparungen an Metallbeschlägen in kg für drei unterschiedliche Möbelstücke und drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern

Alter des Möbels zur Wiederverwendung	Kleiderschrank (2.970 g Beschläge)	Regal raumhoch (1.350 g Beschläge)	Regal halbhoch (540 g Beschläge)
2 Jahre	2.570 g	1.170 g	470 g
5 Jahre	1.980 g	900 g	360 g
10 Jahre	990 g	450 g	180 g

2.3.2 Hochrechnung

Basierend auf den in Kapitel 1.3 ermittelten Potenzialen für die Wiederverwendung von Möbeln in Berlin lässt sich das Klimagas-Einsparpotenzial pro Möbelstück auf eine mögliche Gesamteinsparung für den ungenutzten Bestand in Haushalten und eine mögliche jährliche Einsparung für Berlin hochrechnen.

Unter Verwendung eines durchschnittlichen Gewichts der weitergenutzten Möbel von 26,6 kg (Gries und Wilts 2017) und je nach Alter der abgegebenen Möbelstücke ergibt sich ein hochgerechnetes Netto-Einsparpotenzial im Bereich von rund -10 Tonnen CO₂-Äq bis etwa um die -3.000 Tonnen CO₂-Äq pro Jahr. Die entsprechenden Werte sowie die Werte des mit 20 % eingeschätzten Unsicherheitsbereichs sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Für den ungenutzten Bestand in Berliner Haushalten liegt das hochgerechnete Gesamtnettoeinsparpotenzial im Bereich von -125 Tonnen CO₂-Äq bis etwa 44.500 Tonnen CO₂-Äq, je nachdem, ob die ungenutzten Möbelstücke 2, 5 oder 10 Jahre alt sind. Die entsprechenden Werte sowie die Werte des mit 20 % eingeschätzten Unsicherheitsbereichs zeigt Tabelle 6.

Aus den spezifischen Ergebnissen für einzelne Möbelstücke geht hervor, dass besonders die Weiternutzung von neuen und schweren Möbelstücken vorteilhaft ist, während bereits abgenutzte kleine Möbelstücke vergleichsweise geringe Netto-Einsparungspotenziale bieten.

Tabelle 5: Jährliches Netto-Einsparpotenzial aus der Hochrechnung für die Weiternutzung von Möbeln in Berlin für drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite

Alter des Möbels zur Wiederverwendung	Einheit	Untere Bandbreite	Jährliches Netto Einsparpotenzial	Obere Bandbreite
2 Jahre	Mg CO ₂ -Äq	-2.373	-2.966	-3.559
5 Jahre	Mg CO ₂ -Äq	-1.485	-1.857	-2.228
10 Jahre	Mg CO ₂ -Äq	-7	-8	-10

Tabelle 6: Hochrechnung des Gesamtnettoeinsparpotenzials durch den ungenutzten Bestand für die Weiternutzung von Möbeln in Berlin für drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite

Alter des Möbels zur Wiederverwendung	Einheit	Untere Bandbreite	Gesamteinsparpotenzial ungenutzter Bestand netto	Obere Bandbreite
2 Jahre	Mg CO ₂ -Äq	-35.589	-44.487	-53.384
5 Jahre	Mg CO ₂ -Äq	-22.281	-27.851	-33.422
10 Jahre	Mg CO ₂ -Äq	-100	-125	-151

3 Laptops

Für die Vorbereitung zur Wiederverwendung von Laptops im privaten Rahmen wird eine Screening-Ökobilanz erstellt. Ein hierüber errechnetes Einsparpotenzial aus der Nutzungsverlängerung des Gerätes wird dem abgeschätzten Aufwand für die Vorbereitung zur Wiederverwendung gegenübergestellt. Die klimawirksamen Umweltwirkungen werden quantifiziert. Eine Bewertung anderer Umweltwirkungen wie beispielsweise der Ressourcenschonung kann mit den vorliegenden Quellen nicht durchgeführt werden, da Bauteil- und Materiallisten nur lückenhaft verfügbar sind.

Das Vorgehen der Bilanzierung umfasst die Ermittlung der Herstellungslasten für einen Laptop mit einer Solid State Drive (SSD). Bei der Vorbereitung zur Wiederverwendung stehen Tests von Hardware-Komponenten und gegebenenfalls der Austausch von austauschbaren Komponenten im Vordergrund, wobei einzelne Bauteile unterschiedliche Lebensdauern aufweisen. Darüber hinaus wird der Energieverbrauch für eine Aktualisierung von Betriebssystem und Software berücksichtigt.

3.1 Datenlage

Die Datenbasis für Laptops (Tabelle 7) liegt hauptsächlich in der Studie Prakash et al. (2016) und in den hierin erwähnten Studien. Insbesondere werden Details zu Treibhausgas(THG)-Emissionen bezüglich unterschiedlicher Hardware-Komponenten genannt, die im betrachteten Laptop verbaut sind, zum Beispiel die CPU (central processing unit) und unbestückte Leiterplatten. Darüber hinaus testet die „Sensitivitätsanalyse 2“ in Prakash et al. (2016) explizit die Verlängerung der Nutzungsdauer von Laptops von 3 auf 6 Jahre.

Weitere Quellen unterschiedlicher Laptop-Hersteller zeigt Tabelle 8. Die darin angegebenen THG-Emissionen liegen für die Herstellung der SSD-Festplatte in ähnlicher Höhe wie der in Prakash et al. (2016) verwendete Wert (nach Seagate 2011). Die THG-Emissionen für die Herstellung von Laptops weichen dagegen deutlicher ab und liegen sowohl höher als auch niedriger. Die THG-Emissionen für die Distribution von Laptops liegen um den Faktor 20 bis 30 höher (vermutlich Luftfracht statt Seeweg). Aus Konsistenzgründen wurden für die hier durchgeführten Berechnungen die Daten und Informationen nach Prakash et al. (2016) verwendet bzw. die darin zitierten Datenquellen, die ebenfalls eingesehen wurden.

Tabelle 7: Datenquellen für die Bilanzierung der Herstellung eines Laptops und einzelner Komponenten³

Quelle	verwendete Informationen
Prakash et al. (2016) (Projekt „Öko-APC“)	THG-Emissionen aus der Herstellung und Distribution eines Laptops und einzelner Komponenten als Ersatzteile: <ul style="list-style-type: none"> - Herstellung Laptop mit SSD-Festplatte: 286,8 kg CO₂-Äq davon SSD: 65,6 kg CO₂-Äq*; Akku: 5,5 kg CO₂-Äq - Distribution Laptop: 1,4 kg CO₂-Äq (Seeweg China) - Distribution einzelne SSD, 8.877 km (Luftfracht China) daraus errechnet: 1,6 kg CO₂-Äq je SSD
Seagate (2011)*	THG-Emissionen aus Herstellung einer SSD-Festplatte: <ul style="list-style-type: none"> - Herstellung SSD: 65,6 kg CO₂-Äq
Clemm (2016)	THG-Emissionen Lithium-Akkus für Notebooks: <ul style="list-style-type: none"> - Herstellung Akku (55 Wh): 6,0 kg CO₂-Äq - Distribution einzelner Akku: 0,1 kg CO₂-Äq

*In Prakash et al. (2016) verwendeter Wert aus Seagate (2011) für die Herstellung einer SSD-Festplatte

Tabelle 8: Links zu Product Carbon Footprints von Laptops

HP EliteBook 840 G5	https://h22235.www2.hp.com/hpinfo/globalcitizenship/environment/productdata/Countries/MultiCountry/productcarbonfootprint_notebo_2018221225736465.pdf <ul style="list-style-type: none"> - Herstellung SSD: 55,6 kg CO₂-Äq
Lenovo ThinkPad P51	https://www.lenovo.com/medias/PCF-ThinkPad-P51.pdf?context=bWFzdGVyfHJvb3R8NDI4MzU3fGFwcGxpY2F0aW9uL3BkZnxoNzEvaDhiLzk0ODYxMDg1OTAxMTAucGRmfDE0MDk4YTlyNjVjNTVmNmM0NzEyN2I1MGU3NjQ1MThjZWNiYWE0NzQ2MzA1MDgwNWZjMDRjY2FINWYwNjM4MjI <ul style="list-style-type: none"> - Herstellung Laptop: 637 kg CO₂-Äq - Distribution Laptop: 29,4 kg CO₂-Äq
A Typical Business Laptop From Dell	https://i.dell.com/sites/content/corporate/corp-comm/en/Documents/dell-laptop-carbon-footprint-whitepaper.pdf <ul style="list-style-type: none"> - Herstellung Laptop: ca. 160 kg CO₂-Äq - Distribution Laptop: ca. 40 kg CO₂-Äq

Internetquellen: Zugriff 10.4.2019

³ In den verfügbaren Studien werden nur die THG-Emissionen betrachtet, die entsprechend hier nur abgebildet werden können. Bei Lithium-Akkus und Elektronik-Bauteilen insgesamt sind jedoch auch weitere Umweltwirkungen der Gewinnung von z.B. seltenen Erden relevante Aspekte.

3.2 Systemraum

3.2.1 Vorbereitung zur Wiederverwendung

Die Vorbereitung zur Wiederverwendung eines Laptops umfasst vor allem Maßnahmen zur Wiederherstellung der Nutzbarkeit des Gerätes. Dazu zählt bei Bedarf der Austausch von Komponenten. In der „Sensitivitätsanalyse 2“ in Prakash et al. (2016) wird die Verlängerung der Nutzungsdauer von 3 auf 6 Jahre durch einen Austausch von Akku und Festplatte (Wechsel von Hard Disk Drive (HDD) nach SSD) sowie einer Aufrüstung des Arbeitsspeichers von 4 GByte auf 8 GByte erreicht. Für den privaten Gebrauch im Rahmen der Zweitnutzung, der hier betrachtet wird, ist die Aufrüstung des Arbeitsspeichers für das Betriebssystem Windows 10 i.d.R. nicht notwendig. Ebenso wird der Austausch der Festplatte nur dann notwendig, wenn die Festplatte defekt ist oder der Laptop durch den Austausch einer älteren HDD- gegen eine SSD-Festplatte technisch aufrüstet werden soll. Ein Laptop mit bereits verbauter SSD-Festplatte bedarf keiner Aufrüstung, wenn diese – was anzunehmen ist – noch funktionsfähig ist.

Für die Bilanzierung wird in Anlehnung an Prakash et al. (2016) ein Austausch des Akkus berücksichtigt. Für die Festplatte werden zwei Varianten betrachtet: a) es handelt sich um eine SSD-Platte, die nicht ausgetauscht werden muss und b) es handelt sich um eine ältere HDD-Platte, die durch eine SSD ersetzt wird. Entgegen den Annahmen in Prakash et al. (2016) wird davon ausgegangen, dass keine Aufrüstung bzgl. des Arbeitsspeichers als Vorbereitung zur Wiederverwendung erfolgt, auch wenn dies für Sonderanwendungen (Spiele) gegebenenfalls vom Nutzenden in der Praxis durchgeführt wird.

Neben dem Austausch von Komponenten ist der Stromverbrauch für Tests, Installationen und Updates bei der Vorbereitung zur Wiederverwendung zu berücksichtigen. Für den Gesamtstrombedarf relevant ist, inwiefern die Updates und Installationen in Verbindung mit einem Server über das Internet stattfinden. Die dabei anfallenden THG-Emissionen beruhen vor allem auf dem Kühlbedarf großer Server im Ausland (z.B. in den USA). Sie werden hier pauschal mit 0,2 g CO₂-Äq pro Sekunde für den Serverbetrieb abgeschätzt (siehe auch Tabelle 9). Diese Emissionen entstehen für die Installation von Treibern und Updates des installierten Betriebssystems, welche online gesucht und heruntergeladen werden müssen. Zu einem geringeren Teil besteht zudem ein Strombedarf vor Ort, der mit dem Emissionsfaktor für den deutschen Strommix bewertet wird. Für die untersuchte Fallvariante, dass das gebrauchte Laptop bereits eine SSD-Festplatte enthält, die nicht ausgetauscht werden muss, wird ebenfalls angenommen, dass diese vor der Weiternutzung gelöscht und geprüft wird (wobei diese Festplatte der Annahme entsprechend funktionsfähig ist) und neu mit Betriebssystem, Treibern und Windows Updates bespielt wird.

Transporte der von privat abgegebenen Laptops zum Gebrauchtwarenkaufhaus werden aufgrund des geringen Packmaßes vernachlässigt. Die Lagerung und Aufstellung im Gebrauchtwarenkaufhaus stellen ebenfalls einen vernachlässigbar geringen Aufwand gegenüber der technischen Vorbereitung des Gerätes dar und werden nicht betrachtet. Die Fahrtwege von Privatpersonen zum Gebrauchtwarenkaufhaus werden nicht betrachtet, da diese auch bei einem Neukauf anfallen würden.

3.2.2 Neuherstellung

Für die Herstellungslasten eines Laptops mit SSD-Festplatte wurden die in Tabelle 7 aufgeführten Werte nach Prakash et al. (2016) verwendet (286,8 kg CO₂-Äq). Für eine einzelne SSD-Festplatte wird der Wert nach Seagate (2011) verwendet, der auch in Prakash et al. (2016) angegeben ist. Die Herstellungslasten der betrachteten Akkus sind aus Clemm (2016) entnommen. Die Ersatz-SSD und der Ersatz-Akku können ihrer Lebensdauer entsprechend getrennt voneinander betrachtet werden. Für sämtliche andere Laptop-Komponenten wird angenommen, dass ihre Lebens- und Nutzungsdauer den betrachteten Zeitraum übersteigt, so dass sie nicht ausgetauscht werden müssen. Die THG-Emissionen für den Transport eines Laptops sind ebenfalls aus Prakash et al. (2016) übernommen (1,4 kg CO₂-Äq, Seeweg aus China) ebenso wie der Transportweg der Ersatz-SSD (Luftfracht China). Für letztere wurden die THG-Emissionen über das Produktgewicht (160 g⁴) berechnet. Die Transportaufwendung des Ersatz-Akkus ist aus Clemm (2016) übernommen.

Zur Neuherstellung eines Laptops sind weiterhin diejenigen Aufwendungen berücksichtigt, die nach der Installation eines Betriebssystems auch an neuen Geräten durchgeführt werden. Für die Installation von Treibern und die Updates des Betriebssystems fallen Lasten von etwa 2 kg CO₂-Äq je Laptop an. Der Wert basiert auf ifeu internen Erfahrungen und ist hauptsächlich durch die Nutzung von Servern während dieser Zeit von etwa 2-3 Stunden bedingt (Tabelle 9). Maßnahmen, die ohne Server-Verbindung durchgeführt werden, wie die Installation des Betriebssystems selbst, werden für die Neuherstellung wegen ihres geringen Anteils (unter 0,1 kg CO₂-Äq) vernachlässigt.

3.2.3 Lebensdauererlängerung

Die Annahmen zu Lebensdauern spielen eine zentrale Rolle bei der Beurteilung der möglichen Einsparungen. Sie basieren auf Angaben aus Prakash et al. (2016) und Herstellerangaben (Datenblätter) für SSD-Festplatten, zum Beispiel von Samsung und Crucial. Das durchschnittliche Alter von zur Wiederverwendung abgegebenen Laptops ist in Anlehnung an Prakash et al. (2016) mit 3 Jahren angenommen. 3 Jahre entspricht der mit dem IT-Ratsbeschluss 2013/07⁵ reduzierten empfohlenen Mindestnutzungsdauer für Behörden⁶ und auch dem Abschreibungszeitraum in Firmen. Wobei letzteres i.d.R. nicht zum Austausch von Laptops führt. Business-Geräte werden i.d.R. 4-6 Jahre genutzt und danach nochmals 4-6 Jahre weiterverwendet (Ebelt 2019). In dieser Studie wird – ebenfalls in Anlehnung an Prakash et al. (2016) – die Gesamtlebensdauer mit 6 Jahren angesetzt.

Bei stromverbrauchenden Geräten kann die Lebensdauererlängerung dazu führen, dass effizientere Geräte nicht in den Markt kommen. In diesem Fall wäre zu prüfen, inwiefern die Wiederverwendung gegenüber dem direkten Recycling vorteilhaft bleibt (vgl. Kap. 1.2). Dieser Aspekt ist für Laptops allerdings nicht relevant. In Prakash und

⁴ <https://www.seagate.com/files/www-content/product-content/pulsar-fam/pulsar/pulsar-2/en-us/docs/100666271c.pdf> (Zugriff 12.7.2019)

⁵ http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Bundesbeauftragter-fuer-Informationstechnik/-IT-Rat-Beschluesse/beschluss_07_2013_download.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff 12.7.2019)

⁶ Für mobile Geräte wird die empfohlene Mindestnutzungsdauer auf 3 Jahre (statt früher 5 Jahre) reduziert. Prakash et al. (2016), Prakash und Köhn (2016) und Grüne Beschaffung (2016) kritisieren diese Verkürzung und empfehlen stattdessen eine Nutzungsdauer von 6 Jahren für Notebooks.

Köhn (2016) wird auf eine entsprechende Untersuchung hingewiesen mit folgendem als verblüffend bezeichneten Ergebnis: „Wenn das neue Notebook etwa 10 % weniger Energie in der Nutzung braucht als das alte Gerät, müsste man es über 80 Jahre lang nutzen, bis man den Aufwand für die Herstellung durch die Einsparung in der Nutzung aufgewogen hat“.

3.2.4 Parameter und Annahmen

Tabelle 9 zeigt die Annahmen zu den hier verwendeten Lebensdauern von Komponenten sowie zu relevanten Energiebedarfen der Maßnahmen zur Wiederverwendung.

Tabelle 9: Verwendete Werte zur Abschätzung für die Vorbereitung zur Wiederverwendung eines Laptops

Lebensdauern und Nutzungsdauern	Annahmen/Rechenwerte	Quelle
Gesamtlebensdauer des Laptops (bei Austausch von Komponenten wenn notwendig)	6 Jahre	Nach Prakash et al. (2016)
Lebensdauer Akku	3 Jahre	Nach Prakash et al. (2016)
Lebensdauer SSD	6 Jahre	Nach Herstellergarantien Samsung / Crucial: 5 Jahre
Weitere Parameter		
Aufwand der Maßnahmen Test und Installation Betriebssystem bzw. Netzstromversorgung (Strombedarf Deutschland)	50 % Leerlauf (9,7 W), 50 % Maximallast (42,5 W) Emissionsfaktor Strommix DE 0,59 kg CO ₂ -Äq/kWh	durchschnittliche Werte ifeu intern ifeu Datenbank
- Bios Update, Hardwarespezifika auslesen	2 min -> 0,001 kg CO ₂ -Äq	Zeit Ebelt (2019)
- Festplatte löschen	2 h -> 0,03 kg CO ₂ -Äq	Zeit ifeu intern ¹
- Festplattenfunktion nach Löschen testen	1 h -> 0,02 kg CO ₂ -Äq	Zeit ifeu intern ²
- Installation Betriebssystem (Win10)	1 h -> 0,02 kg CO ₂ -Äq	Zeit ifeu intern, Ebelt (2019)
Netzstromversorgung für:		
- Treibersuche für Win10	30 min -> 0,01 kg CO ₂ -Äq	Zeiten Ebelt (2019) ³
- Updates Win10	60 min -> 0,02 kg CO ₂ -Äq	
Aufwand der Maßnahmen Installation Treiber und Updates (Internet-Serververbindung)	Internetserverbetrieb: 0,2 g CO ₂ -Äq/s	https://www.custommade.com/blog/carbon-footprint-of-internet/ (Zugriff 10.4.19)
- Treibersuche für Win10	30 min -> 0,36 kg CO ₂ -Äq	Zeiten wie oben
- Updates Win10	60 min -> 0,72 kg CO ₂ -Äq	

1) Zeit abhängig von Festplattengröße, kann zwischen 2-16 Stunden dauern, ab 2 TB und größer (Ebelt 2019)

2) ifeu intern standardmäßiger Vorgang, i.d.Pr. eher nur, wenn Fehler auf der Festplatte vermutet wird

3) Win10 bringt die allermeisten Treiber schon mit, die Dauer liegt in der Praxis bei maximal 1 Stunde; Funktionsupdates für Win10 können bis zu 90 Minuten in Anspruch nehmen, 60 Minuten entspricht mittlerem Wert

In Summe ergeben sich die THG-Belastungen für die Internet-Serververbindung zu rund 1 kg CO₂-Äq und die für die Arbeiten ohne Internet-Serververbindung zu etwa 0,1 kg CO₂-Äq. Der für die Berechnung für die Internet-Serververbindung verwendete THG-Emissionswert von 0,2 g CO₂ Äq/s stimmt grob mit einem in Mayers et al. (2014) angegebenen Wert von 3,13 kg CO₂-Äq/GB Download überein. Für den hier berechne-

ten Fall sind etwa 0,5 GB Download notwendig, so dass sich mit dem Wert nach Mayers et al. (2014) etwa 1,6 kg CO₂-Äq ergeben würden.

3.3 Ergebnisse

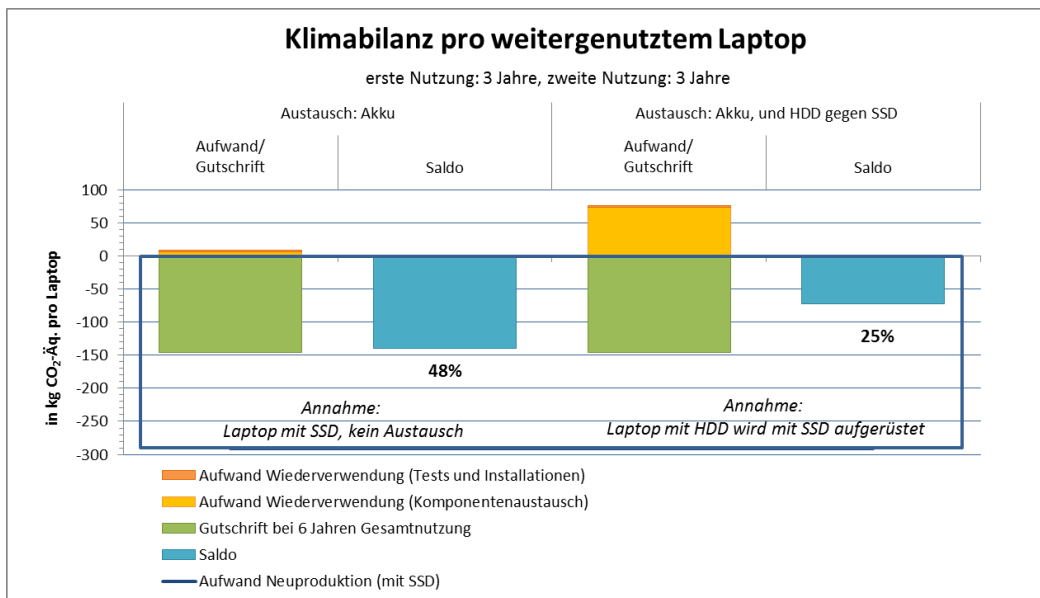
3.3.1 Ergebnisse pro Laptop

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Klimagasbilanz für zwei Varianten der Laptop-Weiternutzung beschrieben. Die vorliegenden Studien bieten nicht genügend Informationen zu anderen Wirkungskategorien oder Materialbedarfen, so dass weitere Umweltwirkungen nicht betrachtet werden können.

Klimagasbilanz

Die Ergebnisse der Klimagasbilanz sind in Abbildung 3 dargestellt. Die Gutschriften aus der Herstellung basieren auf der Einsparung von Emissionen, die durch die vermiedene Neuproduktion und Distribution eines neuen Laptops ermöglicht werden. Arbeitsspeicher und Mainboard verursachen je etwa 30 % der Herstellungsemissionen. 23 % der Emissionen entfallen auf die SSD-Festplatte. Der Akku fällt mit lediglich 2 % der klimarelevanten Emissionen der Laptopherstellung kaum ins Gewicht. Die Distribution des Laptops (Seeweg aus China) stellt 0,5 % der Gesamtlasten aus Herstellung und Distribution dar. Bei einer Lebensdauererlängerung von 3 auf 6 Jahre können insgesamt -145 kg CO₂-Äq als Gutschrift angerechnet werden.

Abbildung 3: Klimagasbilanz für die Wiederverwendung zweier unterschiedlicher Laptops



Die möglichen Netto-Einsparungen (Saldo) aus der Weiternutzung eines Laptops sind besonders hoch, wenn Bauteile mit hohem Beitrag zu den Herstellungslasten weitergenutzt werden können. In dem Fall, dass die vorhandene Festplatte weitergenutzt werden kann, liegt die Netto-Einsparung bei einer Verdoppelung der Nutzungsdauer bei 48 % der Herstellungslasten des Laptops (-139 kg CO₂-Äq). Der Aufwand zur Wie-

derverwendung ist mit 6 kg CO₂-Äq für einen neuen Akku und rd. 1 kg CO₂-Äq für Tests und Installationen vergleichsweise gering. Diese Variante, die eine Weiternutzung der Festplatte annimmt, wird als realistischer Fall angesehen (Ebelt 2019).

Bei der Variante mit älterer HDD-Platte, die den Einbau einer neuen SSD-Festplatte zusätzlich zum Austausch des Akkus beinhaltet, liegt die Netto-Einsparung noch immer bei 25 % der Herstellungslasten des Laptops oder 72 kg CO₂-Äq. Die Aufwendungen zur Weiternutzung sind mit einem Herstellungsaufwand von insgesamt 73 kg CO₂-Äq (SSD 66 kg CO₂-Äq, Lufttransport 2 kg CO₂-Äq, Rest Akku und Update) eher hoch. Dennoch ist die Gutschrift für die vermiedene Neuherstellung (-145 kg CO₂-Äq) etwa doppelt so hoch wie die THG-Emissionen durch die Vorbereitung zur Wiederverwendung.

3.3.2 Hochrechnung

Basierend auf den in Kapitel 1.3 ermittelten Potenzialen für die Wiederverwendung von Laptops in Berlin (Tabelle 1) lässt sich das Klimagas-Einsparpotenzial pro Laptop auf eine mögliche Gesamteinsparung für den ungenutzten Bestand in Haushalten und eine mögliche jährliche Einsparung für Berlin hochrechnen.

Hinsichtlich der ermittelten spezifischen THG-Einsparpotenziale ist zu berücksichtigen, dass diese in Anlehnung an Prakash et al. (2016) für eine Lebensdauererlängerung von 3 auf 6 Jahre ermittelt wurden, was auch für den ausschließlich privaten Nutzungsbereich eine konservative Annahme darstellt⁷.

In Tabelle 10 und Tabelle 11 sind jeweils die Hochrechnungsergebnisse für die beiden betrachteten Varianten gezeigt: für Laptops, deren SSD-Festplatte weitergenutzt wird und für Laptops, die durch den Einbau einer SSD-Festplatte zum Austausch einer HDD aufgerüstet werden. Ein Austausch des Akkus ist in beiden Fällen berücksichtigt. Je nach Anteilen dieser Varianten an den tatsächlich weitergenutzten Laptops liegt das hochgerechnete Netto-Einsparpotenzial im Bereich von etwa -14.000 und -28.000 Tonnen CO₂-Äq pro Jahr. Für den ungenutzten Bestand in Berliner Haushalten liegt das jeweils hochgerechnete Gesamtnettoeinsparpotenzial im Bereich von etwa -49.000 bzw. -94.000 Tonnen CO₂-Äq. Ebenfalls in den Tabellen mit aufgeführt sind die Werte des mit 20 % eingeschätzten Unsicherheitsbereichs.

Tabelle 10: Jährliches Einsparpotenzial aus der Hochrechnung für die Weiternutzung von Laptops in Berlin für zwei unterschiedliche Laptop-Varianten mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite

Weiternutzung mit Austausch von:	Einheit	Untere Bandbreite	Jährliches Netto Einsparpotenzial	Obere Bandbreite
Akku	Mg CO ₂ -Äq	-22.207	-27.759	-33.311
Akku und SSD	Mg CO ₂ -Äq	-11.449	-14.311	-17.173

⁷ Private Laptops werden nach Expertenerfahrung (Ebelt 2019) insgesamt bis zu 8 Jahre genutzt, Businessgeräte insgesamt bis zu 12 Jahre (letzte meist mit privater Zweitnutzung).

Tabelle 11: Hochrechnung des Gesamteinsparpotenzials durch den ungenutzten Bestand für die Weiternutzung von Laptops in Berlin für zwei unterschiedliche Laptop-Varianten mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite

Weiternutzung mit Austausch von:	Einheit	Untere Bandbreite	Gesamteinsparpotenzial ungenutzter Bestand netto	Obere Bandbreite
Akku	Mg CO ₂ -Äq	-75.505	-94.381	-113.257
Akku und SSD	Mg CO ₂ -Äq	-38.926	-48.657	-58.388

4 Schuhe

Für die Vorbereitung zur Wiederverwendung von Schuhen wird für ausgewählte Schuhtypen eine Screening-Ökobilanz erstellt. Das errechnete Entlastungspotenzial aus der Vermeidung einer Neuproduktion wird dem Aufwand für die Wiederverwendung gegenübergestellt. Neben den klimawirksamen Umweltwirkungen werden für Schuhe die versauernd wirkenden Luftschadstoffe NO_x und NH₃ betrachtet. Deren Umweltwirkungen sind als Versauerungspotenzial (Beitrag zum sauren Regen) zusammen mit SO₂-Emissionen in der Einheit SO₂-Äquivalente dargestellt.

Das Vorgehen der Bilanzierung umfasst die Auswahl der repräsentativen Schuhtypen und die Erfassung der damit verbundenen Herstellungsaufwendungen. Die ermittelten Herstellungsaufwendungen bestimmen neben der anzunehmenden Lebensdauer des Schuhpaares maßgeblich die möglichen ökologischen Vorteile durch eine Lebensdauererweiterung.

4.1 Datenlage und Auswahl der Schuhkategorie

Aufgrund der Vielzahl möglicher Schuhtypen und Materialien wurden eine beispielhafte Materialkategorie und hierin drei Schuhtypen ausgewählt.

Die vorliegenden Studien geben an, dass Lederschuhe vergleichsweise hohe Umweltlasten gegenüber Schuhen aus Textil oder Kunststoffmaterial mit sich bringen (Albers 2008, Gottfridsson und Zhang 2015). Daher wird eine Weiterverwendung für Lederschuhe als ökologisch besonders sinnvoll angesehen. Drei Schuhtypen aus unterschiedlichen Quellen werden ausgewählt, um die Bandbreite der Einsparungspotenziale aufzuzeigen. Die folgende Tabelle nennt die betrachteten Schuhtypen und die verwendeten Quellen.

Tabelle 12: Datenquellen für die Bilanzierung der Herstellung von Schuhen

Quelle	verwendete Informationen
AKU (2018)	EPD für ein Paar hochwertige Leder Trekking-Schuhe „Bellamont Plus“ der Firma AKU
Albers (2008)	Umweltwirkungen für ein Paar leichte Leder Sneaker
Gottfridsson und Zhang (2015)	Umweltwirkungen für ein Paar Schuhe aus der Kategorie „Lederschuhe“

4.2 Systemraum

4.2.1 Vorbereitung zur Wiederverwendung

Als relevantester Abschnitt der Vorbereitung zur Wiederverwendung von Schuhen wird die Ausstellung im Gebrauchtwarenkaufhaus angesehen. Für den Verkauf eines Schuhpaares wurde pauschal ein Vierteljahr Ausstellungszeit im Gebrauchtwarenkaufhaus angenommen. Dies entspricht einer konservativen Annahme, welche die reale Ausstellungszeit sehr wahrscheinlich übersteigt. Die klimarelevanten Aufwendungen, die durch die Bereitstellung der Verkaufsflächen entstehen (Energiebedarf) wurden basierend auf Angaben bestehender Gebrauchtwarenkaufhäuser berücksichtigt. Es wurde ein Schuhregal mit drei Etagen und einem Meter Durchgang vor dem Regal angenommen. Die Vorbereitung zur Wiederverwendung erfordert in der Regel keine weiteren Maßnahmen (Reparatur, Reinigung), da angenommen wird, dass die für eine Weiterverwendung ausgewählten Schuhe in einem guten Zustand sind.

4.2.2 Neuherstellung

Für die Herstellung der betrachteten Schuhe wurden Ökobilanzergebnisse aus den genannten Quellen für die drei Schuhtypen verwendet. Grundsätzlich enthalten die ausgewählten Schuhe Leder, so dass das Ergebnis der Ökobilanz zentral von der Allokation der Lasten aus der Tierproduktion (Rind) auf die unterschiedlichen tierischen Produkte Fleisch, Milch und Leder abhängt. In Gottfridsson und Zhang (2015) wird erwähnt, dass 3 % der Umweltlasten der Rinderproduktion dem Rohleder zugeschrieben wird, was einer Allokation nach der Masse der tierischen Produkte entspricht. Bei Gottfridsson und Zhang (2015) entspricht diese Annahme einer Emission von 26,0 kg CO₂-Äq pro kg Leder. Albers (2008) gibt keine Information über die Allokationsmethode der tierischen Produkte, nennt jedoch einen Emissionsfaktor von 56,5 kg CO₂-Äq pro kg Leder aus den USA. In AKU (2018) wird kein separater Emissionsfaktor angegeben. In der Ergebnisdarstellung des Lederanteils wird daher als Abschätzung für die orientierende Bilanzierung der arithmetische Mittelwert aus den vorliegenden Werten verwendet (41,3 kg CO₂-Äq pro kg Leder).

4.2.3 Lebensdauerverlängerung

Die betrachteten Schuhe verbringen einen gewissen Anteil ihrer Lebensdauer in der ersten Nutzung, um daraufhin eine Nutzungsverlängerung zu erfahren. Insgesamt wird angenommen, dass durch die Weiternutzung die gesamte Lebensdauer der Schuhe ausgeschöpft werden kann. Die Lebensdauer wird in Jahren durchschnittlicher Nutzung angenommen (d.h. „regelmäßiges“ Tragen der Schuhe). Die Annahme der ausschöpfbaren Gesamtlebensdauer spielt eine zentrale Rolle bei der Beurteilung der möglichen Einsparungen. Sie basiert auf Angaben aus unterschiedlichen Quellen mit Lebensdauern zwischen 3,5 Jahren für Trekkingschuhe (AKU 2018) und 5 bis 15 Jahren⁸ bzw. 15 bis 20 Jahren⁹ (jeweils hochwertige Lederschuhe, mit Reparaturen). Ba-

⁸ <https://www.mercurynews.com/2011/03/11/shoe-lifespan-how-to-tell-its-time-to-throw-out-your-shoes/> Zugriff 10.4.19

⁹ <http://www.shoepassion.de/schuhwissen/haltbarkeit> Zugriff 10.4.19

sierend auf den vorliegenden Informationen wurde die Gesamtlebensdauer für die betrachteten Schuhtypen ohne nennenswerte Reparaturen mit 5 Jahren durchschnittlicher Nutzung abgeschätzt.

Durch die Wiederverwendung wird der Anteil der verlängerten Lebensdauer am Herstellungsaufwand eingespart. Bei einer Erstnutzung von 2 Jahren mit einer Nutzungsverlängerung von 3 Jahren entspräche dies $3/5 = 60\%$ des Herstellungsaufwandes. Diese Einsparung kann als Gutschrift für die Schuhe betrachtet werden.

Das durchschnittliche Alter zur Wiederverwendung abgegebener Schuhe konnte nicht aus Erfahrungswerten abgeschätzt werden, da entsprechende Daten nicht verfügbar waren. Daher werden je drei unterschiedliche Alter für die wiederverwendeten Schuhpaare angenommen und nebeneinander ausgewertet.

4.2.4 Parameter und Annahmen

Für die Kategorie der Lederschuhe werden drei unterschiedliche Schuhtypen betrachtet, die sich in Gewicht und Nutzung unterscheiden. Die Schuhe werden in Tabelle 13 gemeinsam mit den wichtigsten Annahmen beschrieben.

Tabelle 13: Annahmen zur Abschätzung für die Wiederverwendung eines Paares Schuhe

Lebensdauern und Nutzungsdauern	Annahme	Quelle
Gesamtlebensdauer des Schuhpaares	5 Jahre	Abschätzung nach AKU (2018) und Internet-Recherche
Erstnutzung / Alter der Schuhe zur Wiederverwendung	1 Jahr, 2 Jahre, 3 Jahre	Abschätzung, Sensitivitäten
Weitere Parameter		
Exemplarisches Schuhpaar, Leder Trekkingschuh	Gewicht (Paar) 960 g (272 g Leder)	AKU (2018)
Exemplarisches Schuhpaar, Lederschuh	Gewicht (Paar) 800 g (311g Leder)	Gottfridsson und Zhang (2015)
Exemplarisches Schuhpaar, Leder Sneaker	Gewicht (Paar) 396 g (120 g Leder)	Albers (2008)
Zeitraum von der Aufstellung bis zum Verkauf	3 Monate	Schätzung
Benötigte Fläche im Gebrauchtwarenkaufhaus (mit Strom- und Wärmeverbrauch)	30 cm Regal, 3 Böden, + 1 m Gangbreite	Schätzung
Strom- und Wärmeverbrauch im Gebrauchtwarenkaufhaus je m ² und Jahr	38 kWh/m ² *a (Strom) 89 kWh/m ² *a (Wärme)	Sozialkaufhaus Berlin

Um zu veranschaulichen, welchen Einfluss der bereits verstrichene Anteil der Gesamtlebensdauer hat, werden drei Alter für die Schuhe zur Wiederverwendung nebeneinander dargestellt: Verkauf nach einer Erstnutzung von 1 Jahr, 2 Jahren und 3 Jahren. Die Zeitspanne für die zweite Nutzung ergibt sich aus der Differenz zur Gesamtlebensdauer. Die einmaligen Aufwendungen, die für die Wiederverwendung anfallen, be-

stimmen gemeinsam mit der durch die Wiederverwendung eingesparten Herstellungslast die Netto-Einsparung.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Ergebnisse pro Paar Schuhe

Klimagasbilanz

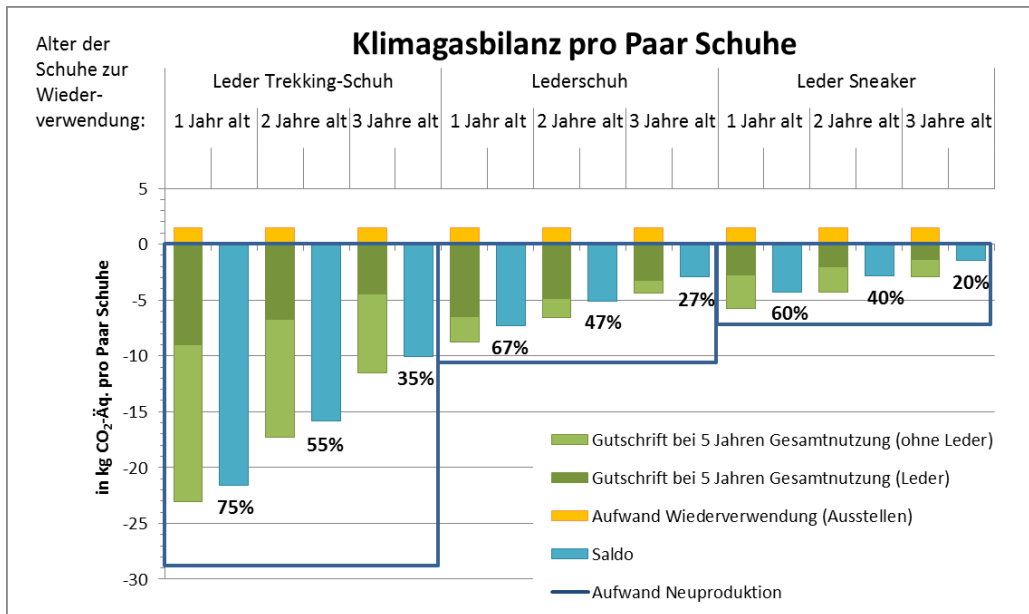
Bezogen auf je 1 kg Material für die Schuhherstellung hat Leder signifikant höhere THG-Emissionen als andere verwendete Materialien. In den Ergebnissen der betrachteten Schuhe in Abbildung 4 ist die Gutschrift aus dem Lederanteil daher separat dargestellt. Die Emissionen liegen bei 56,5 kg CO₂-Äq pro 1 kg Leder (USA) laut Albers (2008) und 26,0 kg CO₂-Äq pro 1 kg Leder laut Gottfridsson und Zhang (2015). Innerhalb des Ergebnisses für Lederschuhe bei Gottfridsson und Zhang (2015) nimmt die Bereitstellung des Leders einen besonders hohen Anteil am Herstellungsaufwand ein, da hier mit 39 % des Materialgewichtes vergleichsweise viel Leder im Schuh enthalten ist (siehe auch Tabelle 13).

Die möglichen Netto-Einsparungen aus der Weiternutzung von Lederschuhen sind besonders hoch bei schweren Schuhen bzw. bei Schuhen mit hohem Lederanteil. Beim betrachteten Trekkingschuh, der lediglich 1 Jahr alt ist, können 75 % der THG-Emissionen aus der Neuproduktion oder knapp -22 kg CO₂-Äq eingespart werden, wenn die weitere Nutzung 4 Jahre beträgt (ganz links in Abbildung 4).

Ein stärker abgenutztes und zudem leichtes Paar Schuhe bietet ein geringeres Einsparpotenzial. Beim Weiterverkauf eines bereits 3 Jahre alten Paares Schuhe, wie es in Abbildung 4 ganz rechts dargestellt ist (Sneaker), ergeben sich Einsparungen in Höhe von noch etwa 20 % der Neuproduktion oder -1,4 kg CO₂-Äq.

Die Vorbereitung zur Wiederverwendung, also das Ausstellen der Schuhe im Gebrauchtwarenkaufhaus wird je Paar Schuhe mit etwa 1,5 kg CO₂-Äq angerechnet.

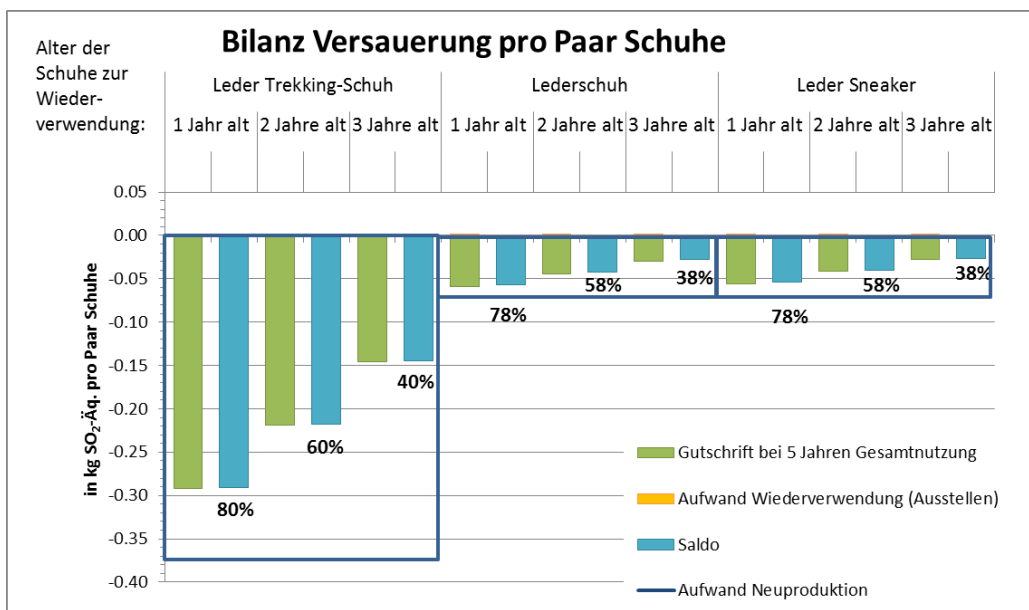
Abbildung 4: Klimagasbilanz für drei unterschiedliche Schuhtypen und drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern



Versauerung

Neben der potenziellen Klimawirkung wird in den betrachteten Studien die Umweltwirkung des Versauerungspotenzials untersucht. Beiträge zu dieser Wirkungskategorie stammen aus Emissionen von Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxiden (NO_x) und Ammoniak (NH₃). Die Kategorie Versauerung zeigt speziell für die Herstellung des Trekkingschuhs hohe Belastungen. Die anderen Schuhtypen zeigen nahezu identische Ergebnisse. Die Emissionen aus dem Strom- und Wärmebedarf sind verschwindend gering gegenüber den Emissionen aus der Schuhproduktion. Entsprechend wird das Netto-Ergebnis fast ausschließlich von der Lebensdauererlängerung bestimmt.

Abbildung 5: Versauerungspotenzial für drei unterschiedliche Schuhtypen und drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern



4.3.2 Hochrechnung

Basierend auf dem in Kapitel 1.3 ermittelten Potenzialen für die Wiederverwendung von Lederschuhen in Berlin (Tabelle 1) lässt sich das Einsparpotenzial pro Paar Schuhe auf eine mögliche Gesamteinsparung für den ungenutzten Bestand in Haushalten und eine mögliche jährliche Einsparung für Berlin hochrechnen.

Für die Hochrechnung wurde das Paar Lederschuhe aus Gottfridsson und Zhang (2015) als mittleres Beispiel ausgewählt (mittlerer Bereich in Abbildung 4). Dieser mittlere Lederschuh steht für eine Mischung aus diversen Modellen mit unterschiedlichen Lederanteilen, von Damenpumps bis zu schweren Treckingschuhen. Die Hochrechnungsergebnisse sind in Tabelle 14 und Tabelle 15 dargestellt. Je nach Alter der abgegebenen Lederschuhe ergibt sich ein hochgerechnetes Netto-Einsparpotenzial im Bereich von rund -1.200 Tonnen CO₂-Äq bis etwa -2.900 Tonnen CO₂-Äq pro Jahr. Für den ungenutzten Bestand in Berliner Haushalten liegt das jeweils hochgerechnete Gesamtnettoeinsparpotenzial im Bereich von etwa -6.000 bis etwa -14.700 Tonnen CO₂-Äq. Ebenfalls in den Tabellen mit aufgeführt sind die Werte des mit 20 % eingeschätzten Unsicherheitsbereichs.

Tabelle 14: Jährliches Einsparpotenzial aus der Hochrechnung für die Weiternutzung von Lederschuhen in Berlin für drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite

Alter der Lederschuhe zur Wiederverwendung	Einheit	Untere Bandbreite	Jährliches Netto Einsparpotenzial	Obere Bandbreite
1 Jahr	Mg CO ₂ -Äq	-2.350	-2.938	-3.526
2 Jahre	Mg CO ₂ -Äq	-1.645	-2.057	-2.468
3 Jahre	Mg CO ₂ -Äq	-940	-1.175	-1.411

Tabelle 15: Hochrechnung des Gesamteinsparpotenzials durch den ungenutzten Bestand für die Weiternutzung von Lederschuhen in Berlin für drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite

Alter der Lederschuhe zur Wiederverwendung	Einheit	Untere Bandbreite	Gesamteinsparpotenzial ungenutzter Bestand netto	Obere Bandbreite
1 Jahr	Mg CO ₂ -Äq	-11.752	-14.690	-17.628
2 Jahre	Mg CO ₂ -Äq	-8.227	-10.284	-12.340
3 Jahre	Mg CO ₂ -Äq	-4.702	-5.877	-7.053

5 Zusammenfassung und Empfehlungen

Einen Konsumgegenstand einer zweiten Nutzungsphase zuzuführen lohnt sich immer dann ökologisch, wenn der Aufwand zur Weiternutzung geringer ist als die Einsparung oder Gutschrift an Umweltlasten, die durch einen vermiedenen Neukauf und somit eine vermiedene Neuproduktion erreicht werden kann. Bei den drei vorliegenden orientierenden Bilanzierungen für Holzmöbel, Laptops und Lederschuhe wurde diese Voraussetzung in Bezug auf die Klimagasbilanz und einzelne weitere Kategorien für alle betrachteten Fällen erfüllt. Insgesamt ist die Vorbereitung zur Wiederverwendung dann besonders vorteilhaft, wenn es sich um gut erhaltene und möglichst langlebige Güter mit hohem Herstellungsaufwand handelt.

Holzmöbel

Bei neueren Holzmöbeln, die 33 % ihrer gesamten Lebensdauer erreicht haben, können Netto-Klimagaseinsparungen von knapp -10 bis etwa -70 kg CO₂-Äq pro Möbelstück erzielt werden (für ein 20 kg Regal und einen 110 kg Kleiderschrank), wenn durch eine Wiederverwendung die Ausschöpfung der Gesamtlebensdauer ermöglicht wird. Zusätzlich werden durch einen verminderten Bedarf an neuen Möbeln Holz und Forstflächen eingespart: bis zu gut 36 Quadratmetern Fläche (82,2 kg Holz, 20 % WG) bei einem 110 kg schweren Schrank.

Für die Hochrechnung des jährlichen und des derzeit ungenutzten Gesamtpotenzials in Berlin wurde abgeschätzt, dass jährlich etwa 267.000 Möbelstücke aus Haushalten in den Markt gebracht werden könnten und zudem insgesamt derzeit etwa vier Millionen Möbelstücke ungenutzt in den Haushalten gelagert werden. Für diese Potenzialmengen berechnet sich das Netto-Einsparpotenzial an Klimagasen für ein durchschnittliches Möbelstück mit 26,6 kg

1. zu rund -10 Mg CO₂-Äq/a bei einer Lebensdauerverlängerung von 33 % und etwa -3.000 Mg CO₂-Äq/a bei einer Lebensdauerverlängerung von 87 %,
2. für den ungenutzten Bestand insgesamt zu etwa -125 bis -44.500 Mg CO₂-Äq, ebenfalls bei einer Lebensdauerverlängerung von 33 % bzw. 87 %.

Die Unsicherheitsbandbreite dieser hochgerechneten Werte ist mit 20 % angenommen. Unsicherheiten bestehen vor allem bei den abgeschätzten Potenzialmengen. Darüber hinaus ist das Netto-Einsparpotenzial deutlich abhängig vom Gewicht der Möbelstücke und der erreichbaren Lebensdauerverlängerung. Ungeachtet dieser Unsicherheiten ist durch die Wiederverwendung grundsätzlich ein zusätzliches Einsparpotenzial gegeben, das durch weitere Anstrengungen zur Konsumentenaufklärung und zur Schaffung von Möglichkeiten für den Gebrauchtwarenhandel erschlossen werden sollte.

Es ist empfehlenswert, die für den Transport der Möbel verwendeten Fahrzeuge adäquat zu beladen und neuwertige Möbel mit einer längeren zweiten Nutzungsphase zu bevorzugen. Bei kleineren Möbelstücken können die Klimagasemissionen für Transporte in Berlin in einer ähnlichen Größenordnung liegen wie die Gutschriften der Wie-

derverwendung (um die 5 kg CO₂-Äq), so dass sich in diesem Fall kaum (oder keine) Netto-Klimagaseinsparungen ergeben.

Laptops

Bei der Verdopplung der Nutzungsdauer gebrauchter Laptops von 3 auf 6 Jahre können Netto-Klimagaseinsparungen von rund -70 bzw. rund -140 kg CO₂-Äq pro Laptop erreicht werden, je nachdem, ob zusätzlich zum Akkutauch ein Austausch der Festplatte vorgenommen wird oder nicht. Der Austausch von Komponenten (Akku und ggf. SSD-Festplatte) bestimmt hauptsächlich den Aufwand zur Wiederverwendung.

Für die Hochrechnung des jährlichen und des derzeit ungenutzten Gesamtpotenzials in Berlin wurde abgeschätzt, dass jährlich etwa 200.000 Laptops in den Markt gebracht werden könnten und zudem derzeit etwa 680.000 Laptops ungenutzt in den Haushalten gelagert werden. Für diese Potenzialmengen berechnet sich das Einsparpotenzial an Klimagasen

1. zu rund -14.000 Mg CO₂-Äq/a bei Austausch der Festplatte und rund -28.000 Mg CO₂-Äq/a ohne Austausch der Festplatte,
2. für den ungenutzten Bestand insgesamt zu rund -49.000 bzw. rund -94.000 Mg CO₂-Äq je nachdem ob die Festplatte ausgetauscht wird oder nicht.

Die Unsicherheitsbandbreite dieser hochgerechneten Werte ist mit 20 % angenommen. Unsicherheiten bestehen vor allem bei den abgeschätzten Potenzialmengen. Darüber hinaus ist das Einsparpotenzial deutlich abhängig davon, welche Komponenten ausgetauscht werden und zudem von der tatsächlich erreichbaren Lebensdauerverlängerung. Ungeachtet dessen besteht durch die Wiederverwendung von Laptops ein beachtliches Einsparpotenzial. Grundsätzlich ist zu empfehlen, Laptops möglichst lange zu nutzen oder sie für den Gebrauchtwarenmarkt abzugeben bzw. Gebrauchtware einzukaufen.

Eine Weiternutzung von Laptops ist auch bei notwendigem Austausch der Festplatte durchgängig empfehlenswert. Diejenigen Bauteile, die mit hoher Wahrscheinlichkeit länger als 3 Jahre nutzbar sind, bedingen mindestens die Hälfte der Herstellungsemissionen von Klimagasen. Darüber hinaus liegt die Amortisationszeit eines Laptops laut Prakash (2012) zwischen 6 und 13 Jahren, wenn das neue Gerät in der Nutzung 70 % energieeffizienter ist. Dies bedeutet, dass der alte Laptop selbst im Fall einer 70 %-igen Effizienzsteigerung zwischen 6 und 13 Jahre genutzt worden sein muss, damit sich der Treibhausgasaufwand der Herstellung, Distribution und Entsorgung des neuen Gerätes amortisiert. Bei einer geringeren (und realistischeren) Energieeffizienzsteigerung von 10 % steigt die Amortisationszeit auf 33 bis 89 Jahre. Der IT-Rat des Bundes empfiehlt aktuell für mobile IT-Geräte und damit auch Notebooks eine Mindestnutzungszeit von 3 Jahren. Dagegen wird unter anderem von Seiten des UBA eine deutliche Verlängerung der Nutzungszeiten von Computern inkl. Laptops auf mindestens 6 Jahre gefordert. (Prakash und Köhn 2016, Grüne Beschaffung 2016, Prakash et al. 2016)

Lederschuhe

Bei Schuhen aus oder mit Leder wurde für die Hochrechnung ein mittleres Paar Lederschuhe ausgewählt für das je nach Alter Netto-Klimagaseinsparungen von gut -3 bis etwa -7 kg CO₂-Äq pro Paar Schuhe erreicht werden können. Für die Hochrechnung des jährlichen und des derzeit ungenutzten Gesamtpotenzials in Berlin wurde abge-

schätzt, dass jährlich etwa 401.000 Paar Lederschuhe in den Markt gebracht werden könnten und zudem insgesamt derzeit etwa 2 Mio. Paar Lederschuhe ungenutzt in den Haushalten gelagert werden. Für diese Potenzialmengen berechnet sich das Einsparpotenzial an Klimagasen

1. zu etwa -1.200 Mg CO₂-Äq/a bei einer Lebensdauerverlängerung von 40 % und -2.900 Mg CO₂-Äq/a bei einer Lebensdauerverlängerung von 80 %,
2. für den ungenutzten Bestand insgesamt zu etwa -6.000 bis zu -14.700 Mg CO₂-Äq ebenfalls bei einer Lebensdauerverlängerung von 40 % bzw. 80 %.

Die Unsicherheitsbandbreite dieser hochgerechneten Werte ist mit 20 % angenommen. Unsicherheiten bestehen vor allem bei den abgeschätzten Potenzialmengen. Darüber hinaus ist das Einsparpotenzial deutlich abhängig vom Lederanteil der Schuhe und der erreichbaren Lebensdauerverlängerung. Ungeachtet dessen ist durch die Wiederverwendung grundsätzlich ein zusätzliches Einsparpotenzial gegeben, das durch weitere Anstrengungen zur Konsumentenaufklärung und zur Unterstützung des Gebrauchtwarenhandels erschlossen werden sollte.

Der Aufwand zur Wiederverwendung ist bei den Schuhen nur gering, da weder ein großer Raumbedarf noch eine besondere Aufbereitung erwartet werden, so dass noch nutzbare Schuhe jeden Materials – nicht nur Lederschuhe – ein unkompliziert weiterzugebendes Produkt darstellen. Bei Schuhen aus oder mit Leder wird eine Weiternutzung besonders empfohlen, da diese aufgrund des Lederanteils vergleichsweise hohe Herstellungslasten mit sich bringen und gleichzeitig – bei guter Pflege und ggf. notwendigen Reparaturen – eine vergleichsweise lange Lebensdauer erreichen können.

Die Ergebnisse der drei Untersuchungen werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 16: Zusammenfassung der Ergebnisse (gerundet) der drei Untersuchungen für Laptops, Möbel und Lederschuhe (Hochrechnungen) bezüglich der Netto-Klimagaseinsparungen für Berlin

Produktgruppe	pro Haushalt (HH)	Für Berlin	Für Berlin
	gesamt	gesamt	jährlich
	kg CO ₂ -Äq/HH	Mg CO ₂ -Äq	Mg CO ₂ -Äq/a
Holzmöbel	-0,06 bis -22,25	-125 bis -44.500	-10 bis -3.000
Laptops	-7,00 bis -14,00	-14.000 bis -28.000	-49.000 bis -94.000
Lederschuhe	-0,60 bis -1,45	-1.200 bis -2.900	-6.000 bis -14.700

Zum Vergleich entspricht eine Emission von 1 kg CO₂-Äq der durchschnittlichen Herstellung von etwa 80 g Rindfleisch (12.3 kg CO₂-Äq/kg Rindfleisch)¹⁰ oder einer etwa 8 km weiten Fahrt mit einem PKW (130 g CO₂-Äq/km)¹¹.

¹⁰ www.klimatarier.de

¹¹ Nach der Emissionsanforderung für neue PKW laut EU-Verordnung Nr. 443/2009 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R0443-20180517&from=EN>)

Bei einer Jahresfahrleistung von 15.000 km pro PKW im Jahr entspräche die mögliche jährliche Einsparung aus Holzmöbeln (3.000 Mg CO₂-Äq/a) etwa dem Treibhausgas-Ausstoß von 1.540 PKW, bei den Lederschuhen (14.700 Mg CO₂-Äq/a) wären es bis zu 7.540 PKW, bei den Laptops (94.000 Mg CO₂-Äq/a) bis zu 48.200 PKW. Bei aktuell laut dem Amt für Statistik Berlin-Brandenburg in Berlin zugelassenen 1.2 Millionen PKW entspräche die Einsparung bei den Laptops etwa 4 % der Berliner PKW.

Zieht man die Treibhausgas-Bilanz der Rindfleisch-Herstellung in Betracht, entspräche die jährliche Einsparung bei den Möbeln 250 Tonnen Rindfleisch pro Jahr. Bei den Laptops würde die errechnete jährliche Einsparung 7.650 Tonnen Rindfleisch entsprechen, bei den Lederschuhen wären es noch 1.200 Tonnen Rindfleisch pro Jahr.

Literaturverzeichnis

AKU (2018): LCA Report of one pair of Bellamont Plus shoes, Plus, AKU Italy Srl, issue 3, 22 June 2018

Albers (2008): Albers K, Canepa P, Miller J: Analyzing the Environmental Impacts of Simple Shoes – A Life Cycle Assessment of the Supply Chain and Evaluation of End-of-Life Management Options, Donald Bren School of Environmental Science and Management, University of Santa Barbara, California, 2008

Behrendt (2019): Behrendt S, Henseling C: Re-Use Marktpotenzial in Berlin, Wissenschaftliche Beratungsleistung im Rahmen des Re-Use Projektes, Berlin, 2019

Berlin (2017): Ergebnisse des Mikrozensus im Land Berlin 2017, Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, Statistischer Bericht A I 11 – j / 17, Potsdam im November 2018

Clemm et al. (2016): Umweltwirkungen von wiederaufladbaren Lithium-Batterien für den Einsatz in mobilen Endgeräten der Information- und Kommunikationstechnik (IKT), UBA Texte 52/2016. Umweltbundesamt, Dessau 2016.

Ebelt (2019): Persönliche Mitteilung Stefan Ebelt, ReUse e.V.

Gottfridsson und Zhang (2015): Gottfridsson M, Zhang Y: Environmental impacts of shoe consumption – Combining product flow analysis with an LCA model for Sweden, Department of Energy and Environment, Division of Environmental Systems Analysis, Chalmers University of Technology, Gothenburg/Sweden 2015

Gries und Wilts (2017): Gries N von, Wilts H: Schaffung einer Datenbasis zur Erfassung der Mengen von in Deutschland wiederverwendeten Produkten, UBA Texte 4/2017 Umweltbundesamt, Dessau 2017

Grüne Beschaffung (2016): Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Newsletter „Grüne Beschaffung“ Nr. 10, Berlin, November 2016

ifeu (2013): interne Daten zu Forstwirtschaft und Sägewerk sowie Transporten

JRC (2013): Moons, H: Background Report, Revision of Ecolabel and Green Public Procurement criteria for the product group Wooden Furniture, JRC Scientific and Policy Reports, September 2013

Mayers, K., Koomey, J., Hall, R., Bauer, M., France, C., Webb, A. (2014): The Carbon Footprint of Games Distribution. *Journal of Industrial Ecology* 19 (3), <https://doi.org/10.1111/jiec.12181>

Prakash (2012): Prakash S: Zeitlich optimierter Ersatz eines Notebooks unter ökologischen Gesichtspunkten, UBA Texte 44/2012. Umweltbundesamt, Dessau 2012.

Prakash et al. (2016): Ökologische und ökonomische Aspekte beim Vergleich von Arbeitsplatzcomputern für den Einsatz in Behörden unter Einbeziehung des Nutzerverhaltens (Öko-APC), UBA Texte 66/2016. Umweltbundesamt, Dessau 2016.

Prakash und Köhn (2016): Prakash S, Köhn, M.: Paradigmenwechsel in der Green-IT notwendig! Nutzungsdauer von Arbeitsplatzcomputern in der Bundesverwaltung – Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz. Umweltbundesamt und Öko-Institut, Position Juni 2016.

Seagate (2011): Pulsar 2 SSD Product Life Cycle Analysis Summary, Seagate Technology LLC. 2011
Thünen (2012): Rüter S, Diederichs S: Ökobilanz-Basisdaten für Bauprodukte aus Holz. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie Nr. 2012/1

Thünen (2015): Wenker JL, Rüter S: Ökobilanz-Daten für holzbasierte Möbel. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 130 p, Thünen Rep 31, DOI:10.3220/REP1440055961000

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Klimagasbilanz für drei unterschiedliche Möbelstücke und drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern	10
Abbildung 2:	Flächeneinsparung im Forst durch eingespartes Holz für drei unterschiedliche Möbelstücke und drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern	11
Abbildung 3:	Klimagasbilanz für die Wiederverwendung zweier unterschiedlicher Laptops	19
Abbildung 4:	Klimagasbilanz für drei unterschiedliche Schuhtypen und drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern	26
Abbildung 5:	Versauerungspotenzial für drei unterschiedliche Schuhtypen und drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Hochrechnung des Potenzials an Geräten und Gegenständen zur Wiederverwendung als Menge pro Jahr und Haushalt und ungenutzte („gelagerte“) Gesamtmengen für Berlin	5
Tabelle 2:	Datenquellen für die Bilanzierung der Herstellung von Holzmöbeln und für Lebensdauern	7
Tabelle 3:	Annahmen zur Abschätzung für den Weiterverkauf eines Ablagemöbelstücks	9
Tabelle 4:	Durchschnittliche Einsparungen an Metallbeschlägen in kg für drei unterschiedliche Möbelstücke und drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern	12
Tabelle 5:	Jährliches Netto-Einsparpotenzial aus der Hochrechnung für die Weiternutzung von Möbeln in Berlin für drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite	13
Tabelle 6:	Hochrechnung des Gesamtnettoeinsparpotenzials durch den ungenutzten Bestand für die Weiternutzung von Möbeln in Berlin für drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite	13
Tabelle 7:	Datenquellen für die Bilanzierung der Herstellung eines Laptops und einzelner Komponenten	15
Tabelle 8:	Links zu Product Carbon Footprints von Laptops	15
Tabelle 9:	Verwendete Werte zur Abschätzung für die Vorbereitung zur Wiederverwendung eines Laptops	18
Tabelle 10:	Jährliches Einsparpotenzial aus der Hochrechnung für die Weiternutzung von Laptops in Berlin für zwei unterschiedliche Laptop-Varianten mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite	20
Tabelle 11:	Hochrechnung des Gesamteinsparpotenzials durch den ungenutzten Bestand für die Weiternutzung von Laptops in Berlin für zwei unterschiedliche Laptop-Varianten mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite	21
Tabelle 12:	Datenquellen für die Bilanzierung der Herstellung von Schuhen	22
Tabelle 13:	Annahmen zur Abschätzung für die Wiederverwendung eines Paares Schuhe	24
Tabelle 14:	Jährliches Einsparpotenzial aus der Hochrechnung für die Weiternutzung von Lederschuhen in Berlin für drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite	27
Tabelle 15:	Hochrechnung des Gesamteinsparpotenzials durch den ungenutzten Bestand für die Weiternutzung von Lederschuhen in Berlin für drei unterschiedliche Erstnutzungsdauern mit 20 % Ungenauigkeitsbandbreite	27

Abkürzungsverzeichnis

C fossil	fossiler Kohlenstoff
CO ₂ -Äq	Kohlendioxid-Äquivalente (Umrechnungseinheit klimawirksame Gase)
CPU	central processing unit (Prozessor eines Computers)
EPD	Environmental Product Declaration (Umweltproduktdeklaration)
GB	Gigabyte
HDD	Hard Disk Drive (Festplattenlaufwerk)
Mg	Megagramm (1 Mg = 1 t = 1000 kg)
SenUVK	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz
SKU-Bilanz	Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz
SSD	Solid State Drive oder Solid State Disk (Festplatte ohne bewegliche Teile)
TB	Terrabyte
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt
WG	Wassergehalt