

Ermittlungsmethodik für ökologische Kennzahlen aufbereiteter Elektronik des Online-Marktplatzes der Refurbed Marketplace GmbH

für:

Refurbed Marketplace GmbH
Jakob-Lind-Straße 7
1020 Wien

Verfasst von:

Paul Rudolf
Jan Henjes

Fraunhofer Austria Research GmbH
Geschäftsbereich Fabrikplanung und Produktionsmanagement
Theresianumgasse 7
1040 Wien, Österreich

Wien, 19.03.2024

Kurzfassung

Im Rahmen des Projektes „Ermittlungsmethodik für ökologische Kennzahlen auf Produktebene für die Refurbed Marketplace GmbH“ wurde von Fraunhofer Austria eine umfangreiche Bilanzierung ökologischer Größen (CO₂-Emissionen, virtueller Wasserverbrauch und Elektroschrott) auf Produktebene für das Jahr 2022 durchgeführt.

Untersucht wurden drei Modelle unterschiedlicher Produktkategorien, welche auf dem Online-Marktplatz von Refurbed vertrieben werden. Dabei handelt es sich um ein Smartphone und Tablet sowie einem Laptop. Die Modelle wurden aufgrund ihres hohen Anteils am Verkaufsvolumen des Online-Marktplatzes von Refurbed ausgewählt und dienen als Referenzprodukte für eine Ermittlungsmethodik zur Bewertung von weiteren Modellen der jeweiligen Produktkategorien.

Ziel des Vorhabens war es, eine quantitative Aussage treffen zu können, inwiefern der Kauf eines aufbereiteten Elektronikgerätes gegenüber dem jeweiligen Neugerät ökologische Vorteile mit sich bringt. Hierfür wurde eine umfangreiche Datenerhebung bei Refurbed-Händlern durchgeführt sowie ein individuelles Rechenmodell erstellt, um alle anfallenden Emissionen auf Produktebene zuweisen zu können.

Die partielle Lebenszyklusanalyse der drei Modelle ist nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung. Die dabei gewonnenen Informationen stellen jedoch die Grundlage für die hier beschriebene Ermittlungsmethodik dar, welche es ermöglicht für weitere Produkte der jeweiligen Kategorien ebenfalls eine quantifizierte Aussage hinsichtlich ökologischer Kennzahlen tätigen zu können. Die Ökobilanzierung der Referenzprodukte ist öffentlich zugänglich und kann eingesehen werden (Titel: Ökobilanzierung von aufbereiteter Elektronik des Online-Marktplatzes der Refurbed Marketplace GmbH gemäß ISO 14040/44).

Hinweis: Zur besseren Lesbarkeit des Dokumentes wird auf die Schreibweise CO₂-Äquivalente verzichtet und verallgemeinert CO₂ oder Treibhausgase (THG) verwendet.

Inhalt

1	Einleitung.....	4
2	Refurbed Marketplace GmbH.....	4
3	Fraunhofer Austria Research GmbH.....	4
4	Begriffe und Abkürzungen.....	5
5	Problemstellung und Zielsetzung.....	6
6	Beschreibung der Ermittlungsmethodik	6
6.1	Partielle Lebenszyklusanalyse von Referenzprodukten gemäß ISO 14040/44	7
6.1.1	Untersuchungsgegenstand	7
6.1.2	Betrachtete ökologische Größen	8
6.1.3	Allokationsverfahren.....	10
6.2	Korrekturfaktor für individuelle Händlereigenschaften.....	11
6.3	Umrechnungsfaktor zur Bewertung weiterer Produkte.....	13
7	Funktionsweise des Rechenmodells	15
8	Grenzen der Ermittlungsmethodik.....	17
9	Werthaltung und zeitlicher Gültigkeitsbereich.....	17
10	Verifizierung der Ermittlungsmethodik.....	18
11	Literaturverzeichnis	19

1 Einleitung

Bei der vorliegenden Ausarbeitung handelt es sich um die begleitende Dokumentation zu einer Ermittlungsmethodik. Diese ermöglicht es, ökologische Kennzahlen auf Produktebene, welche im Rahmen einer Ökobilanzierung berechnet wurden, auf weitere Produkte der jeweiligen Kategorie zu übertragen. Das Projekt wurde durch die Refurbed Marketplace GmbH initiiert und operativ von der Fraunhofer Austria Research GmbH durchgeführt.

2 Refurbed Marketplace GmbH

Die Refurbed Marketplace GmbH (in Folge kurz Refurbed) ist der am schnellsten wachsende Online-Marktplatz für refurbished Produkte in der gesamten DACH-Region. 2017 von Peter Windischhofer, Kilian Kaminski und Jürgen Riedl in Wien gegründet, beschäftigt Refurbed mittlerweile rund 300 Personen. Die Plattform bietet vollständig erneuerte elektronische Geräte bis zu 40 % günstiger und mit mindestens zwölf Monaten Garantie an. Durch das Refurbishment haben diese Produkte im Vergleich zum Kauf eines Neugerätes einen wesentlich geringeren negativen Einfluss auf die Umwelt. Weiters finanziert refurbed unterschiedliche Umweltschutzprojekte wie die Wiederherstellung von Ökosystemen in Äthiopien, das Recycling von Elektroschrott in Ghana sowie innovative Projekte zur Entfernung von CO₂ in Europa, um die Umweltauswirkungen der Produkte weiter zu verringern. Mittlerweile umfasst das Sortiment auf dem Marktplatz mehrere tausend Produkte – von Smartphones, Tablets und Laptops bis hin zu Haushaltsgeräten oder E-Bikes.

3 Fraunhofer Austria Research GmbH

Die Fraunhofer Austria Research GmbH (in Folge kurz FhA) ist eine gemeinnützige Forschungseinrichtung, die durch Forschungsaktivitäten wichtige gesellschaftspolitische Aufgaben löst. Das Unternehmen verfolgt keine eigennützigen Ziele und strebt keinen unternehmerischen Profit an. Das Ziel ist es, großen Nutzen für die österreichische Gesellschaft zu stiften:

- Durch aktiven Wissenstransfer unserer Forschungsergebnisse trägt FhA zur Informationsvielfalt und Bewusstseinsbildung in der österreichischen Gesellschaft, insbesondere im Kernthema Nachhaltigkeit in der Produktion und Logistik, bei.
- Durch aktiven Innovationstransfer setzt FhA Maßnahmen zur Förderung der Allgemeinheit auf geistigem Gebiet, insbesondere bei der Übersetzung von grundlagenorientiertem in anwendungsnahes Wissen für mehr Nachhaltigkeit in Produktion und Logistik.

Im Rahmen von Industrieprojekten arbeitet FhA als innovativer Partner mit Unternehmen unterschiedlichster Tätigkeitsfelder zusammen. Gemeinsam mit dem Kunden werden im Projektteam konkrete Aufgabestellungen rund um Produktion und Logistik gelöst. Das Thema ökologische Nachhaltigkeit hat dabei in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen und stellt einen festen Bestandteil der Ziele unserer Forschungspartner dar.

4 Begriffe und Abkürzungen

Refurbed	Online-Marktplatz für aufbereitete Elektronikgeräte.
DLGTB	D aten I löschen, G erät t esten und b ewerten (DLGTB): Prozess, welcher zum Ziel hat ein gebrauchtes Gerät auf die Werkseinstellungen zurückzusetzen, das Gerät auf Funktionsfähigkeit zu prüfen sowie dieses anhand von festgelegten optischen Kriterien zu bewerten und einem Produkt-Grading (A, B, C) zuzuordnen. Dieser Prozess muss von jedem Gerät, welches auf dem Online-Marktplatz von Refurbed vertrieben wird, durchlaufen werden.
Aufbereitung	Aufbereitungsprozess, welcher zum Ziel hat, defekte oder optisch verschlissene Komponenten zu ersetzen.
Refurbishment	Gesamter Prozess: DLGTB und Aufbereitung
Refurbed-Produkt	Produkt, welches auf dem Online-Marktplatz von Refurbed angeboten wird.
Refurbed-Händler	Unternehmen, welches das DLGTB sowie gegebenenfalls eine Aufbereitung durchführt und die Refurbed-Produkte auf dem Online-Marktplatz von Refurbed vertreibt.
Reseller	Refurbed-Händler, welcher lediglich den Prozess DLGTB durchführt und die Refurbed-Produkte auf dem Online-Marktplatz von Refurbed vertreibt.
Refurbisher	Refurbed-Händler, welcher alle notwendigen Prozessschritte für ein Refurbishment durchführt und die Refurbed-Produkte auf dem Online-Marktplatz von Refurbed vertreibt.
CCF	Corporate Carbon Footprint – Bilanzsumme aller CO ₂ -Emissionen, welche einer Einrichtung zuzuordnen sind.
PCF	Product Carbon Footprint – Bilanzsumme aller CO ₂ -Emissionen, welche entlang des Lebenszyklus eines definierten Produktes anfallen.
EQ	Emissionsquelle
EF	Emissionsfaktor
ua.	unter anderem
ggf.	gegebenenfalls

5 Problemstellung und Zielsetzung

Auf dem Online-Marktplatz von Refurbed werden eine Vielzahl von Produkten unterschiedlicher Kategorien angeboten. Das Kerngeschäft wird durch Smartphones, Tablets und Laptops dargestellt. Ziel des Unternehmens ist es, die ökologischen Vorteile von aufbereiteter Elektronik zu quantifizieren, um diese nach außen hin kommunizieren zu können. Produktbezogenen Aussagen hinsichtlich Einsparungen gegenüber dem jeweiligen Neuprodukt erfordern Kennzahlen auf Produktebene. Eine Lösung hierfür ist das Bewerten dieser über ihren gesamten Lebenszyklus gemäß ISO-Norm 14040/44. Dieser Prozess erfordert eine umfangreiche Analyse, liefert jedoch valide Werte, welche sich für eine marketingwirksame Kommunikation eignen. Eine Analyse aller Modelle und ihrer Varianten ist jedoch mit einem unrealistisch hohen Aufwand verbunden. Eine Ermittlungsmethodik, welche es ermöglicht von einem zertifizierten Referenzprodukt auf weitere Produkte derselben Kategorie schließen zu können, stellt hier eine praktikable Lösung dar. Konkret sollen durch die Eingabe von technischen Daten eines Produktes ökologische Kennzahlen ermittelt werden, welche auf der Analyse eines Referenzproduktes der gleichen Kategorie basieren.

Ziel ist daher die Entwicklung einer Ermittlungsmethodik, welche in ein Rechenmodell eingebettet werden kann und es ermöglicht, ökologische Kennzahlen von einem Referenzprodukt auf weitere Produkte derselben Kategorie zu übertragen. Um die korrekte Funktion der Methode zu bestätigen, soll diese durch einen unabhängigen Dritten geprüft und zertifiziert werden, um die damit gewonnenen ökologischen Kennzahlen nach außen uneingeschränkt kommunizieren zu können.

6 Beschreibung der Ermittlungsmethodik

Die Ermittlungsmethodik besteht aus drei Stufen. Im ersten Schritt wurden die im Rahmen der Zielsetzung definierten ökologischen Kennzahlen für jeweils ein Referenzprodukt der drei untersuchten Produktkategorien gemäß ISO 14040/44 analysiert. Im Anschluss wurde auf Basis der dabei gewonnenen Erkenntnisse eine Methode entwickelt, welche es ermöglicht die gewonnenen Kennzahlen von den untersuchten Referenzhändlern auf den durchschnittlichen Händler des Online-Marktplatzes von Refurbed zu übertragen. Nachfolgend wurde die Methode ergänzt, um von den produktbezogenen Parametern sowie weiteren Informationen ein Übertragen der Kennzahlen auf weitere Produkte der gleichen Kategorien zu ermöglichen. Die Informationen aus der Ökobilanzierung sowie die Ermittlungsmethodik wurden abschließend in ein Rechenmodell eingebettet, welches eine ökologische Bewertung von Produkten der untersuchten Kategorien mit einem minimalen Aufwand ermöglicht. Durch das Einlesen definierter technischer Daten eines beliebigen Produktes, können diesem ökologische Kennzahlen zugewiesen werden. Im Nachfolgenden wird auf die drei Stufen und deren Funktionsweise im Detail eingegangen. Abbildung 1 zeigt zum besseren Verständnis eine visuelle Übersicht des Modells.

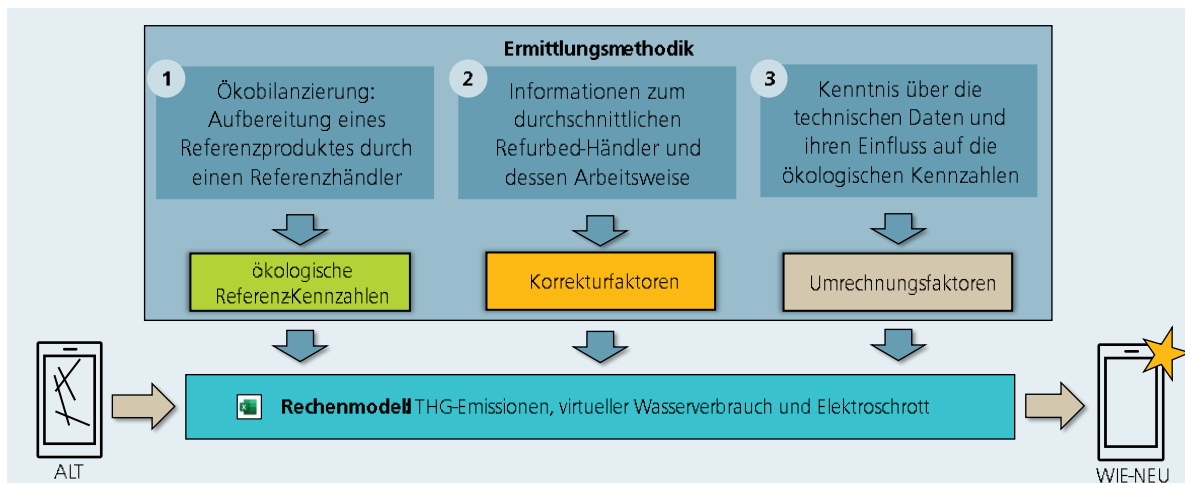


ABBILDUNG 1: ÜBERSICHT ERMITTLUNGSMETHODE UND RECHENMODELL

6.1 Partielle Lebenszyklusanalyse von Referenzprodukten gemäß ISO 14040/44

Die 1. Stufe, die ökologische Bewertung des jeweiligen Referenzproduktes, stellt die Basis des Rechenmodells dar. Im Nachfolgenden wird auf die wesentlichen Punkte der Ökobilanzierung eingegangen. Detailliertere Informationen sind im entsprechenden Bericht aufgeführt.

6.1.1 Untersuchungsgegenstand

Gegenstand der partiellen Lebenszyklusanalyse gemäß ISO 14040/44 sind Elektronikgeräte, welche auf dem Online-Marktplatz von Refurbed vertrieben werden. Dabei handelt es sich um Geräte, welche bereits von einem/einer Endkonsument:in genutzt wurden. Der hier betrachtete Prozess unterscheidet sich vom klassischen Recycling maßgeblich. Es wird nicht das Abfallprodukt Elektronikgerät verwertet, sondern das noch funktionsfähige Produkt wird für eine weitere Nutzung aufbereitet. Hierfür wird das Gerät nach der ersten Nutzungsphase von dessen Lebenszyklus entkoppelt und nach Abschluss der zweiten Nutzungsphase, wenn eine weitere Aufbereitung aus ökonomischer Sicht nicht mehr sinnvoll ist, diesem wieder zugeführt. Abbildung 2 stellt den Lebensweg eines Neugerätes dem eines Refurbished Produktes anschaulich gegenüber. Das Ziel ist, die Lebensdauer eines Elektronikgerätes signifikant zu verlängern und so wertvolle Ressourcen einzusparen, indem das Gerät möglichst lange in Verwendung bleibt.

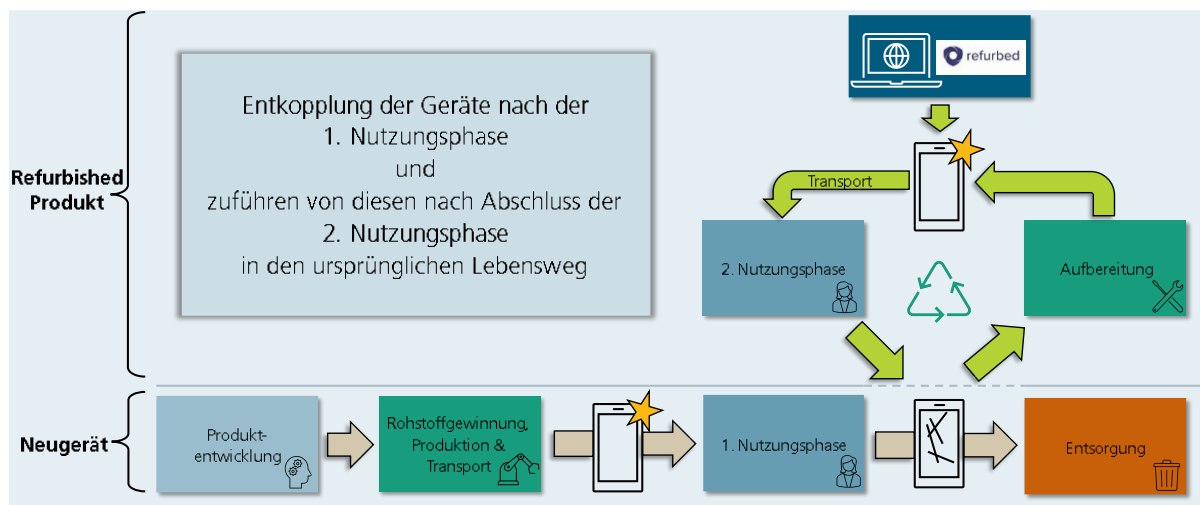


ABBILDUNG 2: LEBENSZYKLUS NEUGERÄT VS. REFURBED PRODUKT

Um eine Bilanzierung ökologischer Größen gemäß bestehendem Standard umzusetzen und die Vergleichbarkeit gegenüber dem jeweiligen Neugerät zu wahren, ist eine klare Definition des Untersuchungsgegenstandes notwendig.

Ziel des Aufbereitungsprozesses ist es, dem Konsumenten ein Elektronikgerät anbieten zu können, welches weitestgehend dieselben Kriterien erfüllt wie ein Neugerät. Ist der/die Käufer:in bereit, auf die neueste Technologie zu verzichten, so kann er ein optisch einwandfreies und technisch voll funktionsfähiges Gerät erwerben. Dieses hat durch den reduzierten Einsatz von Ressourcen einen weit weniger negativen Einfluss auf die Umwelt im Vergleich zu dem jeweiligen Neugerät.

Die deklarierte Einheit wird daher als „**Kauf eines Elektronikgerätes**“ definiert.

Alle Emissionen aus dem ersten Lebenszyklus werden dem/der Erstbesitzer:in zugeschrieben. Jene Emissionen, welche durch das Refurbishment verursacht werden, werden dem/der Zweitbesitzer:in zugeschrieben.

Tabelle 1 zeigt die analysierten Referenzgeräte. Es handelt sich dabei um Produkte des Herstellers Apple. Die Modelle wurden aufgrund ihres hohen Anteils am Verkaufsvolumen des Online-Marktplatzes von Refurbed ausgewählt.

TABELLE 1: ÜBERSICHT UNTERSUCHTE GERÄTE

Kategorie	Hersteller	Modell	Variante	Einführung
Smartphone	Apple	iPhone 12	64 GB	2020
Tablet	Apple	iPad 6	9,7", 32 GB	2018
Laptop	Apple	MacBook Air	13,3", 1,8 GHz, 8 GB	2017

6.1.2 Betrachtete ökologische Größen

Jede ökologische Größe besitzt eine definierte Einheit ihres Emissionsfaktors. Im Rahmen des Projektes wurden drei ökologische Größen analysiert, welche im Nachfolgenden aufgeführt und beschrieben sind.

CO₂-Emissionen

Für eine normkonforme Bilanzierung und Berichterstattung gemäß ISO 14040/44 müssen laut Kyoto-Protokoll (Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen) sieben Arten von Treibhausgasen bilanziert werden. Diese werden gesammelt und gewichtet unter dem Namen CO₂-Äquivalent geführt.

Dabei handelt es sich um die nachfolgenden Gase:

- Kohlendioxid (CO₂)
- Methan (CH₄),
- Distickstoffoxid (N₂O)
- Fluorkohlenwasserstoffe (HFC)
- Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC)
- Schwefelhexafluorid (SF₆)
- Stickstofftrifluorid (NF₃)

Als Berechnungsmethode für die CO₂-Emissionen wird der IPCC 2021 – GWP100a verwendet. Die Gesamtbruttoemissionen werden in Kilogramm Kohlenstoffdioxid-Äquivalente [kg CO₂] angegeben.

Virtueller Wasserverbrauch

Als Berechnungsmethode für die Bilanzierung des virtuellen Wasserverbrauchs wird die Kategorie „Wassernutzung“ des Developer Environmental Footprint Version 3.1 (EF v3.1) verwendet. Es handelt sich dabei um eine Bewertung mittels des „Available Water REmaining“-Model (AWARE-Model), welches den Wasserverbrauch gewichtet nach Mangel bewertet.

Die Methode basiert auf der Quantifizierung des relativen verfügbaren Wassers, das pro Gebiet verbleibt, sobald der Bedarf der Menschen und der aquatischen Ökosysteme gedeckt ist (Boulay, et al., 2017). Sie inkludiert Charakterisierungsfaktoren, welche abhängig vom Gebiet zwischen 0,1 und 100 liegen kann.

Bei der in Liter [l] angegebene Menge handelt es sich demnach nicht um die tatsächlich benötigte Menge an Wasser, sondern um einen virtuellen Wert, welcher die Gegebenheiten am Ort der Wassernutzung mitberücksichtigt.

Als Beispiel: 1 Liter Trinkwasser hat in Europa (Faktor: 0,5-10) einen anderen Stellenwert wie in einem Abbaugbiet für Lithium (Rohstoff für Li-Ion-Akkumulatoren), welches sich z. B. in Chile (Faktor 60-100) befindet (Boulay, et al., 2017).

Elektroschrott

Die Einheit Elektroschrott beziffert die Menge an Elektronikkomponenten, welche aufgrund von optischen oder funktionalen Mängeln im Zuge des Aufbereitungsprozesses ausgetauscht werden. Die Gesamtbruttoemissionen werden in Gramm [g] angegeben.

6.1.3 Allokationsverfahren

Mittels umfangreicher Datenerhebung konnten alle wesentlichen mit den Referenzprodukten in Verbindung stehenden Emissionen erfasst werden. Dabei handelt es sich um direkt und nicht direkte zuordenbare Emissionen. Ersteres inkludiert die für das Refurbishment benötigten Ersatzteile. Die Menge dieser wurde separat für jedes Referenzprodukt erhoben und durchschnittlich dem jeweiligen Gerät angerechnet. Emissionen durch den Energiebedarf am jeweiligen Standort oder jene durch benötigte Hilfsmittel/-stoffe für den Aufbereitungsprozess können nicht ohne weiteres anhand von Durchschnittswerten den Produkten zugeordnet werden. Der Grund hierfür sind die teils sehr stark voneinander abweichenden Bearbeitungsprozesse und -zeiten je Produktkategorie aufgrund der unterschiedlichen Komplexität eines Geräts. Es wurde daher eine adäquate Allokation der nicht direkt zuordenbaren Emissionen anhand der Bearbeitungszeit der Geräte durchgeführt. Hierfür wurde ein Excel-basiertes Rechenmodell entwickelt, welches transparent und nachvollziehbar sämtliche Parameter berücksichtigt und alle Emissionen, welche entlang des Aufbereitungsprozesses entstehen dem jeweiligen Gerät in angemessenerer Höhe zuordnet. Abbildung 3 zeigt anschaulich, wie das Rechenmodell aufgebaut ist und welche Information darin verarbeitet werden.

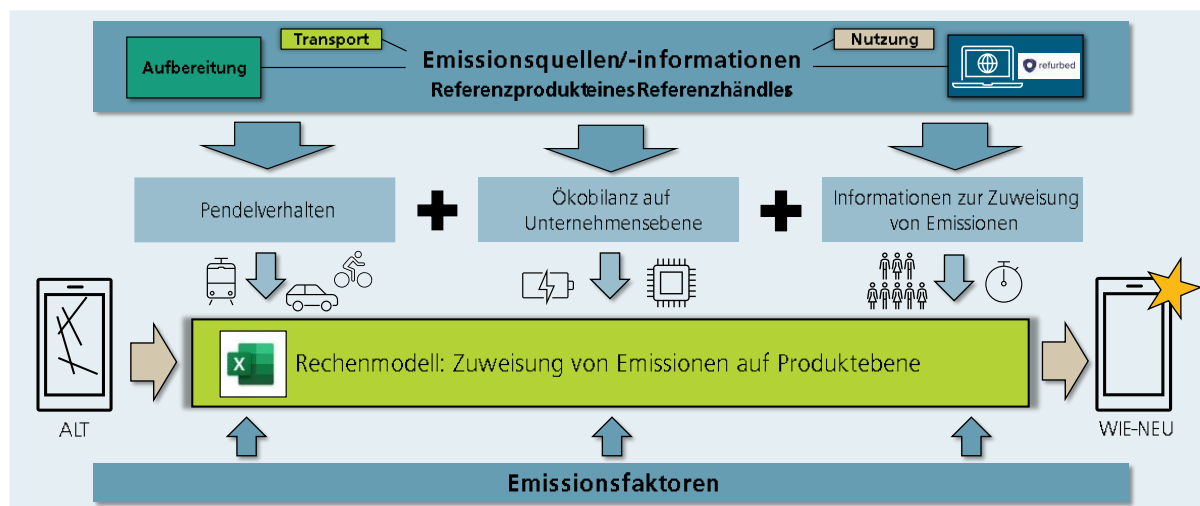


ABBILDUNG 3: ÜBERSICHT: RECHENMODELL ZUR ALLOKATION VON EMISSIONEN AUF PRODUKTEBENE

Abbildung 4 gibt einen detaillierteren Einblick in die Funktionsweise des Rechenmodells. Abgebildet sind die vier wesentlichen Module (Emissionsquelle, Emissionsfaktor, Zeitaufwand und Stückzahlen), welche miteinander verrechnet werden.

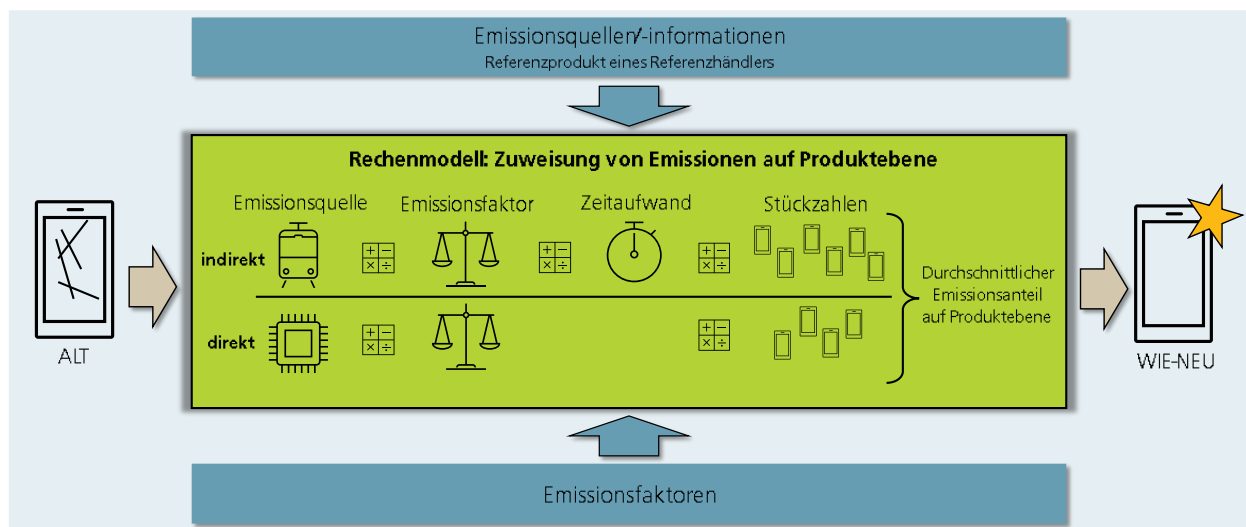


ABBILDUNG 4: FUNKTIONSWEISE: RECHENMODELL ZUR ALLOKATION VON EMISSIONEN AUF PRODUKTEBENE

Durch die partielle Lebenszyklusanalyse konnten für die drei ausgewählten **Referenzprodukte**, die bei der Aufbereitung zu verantwortenden ökologischen Größen durch einen **Referenzhändler** ermittelt werden.

In weiterer Folge werden die Korrektur- und Umrechnungsfaktoren beschrieben, um von dem Referenzhändler auf den durchschnittlichen Refurbed-Händler schließen zu können sowie von den Referenzprodukten auf weitere Produkte.

6.2 Korrekturfaktor für individuelle Händlereigenschaften

In der 2. Stufe findet die Korrektur der spezifischen Arbeitsweise des Referenzhändlers gegenüber dem durchschnittlichen Händler des Online-Marktplatzes von Refurbed statt. Hierzu wurde eine Händlerbefragung in Form einer Onlineumfrage durchgeführt. Es haben 19 Händler bei der Umfrage teilgenommen. Dabei wurden die nachfolgenden Punkte thematisiert:

- Anteil der Händleraktivität
Ein zentrales Unterscheidungsmerkmal bei der Aufbereitung von Elektronikgeräten liegt darin, ob diese lediglich softwareseitig und optisch bearbeitet werden (DLGTB) oder ob eine vollständiges Refurbishment inkl. der Reparatur defekter Komponenten vorgenommen werden muss. Die Händler haben beim Kauf der Geräte die Wahl, sich lediglich auf den Wiederverkauf gebrauchter Geräte (minimaler Aufwand) zu konzentrieren oder den Fokus auf eine umfangreiche Aufbereitung zu legen. Die unterschiedlichen Geschäftsmodelle gehen mit einem signifikanten Unterschied bezogen auf die bei der Aufbereitung entstehenden ökologischen Größen einher. Es wurde daher im Rahmen der Umfrage der Anteil am Gesamtvolumen erfragt, welcher ein einfaches und jener, der ein vollständiges Refurbishment ausmacht.

- **Herkunft der Geräte**
Der Einkauf der Geräte durch den Händler verursacht Transportemissionen. Neben dem Produkt- und Verpackungsgewicht sowie die dabei verwendeten Materialien spielt die Herkunft der Geräte eine entscheidende Rolle. Stand heute legen die Geräte teils einen langen Weg zurück, bevor sie einem Refurbishment unterzogen werden können. Ein wesentlicher Punkt in der Umfrage war daher, was die drei Hauptherkunftsländer der eingekauften Geräte sind.
- **Energieversorgung der Händler:**
Die Art der Energieversorgung (elektrisch, Gas etc.) sowie deren Variante (konventionell vs. erneuerbar) haben einen Einfluss auf die bei der Aufbereitung entstehenden Emissionen und wurden daher ebenfalls bei den Händlern erfragt.
- **Pendelverhalten von Mitarbeiter:innen:**
Abhängig vom Unternehmensstandort ändert sich das Pendelverhalten der Mitarbeiter:innen. Wohingegen abgelegene Produktionsstandorte oft nur mit konventionellen Transportmitteln erreicht werden können, sind innerstädtische meist mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar und in der Regel deutlich umweltfreundlicher.
- **Ersatzteilversorgung:**
Der Umgang mit defekten Komponenten sowie der Beschaffung von Ersatzteilen spielt eine wichtige Rolle in Bezug auf die ökologischen Größen. Durch das Wiederverwenden noch funktionsfähige Komponenten aus defekten Geräten und das Einbauen in ein anderes Gerät erspart den Einkauf neu hergestellter Komponenten. Teilweise können aber auch defekte Komponenten durch den Händler wieder instandgesetzt werden und so ebenfalls zu einem reduzierten Einsatz neuer Ersatzteile beitragen.
- **Versandverpackung:**
Für den Versand der Geräte an den Kunden ist eine sowohl optisch ansprechende als auch funktionsfähige Verpackung notwendig. Je nach Händler unterscheidet sich diese in punkto Material (Kartonage und Kunststoff) sowie hinsichtlich Größe und Gewicht.

Zusätzlich zu den oben genannten Punkten wurde die Rücklaufquote des Online-Marktplatzes von Refurbed mit inkludiert, da diese von den untersuchten Referenzhändlern (leicht) abweicht.

Mittels der Abweichung des Referenzhändlers vom Durchschnitt wurde je Kategorie ein Korrekturfaktor entwickelt, um diesen anschließend in das Rechenmodell integrieren zu können. Abbildung 5 zeigt die Funktionsweise anschaulich.

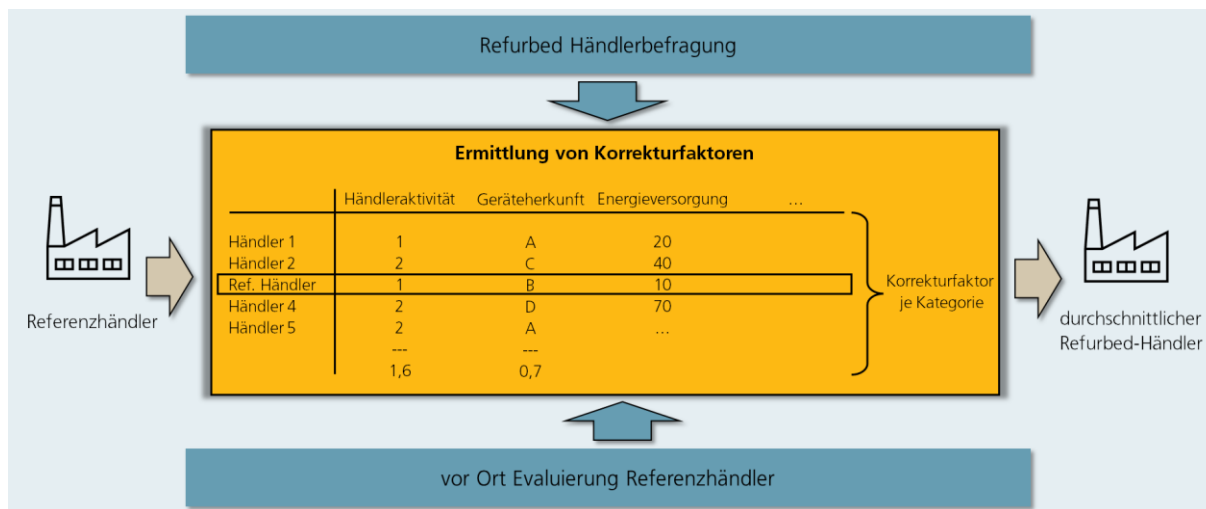


ABBILDUNG 5: FUNKTIONSWEISE: ERMITTLUNG VON KORREKTURFAKTOREN

Die Stufe 2 ermöglicht somit eine Aussage über das **Referenzprodukt**, welches von einem **durchschnittlichen Refurbed-Händler** aufbereitet wurde.

6.3 Umrechnungsfaktor zur Bewertung weiterer Produkte

In der letzten Stufe werden die ökologischen Kennzahlen der Referenzprodukte mittels Umrechnungsfaktoren auf weitere Produkte der jeweiligen Kategorie übertragen. Hierfür werden Informationen zu den technischen Daten der Produkte verwendet. Jede ökologische Größe entlang des Lebenszyklus wird unter Berücksichtigung des Einflusses der technischen Daten eigens bewertet. In Abbildung 6 ist beispielhaft dargestellt (grüne Ziffern), wie sich eine ökologische Größe verändert in Abhängigkeit zu den Abweichungen zwischen Referenzprodukt und dem analysierten Produkt.

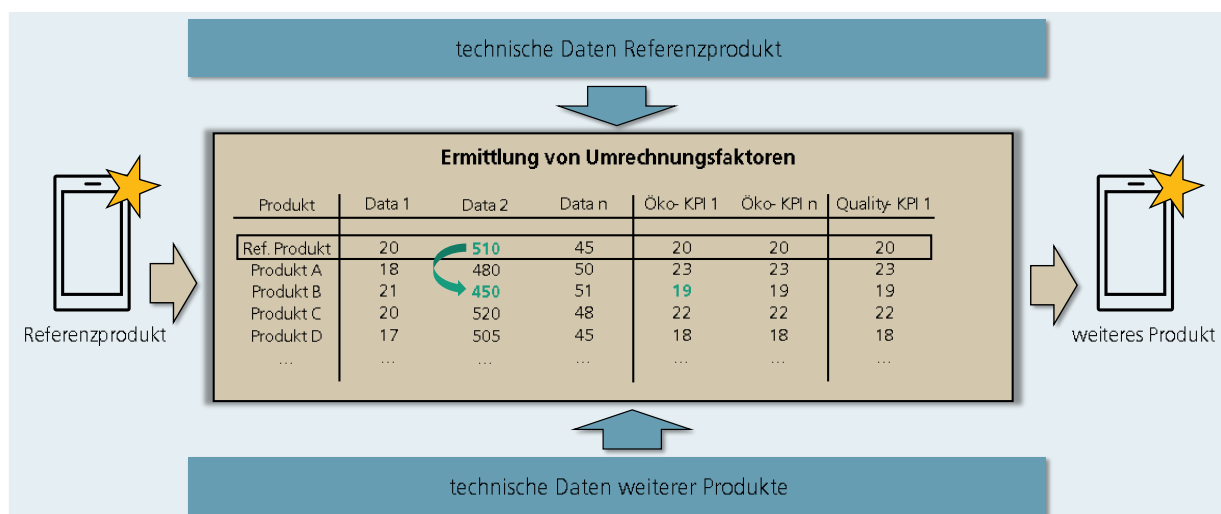


ABBILDUNG 6: FUNKTIONSWEISE: ERMITTLUNG VON UMRECHNUNGSFAKTOREN

Neben den ökologischen Größen wurde eine Qualitätskennzahl definiert, welche Auskunft darüber gibt, wie gut das analysierte Produkt zu dem Referenzprodukt passt. Ziel ist es eine Aussage auf Basis der technischen Daten treffen zu können, ob und wie gut ein Produkt dafür geeignet ist mittels des Rechenmodells bewertet zu werden. Beispielsweise ist es nicht sinnvoll ein Tastenhandy auf Basis eines Smartphones zu bewerten.

Im Nachfolgenden werden die einzelnen Prozessmodule (Einkauf Altgeräte bis Verkauf Refurbished Produkt) aufgeführt und beschrieben, wie die ökologischen Größen dieser von den technischen Daten der Produkte beeinflusst werden.

- **Einkauf:**
Emissionen durch den Einkauf der Produkte werden ua. von dem Produktgewicht beeinflusst. Je schwerer ein Produkt ist, desto mehr Emissionen entstehen beim Transport von diesem.
- **DLGTB:**
Unabhängig vom Produkt muss der Prozess der Datenlöschung, dem Testen (Software und Hardware) sowie dem Reinigen und Bewerten stets gleichermaßen durchlaufen werden. Die dabei entstehenden Emissionen unterscheiden sich nicht innerhalb einer Produktkategorie und können somit vom Referenzprodukt unverändert übernommen werden.
- **Reparatur:**
Die größten Abweichungen hinsichtlich der ökologischen Größen zwischen Referenzgerät und weiteren Geräten besteht bei den Ersatzteilen. Die zwei am häufigsten ausgetauschten Komponenten sind das Display sowie die Batterie. Daher wurden eben diese zwei technischen Daten für die Umrechnung verwendet. Weitere Größen sind das Produktgewicht sowie das Erscheinungsjahr der Geräte. Zweiteres hat vor allem darauf Einfluss, ob der Tausch der Batterie notwendig ist oder nicht (je älter das Gerät, desto wahrscheinlicher ist ein Austausch).
- **Marktplatz:**
Emissionen, welche durch den Online-Marktplatz von Refurbed entstehen sind unabhängig vom Produkt und auch der Produktkategorie. Obgleich es sich um ein Smartphone, Küchengerät oder Fahrrad handelt, der Aufwand zur Vermarktung ist stets identisch.
- **Verkauf:**
Die ökologischen Auswirkungen durch den Verkauf der Geräte ist wie auch beim Einkauf ua. abhängig von dem Produktgewicht. Je schwerer ein Produkt ist, desto mehr Emissionen entstehen beim Transport von diesem.

- **Nutzungsphase:**
In der Nutzungsphase entstehen Emissionen durch das elektrische Laden der Elektronikgeräte. Wie hoch der spezifische Verbrauch von Geräten ist, hängt von zahlreichen Faktoren ab. Ein zentraler Verbraucher ist der Betrieb des Displays eines Geräts. Es wird daher bei dem Umrechnungsfaktor die Differenz der Displaygrößen zwischen Referenzgerät und dem analysierten Gerät zu einem Teil berücksichtigt. Der Einflussfaktor unterscheidet sich zwischen der Kategorie Smartphone, Tablet und Laptop.

Die Ermittlungsmethodik mit ihren 3 Stufen hat zum Ziel, möglichst viele Produkte mit einem minimalen Aufwand bewerten zu können. Die Methodik wird daher in ein Excel-basiertes Rechenmodell eingebettet. Im Nachfolgenden wird dies beschrieben ebenso wie die notwendigen Eingabeparameter und die durch das Rechenmodell gewonnenen ökologischen Aussagen.

7 Funktionsweise des Rechenmodells

Wie in Abbildung 7 anschaulich dargestellt wurden die 3 Module der Ermittlungsmethodik in ein Excel-basiertes Rechenmodell eingebettet. Neben den darin gespeicherten Informationen zum Referenzprodukt sowie den Korrektur- und Umrechnungsfaktoren sind nur lediglich die technischen Daten der zu bewertenden Produkte notwendig, um deren ökologische Größen zu erhalten.

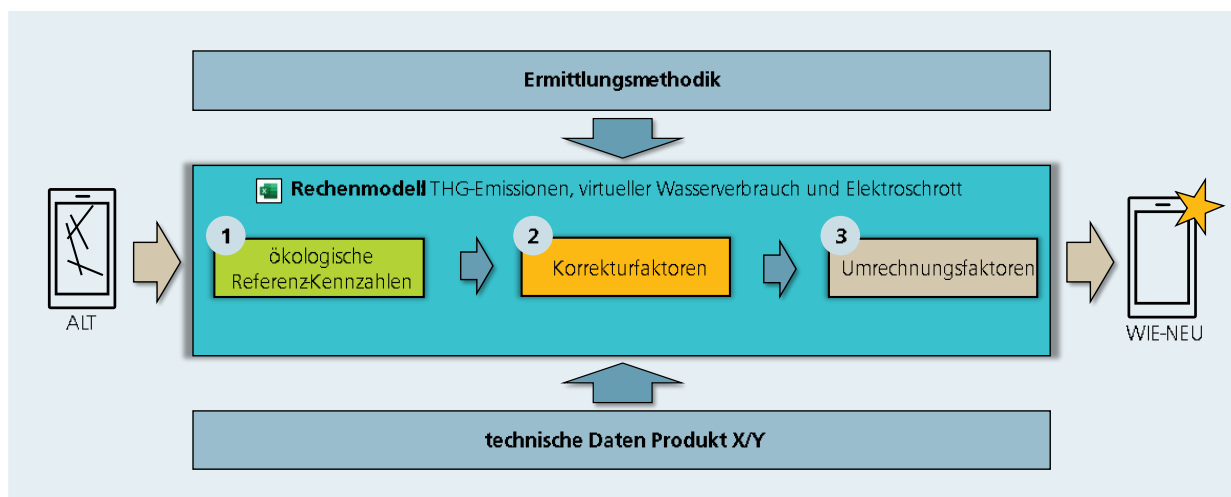


ABBILDUNG 7: FUNKTIONSWEISE: RECHENMODELL

Durch den Import der Produkte mit ihren technischen Daten in einer definierten Struktur erhält man die nachfolgend aufgelisteten ökologischen Größen sowie Aussagen (Tabelle 2).

TABELLE 2: ÜBERSICHT ÖKOLOGISCHE KENNZAHLEN UND AUSSAGEN

TGH-Emissionen	virtueller Wasserverbrauch	Elektroschrott
THG-Emissionen durch Refurbishment [kg CO ₂]	virtueller Wasserverbrauch durch Refurbishment [l]	Entstandener Elektroschrott durch Refurbishment [g]
THG-Einsparungen ggü. Neugerät [kg CO ₂]	Reduzierter virtueller Wasserverbrauch ggü. Neugerät [l]	Vermiedener Elektroschrott ggü. Neugerät [g]
THG-Einsparungen ggü. Neugerät [%]	Reduzierter virtueller Wasserverbrauch ggü. Neugerät [%]	Vermiedener Elektroschrott ggü. Neugerät [%]
THG-Emissionen durch Refurbishment exkl. Marktplatz [kg CO ₂]	virtueller Wasserverbrauch durch Refurbishment exkl. Marktplatz [l]	Entstandener Elektroschrott durch Refurbishment exkl. Marktplatz [g]
prozentualer Anteil Altgeräteeinkauf an den Gesamtemissionen	prozentualer Anteil Altgeräteeinkauf am Gesamtverbrauch	prozentualer Anteil Altgeräteeinkauf am Gesamtvolumen
prozentualer Anteil Refurbishment an den Gesamtemissionen	prozentualer Anteil Refurbishment am Gesamtverbrauch	prozentualer Anteil Refurbishment am Gesamtvolumen
prozentualer Anteil Refurbed an den Gesamtemissionen	prozentualer Anteil Refurbed am Gesamtverbrauch	prozentualer Anteil Refurbed am Gesamtvolumen
prozentualer Anteil Verkauf an den Gesamtemissionen	prozentualer Anteil Verkauf am Gesamtverbrauch	prozentualer Anteil Verkauf am Gesamtvolumen
prozentualer Anteil Nutzungsphase an den Gesamtemissionen	prozentualer Anteil Nutzungsphase am Gesamtverbrauch	prozentualer Anteil Nutzungsphase am Gesamtvolumen

Da Kunden auf der Online-Plattform von Refurbed die Option haben sich zwischen einem Gerät mit einer Batterie-Qualität „Optimal“ oder „Neu“ zu entscheiden, werden die oben aufgeführten Kennzahlen ebenso für Geräte berechnet und ausgegeben, welche eine neue Batterie erhalten haben. Durch das Entscheiden für ein Gerät mit einer neuen Batterie verschlechtert sich der ökologische Einfluss auf die Umwelt.

Der Vergleich der Refurbed-Produkte mit dem jeweiligen Neugerät (Tabelle 2: XXX-Einsparungen ggü. Neugerät) wurde, wenn vorhanden auf Basis der Herstellerangaben durchgeführt. Da nicht alle Hersteller eine vollständige Ökobilanzierung ihrer Produkte verfügbar haben, wurde für jene Geräte ohne Primärdaten eine Berechnung basierend auf dem Referenzprodukt vorgenommen. Insbesondere für den Wirkungsbereich virtueller Wasserverbrauch gibt es derzeit keine Angaben der Hersteller. Für diese Kategorie wurde daher für die Neugeräte ausschließlich eine Berechnung der ökologischen Größe auf Basis der jeweiligen Referenzprodukte durchgeführt.

8 Grenzen der Ermittlungsmethodik

Das Übertragen von Kennzahlen innerhalb einer Produktkategorie ist durch diverse Randbedingungen begrenzt. Unterscheiden sich die technischen Eigenschaften von einem weiteren Produkt zu dem jeweiligen Referenzprodukt zu stark, so muss damit gerechnet werden, dass die Abweichung zum tatsächlichen ökologischen Wert ebenso stark abweicht. Aus diesem Grund wurde in das Rechenmodell eine Qualitätskennzahl implementiert, welche anhand der technischen Daten der Produkte eine Bewertung dieser zwischen der Note 1 und 4 zusätzlich zu den ökologischen Kennzahlen liefert.

Die Bewertung wird wie folgt durchgeführt:

- Übereinstimmung der technischen Eigenschaften mit dem Referenzprodukt hinsichtlich
 - Erscheinungsjahr,
 - Produktgewicht,
 - Batteriekapazität und
 - Bildschirmgröße.
 - Bsp. Ergebnis: durchschnittliche Abweichung = **15 %**
- Einstufung der durchschnittlichen Abweichung vom jeweiligen Referenzprodukt:
 - < 10 % = Note 1
 - **10 – 20 % = Note 2**
 - 20 – 40 % = Note 3
 - > 40 % = Note 4 (von einer Bewertung ausgenommen)
 - Ergebnis: 15 % entspricht **Note 2**

Folglich haben auch jene Produkte die Note 4 erhalten, welche nicht die notwendigen technischen Daten verfügbar haben. Bestehen z. B. keine Informationen zum Produktgewicht, so erhält das Gerät die Note 4, da eine Berechnung der ökologischen Größen nicht korrekt vorgenommen werden kann.

9 Werthaltung und zeitlicher Gültigkeitsbereich

Beim Treffen von Entscheidungen während der Entwicklung wurde naturwissenschaftlichen Erkenntnissen (z. B. Physik, Chemie, Biologie) der Vorzug gegeben. Wenn dies nicht möglich war, wurden andere wissenschaftliche Ansätze (z. B. aus Sozial- und Wirtschaftswissenschaften) oder Ansätze aus internationalen Übereinkommen, die innerhalb des geografischen Untersuchungsrahmens zutreffend und gültig sind, angewendet.

Der zeitliche Gültigkeitsbereich der Ermittlungsmethodik hängt vom prinzipiellen Vorgehen bei der Aufbereitung von Elektronik oder weiteren Artikeln der Refurbishment-Branche ab. Da hier in Zukunft keine signifikanten Änderungen zu erwarten sind, wird ein Überarbeiten der Methodik innerhalb der nächsten 5 Jahre nicht als notwendig angesehen. Es ist jedoch zu beachten, dass die Daten bezüglich der Referenzprodukte, welche im Rahmen der Ökobilanzierung erhoben wurden, einer Gültigkeit von 2 Jahren unterliegen.

10 Verifizierung der Ermittlungsmethodik

Die entwickelte Ermittlungsmethodik wurde durch einen unabhängigen Dritten geprüft. Sie kann folglich dazu verwendet werden ökologischen Größen, welche im Rahmen einer Ökobilanz (zertifiziert nach ISO 14040/40) erhoben wurden, auf weitere Produkte der zertifizierten Referenzprodukte zu übertragen. Die Zertifizierung wurde von GUTcert durchgeführt.

11 Literaturverzeichnis

Apple Sicherheitsupdates. (23. 2 2023). *support.apple.com*. Von <https://support.apple.com/de-at/HT201222> abgerufen

Apple_Environmental_Progress_Report. (23. 2 2023). *www.apple.com*. Von https://www.apple.com/environment/pdf/Apple_Environmental_Progress_Report_2022.pdf abgerufen

Boulay, A.-M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuillière, M. J., Manzardo, A., . . . Pfister, S. (2017). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 369-378.

Rainer Pamminger, S. G. (2021). Modelling of different circular end-of-use scenarios for smartphones. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 477 ff.