

Bericht | Februar 2018

Modellierungs-Studie Reparaturkosten-Empfehlung

Bericht an die Verbraucherzentrale NRW

*Katrin Bienge, Sebastian Kiefer, Marieke
Schaden, Jens Teubler, Paul Suski*

Studie im Auftrag der Verbraucherzentrale NRW

verbraucherzentrale

Nordrhein-Westfalen

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde im Auftrag der Verbraucherzentrale NRW durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

verbraucherzentrale

Nordrhein-Westfalen

Bitte den Bericht folgendermaßen zitieren:

Bienge, Katrin; Kiefer, Sebastian; Schaden, Marieke; Teubler, Jens; Suski, Paul (2018): Modellierungs-Studie: Reparaturkosten-Empfehlung. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: Wuppertal.

Projektlaufzeit: Oktober 2017 – Februar 2018

Projektkoordination:

Katrin Bienge
Abteilung Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
42103 Wuppertal, Döppersberg 19
Tel. +49 (0)202 / 2492 – 191, Fax: - 138,
katrin.bienge@wupperinst.org

Autorinnen und Autoren:

Katrin Bienge, Sebastian Kiefer, Marieke Schaden, Jens Teubler, Paul Suski

Unter Mitarbeit von:

Annika Schmitt, Zoe Weber, Sebastian Schuster, Kathrin Greiff

Impressum

Herausgeber

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
www.wupperinst.org

Stand

Februar 2018

Zusammenfassung

Die Modellierungs-Studie "Reparaturkosten-Empfehlung" wurde vom Wuppertal Institut im Auftrag der Verbraucherzentrale NRW erstellt.

Die Studie zielt auf die Berechnung von maximalen Reparaturkosten, die für eine Reparatur aus finanzieller Sicht sinnvoll für Verbraucher*innen sind. Zusätzlich wird die ökologische Vorteilhaftigkeit von Reparaturen beispielhaft diskutiert. Die Studie besteht zum einen aus dem hier vorliegenden Bericht und der Modellierung in einer Exceldatei. Deren Gliederung und Inhalte sind im Anhang der Studie dokumentiert.

Teil A der Studie beschreibt zunächst das Vorgehen und die Methodik der Modellierung und stellt dann die prinzipielle Vorgehensweise zur Ermittlung der Reparaturkostenempfehlungen dar. Neben den grundlegenden Begriffen und Annahmen, wird die Auswahl von Produkttypen begründet, für die eine Reparaturkostenempfehlung abgegeben werden soll. Die Reparaturkostenempfehlungen werden in drei Modulen ermittelt, die erstens aus der Ermittlung des Gebrauchtwertes, zweitens aus der Ermittlung der Effizienzkosten in der Nutzungsphase und drittens aus der rechnerischen Verschneidung der beiden ersten Module bestehen.

Teil B fasst die Ergebnisse der Modellierung für jeden Produkttyp in je einem Kapitel zusammen und beschreibt dabei das Referenzprodukt, die Gebrauchtwertermittlung, die Ermittlung der Effizienzkosten und des Kaufpreises der Neugeräte. Schließlich wird die modellierte Reparaturkostenempfehlung dargestellt. Die folgenden sechs Produkttypen werden betrachtet: Waschmaschine, Geschirrspüler, Kühl-Gefrierkombination, Fernsehgerät, Smartphone und E-Bike.

Teil C fasst die Ergebnisse der produktspezifischen Anwendung des Modells zusammen und beschreibt die Grenzen des Modells. Der Einfluss der Annahmen bzgl. der Effizienzentwicklung und Nutzungsmuster werden diskutiert und Hinweise auf die Fortschreibung und Weiterentwicklung des Modells gegeben.

Teil D greift den Gedanken auf, dass die Reparaturrentscheidung nicht nur aus finanziellen Motiven getroffen werden kann. Auch Argumente einer ökologischen Vorteilhaftigkeit von Reparaturen zählen zu den Einflussfaktoren. Gerade wenn sich eine Reparatur ggf. finanziell nicht eindeutig lohnt und (geringe) Mehrkosten (im Sinne dieses Modells) entstehen würden, kann die Einsparung von Rohstoffen und Emissionen Verbraucher*innen dennoch zu einer Entscheidung für eine Reparatur bewegen.

Reparaturen lohnen sich aus finanzieller Sicht nur unter bestimmten Gesichtspunkten: bestimmend sind der Gebrauchtwert des Altgerätes und mögliche Effizienzentwicklungen von Alt- und Neugeräten. Daher setzt sich das entwickelte **Modell zur Ermittlung der Reparaturkostenempfehlungen** aus drei Modulen zusammen:

- Modul 1 Gebrauchtwertermittlung
- Modul 2 Effizienzkosten innerhalb der Nutzungsphase
- Modul 3 Reparaturkostenempfehlung (verknüpft Modul 1 und 2)

Der Gebrauchtwert wurde mittels Marktstichproben hergeleitet und eine Wertverlustkurve - basierend auf einer logarithmischen Regression mittels einer Mittelwertberechnung je Alter - berechnet.

Die Effizienzkosten eines Altgeräts sind theoretische Mehrkosten, die Verbraucher*innen haben, wenn das weitergenutzte Altgerät eine niedrigere Energieeffizienzklasse (EEK) besitzt als ein mögliches Neugerät. Die unterschiedlichen Effizienzkosten resultieren aus unterschiedlichen Verbräuchen verschieden effizienter Geräte (z.B. Strom- und Wasserverbrauch).

Aus diesen beiden Einflussfaktoren wurden die Reparaturkosten ermittelt, die bezogen auf die Restnutzungsdauer (RND) der Geräte aufgeschlüsselt sind. Eine Waschmaschine beispielsweise hat durch die durchschnittliche Lebensdauer von ca. 12 Jahren als 1 Jahr altes Altgerät eine RND von 11 Jahren. Die Effizienzkosten werden dann kumuliert für die RND berechnet, d.h. in diesem Beispiel könnte durch den Austausch eines Altgerätes der EEK A+ mit einem Neugerät der EEK A+++ insgesamt ca. 290 Euro an Strom- und Wasserkosten eingespart werden (gesamte RND). Da der ermittelte Gebrauchtwert für ein 1 Jahr altes Gerät ca. 366 Euro beträgt, ergibt sich somit eine maximale Höhe der Reparaturkosten von ca. 74 Euro.

Eine Reparaturkostenempfehlung (RKE), d.h. ob sich die Reparatur eines Altgerätes aus finanzieller Sicht lohnt, kann dann ausgesprochen werden, wenn die Differenz aus dem Gebrauchtwert des Altgerätes und den Effizienzkosten größer als Null ist. In dem Beispiel der Waschmaschine wäre dies der Fall, d.h. es lohnt sich, eine 1 Jahr alte Waschmaschine mit der EEK A+ zu reparieren.

Die Ergebnisse der Modellierung zeigen für die untersuchten Produkttypen:

Waschmaschine und Geschirrspüler: Verbraucher*innen sollten sich bei einer anstehenden Reparaturrentscheidung zunächst die EEK ihrer vorhandenen Geräte ansehen. Sobald diese EEK C und geringer ist, lohnt sich (bei gleichem Fassungsvermögen) die Reparatur aus finanzieller Sicht in keinem der betrachteten Fälle. Umgekehrt lohnen sich Reparaturen finanziell bei allen Altgeräten mit einer EEK A und besser über den gesamten Betrachtungszeitraum (RND).

Kühl-Gefrierkombination: Sobald die EEK B und geringer ist, lohnt sich (bei gleichem Volumen) die Reparatur aus finanzieller Sicht in keinem der betrachteten Fälle. Auch hier lohnen sich Reparaturen für Altgeräte mit einer hohen EEK für die gesamte RND, d.h. sobald ein Altgerät die EEK A+ und besser aufweist.

Fernseher: Bei größeren Geräten zeigt sich, dass sich eine Reparatur auch für Altgeräte mit niedriger EEK lohnt. Das gilt sowohl für den Vergleich mit einem Neugerät der EEK A++ als auch der EEK B. Bei kleineren Geräten lohnt sich eine Reparatur bei Altgeräten der EEK B (vgl. Neugerät A++) bzw. EEK C (vgl. Neugerät B) und besser. Unterhalb dieser EEK (der beiden Varianten) hängt die Reparaturkostenempfehlung von der RND ab: Je höher die RND ist, desto weniger lohnt sich die Reparatur (da der Gebrauchtwert für junge Geräte höher ist).

Smartphone: Bei Smartphones hängen die RKE allein von der RND ab: Je länger die RND ist, desto weniger lohnt sich die Reparatur (da der Gebrauchtwert für junge Geräte höher ist). Verbraucher*innen können sich für die Reparaturrentscheidung auch daran orientieren, dass sich bei iOS-Geräten Reparaturen zwischen 200 bis 550

Euro lohnen. Bei Android-Geräten lohnen sich Reparaturen zwischen 100 bis ca. 300 Euro. Die teuren Reparaturen lohnen sich finanziell in den beiden ersten Jahren nach der Anschaffung (RND 3 bis 2).

E-Bikes: Bei E-Bikes hängen die *RKE* allein von der *RND* ab: Je länger die *RND* ist, desto weniger lohnt sich die Reparatur (da der Gebrauchtwert für junge E-Bikes höher ist). Bei einem E-Bike lohnen sich jedoch auch teurere Reparaturen über die gesamte Lebensdauer.

Die Diskussion der **ökologischen Vorteilhaftigkeit** von Reparaturen ergab - für die drei betrachteten Produkttypen Waschmaschine, Smartphone und Fernseher - bedingt ähnliche Ergebnisse. Es wurden die Umweltwirkungen für die Herstellung eines Gerätes und die reduzierten Umweltwirkungen durch Effizienz einsparungen in der Nutzung - anhand der beiden ausgewählten Indikatoren Material und Carbon Footprint - einbezogen.

Reparaturen bei Smartphones können sich sowohl aus finanzieller wie aus ökologischer Sicht lohnen. Ähnliches gilt für die untersuchten LCD Fernseher, jedoch sind die ökologischen Vorteile einer Ressourcenschonung (Material Footprint) größer als die des Klimaschutzes. Während sich bei Waschmaschinen eine Reparatur aus finanzieller Sicht lohnen kann (je nach EEK), kann dies bei der ökologischen Betrachtung zu keinem Zeitpunkt angenommen werden. Da die ökologische Betrachtung jedoch keine Differenzierung der Herstellungsaufwände zwischen Waschmaschinen mit geringerer und hoher Effizienz einschließt, könnten ökologische Vorteile dann entstehen, wenn der Herstellungsaufwand eines effizienteren Neugerätes höher - als hier vereinfachend angenommen - wäre.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Inhaltsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	11
Abkürzungsverzeichnis	13
1 Hintergrund und Zielsetzung	14
1.1 Zielsetzung	14
1.2 Fokus der Studie und Gliederung	14
2 Vorgehen und Methodik der Modellierung von Reparaturkosten	16
2.1 Grundlagen	16
2.1.1 Begriffsdefinitionen	16
2.1.2 Grundlegende Annahmen	17
2.1.3 Produkttypen	18
2.1.4 Referenzprodukte	20
2.1.5 Produkt-Altersklassen	20
2.2 Modellierung der Reparaturkostenempfehlungen	21
2.2.1 Die drei Module im Überblick	21
2.2.2 Modul Gebrauchtwertermittlung	22
2.2.3 Modul Effizienzkosten innerhalb der Nutzungsphase	26
2.2.4 Modul Reparaturkosten	28
3 Ergebnisse der Modellierung für ausgewählte Produkttypen	32
3.1 Waschmaschine	32
3.1.1 Referenzprodukt	32
3.1.2 Gebrauchtwert	32
3.1.3 Effizienzentwicklung	34
3.1.4 Neugeräte	35
3.1.5 Reparaturkosten	36
3.2 Geschirrspüler	41
3.2.1 Referenzprodukt	41
3.2.2 Gebrauchtwert	41
3.2.3 Effizienzentwicklung	43
3.2.4 Neugeräte	44
3.2.5 Reparaturkosten	44
3.3 Kühl-Gefrierkombination	49
3.3.1 Referenzprodukt	49
3.3.2 Gebrauchtwert	49
3.3.3 Effizienzentwicklung	51
3.3.4 Neugeräte	51
3.3.5 Reparaturkosten	52

3.4	Fernsehgerät (LCD)	56
3.4.1	<i>Referenzprodukt</i>	56
3.4.2	<i>Gebrauchtwert</i>	56
3.4.3	<i>Effizienzentwicklung</i>	59
3.4.4	<i>Neugeräte</i>	60
3.4.5	<i>Reparaturkosten</i>	60
3.5	Smartphone	64
3.5.1	<i>Referenzprodukt</i>	64
3.5.2	<i>Gebrauchtwert</i>	64
3.5.3	<i>Effizienzentwicklung</i>	68
3.5.4	<i>Neugeräte</i>	69
3.5.5	<i>Reparaturkosten</i>	69
3.6	E-Bike	71
3.6.1	<i>Referenzprodukt</i>	71
3.6.2	<i>Gebrauchtwert</i>	71
3.6.3	<i>Effizienzentwicklung</i>	73
3.6.4	<i>Neugeräte</i>	73
3.6.5	<i>Reparaturkosten</i>	73
4	Diskussion der Ergebnisse und Methodik	75
4.1	Zwischenfazit der beispielhaften Modellierung	75
4.2	Produktspezifische Ergebnisse	75
4.3	Einordnung der Ergebnisse bezüglich der Überschneidung von RND und Gewährleistung	76
4.4	Grenzen des Modells	76
4.5	Einfluss Effizienzentwicklung	77
4.6	Einfluss Nutzungsmuster	78
4.7	Fortschreibung bzw. Weiterentwicklung des Modells	78
5	Ökologische Vorteilhaftigkeit	80
5.1	Daten und Methodik	80
5.1.1	<i>Annahmen</i>	80
5.1.2	<i>Berechnung</i>	81
5.1.3	<i>Daten und Methodik</i>	82
5.2	Ergebnisse der Fallstudien	83
5.2.1	<i>Waschmaschine</i>	83
5.2.2	<i>Smartphone</i>	84
5.2.3	<i>Fernseher</i>	85
5.3	Erweiterung der Methodik	85
5.4	Vergleichende Betrachtung der finanziellen und ökologischen Vorteilhaftigkeit	86
	Quellen	88

6	Anhang – Reparaturkostenmodell (Exceldatei)	90
6.1	Berechnungen der Reparaturkostenempfehlungen nach Produkttyp	91
6.2	Ermittlung der Rahmendaten nach Produkttyp - Gebrauchtwert, Neugerät und Effizienz	91
6.2.1	<i>Tabellenblätter zur Ermittlung des Gebrauchtwertes je Produkttyp</i>	91
6.2.2	<i>Tabellenblätter zur Ermittlung der Rahmendaten nach Produkttyp - Neugerät und Effizienz</i>	92
6.3	Weitere Rahmendaten	92
6.3.1	<i>Tabellenblatt Herleitung der Produkttypen – EVS</i>	92
6.3.2	<i>Tabellenblatt Herleitung der Produkttypen – LWR</i>	93
6.3.3	<i>Tabellenblatt Relevanz von verschiedenen Produktgruppen</i>	93
6.3.4	<i>Tabellenblatt Produkttypen</i>	94
6.3.5	<i>Tabellenblatt Preise</i>	94

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Logarithmische Wertentwicklung nach Ansatz A am Beispiel der Waschmaschine – Mittelwerte je Alter. Dargestellt sind die durchschnittlich erzielten Verkaufspreise, die angenommene Entwicklung sowie der Schrottwert des Produkts.-----	24
Abbildung 2	Logarithmische Wertentwicklung nach Ansatz A am Beispiel der Waschmaschine – keine Mittelwertberechnung. Dargestellt sind die durchschnittlich erzielten Verkaufspreise, die angenommene Entwicklung sowie der Schrottwert des Produkts.-----	24
Abbildung 3	Wertentwicklung nach der arithmetisch degressiven Abschreibung. Dargestellt sind der Restwert und der Abschreibungswert abhängig vom Alter des Produkts.-----	26
Abbildung 4	Schematische Berechnung der Reparaturkosten für eine Waschmaschine-----	29
Abbildung 5	Gebrauchtwertentwicklung für Waschmaschinen. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.-----	33
Abbildung 6	Darstellung der RK max Berechnung für den Fall Neugerät A+++ und Altgerät A++ bei Waschmaschinen-----	36
Abbildung 7	Reparaturkosten Waschmaschine: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+++ nach Restnutzungsdauer-----	38
Abbildung 8	Reparaturkosten Waschmaschine: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+ nach Restnutzungsdauer-----	39
Abbildung 9	Gebrauchtwertentwicklung für Geschirrspüler. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.-----	42
Abbildung 10	Darstellung der RK max Berechnung für den Fall Neugerät A+++ und Altgerät A+ bei Geschirrspülern-----	45
Abbildung 11	Reparaturkosten Geschirrspüler: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+++ nach Restnutzungsdauer-----	47
Abbildung 12	Reparaturkosten Geschirrspüler: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+ nach Restnutzungsdauer-----	48
Abbildung 13	Gebrauchtwertentwicklung für Kühl-Gefrierkombinationen. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.-----	50
Abbildung 14	Darstellung der RK max Berechnung für den Fall Neugerät A+++ und Altgerät A+ bei Kühl-Gefrierkombination-----	52
Abbildung 15	Reparaturkosten Kühl-Gefrierkombination: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+++ nach Restnutzungsdauer-----	54
Abbildung 16	Reparaturkosten Kühl-Gefrierkombination: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+ nach Restnutzungsdauer-----	55
Abbildung 17	Gebrauchtwertentwicklung für Fernseher (LCD) – Diagonale 32 bis 39 Zoll. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.-----	57
Abbildung 18	Gebrauchtwertentwicklung für Fernseher (LCD) – Diagonale 40 bis 47 Zoll. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.-----	58
Abbildung 19	Gebrauchtwertentwicklung für Fernseher (LCD) – Diagonale ab 47 Zoll. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.-----	58
Abbildung 20	Reparaturkosten Fernsehgeräte (LCD): Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A++ nach Restnutzungsdauer; links: Gruppe 1, mittig: Gruppe 2, rechts: Gruppe 3-----	62

Abbildung 21	Reparaturkosten Fernsehgeräte (LCD): Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK B nach Restnutzungsdauer; links: Gruppe 1, mittig: Gruppe 2, rechts: Gruppe 3 -----	63
Abbildung 22	Gebrauchtwertentwicklung für Smartphones (iOS). Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.-----	66
Abbildung 23	Gebrauchtwertentwicklung für Smartphones (Android). Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.-----	67
Abbildung 24	Gebrauchtwertentwicklung für Smartphones (Displaygrößen ca. 4 und 5 Zoll). Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.-----	67
Abbildung 25	Reparaturkosten Smartphones (iOS-System): Vergleich Altgerät (verschiedene Akkukapazitäten) mit Neugerät (Akkukapazität 3000 mAh) nach Restnutzungsdauer-----	70
Abbildung 26	Reparaturkosten Smartphones (Android-System): Vergleich Altgerät (verschiedene Akkukapazitäten) mit Neugerät (Akkukapazität 3000 mAh) nach Restnutzungsdauer-----	70
Abbildung 27	Gebrauchtwertentwicklung für E-Bikes. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.-----	72
Abbildung 28	Reparaturkosten E-Bikes (Pedelec-Trekking) nach Restnutzungsdauer-----	74

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Charakterisierung und Auswahl von Produkttypen-----	19
Tabelle 2	Überblick über die untersuchten Referenzprodukte -----	20
Tabelle 3	Vergleich der beiden Wertverlustkurven – logarithmische Regression (in Euro)-----	25
Tabelle 4	Überblick über die modellierten Effizienzkosten der Referenzprodukte -----	27
Tabelle 5	Ermittlung des Wasserpreises (in Euro) -----	28
Tabelle 6	Einschränkung der Gültigkeit der Reparaturkostenempfehlung durch real verfügbare EEK am Beispiel der Waschmaschine und Geschirrspüler-----	29
Tabelle 7	Modellierte Gruppen und Varianten der Referenzprodukte-----	30
Tabelle 8	Reparaturkostenempfehlung für Altgeräte verschiedener EEK im Vergleich zu Neugerät A+++ - Waschmaschine – Variante 1 -----	31
Tabelle 9	Referenzprodukt Waschmaschine-----	32
Tabelle 10	Stichprobe – Gebrauchtwert Waschmaschine -----	33
Tabelle 11	Jährlicher Stromverbrauch von Waschmaschinen bei 220 Waschzyklen-----	34
Tabelle 12	Jährlicher Wasserverbrauch von Waschmaschinen bei 220 Waschzyklen-----	35
Tabelle 13	Referenzprodukt Geschirrspüler -----	41
Tabelle 14	Stichprobe – Gebrauchtwert Geschirrspüler -----	42
Tabelle 15	Jährlicher Stromverbrauch von Spülmaschinen bei 280 Waschzyklen -----	43
Tabelle 16	Jährlicher Wasserverbrauch von Spülmaschinen bei 280 Waschzyklen -----	44
Tabelle 17	Referenzprodukt Kühl- Gefrierkombination -----	49
Tabelle 18	Stichprobe – Gebrauchtwert Kühl-Gefrierkombination -----	50
Tabelle 19	Jährlicher Stromverbrauch von Kühl-Gefrierkombinationen -----	51
Tabelle 20	Referenzprodukt Fernsehgerät-----	56
Tabelle 21	Stichprobe – Gebrauchtwert Fernsehgeräte (LCD)-----	57
Tabelle 22	Jährlicher Stromverbrauch von Fernsehern in Abhängigkeit ihrer Bildschirmgröße-----	59
Tabelle 23	Referenzprodukt Smartphone -----	64
Tabelle 24	Stichprobe – Gebrauchtwert Smartphone -----	65
Tabelle 25	Stromverbrauch von Smartphones-----	68
Tabelle 26	Ermittelte SK alt, SK neu und SK zusätzlich für Smartphones nach Akkukapazität und RND (in Euro, kumuliert nach RND) -----	69
Tabelle 27	Referenzprodukt E-Bike-----	71
Tabelle 28	Stichprobe – Gebrauchtwert E-Bike-----	72
Tabelle 29	Basisdaten für die Ermittlung der ökologischen Vorteilhaftigkeit der Reparatur von elektrischen Geräten-----	82
Tabelle 30	Maximale Reparaturleistung einer Waschmaschine (EEK A+ gegenüber A +++) -----	84
Tabelle 31	Maximale Reparaturleistung eines Smartphones (1.500 mAh gegenüber 3.000 mAh)-----	84
Tabelle 32	Maximale Reparaturleistung eines Fernsehers (EEK B gegenüber A ++) -----	85
Tabelle 33	Vergleichende Betrachtung der finanziellen und ökologischen Vorteilhaftigkeit – Beispiel Waschmaschine -----	86
Tabelle 34	Vergleichende Betrachtung der finanziellen und ökologischen Vorteilhaftigkeit – Beispiel Smartphone -----	86

Tabelle 35	Vergleichende Betrachtung der finanziellen und ökologischen Vorteilhaftigkeit – Beispiel Fernseher (Gruppe 1 ab 32 - 39 Zoll) -----	86
Tabelle 36	Aufbau der Exceldatei zur Berechnung der Reparaturkostenempfehlungen -----	90

Abkürzungsverzeichnis

CF	Carbon Footprint
D	Degressionsfaktor
E-Bike	Produkttyp Pedelec
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEK	Energieeffizienzklasse
EK	Effizienzkosten
EVS	Einkommens- und Verbrauchsstichproben
G	Gebrauchtwert
Kühl	Produkttyp Kühl- Gefrierkombination
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
L	Lebensdauer
LWR	Laufende Wirtschaftsrechnungen
MF	Material Footprint
N	Neupreis
Phone	Produkttyp Smartphone
RK	Reparaturkosten
RKE	Reparaturkostenempfehlungen
RND	Restnutzungsdauer
S	Schrottwert
SK	Stromkosten
Spül	Produkttyp Geschirrspüler
StromNEV	Stromnetzentgeltverordnung
TV	Produkttyp Fernseher (LCD)
WaMa	Produkttyp Waschmaschine
WK	Wasserkosten

1 Hintergrund und Zielsetzung

Das Projekt MehrWert NRW der Verbraucherzentrale NRW zielt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit auf die Erarbeitung von Informationsmaterialien zum Thema Reparieren. Die Ausschreibung vom 21.07.2017 für die Modellierungs-Studie "Reparatur-Empfehlung" soll zur Arbeit zur Verbraucher*innen-Information- und Beratung beitragen. Das Wuppertal Institut hat im Rahmen der Ausschreibung (entsprechend der Leistungsbeschreibung vom 12.07.2017) die Modellierungs-Studie Reparaturkostenempfehlungen erstellt. Dieser Bericht fasst die Ergebnisse zusammen.

1.1 Zielsetzung

Zu den übergreifenden Zielen des Projektes zählen aus Sicht des Wuppertal Instituts nicht nur die Förderung von ökologisch sinnvollen Reparaturen durch die Bereitstellung von Reparaturkostenempfehlungen verschiedener Produktgruppen, sondern auch die Entwicklung einer richtungssicheren, transparenten und gleichzeitig einfach anwendbaren Methodik, die regelmäßig aktualisierbar ist.

Die Einordnung zur Bedeutung der ökologischen Vorteile von Reparaturen soll adressiert werden, sodass Verbraucher*innen im Gesamtbild der Verbraucherberatung zusammen mit den Reparaturkostenempfehlungen auch die ökologischen Vorteile vermittelt bekommen.

Die spezifischen Ziele der Studie sind:

- Qualitative und quantitative Modellierung der Wirkungszusammenhänge, die für die Wirtschaftlichkeit von Reparaturen für Verbraucher*innen relevant sind
- Berechnung von maximalen Reparaturkosten, die für eine Reparatur aus finanzieller Sicht sinnvoll für Verbraucher*innen sind (basierend auf der Modellierung)
- Dokumentation der berechneten Kosten und der Modellierung
- Diskussion zu den ökologischen Wirkungen von Reparaturen

Die Ergebnisse der Modellierung und Diskussionen können in den Beratungskontext und die allgemeinen Tätigkeiten der Verbraucherzentrale NRW eingebunden werden. Da hiermit unterschiedliche Fragestellungen verknüpft sind, die sich ggf. im Rahmen des geplanten Vorhabens aufgreifen lassen, werden im Folgenden die Beratungskontexte aus unserer Sicht dargestellt.

1.2 Fokus der Studie und Gliederung

Zunächst verdeutlicht eine schematische Herangehensweise welche Beratungssituationen für Verbraucher*innen vorliegen können, die im Zusammenhang mit der Beratung zur Reparaturrentscheidung auftreten können:

- > **Beratung zu Gewährleistungsrecht - Eine Reparaturkostenempfehlung ist nicht notwendig, wenn Produkt innerhalb der Garantiezeit einen Defekt aufweist**

Verbraucher*innen wollen Gewährleistung (Mangelhaftung) in Anspruch nehmen (Austausch oder Reparatur): Da es hier häufiger zu Problemen kommt (vzbv 2012), wird eine Beratung zu Verbraucherrechten notwendig, bei der auch die Frage diskutiert werden könnte, ob eine Reparatur oder ein Austauschgerät zu bevorzugen ist.

- > **Beratung zur Reparaturrentscheidung** - Eine Reparaturkostenempfehlung ist notwendig, wenn ein Produkt nach Ablauf der Garantiezeit kaputt geht.

Die Entscheidung für oder gegen eine (erste) Reparatur aus Kostengründen soll durch dieses Projekt unterstützt werden. Wenn man die Entscheidungspfade betrachtet, zeigen sich drei mögliche Ergebnisse, die mit jeweils verschiedenen weiterführenden Informationsbedarfen verbunden sind:

- Fall A: (Erste) Reparatur lohnt sich finanziell
- Fall B: (Erste) Reparatur ist finanziell im Rahmen
- Fall C: (Erste) Reparatur lohnt sich nicht

- > **Beratung zu Neukauf und Entsorgung des Altgerätes**, wenn sich eine Reparatur finanziell nicht lohnt

Stellt sich im Rahmen der Reparaturkostenempfehlungsberatung heraus, dass sich eine Reparatur aus finanziellen Gründen nicht lohnt (Fall C), kann sich eine Beratung anschließen, die sich auf den Neukauf bezieht. Hier gibt es vielfältige Möglichkeiten Hilfestellungen zu bieten, die z.B. Kaufkriterien wie Reparierbarkeit, Langlebigkeit und ökologische Fragestellungen aufgreifen (z.B. Infoportale, Checklisten). Auch der Entsorgung von Altgeräten bzw. der Spende in der Region kann Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Das Vorhaben fokussiert die Beratung zur Reparaturrentscheidung.

Die Studie gliedert sich vor dem Hintergrund der Zielsetzung und Fokussierung (Kapitel 1) auf folgende Schwerpunkte, die jeweils in einem Kapitel diskutiert werden:

- 1 | Vorgehen und Methodik der Modellierung von Reparaturkostenempfehlungen (Kapitel 2)
- 2 | Ergebnisse der Modellierung für ausgewählte Produkttypen (Kapitel 3)
- 3 | Diskussion der Ergebnisse und Methodik (Kapitel 4)
- 4 | Diskussion der ökologischen Vorteilhaftigkeit von Reparaturen (Kapitel 5)

Der Anhang enthält die Dokumentation des Reparaturkostenmodells (Exceldatei).

2 Vorgehen und Methodik der Modellierung von Reparaturkosten

Die Vorgehensweise zur Erarbeitung der Modellierungsmethode umfasst die begründete Auswahl von Produkttypen für die eine Reparaturkostenempfehlung abgegeben werden soll. Dazu ist die Beschreibung entsprechender Referenzprodukte notwendig.

Die Reparaturkostenempfehlungen werden in drei Modulen ermittelt, die erstens aus der Ermittlung des Gebrauchtwertes, zweitens aus der Ermittlung der finanziellen Einsparungen (durch Effizienzvorteile) in der Nutzungsphase und drittens aus der rechnerischen Verschneidung der beiden ersten Module bestehen.

2.1 Grundlagen

2.1.1 Begriffsdefinitionen

■ Produkttyp

Ein Produkttyp beschreibt ein Gebrauchsgut, basierend auf der Gruppierung des Statistischen Bundesamtes (nach EVS und LWR). Jeder Produkttyp ist einer Gebrauchsgütergruppe entsprechend der Europäischen Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums (ECOICOP) zugeordnet.

■ Referenzprodukt

Für jeden Produkttyp wurde ein Referenzprodukt ausgewählt, das eine Untergruppe des jeweiligen Gebrauchtgutes darstellt (z.B. für den Produkttyp Waschmaschine wurden als Referenzprodukt Standgeräte, Frontlader der Trommelgrößen von 6-8 kg untersucht).

■ Gebrauchtwert

Der Gebrauchtwert eines Referenzproduktes wird durch Marktstichproben in Abhängigkeit seines Alters ermittelt. Er stellt den durchschnittlich erzielten Preis entsprechend verkaufter Artikel auf einer Online-Plattform dar (im Wesentlichen „eBay“ und ergänzend „idealo“). Kosten für Verpackung, Versand und Gebühren sind ausgenommen. Der Gebrauchtwert spiegelt dabei den Zustand eines funktionierenden (also auch reparierten) Referenzproduktes wider.

■ Effizienzentwicklung (Nutzungsphase)

Die Effizienzentwicklung beschreibt den in der Nutzungsphase eines Referenzproduktes anfallenden Strom- und ggf. Wasserverbrauch je Energieeffizienzklasse (EEK). Für die Effizienzentwicklung werden Kosten für Strom (und ggf. Wasser) berechnet (anhand der durchschnittlichen nationalen Preise pro kWh Strom/m³ Wasser), die dann durch den Vergleich verschiedener Effizienzklassen (z.B. Altgerät mit EEK B im Vergleich zu Neugerät EEK A+++) zu Einsparungen oder Mehrkosten führen.

■ Reparaturkostenempfehlung (RKE)

Die ermittelte (theoretische) Größe der Reparaturkostenempfehlung ergibt sich aus dem ermittelten Gebrauchtwert abzüglich der im Vergleich zum Referenzprodukt anfallenden Mehrkosten aus der Ermittlung der Effizienzentwicklung. Die RKE werden nach der Restnutzungsdauer berechnet und mit am Markt verfügbaren EEK der jeweiligen Zeiträume ausgewiesen.

2.1.2 Grundlegende Annahmen

- Reparaturen lohnen sich aus finanzieller Sicht nur unter bestimmten Gesichtspunkten (bestimmend sind der Gebrauchtwert und mögliche Effizienzentwicklungen von Alt- und Neugeräten).
- Je nach Produkttyp können unterschiedliche Reparaturkostenempfehlungen ermittelt werden
- Die Bedingung eines vergleichbaren Funktionsumfangs von Gebrauchtgerät und Neugerät kann nur begrenzt betrachtet werden, da die aktuellen Marktentwicklungen zeigen, dass Neugeräte fast immer den Funktionsumfang der Altgeräte übertreffen (z.B. Smartphone, Waschmaschinen) und Verbraucher*innen nur eine beschränkte Entscheidungsoption beim Kauf eines Neugerätes haben (phasing out von Produkten, die einen geringeren Funktionsumfang haben). Allerdings wird durch die Ermittlung der Gebrauchtwerte die ökonomische Bewertung eines ggf. veränderten Funktionsumfangs durch die Konsument*innen im Modell indirekt berücksichtigt.
- Es werden vereinfachende Annahmen zur Effizienzentwicklung und Gebrauchtwertentwicklungen getroffen (je Referenzprodukt, d.h. keine Modellspezifikation, keine Aktionsangebote), keine regionale Differenzierung der Energie- und Wasserkosten, Strom- und Wasserkosten gleich bleibend;
- Auf die unterschiedliche Qualität von Produkttypen wird vereinfachend durch die Betrachtung von Effizienzklassen bei energieverbrauchenden Produkten eingegangen. Es werden durchschnittliche Lebensdauerangaben verwendet. Eine Unterscheidung von sogenannten Markenprodukten (mit einer angenommenen höheren Qualität) und sogenannten „no-name“ Produkten kann nicht vorgenommen werden. Dazu bedürfte es einer erweiterten Marktstudie und technischer Analysen bzgl. Haltbarkeit etc.
- Reparierbarkeit wird nicht betrachtet; Es ist anzunehmen, dass diese abgenommen hat bzw. der Ersatz von einzelnen Bauteilen schwieriger geworden ist / Austausch ganzer Komponenten oder sogar des ganzen Gerätes (Smartphone) anstatt einzelner Bauteile (außer beim Fahrrad); D.h. eine Reparaturkostenempfehlung würde sich dahingehend nicht ändern, aber die Möglichkeit mit der errechneten Summe auch tatsächlich eine Reparatur durchführen zu können verringert sich (Austausch ganzer Komponenten ist teurer).

2.1.3 Produkttypen

Es werden sechs Produkttypen betrachtet. Die Auswahl begründet sich einerseits durch die in der Leistungsbeschreibung vorgegebenen Produkttypen und andererseits durch eine Charakterisierung u.a. nach Ausstattung der privaten Haushalte mit Gebrauchsgütern (Ausstattungsgrad¹ und -bestand²), Marktrelevanz in Deutschland und Umweltrelevanz. Die Auswahl erfolgte in Abstimmung mit der Verbraucherzentrale NRW.

Die folgenden sechs Produkttypen wurden für die Studie ausgewählt (grün markiert in Tabelle 1):

- 1 | Waschmaschine
- 2 | Kühl- Gefrierkombination
- 3 | Geschirrspülmaschine
- 4 | Smartphone
- 5 | Flachbildfernseher (LCD)
- 6 | E-Bike

Aufgrund der Charakterisierung in Tabelle 1 eignen sich für weitere Betrachtungen auch die folgenden Gebrauchsgüter: Wäschetrockner, Gefrierschrank / Gefriertruhe (Einzelgeräte), Elektroherd und Farbfernsehgeräte (allgemein). Ergänzend zur durchgeführten Studie eignen sich auch weitere Betrachtungen innerhalb der ausgewählten Produkttypen, d.h. weitere Referenzprodukte.

¹ Definition: „Der Ausstattungsgrad ist das statistische Maß dafür, wie viele Haushalte ein bestimmtes Gut besitzen. Beispielsweise bedeutet ein Ausstattungsgrad von 94 % Mobiltelefonen, dass 94 von 100 Haushalten mindestens ein Mobiltelefon haben. Rechnerisch wird der Ausstattungsgrad ermittelt über die Anzahl der Haushalte mit dem jeweiligen Gebrauchsgut, bezogen auf die Zahl der hochgerechneten Haushalte multipliziert mit 100.“ (Statistisches Bundesamt 2018)

² Definition: „Der Ausstattungsbestand ist das statistische Maß dafür, wie viele Güter in 100 Haushalten vorhanden sind. Beispielsweise bedeutet ein Ausstattungsbestand von 175 Mobiltelefonen je 100 Haushalte, dass einige Haushalte mehr als ein Mobiltelefon besitzen. Rechnerisch ermittelt sich der Ausstattungsbestand durch die Anzahl der in den Haushalten vorhandenen jeweiligen Gebrauchsgüter, bezogen auf die Zahl der hochgerechneten Haushalte multipliziert mit 100.“ (Statistisches Bundesamt 2018)

Tabelle 1 Charakterisierung und Auswahl von Produkttypen

Produkttypen (Gebrauchsgüter)	Ausstattungs- grad ¹⁾	Ausstattungsbestand je 100 Haushalte ¹⁾	Marktrele- vanz ²⁾	Umweltrele- vanz ³⁾	Ausgewählte Produkttypen	
HAUSHALTSGÜTER	Kaffeevollautomat	15,1	15,4	k.A.	o	
	Pad- oder Kapselmaschine	32,9	36,4	k.A.	o	
	Wäschetrockner	42,2	42,9	+ **	+	
	Gefrierschrank, Gefriertruhe (Einzelgeräte)	51,6	58,1	+ **	+	
	Filterkaffeemaschine	60,4	64,7	k.A.	o	
	Geschirrspülmaschine	71,5	73	+ **	o	X
	Mikrowellengerät	73,9	76,5	+ **	o	
	Waschmaschine	96,4	99,5	+ **	+	X
	Kühlschrank (auch Gefrier- und Kühlkom- bination)	99,9	125	+ **	+	X
	Elektroherd	94,0	98,4	+ **	+	
TELEKOMMU- NIKATION	Internetanschluss, -zugang mobil	53,1	k.A.	k.A.	+	
	Internetanschluss, -zugang stationär	85,9	k.A.	k.A.	+	
	Telefon stationär (auch schnurlos)	90,9	122,8	+	o	
	Internetanschluss, -zugang	91,1	k.A.	k.A.	+	
	Telefon mobil (Autotelefon, Handy)	95,5	179,1	-	+	X
	Telefon	100,0	301,9	o	+	
UNTERHALTUNGS- ELEKTRONIK	PC mobil (Notebook, Laptop, Palmtop)	79,0	154,2	-	+	
	Fotoapparat/Digitalkamera	81,9	139,4	-	-	
	Flachbildfernseher (LCD, Plasma)	86,9	140,5	+	+	X
	Personalcomputer	90,0	214,9	-	+	
	(Farb-)Fernsehgerät	97,8	171,2	+	+	
	CD-Player/CD-Recorder (auch im PC)	84,9	202,5	- *	-	
	Fernsehgerät	95,1	158	o	+	
	Fotoapparat	84,1	148,2	- *	-	
VER- KEHR	E-Bike	6,1	8,3	+	+	X
	Fahrrad	79,9	185,8	+	-	

Quelle: Eigene Zusammenstellung

1) Der Ausstattungsgrad und -bestand ist für das aktuellste Jahr angegeben, das verfügbar ist, d.h. Zahlen aus der EVS gelten für den Stichtag 1.1.2013 und Zahlen aus der LWR sind für den 1.1.2017 angegeben. Die Gebrauchsgütergruppen sind zwischen beiden Erhebungen nicht durchgehend identisch. In der EVS sind 93 und in der LWR sind 61 Gruppen verfügbar.

2) Die Marktrelevanz wurde basierend auf verschiedenen Quellen aus der Umsatzentwicklung abgeleitet; Einstufungen: - = sinkend (rot markiert), o = gleichbleibend (grau markiert), + = steigend (grün markiert); Daten beziehen sich auf die Jahre 2016; Quellen: Für die Haushaltsgüter aus Telekommunikation und Unterhaltungselektronik: BVT / gfu / GfK (2017); * keine spezifischen Daten verfügbar: Angaben für Telekommunikation total"; Für Verkehr: ZIV (2017); Für Haushaltsgüter: ZVEI (2017), ** keine spezifischen Daten verfügbar: Angaben für Elektro-Hausgeräte Großgeräte bzw. Kleingeräte - Herstellerumsatz;

3) Die Umweltrelevanz leitet sich aus Ergebnissen ökologischer Lebenszyklusanalysen ab, wobei auf vorhandene Berechnungen zurückgegriffen wird. Eine hohe Umweltrelevanz besteht, wenn die Produktion und / oder Nutzung eines Gebrauchsgutes mit einem hohen Materialbedarf und Emissionen verbunden sind. Einbezogen wird auch der Aspekt einer Gesamtmenge an jeweiligen Gebrauchsgütern, die sich aus dem Ausstattungsgrad und -bestand herleiten lassen. Einstufungen: - = hohe Relevanz (grün markiert), o = gleichbleibend (grau markiert), + = geringe Relevanz (rot markiert); Quelle: Eigene Abschätzung basierend auf Greiff et al. (2017) und Buhl et al. (2016)

2.1.4 Referenzprodukte

Für jeden ausgewählten Produkttyp wird gemäß Leistungsbeschreibung ein sogenanntes "Referenzprodukt" bestimmt. Diese Referenzprodukte sind im Sinne von Stellvertretern der Produkttypen zu verstehen und stellen eine Untergruppe innerhalb der Produkttypen dar³ (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2 Überblick über die untersuchten Referenzprodukte

Gebrauchsgütergruppe	Produkttyp	Referenzprodukt
HAUSHALTSGÜTER	Waschmaschine	Standgerät, Frontlader, Fassungsvermögen ca. 6 bis 8 kg (Trommelgröße)
	Geschirrspülmaschine	Vollintegrierbar, Standgerät, Unterbau, 60 cm (12 bis 14 Maßgedecke)
	Kühlschränke	Kühl- Gefrierkombination, 200-400l Nutzinhalt
TELEKOMMUNIKATION	Telefon mobil	Smartphone, Betriebssystem Android / iOS
UNTERHALTUNGSELEKTRONIK	Flachbildfernseher (LCD, Plasma)	Flachbildfernseher, LCD, Bildschirmdiagonale: Gruppe 1 : ab 32 - 39 Zoll, Gruppe 2 : >39 - 47 Zoll, Gruppe 3 : >47 Zoll
VERKEHR	E-Bike	Elektrofahrrad: Pedelec

Die Bestimmung von Referenzprodukten ist notwendig, da jeder Produkttyp aus einer nahezu unüberschaubaren Vielfalt an Produkten besteht. Allein das Beispiel Smartphone zeigt, dass es unerlässlich ist, aus der Modellvielfalt der Hersteller eine möglichst typische Produktvariante zu definieren oder ein hypothetisches Modell zu beschreiben, das eine möglichst hohe Repräsentativität für den gesamten Produkttyp hat. Diese ist u.a. bestimmt durch einen vergleichbaren Funktions- und Leistungsumfang und Kaufpreis.

Für die Vergleichbarkeit von älteren und neueren Modellen ist es notwendig, Mindestkriterien zu definieren. Beispielsweise sind die heute verfügbaren Smart Funktionen bei Haushaltsgeräten nicht als Vergleichskriterium nutzbar, da dies bei älteren Geräten nicht verfügbar war. Auch sind Zusatzfunktionen wie eine Mengenautomatik bei Waschmaschinen auch nicht immer bei älteren Geräten verfügbar. Wenn also ein Vergleich basierend auf Funktionalitäten vorgenommen wird, so werden einerseits der Stand der Entwicklung der älteren Geräte und andererseits die heute marktverfügbaren Funktionalitäten die Ausgangsbasis bilden.

2.1.5 Produkt-Altersklassen

Die in der Leistungsbeschreibung geforderte Definition von Altersklassen wurde zugunsten einer feineren, d.h. jährlichen Aufschlüsselung der Daten umgesetzt.

Als maximale Altersangabe wurde die Lebensdauer angenommen. Beim Smartphone wurden die Berechnungen auf ein maximales Alter von 4 Jahren begrenzt, da es bei der Ermittlung des Gebrauchtwertes aus der Marktstichprobe heraus keinen Artikel gab, der mit einem höheren Alter als 4 Jahre angegeben wurde.

³ Die Bezeichnung "Referenzprodukt" stellt in der Methodik der ökologischen Lebenszyklusanalyse eigentlich das Produkt(system) dar, das zum Vergleich mit dem untersuchten Produkt(system) definiert wird. Daher wird im Folgenden das in der Leistungsbeschreibung bezeichnete Referenzprodukt als "Stellvertreterprodukt" gedacht, um sich begrifflich abzugrenzen.

2.2 Modellierung der Reparaturkostenempfehlungen

2.2.1 Die drei Module im Überblick

Die RKE werden in drei Modulen ermittelt:

- Modul Gebrauchtwertermittlung
- Modul Effizienzkosten innerhalb der Nutzungsphase
- Modul Reparaturkostenempfehlung

Der Gebrauchtwert G eines Referenzproduktes wird durch Marktstichproben in Abhängigkeit seines Alters bzw. Restnutzungsdauer RND ermittelt. Die Restnutzungsdauer entspricht der Lebensdauer abzüglich des Alters. Der Gebrauchtwert stellt dementsprechend den durchschnittlich erzielten Preis entsprechend verkaufter Artikel dar.

Die Effizienzkosten EK eines Altgeräts sind theoretische Mehrkosten, die Verbraucher*innen haben, wenn das weitergenutzte Altgerät eine niedrigere EEK besitzt als das theoretische Neugerät. Sie sind für die gesamte Restnutzungsdauer RND des Geräts einzubeziehen. Sie berechnen sich aus den zusätzlichen Stromkosten $SK_{\text{zusätzlich}}$ und ggfs. zusätzlichen Wasserkosten $WK_{\text{zusätzlich}}$. Diese ergeben sich aus der Differenz der jährlichen (j) Stromkosten zwischen dem Altgerät und Neugerät $SK_{\text{alt},j} - SK_{\text{neu},j}$ sowie ggf. aus der Differenz der jährlichen (j) Wasserkosten zwischen dem Altgerät und Neugerät $SK_{\text{alt},j} - SK_{\text{neu},j}$ über die gesamte Restnutzungsdauer ergeben. Die unterschiedlichen Kosten resultieren aus unterschiedlichen Verbräuchen zwischen den EEK.

$$EK = SK_{\text{zusätzlich}} + WK_{\text{zusätzlich}}$$

mit

$$SK_{\text{zusätzlich}} = (SK_{\text{alt},j} - SK_{\text{neu},j}) \cdot RND$$

und

$$WK_{\text{zusätzlich}} = (WK_{\text{alt},j} - WK_{\text{neu},j}) \cdot RND$$

Es werden die theoretisch zusätzlichen Kosten für Altgeräte aller verfügbaren EEK im Vergleich mit zwei verschiedenen EEK von Neugeräten verglichen. Die beiden EEK der Neugeräte sind dabei A+++ und A (als beste und schlechteste EEK der Neugeräte).

Die theoretisch ermittelte Reparaturkostenempfehlung RKE entspricht dem Intervall zwischen Null und den sich maximal lohnenden Reparaturkosten.

$$RKE = [0, RK_{\text{max}}]$$

Die sich maximal lohnenden Reparaturkosten RK_{max} ergeben sich aus dem ermittelten Gebrauchtwert G abzüglich der Effizienzkosten EK .

$$RK_{\text{max}} = G - EK$$

Als Ergebnis wird also eine RKE in Abhängigkeit der Restnutzungsdauer ermittelt, die eine Einschätzung ermöglicht, ob sich eine Reparatur aus finanzieller Sicht lohnt. Es soll dabei der Kostenrahmen ermittelt werden, den eine Reparatur kosten darf (als rechnerische Differenz).

Beispielhaft sei hier die RKE für eine Waschmaschine mit einer *RND* von 9 Jahren gegeben (Alter 3 Jahre). Das Altgerät hat die EEK A++ und wird mit einem Neugerät der EEK A+++ verglichen. Der Gebrauchtwert G des Altgerätes beträgt 214 Euro. Die Stromkosten $SK_{alt,j}$ des Altgerätes betragen jährlich 65 Euro und kumuliert für die Restnutzungsdauer 583 Euro. Die Stromkosten $SK_{neu,j}$ des Neugerätes betragen jährlich 57 Euro und kumuliert für die Restnutzungsdauer 514 Euro. Die Wasserkosten $WK_{alt,j}$ des Altgerätes betragen jährlich 44 Euro und kumuliert für die Restnutzungsdauer 398 Euro. Die Wasserkosten $WK_{neu,j}$ des Neugerätes betragen jährlich 39 Euro und kumuliert für die Restnutzungsdauer 353 Euro. Die Effizienzkosten EK des Altgerätes (schlechtere EEK, höhere Kosten) zum Neugerät betragen in der Summe 114 Euro. Somit betragen die sich maximal lohnenden Reparaturkosten RK_{max} ca. 100 Euro.

Eine Empfehlung, **ob** sich die Reparatur eines Altgerätes aus finanzieller Sicht lohnt, kann dann ausgesprochen werden, wenn:

$$0 \leq RK_{max} = G - EK$$

Die **Höhe der Empfehlung** entspricht den Reparaturkosten. Diese können als Kosten in Euro angegeben werden oder als Verhältnis zum Preis des Neugerätes.

2.2.2 Modul Gebrauchtwertermittlung

Im Folgenden wird die Herleitung des Ansatzes zur Berechnung des Gebrauchtwertes dargestellt. Es wurden zwei Ansätze untersucht: Ansatz A beschreibt die Gebrauchtwertentwicklung mittels einer Marktstichprobe und logarithmischer Regression. Ansatz B stellt die Wertentwicklung basierend auf einer arithmetischen Abschreibungskurve dar.

Ansatz A: Logarithmische Wertentwicklungen

In Abbildung 1 ist exemplarisch die Methode der Bestimmung des Werts eines Gebrauchtguts dargestellt. Zunächst wird in eBay nach verkauften Artikeln der Referenzprodukte gesucht, um aus diesen eine Stichprobe mit gebrauchten und defekten Gütern aufzubauen. Aus dieser Stichprobe lassen sich verschiedene Größen ableiten.

Der Schrottwert entspricht dem mittleren Verkaufswert aller defekten Geräte. Er wird als altersunabhängig angenommen, da für defekte Artikel in den wenigsten Fällen eine Altersangabe vorliegt (siehe Dokumentation der jeweiligen Stichprobe).

Zur Ermittlung der Wertverlustkurve wurden zwei Ansätze untersucht:

- Abbildung 1 zeigt die Wertverlustkurve basierend auf einer logarithmischen Regression mittels einer Mittelwertberechnung je Alter.
- Abbildung 2 zeigt die Wertverlustkurve basierend auf einer logarithmischen Regression aus dem gesamten Datensatz (für gebrauchte Geräte mit Altersangaben).

Wertverlustkurve basierend auf einer logarithmischen Regression mittels einer Mittelwertberechnung

Der Durchschnittspreis berechnet sich aus dem durchschnittlichen Wert der verkauften Artikel. Ausgenommen aus der Berechnung werden jegliche als defekt beschriebene Waren sowie jene, die noch nicht älter als vier Jahre und deren Verkaufswert geringer als der Schrottwert ist. Diese Annahme wurde getroffen, weil neuere Geräte, die unter Schrottwert verkauft werden, den Mittelwert stark verzerren. Da sich der Verkaufswert älterer Geräte dem Schrottwert annähert oder diesen unterbietet, wird diese Unterscheidung lediglich in den ersten vier Jahren getroffen.

Über die Durchschnittspreise wird, mittels Excel, eine logarithmische Regression gelegt, sodass sich die nicht-lineare Wertentwicklung auch im Modell abbildet. Das heißt, der Gebrauchtwert eines nahezu neuen Produkts ist höher als der Gebrauchtwert des gleichen aber älteren Produkts.

Wertverlustkurve basierend auf einer logarithmischen Regression aus dem gesamten Datensatz

Parallel wurde getestet, wie sich der Gebrauchtwert entwickelt, wenn man anstatt der Mittelwerte, den gesamten Datensatz der gebrauchten Artikel mit Altersangaben nutzt. Ansonsten gelten dieselben Annahmen (Abschneiden von Daten unterhalb des Schrottwerts bei Geräten im Alter von 1 bis 4).

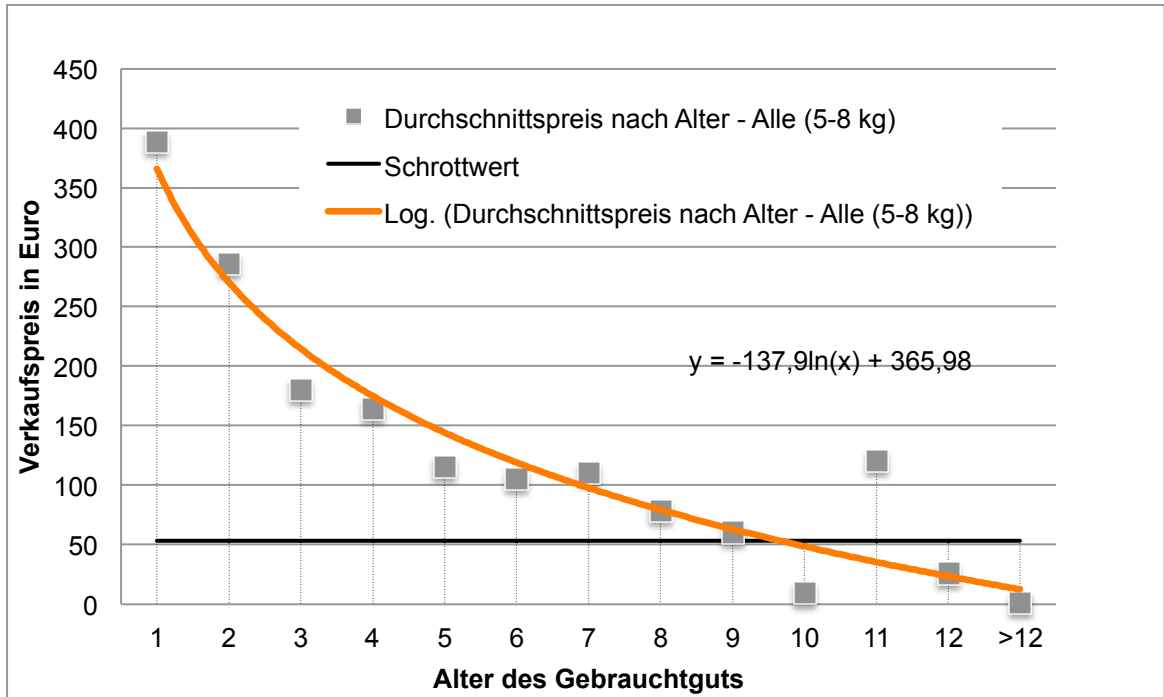


Abbildung 1 Logarithmische Wertentwicklung nach Ansatz A am Beispiel der Waschmaschine – Mittelwerte je Alter. Dargestellt sind die durchschnittlich erzielten Verkaufspreise, die angenommene Entwicklung sowie der Schrottwert des Produkts.

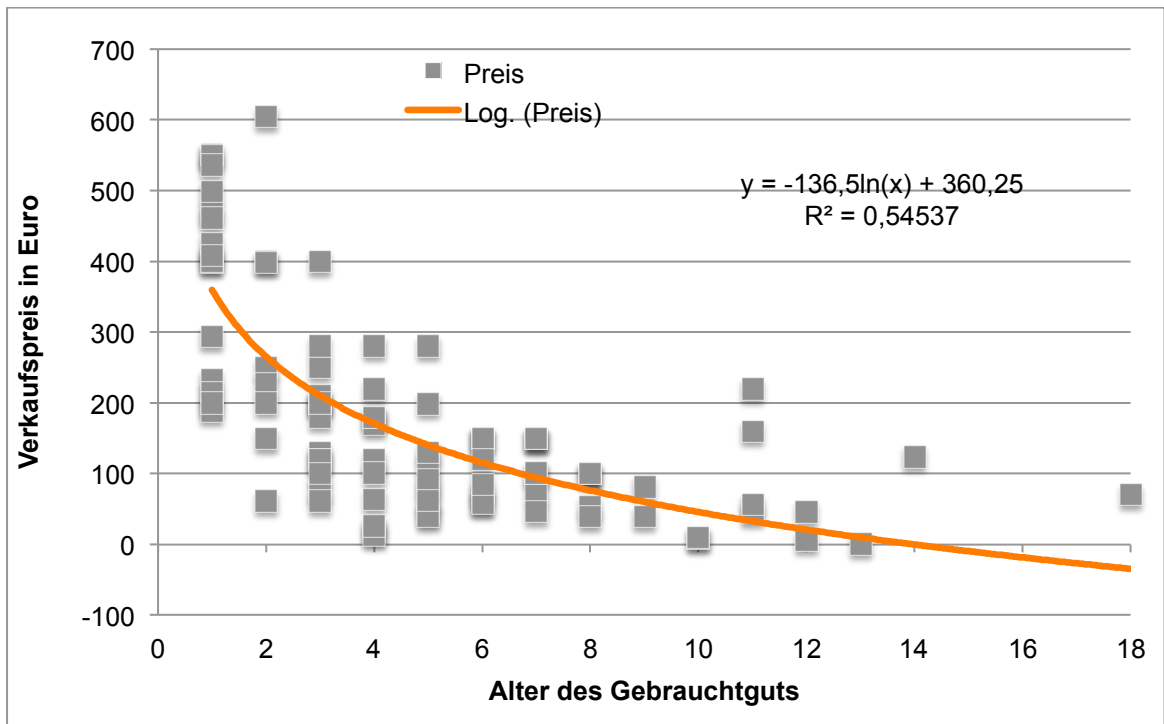


Abbildung 2 Logarithmische Wertentwicklung nach Ansatz A am Beispiel der Waschmaschine – keine Mittelwertberechnung. Dargestellt sind die durchschnittlich erzielten Verkaufspreise, die angenommene Entwicklung sowie der Schrottwert des Produkts.

Zum Vergleich ist in Tabelle 3 alternativ zum Durchschnittspreis eine logarithmische Regression aus dem gesamten Datensatz (für gebrauchte Geräte mit Altersangaben) dargestellt. Es ergibt sich kein wesentlicher Unterschied.

Tabelle 3 Vergleich der beiden Wertverlustkurven – logarithmische Regression (in Euro)

Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	>12
Geglätteter Wertverlust – Mittelwert	366	270	214	175	144	119	98	79	63	48	35	23	12
Geglätteter Wertverlust – gesamter Datensatz	360	266	210	171	141	116	95	76	60	46	33	21	10
Differenz	6	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2

Ansatz B: Arithmetisch degressive Abschreibung

Ein alternatives Modell ist die arithmetisch degressive Abschreibung. Diese stammt aus dem Rechnungswesen und beschreibt über die jährliche Abschreibung die Wertentwicklung eines Guts. Benötigt werden für die Berechnung der Neupreis N , der Schrottwert S und die Lebensdauer L des Produkts.

Aus diesen Größen wird der Degressionsfaktor D bestimmt:

$$D = 2 * \frac{N - S}{L * (L + 1)}$$

Diese Größe ist die Grundlage für die folgenden Berechnungen. Der jährliche Abschreibungsbetrag $a(t)$ ist der jährliche Wertverlust. Dieser nimmt, über die gesamte Lebensdauer in jedem Jahr, um den gleichen Betrag ab und bestimmt sich über:

$$a(t) = D * (L - t + 1)$$

Der für diese Analyse wichtige Restwert $r(t)$ berechnet sich zu guter Letzt aus dem Restwert im vorigen Zeitschritt abzüglich des Abschreibungswerts.

$$r(t) = tr(t - 1) - a(t)$$

In Abbildung 3 ist die arithmetisch degressive Abschreibung für ein beliebiges Produkt mit einem angenommenen Neuwert von 675 €, einem Schrottwert von 81 € und einer Lebensdauer von 13 Jahren (für die Vergleichbarkeit zu Ansatz A wurden die Daten des Produkttyps Waschmaschine genutzt).

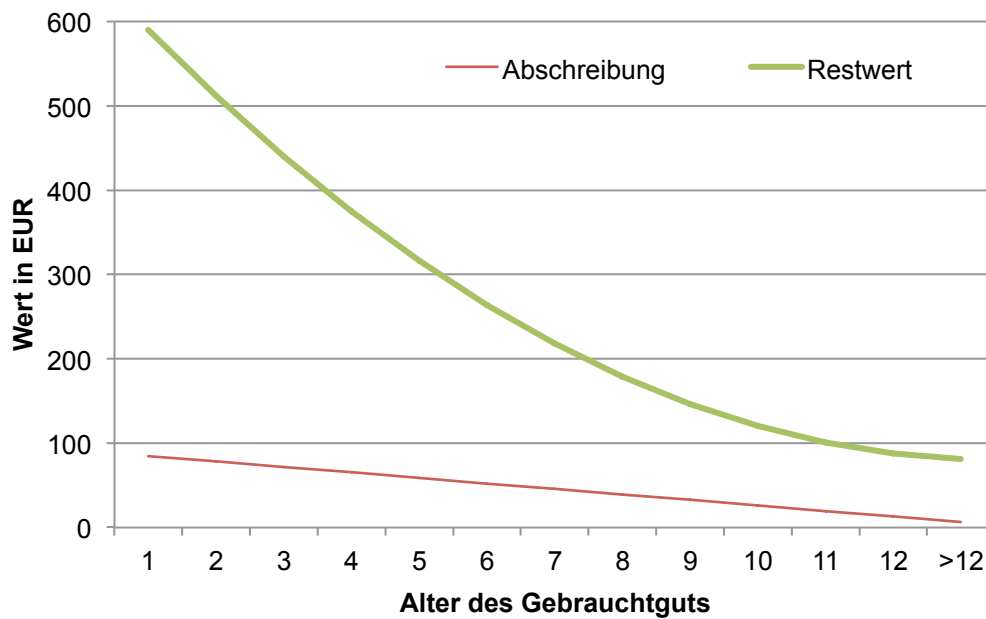


Abbildung 3 Wertentwicklung nach der arithmetisch degressiven Abschreibung. Dargestellt sind der Restwert und der Abschreibungswert abhängig vom Alter des Produkts.

Beide Ansätze sind Grobabschätzungen für die Entwicklung von Gebrauchtwerten. In dieser Arbeit wird auf Ansatz A zurückgegriffen, da dieser sowohl die abflachende Wertentwicklung abbildet und auf Stichproben beruht. Im Vergleich hierzu scheint Ansatz B Annahmen abhängiger. Darüber hinaus scheint die Kurve der degressiven Abschreibung weiter entfernt von den Realwerten (aus der Marktstichprobe) als die logarithmische Regression.

2.2.3 Modul Effizienzkosten innerhalb der Nutzungsphase

Die Modellierung bildet Effekte einer besseren Effizienz in der Nutzungsphase ab. Dabei werden die Einsparungen an Energie(kosten) und ggf. weiteren Kosten (z.B. Wasser) integriert, sobald dies relevant für einen bestimmten Produkttyp ist.

Tabelle 4 listet die in dieser Studie ermittelten Effizienzkosten der Referenzprodukte auf. Es wurden bei zwei Referenzprodukten Strom- und Wasserkosten ermittelt, bei drei Produkten fließen die Stromkosten ein. Beim Referenzprodukt E-Bike wurden keine EK ermittelt.

Tabelle 4 Überblick über die modellierten Effizienzkosten der Referenzprodukte

Gebrauchsgütergruppe	Produkttyp	Effizienzkosten
HAUSHALTSGÜTER	Waschmaschine	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromkosten nach EEK ▪ Wasserkosten nach EEK
	Geschirrspülmaschine	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromkosten nach EEK ▪ Wasserkosten nach EEK
	Kühl-Gefrierkombination	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromkosten nach EEK
TELEKOMMUNIKATION	Telefon mobil (Autotelefon, Handy)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromkosten nach Akkukapazität
UNTERHALTUNGSELEKTRONIK	Flachbildfernseher (LCD, Plasma)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromkosten nach EEK
VERKEHR	E-Bike	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine Effizienzkosten

Herleitung des Rahmens für die Einstufung in **Effizienzgruppen**: Je nach Datenverfügbarkeit wurden entweder die Energieeffizienzklassen oder eine andere anwendbare Einstufung gewählt, die eine sinnvolle Abstufung erlauben (z.B. Akkukapazität). Je Effizienzgruppe wurde ein Wert für den Verbrauch hinterlegt. Fehlende Verbrauchswerte wurden durch Interpolation oder Extrapolation mit jeweiligen Steigerungsannahmen bestimmt.

Für die Strom- und Wasserpreise wurde das Referenzjahr 2017 angenommen. Der Referenzwert des **Strompreises** von 29,16 cent /kWh basiert auf den Angaben des BDEW (2017), dem ein durchschnittlicher jährlicher Verbrauch von 3.500 kWh zugrunde liegt. Der BDEW bezieht in die Berechnungen die folgende Preiselemente ein: Beschaffung, Vertrieb; Netzentgelt inkl. Messung, Abrechnung, Messstellenbetrieb; Mehrwertsteuer; Konzessionsabgabe, Umlagen aus dem EEG, KWKG, §19 Strom-NEV-Umlage sowie die Offshore-Haftungsumlage, Umlage für abschaltbare Lasten und die Stromsteuer. Es wurde jeweils ein Preis im nationalen Durchschnitt angenommen, d.h. es wurde keine regionale Differenzierung vorgenommen.

Der **Wasserpreis** setzt sich aus dem Trinkwasserentgelt und dem Abwasserentgelt zusammen (Statistisches Bundesamt 2009). Aus den umweltstatistischen Erhebungen liegen Entgeltentwicklungen verschiedener Jahre vor. Das Trinkwasserentgelt liegt bis zum Jahr 2013 vor (Statistisches Bundesamt, o.J. a). Das Abwasserentgelt liegt bis zum Jahr 2010 vor (Statistisches Bundesamt, o.J. b). Entsprechend wurden beide Statistiken linear fortgeschrieben, und ein Wasserpreis von 0,0043 Cent pro Liter für das Jahr 2017 angenommen (Tabelle 5).

Tabelle 5 Ermittlung des Wasserpreises (in Euro)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Trinkwasserentgelt pro m ³	1,65	1,66	1,67	1,69	1,71*	1,73*	1,75*	1,76*
Anstieg zum Vorjahr	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
Trinkwasserentgelt pro Liter	0,00165	0,00166	0,00167	0,00169	0,00171	0,00173	0,00175	0,00176
Abwasserentgelt pro m ³	2,36	2,38	2,4	2,42	2,44**	2,46**	2,48**	2,5**
Anstieg zum Vorjahr	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
Abwasserentgelt pro Liter	0,00236	0,00238	0,0024	0,00242	0,00244	0,00246	0,00248	0,0025
Summe (pro m ³) in Euro	4,01	4,04	4,07	4,11	4,15	4,19	4,23	4,26
Summe (pro Liter) in Euro	0,00401	0,00404	0,00407	0,00411	0,00415	0,00419	0,00423	0,0043

Quellen: Trinkwasserentgelt basiert auf Statistisches Bundesamt (o.J.a), Abwasserentgelt basiert auf Statistisches Bundesamt (o.J.b); * Fortschreibung seit 2013, ** Fortschreibung seit 2010; Hervorhebung des genutztes Wasserpreises (orange / grau hinterlegt)

2.2.4 Modul Reparaturkosten

Führt man diese beiden Module rechnerisch zusammen, so ergibt sich die vereinfachte Ermittlung der Reparaturkosten, die maximal lohnenswert sind.

Zur Erläuterung wird in Abbildung 4 beispielhaft die Modellierung der Waschmaschine - Variante 1 und darin der Vergleich mit einem Altgerät A++ dargestellt. Bei einer Restnutzungsdauer von 8 Jahren ist G 175 Euro. Das Altgerät kann noch 8 Jahre genutzt werden, sodass für diese Nutzungsdauer die möglichen Effizienz einsparungen im Vergleich zu einem Neugerät A+++ gegenübergestellt werden. Bei $SK_{alt A++}$ von 518 Euro und $SK_{neu A+++}$ von 467 Euro ergeben sich $SK_{zusätzlich}$ von 61 Euro. Bei $WK_{alt A++}$ von 354 Euro und $WK_{neu A+++}$ von 314 Euro ergeben sich $WK_{zusätzlich}$ von 40 Euro. So könnten durch die Nutzung eines A+++ Neugerätes 101 Euro EK eingespart werden. Schließlich ergibt dies RK_{max} von 74 Euro (= 175 – 101 Euro).

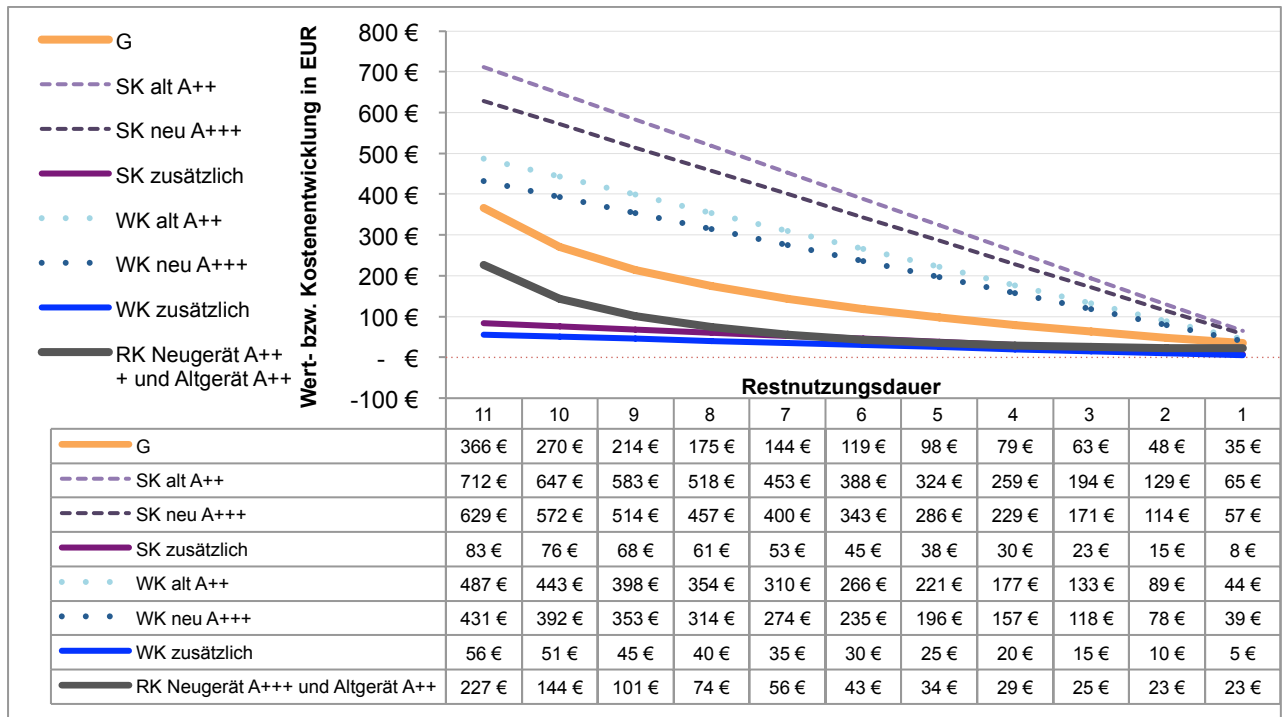


Abbildung 4 Schematische Berechnung der Reparaturkosten für eine Waschmaschine

Im Modell werden nach dieser Methode die Reparaturkosten für alle Geräte verschiedener EEK (wenn verfügbar) und RND ermittelt. Nicht alle Ergebnisse stellen jedoch real verfügbare Geräte dar. Am Beispiel der Waschmaschine wird die reale Verfügbarkeit verschiedener EEK dargestellt (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6 Einschränkung der Gültigkeit der Reparaturkostenempfehlung durch real verfügbare EEK am Beispiel der Waschmaschine und Geschirrspüler

Jahr	2017	2016	2015	2014*	2013	2012*	2011	2010	2009	2008	2007
Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RND	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++
	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	B bis G	B bis G	B bis G	B bis G	B bis G	B bis G	B bis G	B bis G	B bis G	B bis G	B bis G

Quelle: UBA (2011, 2011b); verfügbare EEK sind grün markiert; nicht verfügbare EEK sind rot markiert;

* Geräte unterhalb der Effizienzklasse A+ dürfen ab 12/2013 nicht mehr in den Handel gelangen bzw. Geräte unterhalb der Effizienzklasse A dürfen ab 12/2011 nicht mehr in den Handel gelangen. Vereinfachend wurde der Gültigkeitsbereich auf die Folgejahre „aufgerundet“, d.h. 12/2013 wurde ab 2014 und 12/2011 wurde ab 2012 angenommen.

Exkurs Neugeräte

Erprobt wurde auch die Berechnung des Verhältnisses von RK_{max} zum Anschaffungspreis eines Neugerätes, um ggf. allgemeingültige Effekte abzuleiten.

Anhand einer von der Plattform „Ecotopten“ bereitgestellten Marktübersicht aus dem Jahr 2017 wurden durchschnittliche Kaufpreise für energieeffiziente Neugeräte ermittelt. Ecotopten konnte bei fünf der sechs Produkttypen (außer Smartphone) genutzt werden. Die im Ecotopten Datensatz vorhandenen Kaufpreise basieren auf Preislisten der Suchplattform idealo. Die Marktübersicht enthält überwiegend Daten zu den energieeffizientesten Geräten, z.B. Waschmaschinen der EEK A+++ oder Fernseher der EEK A++ und A+. Diese wurden für den Neupreis in der Berechnung der Variante 1 genutzt (siehe Tabelle 7).

Für die Kaufpreise von Geräten mit geringerer EEK (Variante 2) wurden – wenn möglich - ergänzende Stichproben gezogen, diese aber mit geringerer Stichprobengröße, da im Suchzeitraum weniger Geräte der EEK A+ bzw. A marktverfügbar waren.

Je nach gesetztem Untersuchungsrahmen wurden vergleichende Gruppen und Varianten berechnet (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7 Modellierte Gruppen und Varianten der Referenzprodukte

Referenzprodukt	Gruppen	Altgeräte	Neugeräte Variante 1	Neugeräte Variante 2
Waschmaschine	Keine	EEK A+++ bis G	EEK A+++	EEK A+
Geschirrspülmaschine	Keine	EEK A+++ bis G	EEK A+++	EEK A+
Kühl- Gefrierkombination	keine	EEK A+++ bis G	EEK A+++	EEK A+ *
Smartphone	Betriebssystem Android Betriebssystem iOS	Akkukapazität 1.500 bis 3.000 kWh (vier Abstufungen)	Akkukapazität 3.000 kWh	keine
Flachbildfernseher (LCD)	Gruppe 1 : ab 32 - 39 Zoll Gruppe 2 : >39 - 47 Zoll Gruppe 3 : >47 Zoll	EEK A++ bis G	EEK A++	EEK B *
E-Bike	keine	Typ Pedelec	Typ Pedelec	keine

* Der Neupreis der Variante 2 entspricht dem Neupreis der Variante 1;

Alle Berechnungen fließen in die RKE ein. Am Beispiel der Waschmaschine (Variante 1) wird in Tabelle 8 die Darstellung der Ergebnisse erläutert.

Die RK_{max} werden kumuliert nach Restnutzungsdauer pro Jahr dargestellt. Es werden die Ergebnisse der Gebrauchtwertentwicklung des Altgerätes genutzt und die Summe der Effizienzkosten subtrahiert (hier: Variante 1 - Vergleich mit der effizientesten marktverfügbaren EEK A+++). Die Ergebnisse sind je Altgerät-Abstufung in Euro angegeben (hier: EEK A+++ bis EEK G). Zusätzlich ist das Verhältnis der RK_{max} zu den ermittelten durchschnittlichen Kaufpreisen von Neugeräten je Restnutzungsdauer angegeben (hier: Preis eines Neugerätes EEK A+++). Die gültigen Fälle (real verfügbare EEK) sind durch Rahmen gekennzeichnet. Für den gültigen Fall eines Altgerätes der EEK A++ mit einer RND von Jahren wurden RK_{max} von 100 Euro berechnet, die 15 % des Neupreises entsprechen.

Tabelle 8 Reparaturkostenempfehlung für Altgeräte verschiedener EEK im Vergleich zu Neugerät A+++ - Waschmaschine – Variante 1

Restnutzungsdauer	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Altgerät A+++	366 €	270 €	214 €	175 €	144 €	119 €	98 €	79 €	63 €	48 €	35 €
Verhältnis zu Neukauf A+++	54%	40%	32%	26%	21%	18%	14%	12%	9%	7%	5%
Altgerät A++	227 €	144 €	100 €	73 €	55 €	43 €	34 €	29 €	25 €	23 €	23 €
Verhältnis zu Neukauf A+++	34%	21%	15%	11%	8%	6%	5%	4%	4%	3%	3%
Altgerät A+	74 €	5 €	-24 €	-37 €	-42 €	-40 €	-35 €	-27 €	-17 €	-5 €	9 €
Verhältnis zu Neukauf A+++	11%	1%	-4%	-6%	-6%	-6%	-5%	-4%	-2%	-1%	1%
Altgerät A	-104 €	-156 €	-170 €	-167 €	-155 €	-137 €	-116 €	-92 €	-65 €	-37 €	-7 €
Verhältnis zu Neukauf A+++	-15%	-23%	-25%	-25%	-23%	-20%	-17%	-14%	-10%	-5%	-1%
Altgerät B	-285 €	-321 €	-318 €	-298 €	-270 €	-236 €	-198 €	-157 €	-114 €	-70 €	-24 €
Verhältnis zu Neukauf A+++	-42%	-47%	-47%	-44%	-40%	-35%	-29%	-23%	-17%	-10%	-4%
Altgerät C	-479 €	-497 €	-476 €	-439 €	-393 €	-342 €	-286 €	-228 €	-167 €	-105 €	-41 €
Verhältnis zu Neukauf A+++	-71%	-74%	-70%	-65%	-58%	-51%	-42%	-34%	-25%	-16%	-6%
Altgerät D	-672 €	-674 €	-635 €	-580 €	-517 €	-448 €	-374 €	-298 €	-220 €	-140 €	-59 €
Verhältnis zu Neukauf A+++	-99%	-100%	-94%	-86%	-76%	-66%	-55%	-44%	-33%	-21%	-9%
Altgerät E	-875 €	-858 €	-801 €	-728 €	-646 €	-558 €	-466 €	-372 €	-275 €	-177 €	-77 €
Verhältnis zu Neukauf A+++	-83%	17%	117%	217%	317%	417%	517%	617%	717%	817%	917%
Altgerät F	-1.093 €	-1.056 €	-980 €	-887 €	-785 €	-677 €	-566 €	-451 €	-335 €	-217 €	-97 €
Verhältnis zu Neukauf A+++	-83%	17%	117%	217%	317%	417%	517%	617%	717%	817%	917%
Altgerät G	-1.330 €	-1.271 €	-1.173 €	-1.059 €	-935 €	-806 €	-673 €	-537 €	-400 €	-260 €	-119 €
Verhältnis zu Neukauf A+++	-83%	17%	117%	217%	317%	417%	517%	617%	717%	817%	917%

Da die prozentuale Darstellung keine ableitbaren Zusammenhänge zwischen Neupreis und RK_{max} ergeben, wird im Folgenden auf diese Darstellung verzichtet und nur die nominale Größe in Euro angegeben.

3 Ergebnisse der Modellierung für ausgewählte Produkttypen

Vorgehen und Ergebnisse der Modellierung werden für jeden Produkttyp beschrieben, dabei werden die folgenden Aspekte dargestellt:

- Referenzprodukt
- Gebrauchtwertermittlung (inkl. Darstellung der Stichprobe)
- Effizienzkosten
- Kaufpreis der Neugeräte (inkl. Darstellung der Stichprobe)

3.1 Waschmaschine

3.1.1 Referenzprodukt

Für den Produkttyp Waschmaschine wurde das in Tabelle 9 dargestellte Referenzprodukt definiert.

Tabelle 9 Referenzprodukt Waschmaschine

Merkmale	Erläuterung	Quellen
Funktionen	Waschvollautomat, Waschen, Spülen und Schleudern, Programmdauer verschiedener Waschprogramme, Mengenautomatik	EcoTopTen & Öko-Institut 2016
Bauart ¹⁾	Standgerät, Frontlader	EcoTopTen 2017
Fassungsvermögen ¹⁾	ca. 6 bis 8 kg (Trommelgröße)	EcoTopTen 2017
Effizienz	Energieeffizienzklasse: A+++ und A (bei neuen Geräten); keine Einschränkung bei Altgeräten	EcoTopTen 2017, Eigene Annahme
Haltbarkeit	ca. 12 Jahre (Annahme: 220 Wäschezyklen und anteilig volle und halbe Beladung bei verschiedenen Waschprogrammen)	EcoTopTen & Öko-Institut 2016

1) Häufigste Nennung

3.1.2 Gebrauchtwert

Die Marktstichprobe auf ebay wurde nach den folgenden Suchkriterien erhoben: Artikel verkauft, Waschmaschine, Standgerät, Frontlader, 5 bis 8 kg Fassungsvermögen. Im Zeitraum September bis November 2017 wurden die in Tabelle 10 dargestellten Daten gesammelt. Dabei wurden chronologisch die aktuellsten verkauften Artikel recherchiert. Angaben zu Alter, Stromverbrauch und EEK wurden aus den Artikelbeschreibungen entnommen.

Die Stichprobengröße für Waschmaschinen liegt bei insgesamt 240 verkauften Geräten, von denen 192 gebraucht und 48 defekt deklariert sind. Darin sind die Datensätze jedoch nicht vollständig, in dem Sinne, dass Altersangaben, Trommelgrößen und EEK zusammen verfügbar sind. Sodass Altersangaben für gebrauchte Geräte für n=90 verfügbar sind und EEK für gebrauchte Geräte für n=134 (bzw. n=75 bei einer kombinierten Abfrage von Alter + EEK). Zur Ermittlung des Schrottwertes wurden alle Datensätze defekter Geräte genutzt (n=48; altersunabhängig bzw. ohne Altersangabe).

Da im Erhebungszeitraum keine Waschmaschinen mit einer Trommelgröße von 8 kg und älter als 5 Jahre erhebbar waren, wurde das Sample auf eine Trommelgröße von 5-8 kg erweitert. Eine Differenzierung nach EEK wurde nicht angewendet (zu kleine Stichprobe).

Tabelle 10 Stichprobe – Gebrauchtwert Waschmaschine

Zustand	Gesamt	Altersangabe					Angabe einer Effizienzklasse					Altersangabe und Angabe einer EEK	
Gesamt	240	101					147					80	
Gebraucht	192	90					134					75	
Defekt	48	11					13					5	

	Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anzahl (gebraucht) - Alle (5-8kg)		15	8	14	11	9	8	7	5	2	2	4	2
Anzahl + Alter + Trommelgröße 8 kg		11	5	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl (defekt)		1	1	1	1	2	2	1	0	1	0	1	0

Mittelwerte in Euro (gebraucht)													
Preis + Alter + Alle (5-8kg)	389	287	181	164	116	106	110	79	61	10	121	26	
Preis + Alter + Trommelgröße 8 kg	412	376	225	170	198	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
Preis + Alter + Trommelgröße 7-8 kg	389	324	183	178	149	111	150	77	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	
Preis + Alter + Trommelgröße 6-8 kg	389	306	192	164	137	85	114	73	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	

Gebrauchtwert (in Euro)													
Geglätteter Wertverlust	366	270	214	175	144	119	98	79	63	48	35	23	
Schrottwert	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53

*Hervorhebung orange: Daten wurden für die Berechnung der Wertverlustkurve genutzt (Ergebnis: **Geglätteter Wertverlust**). Die Summe der Anzahl aus den Jahren 1-12 ist geringer als die Anzahl aller gebrauchten Geräte mit Altersangaben, da auch Geräte identifiziert wurden, die älter als 12 Jahre sind. Die vertikale Trennungslinie zwischen dem 5. und 6. Jahr (Alter) kennzeichnet den Ausschluss (bis zum 5. Jahr) des Schrottwertes.*

Gebrauchtwert Waschmaschine (5-8kg, Stand, Frontlader)

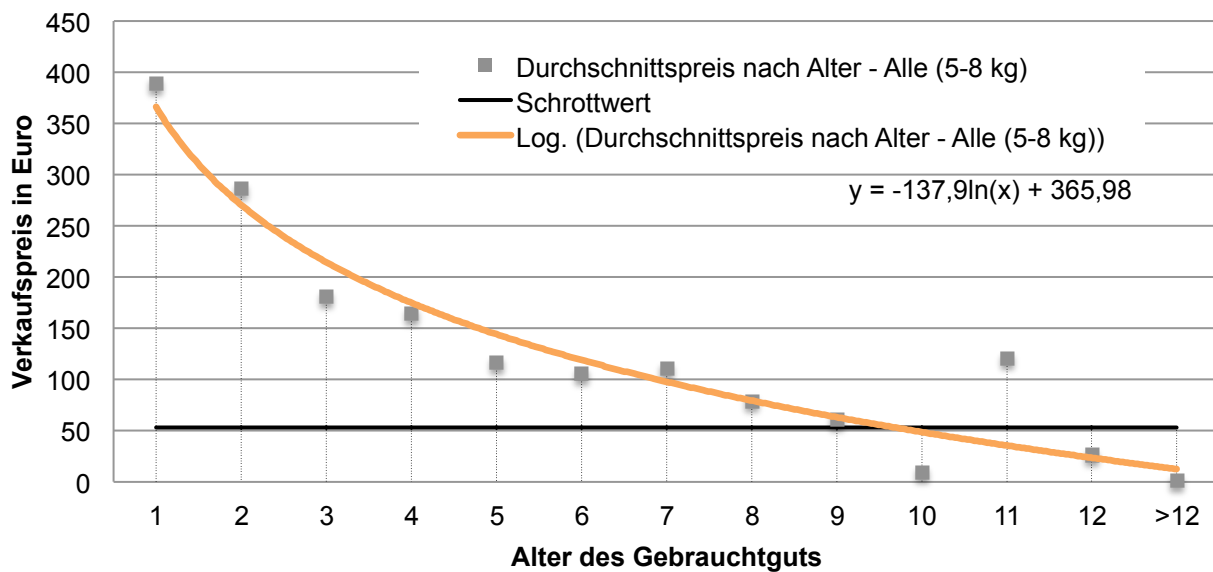


Abbildung 5 Gebrauchtwertentwicklung für Waschmaschinen. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.

Abbildung 5 zeigt die Gebrauchtwertentwicklung für Waschmaschinen. Dargestellt sind die Durchschnittspreise der Stichprobe nach Alter, die logarithmische Regression (inkl. Formel) sowie der Schrottwert.

Zur Ermittlung des durchschnittlichen Gebrauchtwertes je Alter wurden zwei Annahmen getroffen: 1) Es wird der Mittelwert aus allen verfügbaren Daten mit jeweiligem Alter genutzt und 2) Für die ersten 5 Jahre wurde ein Abschneidekriterium gewählt, dass solche Datensätze ausschließt, die einen geringeren Verkaufspreis als den Schrottwert erzielt haben. Der Schrottwert beträgt 53 €. Daraus ergibt sich ein Mittelwert je Alter (siehe Tabelle 10, Zeile „Preis + Alter + Alle (5-8 kg“).

Unter der Annahme 3), dass der Gebrauchtwert mit steigendem Alter kontinuierlich sinkt, wurde eine Wertverlustkurve über die Mittelwerte gelegt. Dazu wurde die excelbasierte Funktion der logarithmischen Regression angewendet (siehe Tabelle 10, Zeile „Geglätteter Wertverlust“).

Der Gebrauchtwert fällt von durchschnittlich 366 € (Alter 1) auf 23 € (Alter 12). Die Wertkurve schneidet den Schrottwert nach neun bis zehn Jahren.

3.1.3 Effizienzentwicklung

3.1.3.1 Stromverbrauch

Die in Tabelle 11 dargestellten jährlichen Stromverbräuche von Waschmaschinen bei 220 Waschzyklen wurden für Geräte der EEK A+++ bis D basierend auf (UBA 2011, siehe Spalte „8kg Waschmaschine“) ermittelt. Für die Geräte der EEK E bis G wurde diese Reihe fortgeschrieben mit einer angenommenen Steigerung von jeweils 11 %.

Beim Produkttyp Waschmaschine wurde getestet, ob sich Effizienzentwicklungen auch aus den Stichproben (ebay, EcoTopTen, ggf. weitere) ermitteln lassen. Tabelle 11 zeigt die vergleichenden Annahmen, die sich in diesem Fall aus eigenen Annahmen basierend auf drei verschiedenen Quellen zusammensetzen (EcoTopTen 2017; idealo internet GmbH 2017; Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union 1995).

Tabelle 11 Jährlicher Stromverbrauch von Waschmaschinen bei 220 Waschzyklen

EEK	Verbrauch kWh/Jahr	Quellen	Vergleichende Annahmen	
			kWh/Jahr	Erläuterung
A+++	196	UBA 2011	152	Berechnet aus Ecotopten (2017) (n=209)
A++	222	UBA 2011	187	Mittelwert aus A+++ und A+; keine Rohdaten in Ecotopten (2017) verfügbar
A+	252	UBA 2011	221	Berechnet aus Ecotopten (2017) (n=3)
A	290	UBA 2011	285	Berechnet aus Stichprobe EEK A (idealo) (n=3)
B	329	UBA 2011	344	
C	372	UBA 2011	408	
D	415	UBA 2011	472	Eigene Annahme** basierend auf Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union 1995
E	461	Eigene Annahme*	536	
F	511	Eigene Annahme*	600	
G	568	Eigene Annahme*	640	

* Steigerung von 11% angenommen; ** Angaben zu Energieverbrauch „C“ in kWh pro kg Wäsche im Standardprogramm „Baumwolle 60 °C; Aus den Bandbreiten je EEK wurde der durchschnittliche Verbrauch ermittelt (umgerechnet auf Jahresverbrauch bei 200 Standardzyklen und Fassungsvermögen 8kg).

Während A+++ Geräte deutlich unter der Annahme des UBA (2011) liegen, zeigen die Berechnungen (basierend auf den gesetzlichen Vorgaben) für EEK B bis G einen deutlich höheren Stromverbrauch. Beide Unterschiede lassen sich mit Marktentwicklungen begründen. Der niedrige Stromverbrauch von jährlich 152 kWh (A+++) kommt durch die Stichprobe aus den energieeffizientesten Geräten zustande. Die Stromverbräuche der EEK B bis G hingegen sind Vorgaben des Jahres 1995. Geräte die damals in den Handel kamen, wären heute über 20 Jahre alt. Die Effizienzentwicklung von Waschmaschinen lässt vermuten, dass 10 Jahre alte Geräte der EEK G im Vergleich zu den 20 Jahre alten Geräten schon effizienter sind. Damit scheinen die verwendeten Daten aus UBA (2011) eine valide Annahme für den Betrachtungszeitraum dieser Studie (Alter der Altgeräte max. 12 Jahre).

3.1.3.2 Wasserverbrauch

Der jährliche Wasserverbrauch einer Waschmaschine bei 220 Waschzyklen in Abhängigkeit ihrer Effizienzklasse ist in Tabelle 12 angegeben. Die Daten der Waschmaschinen der EEK A+++ und A+ basieren auf Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e. V. / Öko-Institut (2012). Zur Generierung der weiteren Daten wurde die Differenz der beiden aus der Quelle stammenden Werte gebildet und durch zwei geteilt. Der somit ermittelte Wert von 1195 Litern pro Jahr wurde als jeweilige Differenz der Wasserverbräuche zweier Waschmaschinen mit aufeinanderfolgender EEK angenommen.

Tabelle 12 Jährlicher Wasserverbrauch von Waschmaschinen bei 220 Waschzyklen

EEK	Verbrauch	Quellen	Vergleichende Annahmen	
	Liter / Jahr		Liter / Jahr	Erläuterung
A+++	9270	Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e. V. / Öko-Institut (2012)	10223	Berechnung basierend auf EcoTopTen (2017); n=209 (Waschmaschinen 8kg und A+++)
A++	10465	Eigene Annahme		
A+	11660	Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e. V. / Öko-Institut (2012)	10116	Berechnet aus Stichprobe EEK A (idealo); n=8 (Waschmaschinen 7-8kg und A+)
A	12855	Eigene Annahme	10687	Berechnung basierend auf EcoTopTen (2017); n=1 (Waschmaschinen 8kg und A+)
B	14050	Eigene Annahme	11449	Berechnet aus Stichprobe EEK A (idealo); n=6 (Waschmaschinen 7-8kg und A)
C	15245	Eigene Annahme		
D	16440	Eigene Annahme		
E	17635	Eigene Annahme	21369	Berechnet basierend auf GFDK (2018)*
F	18830	Eigene Annahme		
G	20025	Eigene Annahme		

* Da Angaben zum Wasserverbrauch älterer Waschmaschinen bzw. niedriger EEK nur schwer ermittelbar sind (als Neugeräte nicht verfügbar; als Gebrauchtgeräte nur selten im Angebot), wurden Angaben genutzt, die den Wasserverbrauch für bis zu 30 Jahre alte Geräte (ohne EEK Differenzierung) bereitstellen. Aus dieser Datenreihe wurde der Wasserverbrauch eines 12 Jahre alten Gerätes berechnet.

3.1.4 Neugeräte

Anhand einer von der Plattform „Ecotopten“ bereitgestellten Marktübersicht aus dem Jahr 2017 wurde ein durchschnittlicher Kaufpreis von 675 € für energieeffiziente Neugeräte (Standmaschinen) ermittelt (EcoTopTen 2017). Der gesamte Datensatz umfasst 206 Standmaschinen. Davon weisen 204 Geräte die EEK A+++ auf. Diese haben einen durchschnittlichen Kaufpreis von 676 €.

Basierend auf der gleichen Marktübersicht (n=3) und einer ergänzenden Stichprobe auf idealo.de für die EEK A+ (n=8) und EEK A (n=2) wurde für Neugeräte der EEK A+ / A ein durchschnittlicher Kaufpreis von 548 € ermittelt. Beide Anschaffungspreise fließen in die RKE ein (Vergleich der Reparaturkosten zu Neukauf einer Waschmaschine der EEK A+++ bzw. A+/A).

3.1.5 Reparaturkosten

Die Ermittlung der Reparaturkosten wurde für **zwei Varianten** durchgeführt:

- Variante 1: Vergleich der Altgeräte (verschiedene EEK) mit einem Neugerät der EEK A+++ (siehe Abbildung 7)
- Variante 2: Vergleich der Altgeräte (verschiedene EEK) mit einem Neugerät der EEK A+ (siehe Abbildung 8)

Bei beiden Varianten entspricht der Vergleich von Alt- und Neugerät derselben EEK dem Gebrauchtwert, da in der Nutzungsphase $EK = 0$ Euro resultieren.

Zur Erläuterung wird in Abbildung 6 beispielhaft die Variante 1 und darin der Vergleich mit einem Altgerät A++ dargestellt. Bei einer Restnutzungsdauer von 8 Jahren ist G 175 Euro. Das Altgerät kann noch 8 Jahre genutzt werden, sodass für diese Nutzungsdauer die möglichen Effizienzeinsparungen im Vergleich zu einem Neugerät A+++ gegenübergestellt werden. Bei $SK_{alt A++}$ von 518 Euro und $SK_{neu A+++}$ von 467 Euro ergeben sich $SK_{zusätzlich}$ von 61 Euro. Bei $WK_{alt A++}$ von 354 Euro und $WK_{neu A+++}$ von 314 Euro ergeben sich $WK_{zusätzlich}$ von 40 Euro. So könnten durch die Nutzung eines A+++ Neugerätes 101 Euro EK eingespart werden. Schließlich ergibt dies RK_{max} von 74 Euro (= 175 – 101 Euro).

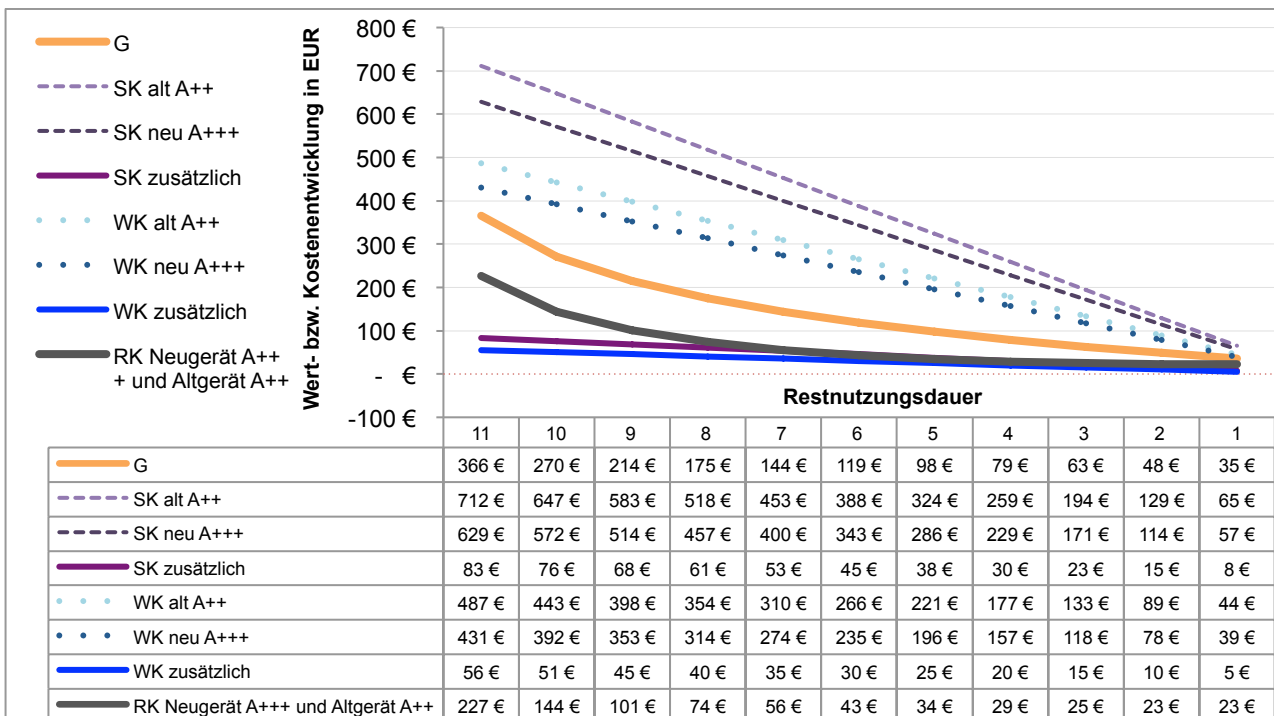


Abbildung 6 Darstellung der RK_{max} Berechnung für den Fall Neugerät A+++ und Altgerät A++ bei Waschmaschinen

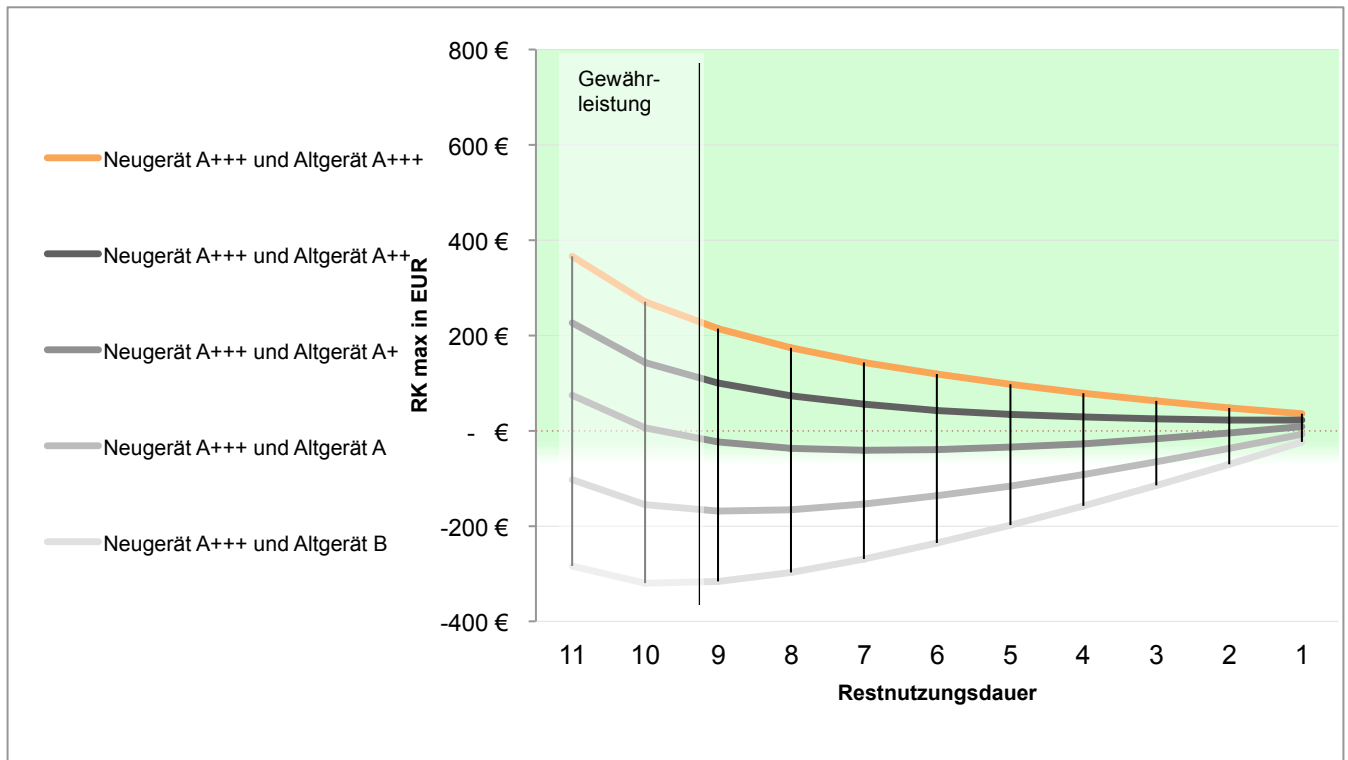
Da nicht alle berechneten Varianten auch tatsächlich **marktverfügbar** sind (siehe Tabelle 6), sollten die RKE auf solche Fälle beschränkt werden, die den folgenden Bedingungen entsprechen:

- Neukauf einer Waschmaschine EEK A+++, A++ und A+ ab 2011 möglich (gültige Fälle: Alter ≤ 7 bzw. RND ≥ 5)
- Neukauf einer Waschmaschine EEK A bis 2013 möglich, da ab 2014 nur noch Neugeräte der EEK A+ verkauft werden dürfen (gültige Fälle: Alter ≥ 5 bzw. RND ≤ 7).
- Neukauf einer Waschmaschine EEK B (und geringer) bis 2011 möglich, da ab 2012 nur noch Neugeräte der EEK A verkauft werden dürfen (gültige Fälle: Alter ≥ 7 bzw. RND ≤ 5)

Abbildung 7 zeigt die maximalen Reparaturkosten, die sich ergeben, wenn die beste marktverfügbare **EEK (Neugerät) A+++** vergleichend betrachtet wird. Eine RKE kann in diesen Fällen für Altgeräte der EEK A+++ bis A+ ausgesprochen werden. Für A+++ und A++ Altgeräte lohnen sich Reparaturen für alle betrachteten RND. Für A+ Altgeräte lohnt sich eine Reparatur für die RND von 10 bis 11 Jahren. Insgesamt zeigt sich allerdings, dass sich Reparaturen finanziell nur bei effizienten Altgeräten lohnen.

Abbildung 8 zeigt die maximalen Reparaturkosten, die sich ergeben, wenn die geringste marktverfügbare **EEK A+ (Neugerät)** vergleichend betrachtet wird. Eine RKE kann in diesen Fällen für Altgeräte der EEK A+++ bis B ausgesprochen werden. Für diese Altgeräte lohnen sich Reparaturen für alle betrachteten RND. Umgekehrt lohnen sich Reparaturen finanziell bei keinem der gültigen Fälle (RND ≤ 5 Jahre) der EEK C und schlechter.

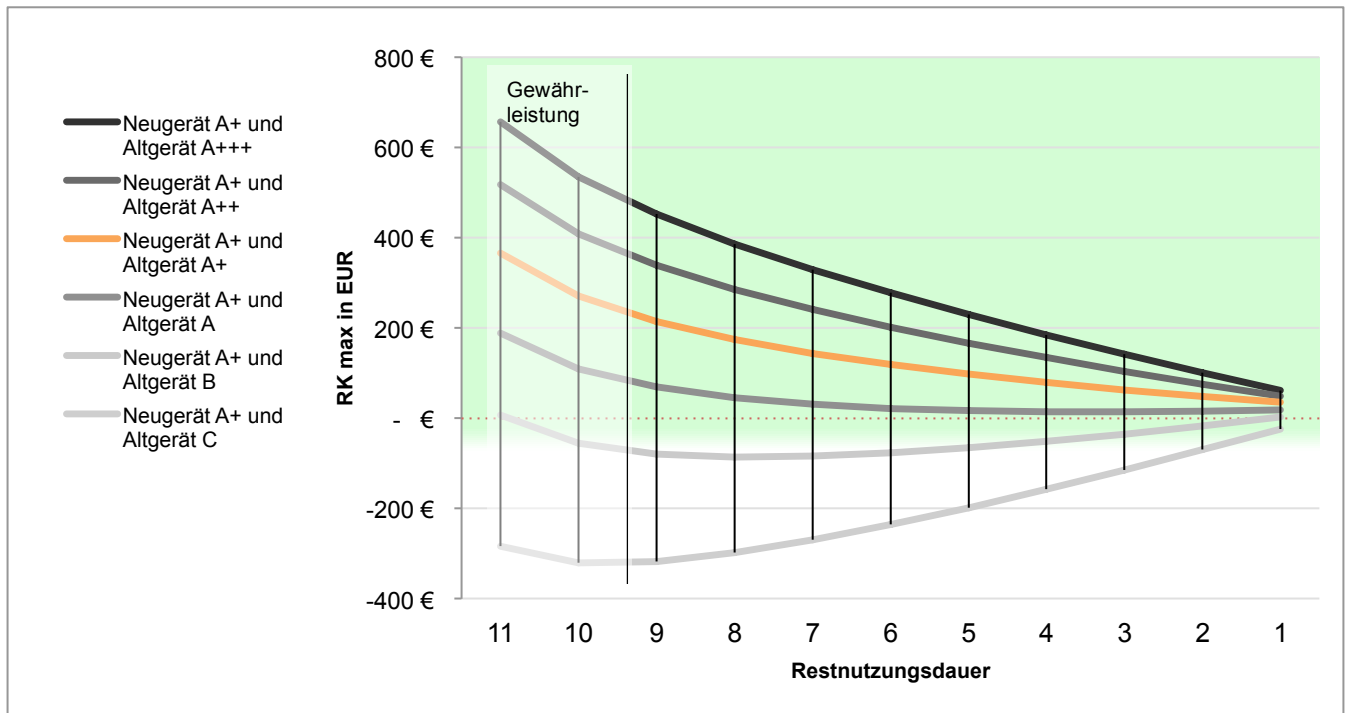
In den jeweiligen Datentabellen sind die gültigen Fälle dargestellt. Diese umfassen Altgeräte der EEK A+++ bis A+ mit einer RND ≥ 5 Jahre, Altgeräte der EEK A mit einer RND von 5 bis 7 Jahren und Altgeräte der EEK B bis G mit einer RND ≤ 5 Jahre.



Restnutzungsdauer	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Altgerät A+++	366 €	270 €	214 €	175 €	144 €	119 €	98 €	79 €	63 €	48 €	35 €
Altgerät A++	227 €	144 €	101 €	74 €	56 €	43 €	34 €	29 €	25 €	23 €	23 €
Altgerät A+	75 €	6 €	-23 €	-37 €	-41 €	-40 €	-35 €	-27 €	-16 €	-4 €	9 €
Altgerät A	-102 €	-155 €	-169 €	-166 €	-154 €	-137 €	-115 €	-91 €	-65 €	-37 €	-7 €
Altgerät B	-283 €	-320 €	-317 €	-297 €	-269 €	-235 €	-197 €	-157 €	-114 €	-70 €	-24 €
Altgerät C	-477 €	-496 €	-475 €	-438 €	-392 €	-341 €	-285 €	-227 €	-167 €	-105 €	-41 €
Altgerät D	-670 €	-671 €	-633 €	-579 €	-515 €	-446 €	-373 €	-298 €	-220 €	-140 €	-59 €
Altgerät E	-872 €	-855 €	-799 €	-726 €	-644 €	-556 €	-465 €	-371 €	-275 €	-177 €	-77 €
Altgerät F	-1.090 €	-1.053 €	-977 €	-884 €	-783 €	-675 €	-564 €	-450 €	-334 €	-216 €	-97 €
Altgerät G	-1.326 €	-1.268 €	-1.170 €	-1.056 €	-933 €	-804 €	-672 €	-536 €	-399 €	-259 €	-119 €

Abbildung 7 Reparaturkosten Waschmaschine: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+++ nach Restnutzungsdauer

Erläuterung: RK max sind für verschiedene EEK der Altgeräte dargestellt; Farblich abgehoben (orange) ist die RK max die dem Gebrauchtwert entspricht (Vergleich Altgerät A+++ mit Neugerät A+++). In der Abbildung sind nicht alle RK max für alle EEK der Altgeräte dargestellt. Als Letzter der Reihe wurde der Fall dargestellt, bei dem das erste Mal alle RK max in allen RND negativ sind. In der Datentabelle sind alle Fälle dargestellt (RK max: grüne Werte entsprechen positiven und rote Werte entsprechen negativen RK). Die gültigen Fälle (real verfügbare EEK) sind durch Rahmen gekennzeichnet.



Restnutzungsdauer	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Altgerät A+++	657 €	535 €	452 €	386 €	329 €	278 €	230 €	185 €	142 €	101 €	62 €
Altgerät A++	518 €	408 €	339 €	285 €	241 €	202 €	167 €	134 €	104 €	76 €	49 €
Altgerät A+	366 €	270 €	214 €	175 €	144 €	119 €	98 €	79 €	63 €	48 €	35 €
Altgerät A	188 €	109 €	69 €	46 €	31 €	22 €	17 €	15 €	15 €	16 €	19 €
Altgerät B	8 €	-55 €	-79 €	-86 €	-84 €	-76 €	-65 €	-51 €	-35 €	-17 €	3 €
Altgerät C	-283 €	-320 €	-317 €	-298 €	-269 €	-235 €	-198 €	-157 €	-114 €	-70 €	-24 €
Altgerät D	-477 €	-496 €	-475 €	-438 €	-392 €	-341 €	-286 €	-227 €	-167 €	-105 €	-41 €
Altgerät E	-679 €	-680 €	-641 €	-585 €	-521 €	-451 €	-377 €	-301 €	-222 €	-142 €	-60 €
Altgerät F	-897 €	-878 €	-819 €	-744 €	-660 €	-570 €	-477 €	-380 €	-282 €	-181 €	-80 €
Altgerät G	-1.133 €	-1.092 €	-1.012 €	-915 €	-810 €	-699 €	-584 €	-466 €	-346 €	-224 €	-101 €

Abbildung 8 Reparaturkosten Waschmaschine: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+ nach Restnutzungsdauer

Erläuterung: RK max sind für verschiedene EEK der Altgeräte dargestellt; Farblich abgehoben (orange) ist die RK max die dem Gebrauchtwert entspricht (Vergleich Altgerät A+ mit Neugerät A+). In der Abbildung sind nicht alle RK max für alle EEK der Altgeräte dargestellt. Als Letzter der Reihe wurde der Fall dargestellt, bei dem das erste Mal alle RK max in allen RND negativ sind. In der Datentabelle sind alle Fälle dargestellt (RK max: grüne Werte entsprechen positiven und rote Werte entsprechen negativen RK). Die gültigen Fälle (real verfügbare EEK) sind durch Rahmen gekennzeichnet.

Alle Fälle mit einer RND von 10 und 11 Jahren überschneiden sich mit der **Gewährleistung** (24 Monate). Für diesen Zeitraum sind die RK auch anwendbar. Allerdings werden Verbraucher*innen dann den Händler in die Entscheidung für oder gegen eine Reparatur einbeziehen. Händler müssen Mängel in dieser Zeit nachbessern oder reparieren, wenn der Mangel zum Zeitpunkt des Kaufs bestand. Einschränkungen gibt es allerdings bzgl. der Beweislast, ob ein Mangel schon bestand oder erst nach dem Kauf eingetreten ist: Der Händler muss innerhalb der ersten 6 Monate der Gewährleistung und der Käufer danach beweisen, dass der Mangel schon bestand. Ge-

lingt ein solcher Nachweis oder zeigt sich der Händler kulant, spielt die Höhe der RK für die Reparaturentscheidung eine geringe Rolle.

Fazit: Verbraucher*innen sollten sich bei einer anstehenden Reparaturentscheidung demnach zunächst die EEK ihrer vorhandenen Waschmaschine ansehen. Sobald diese EEK C und geringer ist, lohnt sich (bei gleichem Fassungsvermögen) die Reparatur aus finanzieller Sicht in keinem der betrachteten Fälle. Die Höhe der *RK max* kann, je nach Alter und EEK, wenige Euro (geringster Wert 3 Euro bei Altgerät EEK A im Vgl. zu Neugerät EEK A+ bei einer RND von 1 Jahr) oder mehr als 650 Euro betragen (höchster Wert 657 Euro bei Altgerät EEK A+++ im Vgl. zu Neugerät EEK A+ bei einer RND von 11 Jahren). Eine RKE sollte jedoch nur einschränkend gegeben werden für Fälle, bei denen ein vorhandenes Gerät (Altgerät) mit einer besseren EEK (z.B. A+++) mit einem Neugerät einer schlechteren EEK (z.B. A+) ausgetauscht werden soll.

3.2 Geschirrspüler

3.2.1 Referenzprodukt

Für den Produkttyp Geschirrspüler wurde das in Tabelle 13 dargestellte Referenzprodukt definiert.

Tabelle 13 Referenzprodukt Geschirrspüler

Merkmale	Erläuterung	Quellen
Funktionen	Funktion: Reinigen und Trocknen im Eco-, Intensiv- und Automatikprogramm, Programmabstufung, Programmdauer	EcoTopTen & Öko-Institut 2016b
Bauart	Vollintegrierbar ¹⁾ , Standgerät, Unterbau	EcoTopTen 2017b
Breite & Fassungsvermögen	60 cm (12 bis 14 Maßgedecke) ¹⁾	EcoTopTen 2017b
Effizienz	Energieeffizienzklasse: A+++ und A (bei neuen Geräten); keine Einschränkung bei Altgeräten	EcoTopTen 2017b Eigene Annahme
Haltbarkeit	ca. 12,5 Jahre (Annahme: 280 Spülgänge pro Jahr).	EcoTopTen & Öko-Institut 2016b

1) *Häufigste Nennung*

3.2.2 Gebrauchtwert

Die Marktstichprobe auf ebay wurde nach den folgenden Suchkriterien erhoben: Artikel verkauft, Geschirrspüler, 60cm Breite. Im Zeitraum September bis November 2017 wurden die in Tabelle 14 dargestellten Daten gesammelt. Dabei wurden chronologisch die aktuellsten verkauften Artikel recherchiert. Angaben zu Alter, Stromverbrauch und EEK wurden aus den Artikelbeschreibungen entnommen.

Die Stichprobengröße für Geschirrspüler liegt bei insgesamt 124 verkauften Geräten mit 60 cm Breite, von denen 110 gebraucht und 13 defekt deklariert sind. Darin sind die Datensätze jedoch nicht vollständig, in dem Sinne, dass Altersangaben und EEK zusammen verfügbar sind. Sodass Altersangaben für gebrauchte Geräte mit 60 cm Breite für n=86 verfügbar sind und EEK für gebrauchte Geräte für n=76 (bzw. n=64 bei einer kombinierten Abfrage von Alter + EEK). Zur Ermittlung des Schrottwertes wurden alle Datensätze defekter Geräte mit 60 cm Breite genutzt (n=13; altersunabhängig bzw. ohne Altersangabe). Eine Differenzierung nach EEK wurde nicht angewendet (zu kleine Stichprobe).

Tabelle 14 Stichprobe – Gebrauchtwert Geschirrspüler

Zustand	Gesamt	Sample 60 cm	Altersangabe im Sample 60 cm					Angabe einer Effizienzklasse im Sample 60 cm					Altersangabe und Angabe einer EEK im Sample 60 cm		
Gesamt	206	124	86					76					64		
Gebraucht	190	110	77					68					59		
Defekt	15	13	8					7					4		

	Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Anzahl (gebraucht) + Alter		14	19	12	12	15	8	9	4	2	5	1	1	1
Anzahl (gebraucht) + Alter + 60 cm		11	9	7	12	15	3	6	4	2	4	0	1	1
Anzahl (defekt) + Alter + 60 cm		0	0	1	2	1	1	1	1	0	0	1	0	0

Mittelwerte in Euro (gebraucht)		Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Preis + Alter + Breite 60 cm			229	152	122	136	103	51	108	91	31	61	k.A.	50	1
Preis + Alter			221	132	115	136	103	78	98	91	31	63	42	50	1

Gebrauchtwert (in Euro)		Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Geglätteter Wertverlust			219	168	138	116	100	86	75	65	56	48	41	35	29
Schrottwert (60 cm)			30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

*Hervorhebung orange: Daten wurden für die Berechnung der Wertverlustkurve genutzt (Ergebnis: **Geglätteter Wertverlust**). Die vertikale Trennungslinie zwischen dem 5. und 6. Jahr (Alter) kennzeichnet den Ausschluss (bis zum 5. Jahr) des Schrottwertes.*

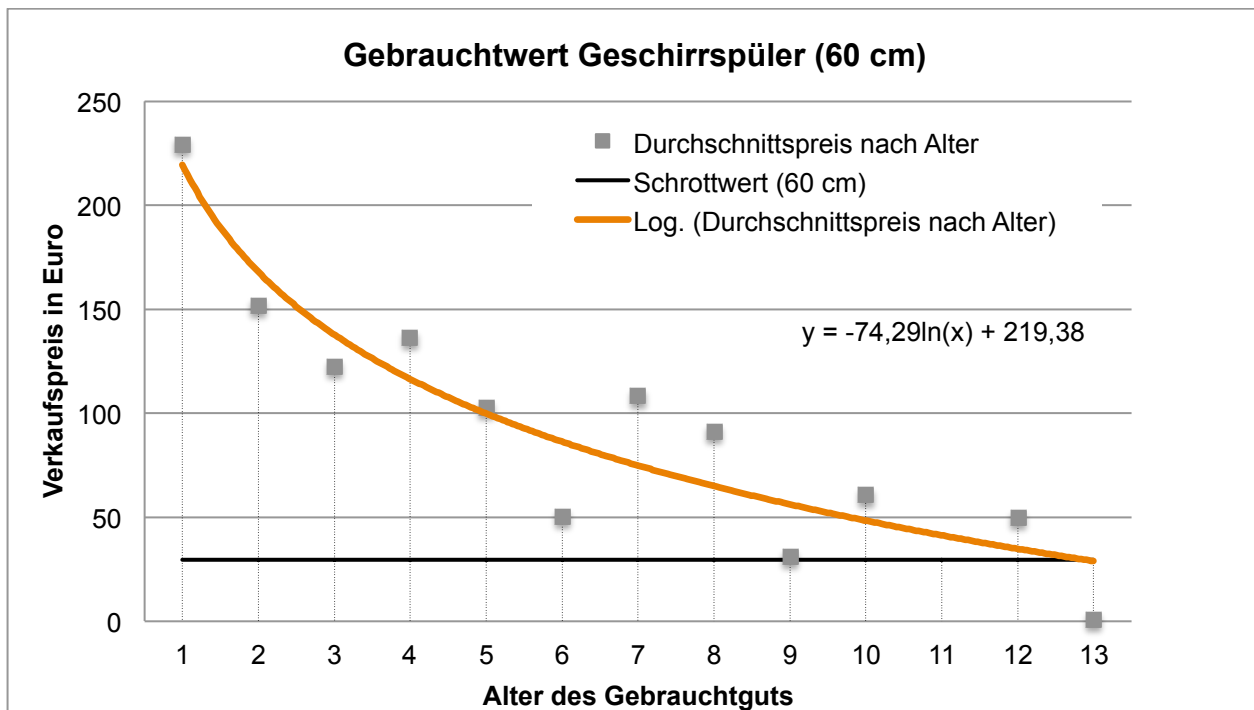


Abbildung 9 Gebrauchtwertentwicklung für Geschirrspüler. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.

Abbildung 9 zeigt die Gebrauchtwertentwicklung für Geschirrspüler. Dargestellt sind die Durchschnittspreise der Stichprobe nach Alter, die logarithmische Regression (inkl. Formel) sowie der Schrottwert.

Zur Ermittlung des durchschnittlichen Gebrauchtwertes je Alter wurden zwei Annahmen getroffen: 1) Es wird der Mittelwert aus allen verfügbaren Daten mit jeweiligem Alter genutzt und 2) Für die ersten 5 Jahre wurde ein Abschneidekriterium gewählt, dass solche Datensätze ausschließt, die einen geringeren Verkaufspreis als den Schrottwert erzielt haben. Der Schrottwert beträgt 30 €. Daraus ergibt sich ein Mittelwert je Alter (siehe Tabelle 14, Zeile „Preis + Alter + Breite 60 cm“).

Unter der Annahme 3), dass der Gebrauchtwert mit steigendem Alter kontinuierlich sinkt, wurde eine Wertverlustkurve über die Mittelwerte gelegt. Dazu wurde die excelbasierte Funktion der logarithmischen Regression angewendet (siehe Tabelle 14, Zeile „Geglätteter Wertverlust“).

Der Gebrauchtwert fällt von durchschnittlich 219 € (Alter 1) auf 29 € (Alter 13). Der Schrottwert wird nach etwa zwölf Jahren erreicht.

3.2.3 Effizienzentwicklung

3.2.3.1 Stromverbrauch

Die in Tabelle 15 dargestellten jährlichen Stromverbräuche von Spülmaschinen wurden für Geräte der EEK A+++ bis D basierend auf (UBA 2011b) ermittelt. Für die Geräte der EEK E bis G wurden eigene Annahmen getroffen. Es wird jeweils eine Steigerung des jährlichen Stromverbrauchs im Vergleich zur nächst besseren EEK von 11 % angenommen. Die Steigerungen der Werte im Vergleich zur nächst besseren EEK sind prozentual als auch absolut angegeben.

Tabelle 15 Jährlicher Stromverbrauch von Spülmaschinen bei 280 Waschzyklen

EEK	Verbrauch In kWh/Jahr	Quellen	Erläuterung zur Quelle / Annahme	Steigerung zur nächsten EEK	
				In %	Absolut
A+++	238	UBA 2011	Spalte 14 Maßgedecke		
A++	266	UBA 2011	Spalte 14 Maßgedecke	112%	28
A+	299	UBA 2011	Spalte 14 Maßgedecke	112%	33
A	337	UBA 2011	Spalte 14 Maßgedecke	113%	38
B	380	UBA 2011	Spalte 14 Maßgedecke	113%	43
C	428	UBA 2011	Spalte 14 Maßgedecke	113%	48
D	471	UBA 2011	Spalte 14 Maßgedecke	110%	43
E	523	Eigene Annahme	Steigerung von 11% angenommen	111%	52
F	580	Eigene Annahme	Steigerung von 11% angenommen	111%	58
G	644	Eigene Annahme	Steigerung von 11% angenommen	111%	64

3.2.3.2 Wasserverbrauch

Der jährliche Wasserverbrauch einer Spülmaschine bei 280 Waschzyklen in Abhängigkeit ihrer Effizienzklasse ist in Tabelle 16 angegeben. Die Daten für Waschmaschinen der EEK A+++ und A+ basierend auf Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz

e. V. / Öko-Institut (2012b). Zur Generierung der fehlenden Daten wurde die Differenz der beiden aus der Quelle stammenden Werte gebildet und durch zwei geteilt. Der somit ermittelte Wert von 280 Litern pro Jahr wurde als jeweilige Differenz der Wasserverbräuche zweier Spülmaschinen mit aufeinanderfolgender EEK angenommen. Die sich daraus ergebenden Steigerungen der Werte im Vergleich zur nächst besseren EEK sind prozentual als auch absolut angegeben.

Tabelle 16 Jährlicher Wasserverbrauch von Spülmaschinen bei 280 Waschzyklen

EEK	Verbrauch In Liter/Jahr	Quellen	Steigerung zur nächsten EEK	
			In %	Absolut
A+++	2800	Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e. V. / Öko-Institut (2012)		
A++	3080	Eigene Annahme Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e. V. / Öko-Institut (2012)	110%	280
A+	3360	Eigene Annahme	109%	280
A	3640	Eigene Annahme	108%	280
B	3920	Eigene Annahme	108%	280
C	4200	Eigene Annahme	107%	280
D	4480	Eigene Annahme	107%	280
E	4760	Eigene Annahme	106%	280
F	5040	Eigene Annahme	106%	280
G	5320	Eigene Annahme	106%	280

3.2.4 Neugeräte

Anhand einer von der Plattform „Ecotopten“ bereitgestellten Marktübersicht aus dem Jahr 2017 wurde ein durchschnittlicher Kaufpreis von 849 € für energieeffiziente Neugeräte (60 cm) ermittelt (EcoTopTen 2017b). Der gesamte Datensatz umfasst 262 Geschirrspüler, von denen 208 eine Breite von 60 cm haben. Davon weisen 207 Geräte die EEK A+++ auf. Diese haben einen durchschnittlichen Kaufpreis von 892 €.

Außerdem wurde ein durchschnittlicher Kaufpreis von 767 € für Geräte mit 60 cm Breite und EEK A+ ermittelt (n=1), um Geräte mit einer geringeren EEK abzubilden. Nimmt man die in der Marktübersicht verfügbaren 30 Spülmaschinen der EEK A++ bis A (unabhängig von der Breite), würde der durchschnittliche Kaufpreis bei ca. 623 Euro liegen. Da hier jedoch nur 1 Gerät dem Referenzprodukt entspricht, wurde auch bei der geringen Stichprobenzahl der Preis des 60 cm breiten Gerätes genutzt.

3.2.5 Reparaturkosten

Die Ermittlung der Reparaturkosten wurde für **zwei Varianten** durchgeführt:

- Variante 1: Vergleich der Altgeräte (verschiedene EEK) mit einem Neugerät der EEK A+++ (siehe Abbildung 11)
- Variante 2: Vergleich der Altgeräte (verschiedene EEK) mit einem Neugerät der EEK A+ (siehe Abbildung 12)

Bei beiden Varianten entspricht der Vergleich von Alt- und Neugerät derselben EEK dem Gebrauchtwert, da in der Nutzungsphase $EK = 0$ Euro resultieren.

Zur Erläuterung wird in Abbildung 10 beispielhaft die Variante 1 und darin der Vergleich mit einem Altgerät A+ dargestellt. Bei einer Restnutzungsdauer von 8 Jahren ist G 100 Euro. Das Altgerät kann noch 8 Jahre genutzt werden, sodass für diese Nutzungsdauer die möglichen Effizienzeinsparungen im Vergleich zu einem Neugerät A+++ gegenübergestellt werden. Bei $SK_{alt A+}$ von 698 Euro und $SK_{neu A+++}$ von 555 Euro ergeben sich $SK_{zusätzlich}$ von 142 Euro. Bei $WK_{alt A+}$ von 114 Euro und $WK_{neu A+++}$ von 95 Euro ergeben sich $WK_{zusätzlich}$ von 19 Euro. So könnten durch die Nutzung eines A+++ Neugerätes 161 Euro EK eingespart werden. Schließlich ergibt dies RK_{max} von -61 Euro (= 100 – 161 Euro). Dieses Beispiel zeigt, dass für den dargestellten Fall keine RKE ausgesprochen werden kann.

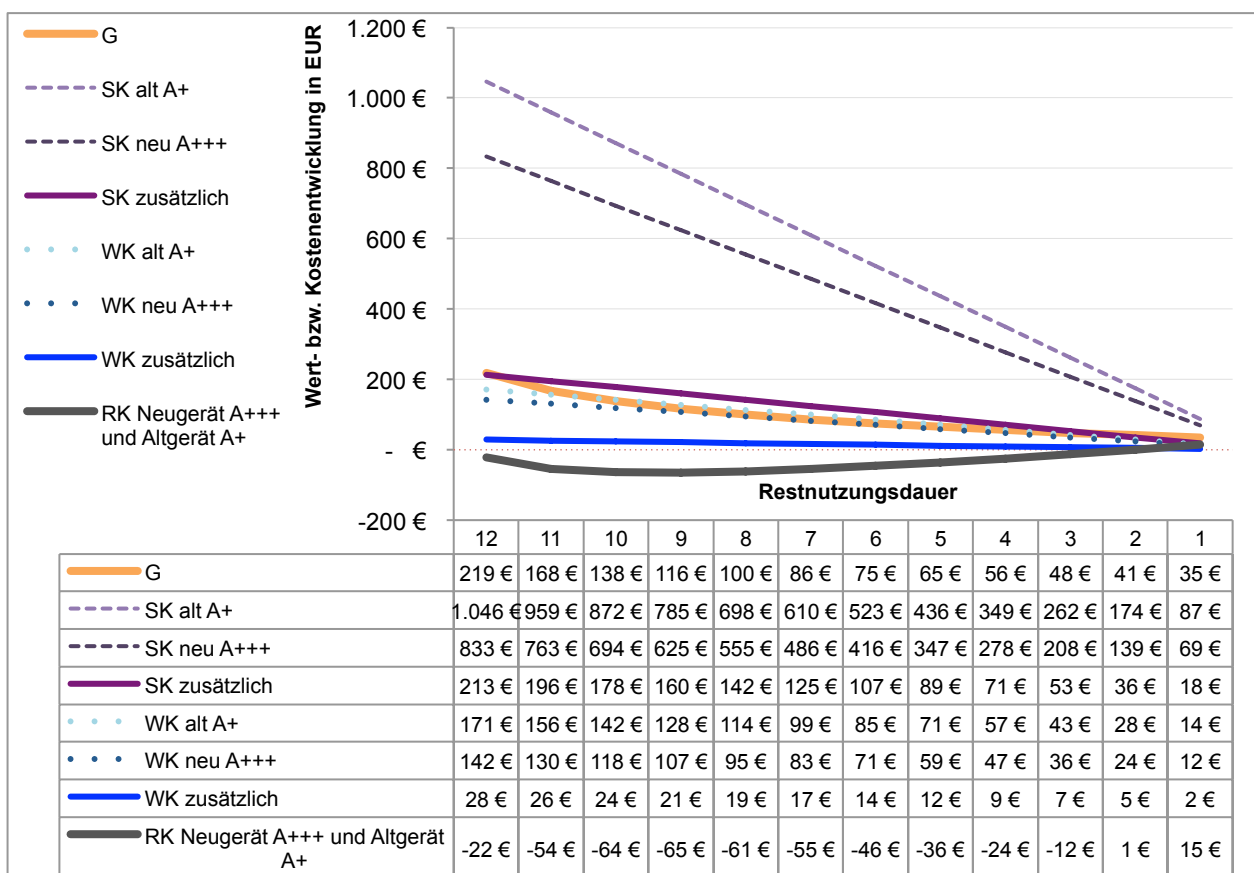


Abbildung 10 Darstellung der RK_{max} Berechnung für den Fall Neugerät A+++ und Altgerät A+ bei Geschirrspülern

Da nicht alle berechneten Varianten auch tatsächlich **marktverfügbar** sind (siehe Tabelle 6), sollten die RKE auf solche Fälle beschränkt werden, die den folgenden Bedingungen entsprechen:

- Neukauf eines Geschirrspülers EEK A+++ , A++ und A+ ab 2011 möglich (gültige Fälle: Alter ≤ 7 bzw. RND ≥ 6)
- Neukauf eines Geschirrspülers EEK B (und geringer) bis 2011 möglich, da ab 2012 nur noch Neugeräte der EEK A verkauft werden dürfen (gültige Fälle: Alter ≥ 7 bzw. RND ≤ 6)

- Neukauf eines Geschirrspülers EEK A bis 2013 möglich, da ab 2014 nur noch Neugeräte der EEK A+ verkauft werden dürfen (gültige Fälle: Alter ≥ 5 bzw. RND ≤ 8).

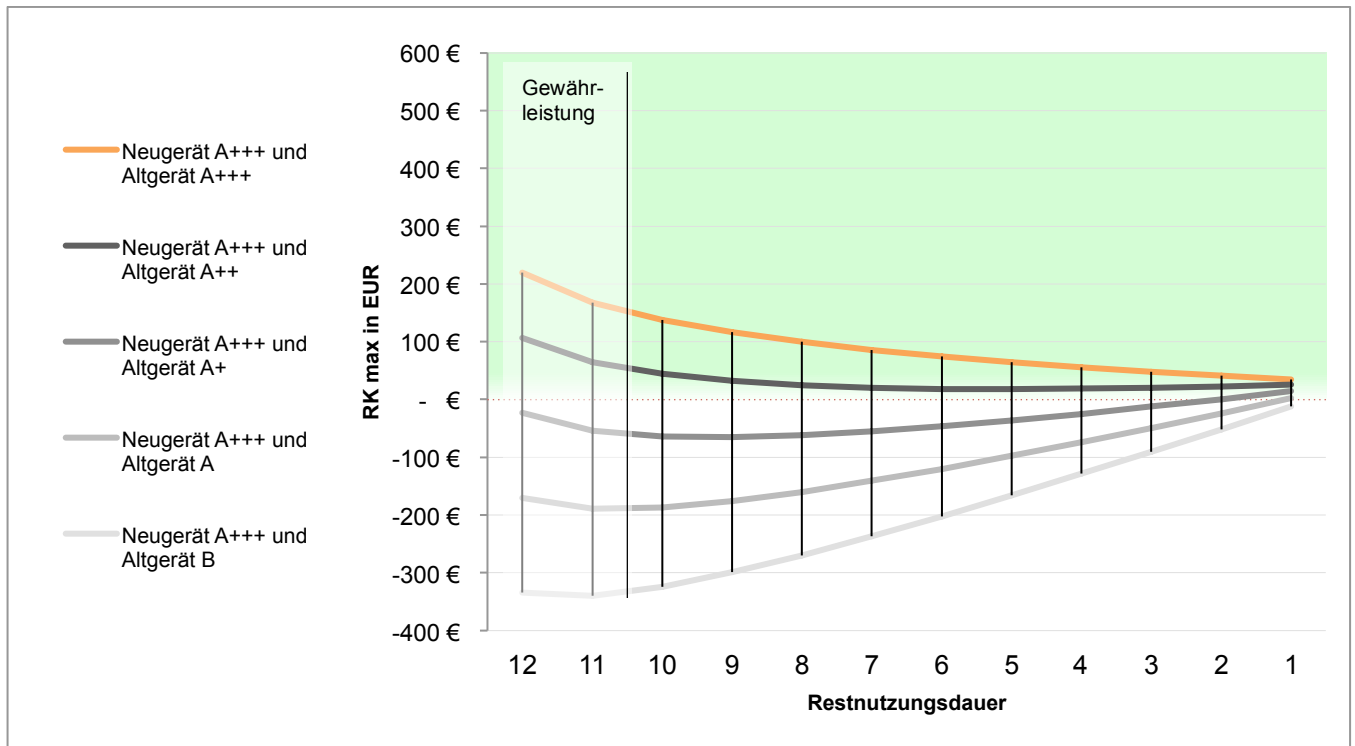
Abbildung 11 zeigt die **maximalen Reparaturkosten**, die sich ergeben, wenn die beste marktverfügbare EEK (Neugerät) A+++ vergleichend betrachtet wird. Eine RKE kann in diesen Fällen für Altgeräte der EEK A+++ bis A++ ausgesprochen werden. Hier lohnen sich Reparaturen für alle betrachteten RND. Für alle andere EEK lohnen sich die Reparaturen finanziell nicht. Insgesamt zeigt sich wie bei den Waschmaschinen, dass sich Reparaturen finanziell nur bei effizienten Altgeräten lohnen, allerdings nur für die zwei besten EEK.

Abbildung 12 zeigt die maximalen Reparaturkosten, die sich ergeben, wenn die geringste marktverfügbare EEK A (Neugerät) vergleichend betrachtet wird. Eine RKE kann in diesen Fällen für Altgeräte der EEK A+++ bis A ausgesprochen werden. Für diese Altgeräte lohnen sich Reparaturen für alle betrachteten RND. Umgekehrt lohnen sich Reparaturen finanziell bei keinem der gültigen Fälle (RND ≤ 6 Jahre) der EEK C und schlechter. Die EEK B befindet sich für verschiedene RND bei *RK max* zwischen -8 Euro und 21 Euro. Für den Gültigkeitsraum RND ≤ 6 Jahre kann somit mit einer eingeschränkte RKE gegeben werden.

In den jeweiligen Datentabellen sind die gültigen Fälle dargestellt. Diese umfassen Altgeräte der EEK A+++ bis A+ mit einer RND ≥ 6 Jahre, Altgeräte der EEK A mit einer RND von 6 bis 8 Jahren und Altgeräte der EEK B bis G mit einer RND ≤ 6 Jahre.

Alle Fälle mit einer RND von 11 und 12 Jahren überschneiden sich mit der **Gewährleistung** (24 Monate). Es gilt das Gleiche wie bei den Waschmaschinen, dass bei einer erfolgreichen Inanspruchnahme der Mängelhaftung, die Höhe der *RK max* für die Reparaturentscheidung eine geringe Rolle spielt.

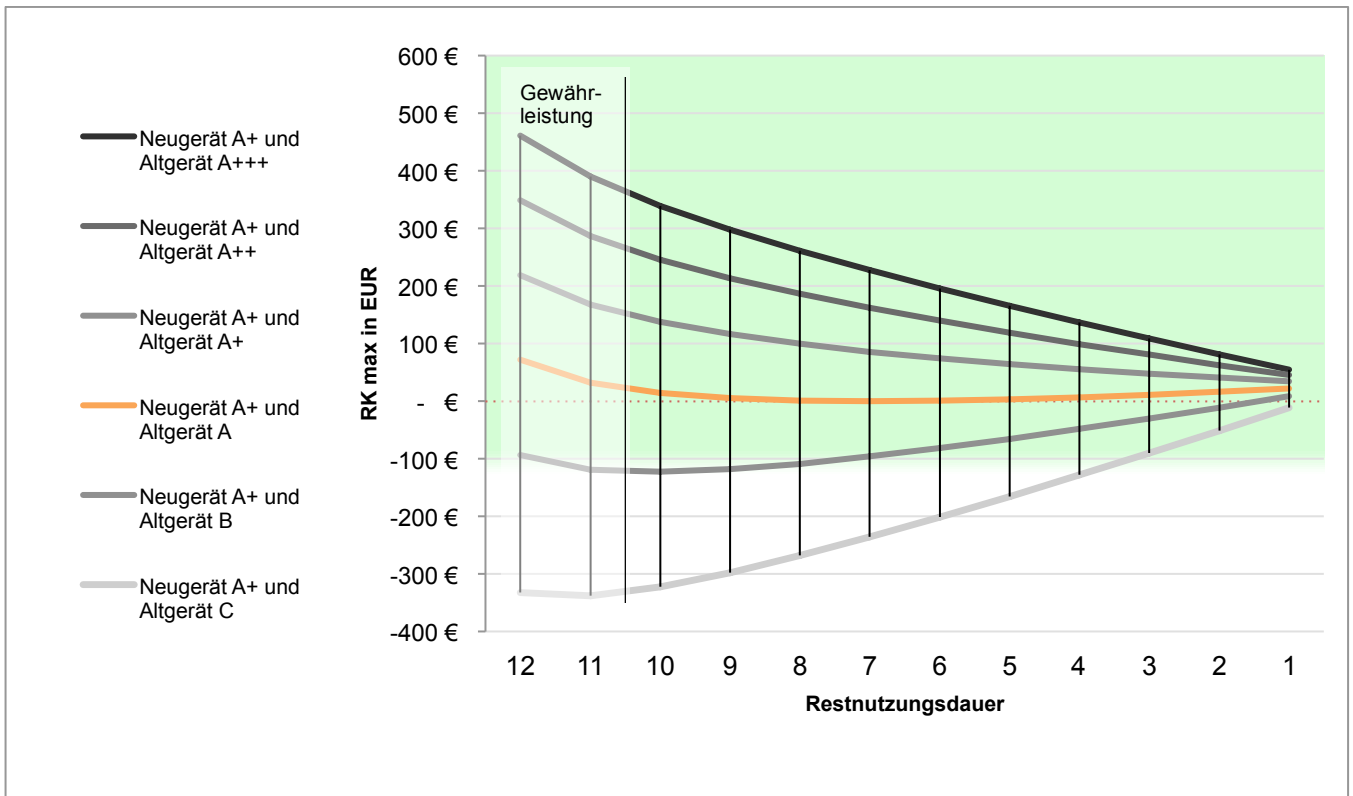
Fazit: Verbraucher*innen sollten sich bei einer anstehenden Reparaturentscheidung demnach zunächst die EEK ihres vorhandenen Geschirrspülers ansehen. Sobald dessen EEK C und geringer ist, lohnt sich (bei gleicher Breite und Fassungsvermögen) die Reparatur aus finanzieller Sicht in keinem der betrachteten Fälle. Die Höhe der *RK max* kann, je nach RND und EEK, wenige Euro (geringster Wert um die 1 Euro bei Altgerät EEK A im Vgl. zu Neugerät EEK A bei einer RND von 6 Jahren) oder mehr als 450 Euro betragen (höchster Wert 451 Euro bei Altgerät EEK A+++ im Vgl. zu Neugerät EEK A+ bei einer RND von 12 Jahren).



Restnutzungsdauer	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Altgerät A+++	219 €	168 €	138 €	116 €	100 €	86 €	75 €	65 €	56 €	48 €	41 €	35 €
Altgerät A++	107 €	65 €	44 €	32 €	25 €	21 €	19 €	18 €	19 €	20 €	23 €	25 €
Altgerät A+	-22 €	-54 €	-64 €	-65 €	-61 €	-55 €	-46 €	-36 €	-24 €	-12 €	1 €	15 €
Altgerät A	-170 €	-189 €	-186 €	-175 €	-160 €	-141 €	-120 €	-97 €	-74 €	-49 €	-24 €	2 €
Altgerät B	-334 €	-340 €	-324 €	-299 €	-269 €	-237 €	-202 €	-166 €	-128 €	-90 €	-51 €	-11 €
Altgerät C	-517 €	-507 €	-475 €	-436 €	-391 €	-343 €	-293 €	-242 €	-189 €	-136 €	-81 €	-27 €
Altgerät D	-681 €	-658 €	-613 €	-559 €	-501 €	-439 €	-375 €	-310 €	-244 €	-177 €	-109 €	-40 €
Altgerät E	-877 €	-837 €	-776 €	-706 €	-631 €	-553 €	-473 €	-392 €	-309 €	-226 €	-141 €	-57 €
Altgerät F	-1.092 €	-1.034 €	-955 €	-867 €	-775 €	-679 €	-581 €	-482 €	-381 €	-280 €	-177 €	-75 €
Altgerät G	-1.330 €	-1.252 €	-1.153 €	-1.045 €	-933 €	-817 €	-700 €	-581 €	-460 €	-339 €	-217 €	-94 €

Abbildung 11 Reparaturkosten Geschirrspüler: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+++ nach Restnutzungsdauer

Erläuterung: RK max sind für verschiedene EEK der Altgeräte dargestellt; Farblich abgehoben (orange) ist die RK max die dem Gebrauchtwert entspricht (Vergleich Altgerät A+++ mit Neugerät A+++). In der Abbildung sind nicht alle RK max für alle EEK der Altgeräte dargestellt. Als Letzter der Reihe wurde der Fall dargestellt, bei dem das erste Mal alle RK max in allen RND negativ sind. In der Datentabelle sind alle Fälle dargestellt (RK max: grüne Werte entsprechen positiven und rote Werte entsprechen negativen RK). Die gültigen Fälle (real verfügbare EEK) sind durch Rahmen gekennzeichnet.



Restnutzungsdauer	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Altgerät A+++	461 €	390 €	339 €	298 €	261 €	227 €	196 €	166 €	137 €	109 €	82 €	55 €
Altgerät A++	349 €	287 €	246 €	214 €	186 €	162 €	140 €	119 €	99 €	81 €	63 €	46 €
Altgerät A+	219 €	168 €	138 €	116 €	100 €	86 €	75 €	65 €	56 €	48 €	41 €	35 €
Altgerät A	72 €	33 €	15 €	6 €	2 €	0 €	1 €	4 €	7 €	12 €	17 €	23 €
Altgerät B	-92 €	-118 €	-122 €	-118 €	-108 €	-96 €	-81 €	-65 €	-48 €	-30 €	-11 €	9 €
Altgerät C	-332 €	-337 €	-321 €	-297 €	-267 €	-235 €	-201 €	-165 €	-127 €	-89 €	-51 €	-11 €
Altgerät D	-496 €	-488 €	-459 €	-420 €	-377 €	-331 €	-283 €	-233 €	-182 €	-131 €	-78 €	-25 €
Altgerät E	-692 €	-667 €	-621 €	-567 €	-508 €	-445 €	-381 €	-315 €	-248 €	-179 €	-111 €	-41 €
Altgerät F	-907 €	-865 €	-801 €	-728 €	-651 €	-571 €	-488 €	-404 €	-319 €	-233 €	-147 €	-59 €
Altgerät G	-1.145 €	-1.083 €	-999 €	-907 €	-810 €	-709 €	-607 €	-503 €	-399 €	-293 €	-186 €	-79 €

Abbildung 12 Reparaturkosten Geschirrspüler: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+ nach Restnutzungsdauer

Erläuterung: RK max sind für verschiedene EEK der Altgeräte dargestellt; Farblich abgehoben (orange) ist die RK max die dem Gebrauchtwert entspricht (Vergleich Altgerät A+ mit Neugerät A+). In der Abbildung sind nicht alle RK max für alle EEK der Altgeräte dargestellt. Als Letzter der Reihe wurde der Fall dargestellt, bei dem das erste Mal alle RK max in allen RND negativ sind. In der Datentabelle sind alle Fälle dargestellt (RK max: grüne Werte entsprechen positiven und rote Werte entsprechen negativen RK). Die gültigen Fälle (real verfügbare EEK) sind durch Rahmen gekennzeichnet.

3.3 Kühl-Gefrierkombination

3.3.1 Referenzprodukt

Für den Produkttyp Kühl-Gefrierkombination wurde das in Tabelle 17 dargestellte Referenzprodukt definiert.

Tabelle 17 Referenzprodukt Kühl- Gefrierkombination

Merkmale	Erläuterung	Quellen
Funktionen	Kühlen und Gefrieren, ohne Sonderfunktionen wie Biofresh oder Eiscrusher	EcoTopTen & Öko-Institut 2016c
Bauart	Kühl-Gefrierkombination	EcoTopTen 2017c
Nutzinhalt ¹⁾	200 bis 400 l (Kombination aus Kühl- und Gefriervolumen)	EcoTopTen 2017c
Effizienz	Energieeffizienzklasse: A+++ und A (bei neuen Geräten); keine Einschränkung bei Altgeräten	EcoTopTen 2017c Eigene Annahme
Haltbarkeit	ca. 13,5 Jahre (Annahme: Dauerbetrieb 24h und 365 Tage)	EcoTopTen & Öko-Institut 2016c

1) *Häufigste Nennung*

3.3.2 Gebrauchtwert

Die Marktstichprobe auf ebay wurde nach den folgenden Suchkriterien erhoben: Artikel verkauft, Kühl-Gefrierkombination. Im Zeitraum September bis November 2017 wurden die in Tabelle 18 dargestellten Daten gesammelt. Dabei wurden chronologisch die aktuellsten verkauften Artikel recherchiert. Angaben zu Alter, Nutzinhalt, Sonderfunktionen (als Ausschlusskriterium), Stromverbrauch und EEK wurden aus den Artikelbeschreibungen entnommen.

Die Stichprobengröße für Kühl-Gefrierkombinationen liegt bei insgesamt 107 verkauften Geräten mit 200 bis 400l Nutzinhalt, von denen 102 gebraucht und 5 defekt deklariert sind. Darin sind die Datensätze jedoch nicht vollständig, in dem Sinne, dass Altersangaben und EEK zusammen verfügbar sind. Sodass Altersangaben für gebrauchte Geräte mit 200 bis 400l Nutzinhalt für n=58 verfügbar sind und EEK für gebrauchte Geräte für n=59 (bzw. n=44 bei einer kombinierten Abfrage von Alter + EEK). Zur Ermittlung des Schrottwertes wurden alle Datensätze defekter Geräte mit mit 200 bis 400l Nutzinhalt genutzt (n=5; altersunabhängig bzw. ohne Altersangabe).

Eine Differenzierung nach EEK wurde nicht angewendet (zu kleine Stichprobe).

Tabelle 18 Stichprobe – Gebrauchtwert Kühl-Gefrierkombination

Zustand	Gesamt	Sample 200-400I	Altersangabe im Sample 200-400I					Angabe einer Effizienzklasse im Sample 200-400I					Altersangabe und Angabe einer EEK im Sample 200-400I			
Gesamt	128	107	63					60					45			
Gebraucht	122	102	58					59					44			
Defekt	6	5	5					1					1			

	Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Anzahl (gebraucht)		10	9	10	9	4	7	3	4	2	4	3	1	k.A.	k.A.
Anzahl (gebraucht) + Alter + 200-400I		10	8	7	8	2	7	3	4	2	4	3	k.A.	k.A.	k.A.
Anzahl (defekt) + 200-400I		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Mittelwerte in Euro (gebraucht)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Preis + Alter + 200-400I		285	231	178	115	250	116	110	67	39	32	59	k.A.	k.A.	k.A.
Preis + Alter		285	231	154	115	201	116	110	67	39	32	59	10	k.A.	k.A.

Gebrauchtwert (in Euro)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Geglätteter Wertverlust		302	229	187	157	134	115	98	85	72	61	51	42	34	26
Schrottwert (60 cm)		58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58

Hervorhebung orange: Daten wurden für die Berechnung der Wertverlustkurve genutzt (Ergebnis: **Geglätteter Wertverlust**). Die vertikale Trennungslinie zwischen dem 5. und 6. Jahr (Alter) kennzeichnet den Ausschluss (bis zum 5. Jahr) des Schrottwertes.

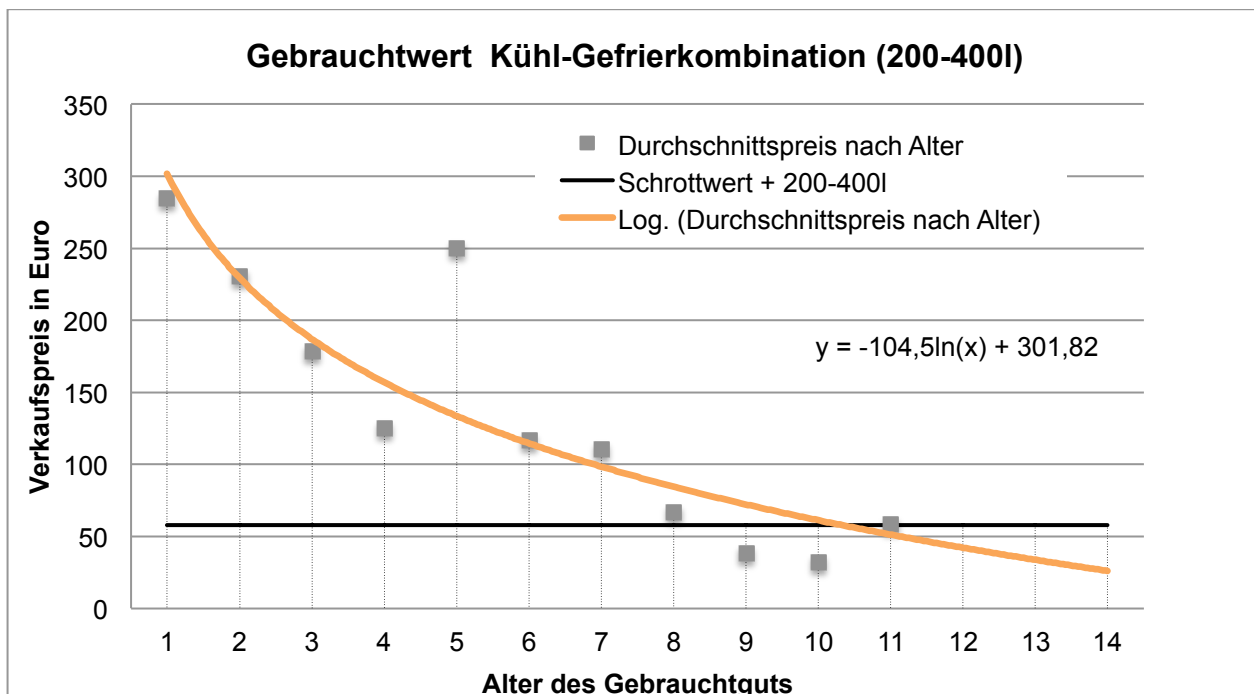


Abbildung 13 Gebrauchtwertentwicklung für Kühl-Gefrierkombinationen. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.

Abbildung 13 zeigt die Gebrauchtwertentwicklung für Kühl-Gefrierkombinationen. Dargestellt sind die Durchschnittspreise der Stichprobe nach Alter, die logarithmische Regression (inkl. Formel) sowie der Schrottwert.

Zur Ermittlung des durchschnittlichen Gebrauchtwertes je Alter wurden zwei Annahmen getroffen: 1) Es wird der Mittelwert aus allen verfügbaren Daten mit jeweiligem Alter genutzt und 2) Für die ersten 5 Jahre wurde ein Abschneidekriterium gewählt, dass solche Datensätze ausschließt, die einen geringeren Verkaufspreis als den Schrottwert erzielt haben. Der Schrottwert beträgt 58 €. Daraus ergibt sich ein Mittelwert je Alter (siehe Tabelle 18, Zeile „Preis + Alter + 200 – 400“).

Unter der Annahme 3), dass der Gebrauchtwert mit steigendem Alter kontinuierlich sinkt, wurde eine Wertverlustkurve über die Mittelwerte gelegt. Dazu wurde die excelbasierte Funktion der logarithmischen Regression angewendet (siehe Tabelle 18, Zeile „Geglätteter Wertverlust“).

Der Gebrauchtwert fällt von durchschnittlich 302 € (Alter 1) auf 26 € (Alter 14). Die Wertkurve schneidet den Schrottwert nach zehn bis elf Jahren.

3.3.3 Effizienzentwicklung

Die in Tabelle 19 dargestellten jährlichen Stromverbräuche von Kühl-Gefrierkombinationen wurden für Geräte der EEK A+++ bis D basierend auf UBA (2011c) ermittelt. Für die Geräte der EEK E bis G wurden eigene Annahmen getroffen. Es wird jeweils eine Steigerung des jährlichen Stromverbrauchs im Vergleich zur nächst besseren EEK von 16 % angenommen. Die Steigerungen der Werte im Vergleich zur nächst besseren EEK sind sowohl prozentual als auch absolut angegeben.

Tabelle 19 Jährlicher Stromverbrauch von Kühl-Gefrierkombinationen

EEK	Verbrauch In kWh/Jahr	Quellen	Erläuterung zur Quelle / Annahme	Steigerung zur nächsten EEK	
				In %	Absolut
A+++	118	UBA 2011	In UBA 2011: Spalte 2 240l		
A++	177	UBA 2011	In UBA 2011: Spalte 2 240l	150%	59
A+	237	UBA 2011	In UBA 2011: Spalte 2 240l	134%	60
A	296	UBA 2011	In UBA 2011: Spalte 2 240l	125%	59
B	404	UBA 2011	In UBA 2011: Spalte 2 240l	136%	108
C	512	UBA 2011	In UBA 2011: Spalte 2 240l	127%	108
D	593	UBA 2011	In UBA 2011: Spalte 2 240l	116%	81
E	688	Eigene Annahme	Steigerung von 16% angenommen	116%	95
F	798	Eigene Annahme	Steigerung von 16% angenommen	116%	110
G	926	Eigene Annahme	Steigerung von 16% angenommen	116%	128

3.3.4 Neugeräte

Die Plattform „Ecotopten“ stellt eine Marktübersicht aus dem Jahr 2017 mit 251 energieeffizienten Kühl-Gefrierkombinationen bereit (EcoTopTen 2017c). Ihr durchschnittlicher Kaufpreis beträgt 968 €. Von den gelisteten Kühl-Gefrierkombinationen weisen 220 Geräte ein Nutzvolumen zwischen 200 und

400 Litern bei gleichzeitiger EEK von A+++ auf. Diese Geräte kosten ebenfalls durchschnittlich 968 €.

3.3.5 Reparaturkosten

Die Ermittlung der Reparaturkosten wurde für **zwei Varianten** durchgeführt:

- Variante 1: Vergleich der Altgeräte (verschiedene EEK) mit einem Neugerät der EEK A+++ (siehe Abbildung 15)
- Variante 2: Vergleich der Altgeräte (verschiedene EEK) mit einem Neugerät der EEK A+ (siehe Abbildung 16)

Bei beiden Varianten entspricht der Vergleich von Alt- und Neugerät derselben EEK dem Gebrauchtwert, da in der Nutzungsphase $EK = 0$ Euro resultieren.

Zur Erläuterung wird in Abbildung 14 beispielhaft die Variante 2 und darin der Vergleich mit einem Altgerät A+ dargestellt. Rechnerisch sind $SK_{alt\ A+}$ und $SK_{neu\ A+++}$ gleich, sodass $SK_{zusätzlich}$ Null beträgt. Schließlich ergibt dies RK_{max} die der Höhe des Gebrauchtwertes G entsprechen. Dieses Beispiel zeigt, dass für den dargestellten Fall eine RKE ausgesprochen werden kann.

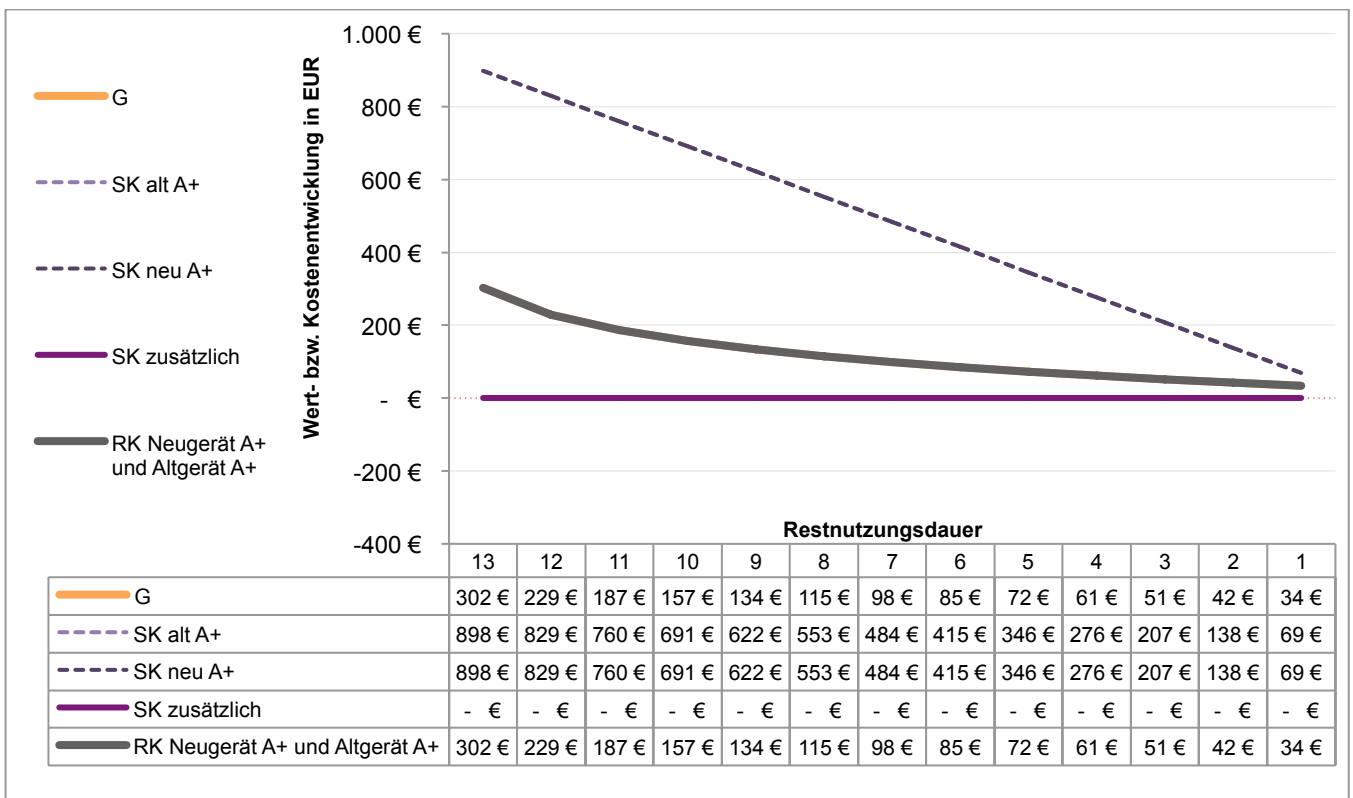


Abbildung 14 Darstellung der RK max Berechnung für den Fall Neugerät A+++ und Altgerät A+ bei Kühl-Gefrierkombination

Erläuterung: Die Datenreihen SK alt und SK neu überlagern sich, ebenso wie die Datenreihen G und RK. Die Angaben in Euro sind in der Datentabelle angegeben.

Da nicht alle berechneten Varianten auch tatsächlich **marktverfügbar** sind (siehe Tabelle 6), sollten die RKE auf solche Fälle beschränkt werden, die den folgenden Bedingungen entsprechen:

- Neukauf einer Kühl-Gefrierkombination EEK A+++ , A++ und A+ ab 2011 möglich (gültige Fälle: Alter ≤ 7 bzw. RND ≥ 7);
- Neukauf einer Kühl-Gefrierkombination EEK A bis 2013 möglich, da ab 2014 nur noch Neugeräte der EEK A+ verkauft werden dürfen (gültige Fälle: Alter ≥ 5 bzw. RND ≤ 9);
- Neukauf einer Kühl-Gefrierkombination EEK B (und geringer) bis 2011 möglich, da ab 2012 nur noch Neugeräte der EEK A verkauft werden dürfen (gültige Fälle: Alter ≥ 7 bzw. RND ≤ 7);

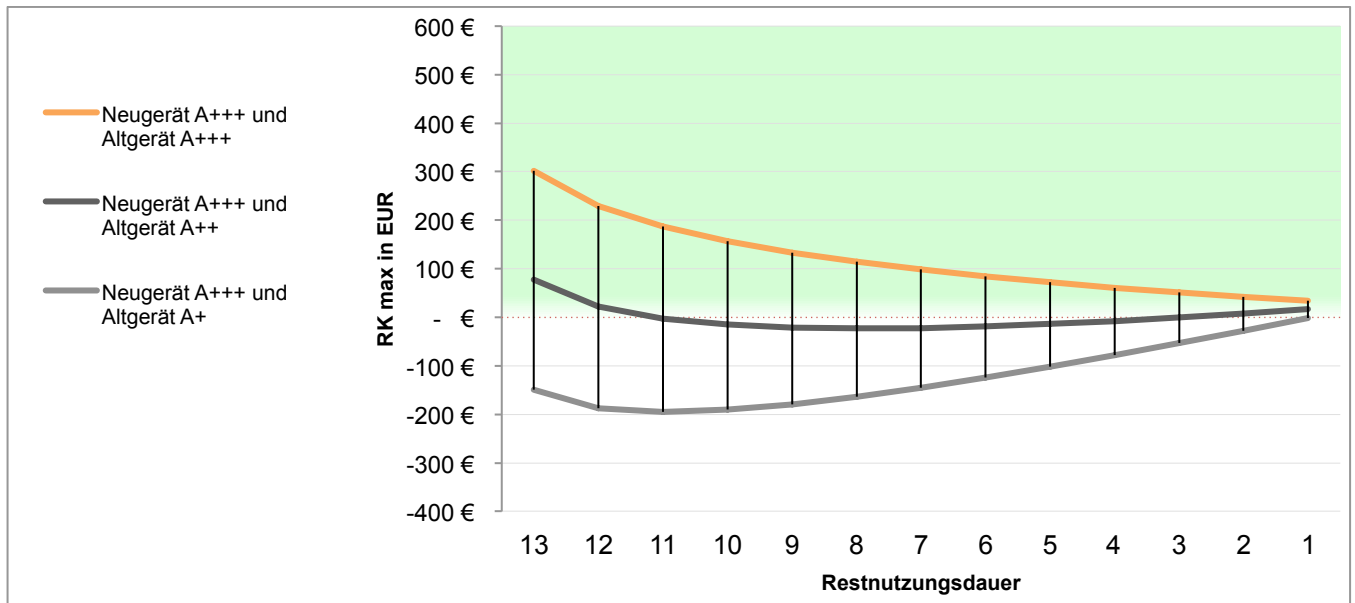
Abbildung 15 zeigt die maximalen Reparaturkosten, die sich ergeben, wenn die beste marktverfügbare **EEK (Neugerät) A+++** vergleichend betrachtet wird. Eine generelle RKE kann in diesen Fällen nur für Altgeräte der EEK A+++ ausgesprochen werden. Hier lohnen sich Reparaturen für alle betrachteten RND sofern die tatsächlichen Reparaturkosten die RKE nicht überschreiten. Für A++ Altgeräte lohnt sich eine Reparatur für die RND von 13 bis 12 Jahren und 2 bis 1. Insgesamt zeigt sich allerdings, dass sich Reparaturen finanziell nur bei effizienten Altgeräten lohnen.

Abbildung 16 zeigt die maximalen Reparaturkosten, die sich ergeben, wenn die geringste marktverfügbare **EEK A+ (Neugerät)** vergleichend betrachtet wird. Eine generelle RKE kann in diesen Fällen für Altgeräte der EEK A+++ bis A+ ausgesprochen werden. Für diese Altgeräte lohnen sich Reparaturen für alle betrachteten RND. Umgekehrt lohnen sich Reparaturen finanziell bei keinem der gültigen Fälle der EEK B und schlechter.

In den jeweiligen Datentabellen sind die gültigen Fälle dargestellt. Diese umfassen Altgeräte der EEK A+++ bis A+ mit einer RND ≥ 7 Jahre, Altgeräte der EEK A mit einer RND von 7 bis 9 Jahren und Altgeräte der EEK B bis G mit einer RND ≤ 7 Jahre.

Alle Fälle mit einer RND von 13 und 12 Jahren überschneiden sich mit der **Gewährleistung** (24 Monate). Es gilt das Gleiche wie bei den Waschmaschinen, dass bei einer erfolgreichen Inanspruchnahme der Mängelhaftung, die Höhe der *RK max* für die Reparaturentscheidung eine geringe Rolle spielt.

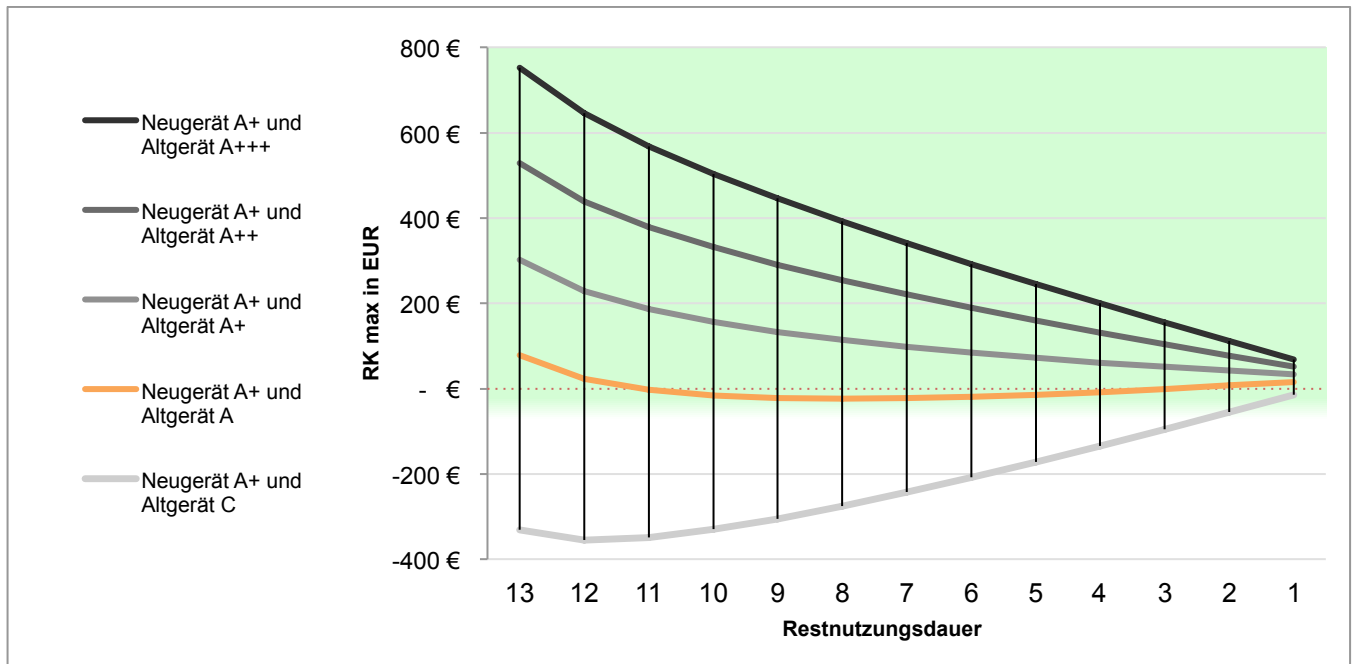
Fazit: Verbraucher*innen sollten sich bei einer anstehenden Reparaturentscheidung demnach zunächst die EEK ihrer vorhandenen Kühl-Gefrierkombination ansehen. Sobald deren EEK B und geringer ist, lohnt sich (bei gleichem Volumen) die Reparatur aus finanzieller Sicht in keinem der betrachteten Fälle. Die Höhe der *RK max* kann, je nach RND und EEK, wenige Euro (geringster Wert um die 8 Euro bei Altgerät EEK A im Vgl. zu Neugerät EEK A+ bei einer RND von 2 Jahren) oder mehr als 750 Euro betragen (höchster Wert 753 Euro bei Altgerät EEK A+++ im Vgl. zu Neugerät EEK A+ bei einer RND von 13 Jahren).



RND	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Altgerät A+++	302 €	229 €	187 €	157 €	134 €	115 €	98 €	85 €	72 €	61 €	51 €	42 €	34 €
Altgerät A++	78 €	23 €	-2 €	-15 €	-21 €	-23 €	-22 €	-19 €	-14 €	-8 €	-0 €	8 €	17 €
Altgerät A+	-149 €	-187 €	-195 €	-190 €	-179 €	-163 €	-144 €	-124 €	-101 €	-78 €	-53 €	-27 €	-1 €
Altgerät A	-373 €	-393 €	-384 €	-362 €	-334 €	-301 €	-265 €	-227 €	-187 €	-146 €	-104 €	-62 €	-18 €
Altgerät B	-782 €	-771 €	-730 €	-677 €	-617 €	-553 €	-485 €	-416 €	-345 €	-272 €	-199 €	-125 €	-50 €
Altgerät C	-1.192 €	-1.149 €	-1.077 €	-992 €	-900 €	-805 €	-706 €	-605 €	-502 €	-398 €	-293 €	-188 €	-81 €
Altgerät D	-1.499 €	-1.433 €	-1.337 €	-1.228 €	-1.113 €	-993 €	-871 €	-747 €	-620 €	-493 €	-364 €	-235 €	-105 €
Altgerät E	-1.858 €	-1.765 €	-1.641 €	-1.505 €	-1.362 €	-1.215 €	-1.065 €	-913 €	-759 €	-604 €	-447 €	-290 €	-132 €
Altgerät F	-2.276 €	-2.150 €	-1.994 €	-1.826 €	-1.651 €	-1.472 €	-1.289 €	-1.105 €	-919 €	-732 €	-544 €	-354 €	-164 €
Altgerät G	-2.760 €	-2.597 €	-2.403 €	-2.198 €	-1.986 €	-1.769 €	-1.550 €	-1.328 €	-1.105 €	-881 €	-655 €	-429 €	-202 €

Abbildung 15 Reparaturkosten Kühl-Gefrierkombination: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+++ nach Restnutzungsdauer

Erläuterung: RK max sind für verschiedene EEK der Altgeräte dargestellt; Farblich abgehoben (orange) ist die RK max die dem Gebrauchtwert entspricht (Vergleich Altgerät A+++ mit Neugerät A+++). In der Abbildung sind nicht alle RK max für alle EEK der Altgeräte dargestellt. Als Letzter der Reihe wurde der Fall dargestellt, bei dem das erste Mal alle RK max in allen RND negativ sind. In der Datentabelle sind alle Fälle dargestellt (RK max: grüne Werte entsprechen positiven und rote Werte entsprechen negativen RK). Die gültigen Fälle (real verfügbare EEK) sind durch Rahmen gekennzeichnet.



RND	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Altgerät A+++	753 €	646 €	569 €	504 €	446 €	392 €	341 €	293 €	246 €	200 €	155 €	112 €	68 €
Altgerät A++	529 €	439 €	379 €	332 €	291 €	255 €	221 €	189 €	160 €	131 €	104 €	77 €	51 €
Altgerät A+	302 €	229 €	187 €	157 €	134 €	115 €	98 €	85 €	72 €	61 €	51 €	42 €	34 €
Altgerät A	78 €	23 €	-2 €	-15 €	-21 €	-23 €	-22 €	-19 €	-14 €	-8 €	-0 €	8 €	17 €
Altgerät B	-331 €	-355 €	-349 €	-330 €	-305 €	-275 €	-242 €	-208 €	-171 €	-134 €	-95 €	-55 €	-15 €
Altgerät C	-741 €	-733 €	-695 €	-645 €	-588 €	-527 €	-463 €	-397 €	-329 €	-260 €	-189 €	-118 €	-46 €
Altgerät D	-1.048 €	-1.016 €	-955 €	-881 €	-801 €	-716 €	-628 €	-538 €	-447 €	-354 €	-260 €	-165 €	-70 €
Altgerät E	-1.407 €	-1.348 €	-1.259 €	-1.158 €	-1.050 €	-937 €	-822 €	-704 €	-585 €	-465 €	-343 €	-221 €	-98 €
Altgerät F	-1.825 €	-1.733 €	-1.612 €	-1.479 €	-1.338 €	-1.194 €	-1.047 €	-897 €	-746 €	-593 €	-439 €	-285 €	-130 €
Altgerät G	-2.309 €	-2.180 €	-2.022 €	-1.851 €	-1.674 €	-1.492 €	-1.307 €	-1.120 €	-932 €	-742 €	-551 €	-359 €	-167 €

Abbildung 16 Reparaturkosten Kühl-Gefrierkombination: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+ nach Restnutzungsdauer

Erläuterung: RK max sind für verschiedene EEK der Altgeräte dargestellt; Farblich abgehoben (orange) ist die RK max die dem Gebrauchtwert entspricht (Vergleich Altgerät A+ mit Neugerät A+). In der Abbildung sind nicht alle RK max für alle EEK der Altgeräte dargestellt. Als Letzter der Reihe wurde der Fall dargestellt, bei dem das erste Mal alle RK max in allen RND negativ sind. In der Datentabelle sind alle Fälle dargestellt (RK max: grüne Werte entsprechen positiven und rote Werte entsprechen negativen RK). Die gültigen Fälle (real verfügbare EEK) sind durch Rahmen gekennzeichnet.

3.4 Fernsehgerät (LCD)

3.4.1 Referenzprodukt

Für den Produkttyp Fernsehgerät wurde das in Tabelle 20 dargestellte Referenzprodukt definiert.

Tabelle 20 Referenzprodukt Fernsehgerät

Merkmale	Erläuterung	Quellen
Funktionen	Keine Einschränkungen	
Bauart	LCD	EcoTopTen 2017d
Bildschirmgröße ¹⁾	Gruppe 1 : ab 32 - 39 Zoll Gruppe 2 : >39 - 47 Zoll Gruppe 3 : >47 Zoll	EcoTopTen 2017d, Eigene Annahme
Effizienz ²⁾	Energieeffizienzklasse: A++ und A (bei neuen Geräten); keine Einschränkung bei Altgeräten	EcoTopTen 2017d Eigene Annahme
Haltbarkeit	ca. 7 Jahre (Annahme: täglich vierstündiger Betrieb des Fernsehgerätes an 365 Tagen im Jahr)	EcoTopTen & Öko-Institut 2017

1) Die Gruppierung basiert auf EcoTopTen & Öko-Institut (2017): Die Gruppierung in fünf Gruppen wurde dabei in drei Gruppen zusammengefasst: Gruppe 1 (31,5-35 Zoll normal und 35,5-39 Zoll groß), Gruppe 2 (39,5-42 Zoll mittelgroß und 42,5-47 Zoll sehr groß), Gruppe 3 (>47,5 Zoll extra groß).

2) Die EEK A+++ kann jetzt schon von Herstellern genutzt werden. Seit dem 1.1.2017 kommen für Neugeräte aber erst einmal nur die EEK A++ bis E zur Anwendung. (Ecotopten 2017d)

3.4.2 Gebrauchtwert

Die Marktstichprobe auf ebay wurde nach den folgenden Suchkriterien erhoben: Artikel verkauft, Fernseher, Bildschirmgrößen: 30-39" und 40-49", Anzeigetechnologie: LCD, LED, LED LCD. Im Zeitraum Oktober bis Dezember 2017 wurden die in Tabelle 21 dargestellten Daten gesammelt. Dabei wurden chronologisch die aktuellsten verkauften Artikel recherchiert. Angaben zu Alter, Bildschirmgröße, Sonderfunktionen (als Ausschlusskriterium) und Stromverbrauch wurden aus den Artikelbeschreibungen entnommen. Angaben zur EEK sind in Ebay nicht verfügbar.

Die Stichprobengröße für Fernseher liegt bei insgesamt 169 verkauften LCD Geräten, von denen 152 gebraucht und 17 defekt deklariert sind. Darin sind die Datensätze jedoch nicht vollständig, in dem Sinne, dass Altersangaben verfügbar sind. Sodass Altersangaben für gebrauchte LCD Geräte für n=115 verfügbar sind (alle Bildschirmgrößen), darunter sind 37 Artikel der Gruppe 1, 23 Artikel der Gruppe 2 und 35 Artikel der Gruppe 3. Zur Ermittlung des Schrottwertes wurden alle Datensätze defekter LCD Geräte genutzt (n=17; altersunabhängig bzw. ohne Altersangabe).

Eine Differenzierung nach EEK wurde nicht angewendet (keine Angaben verfügbar).

Tabelle 21 Stichprobe – Gebrauchtwert Fernsehgeräte (LCD)

Zustand	Gesamt	Sample LCD	Altersangabe im Sample LCD	Altersangabe im Sample LCD differenziert nach Bildschirmgröße	Angabe einer Effizienzklasse
Gesamt	209	169	130	-	0
Gebraucht	169	152	115	Diagonale 32 – 39: 37 Diagonale 40 – 47: 23 Diagonale > 47: 35	0
Defekt	18	17	14	-	0

	Alter	1	2	3	4	5	6	7	>7
Anzahl (gebraucht) + LCD		19	23	14	13	11	8	5	22
Anzahl (gebraucht) + LCD + Diagonale 32 - 39		6	8	3	0	3	2	0	11
Anzahl (gebraucht) + LCD + Diagonale 40 - 47		2	1	2	4	4	2	3	3
Anzahl (gebraucht) + LCD + Diagonale > 47		7	7	7	4	2	2	1	1
Anzahl (defekt) + LCD		3	2	3	2	1	1	0	2

Mittelwerte in Euro (gebraucht)									
Preis + Alter (gebraucht) + LCD		299	302	310	252	182	181	174	116
Preis + Alter + LCD + Diagonale 32 - 39		150	163	117	k.A.	74	84	k.A.	90
Preis + Alter + LCD + Diagonale 40 - 47		490	211	256	276	305	118	278	209
Preis + Alter + LCD + Diagonale > 47		477	539	408	310	231	225	183	80

Gebrauchtwert (in Euro)									
Geglätteter Wertverlust + Diagonale 32 - 39		163	134	116	104	94	87	80	74
Geglätteter Wertverlust + Diagonale 40 - 47		403	332	291	261	239	220	204	191
Geglätteter Wertverlust + Diagonale > 47		576	435	353	294	249	212	181	154
Schrottwert (LCD)		56	56	56	56	56	56	56	56

*Hervorhebung orange: Daten wurden für die Berechnung der Wertverlustkurve genutzt (Ergebnis: **Geglätteter Wertverlust**). Die vertikale Trennungslinie zwischen dem 4. und 5. Jahr (Alter) kennzeichnet den Ausschluss (bis zum 4. Jahr) des Schrottwertes.*

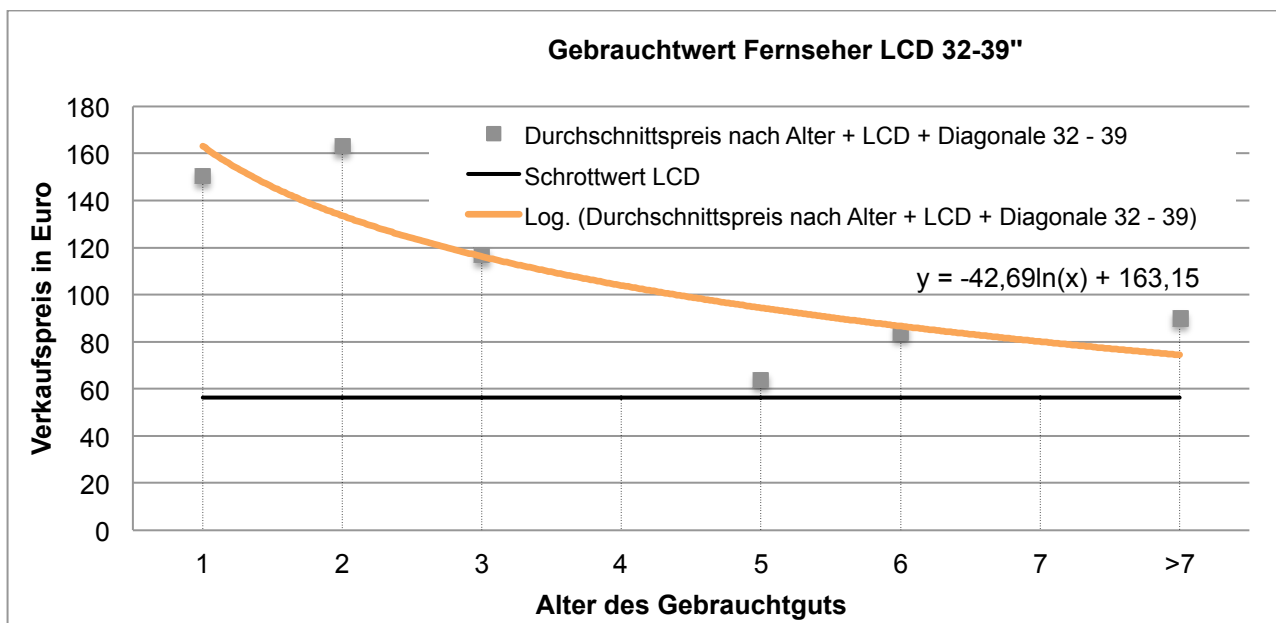


Abbildung 17 Gebrauchtwertentwicklung für Fernseher (LCD) – Diagonale 32 bis 39 Zoll. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.

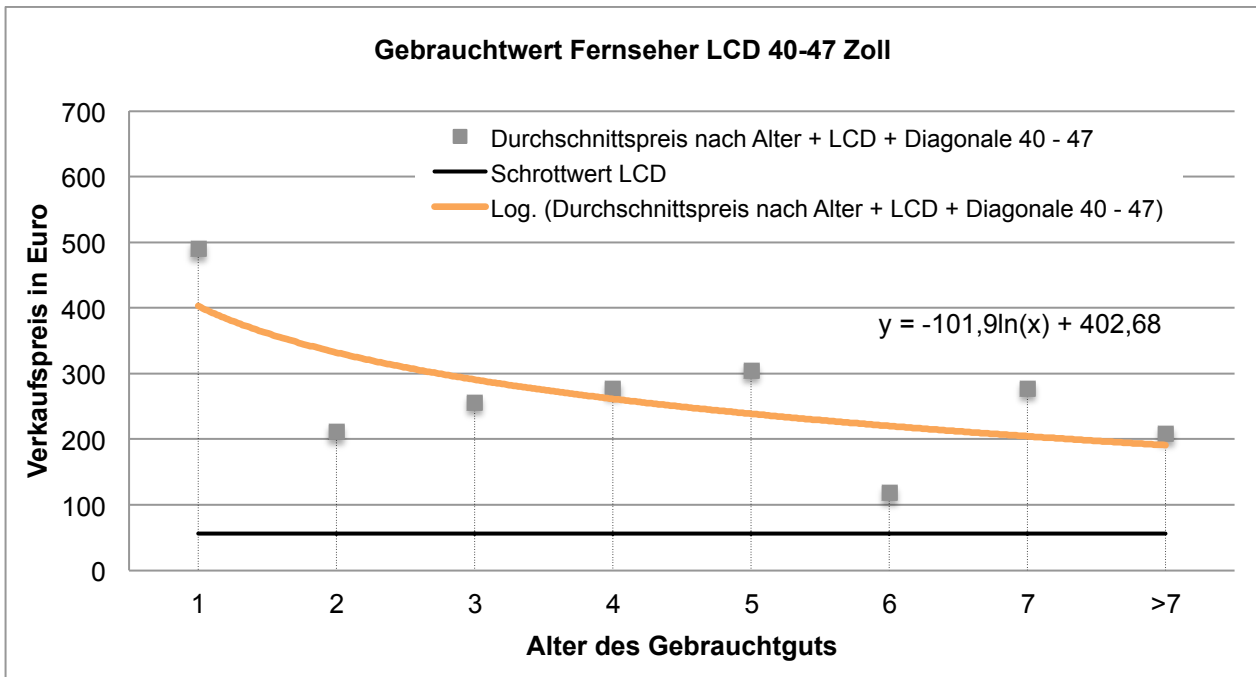


Abbildung 18 Gebrauchtwertentwicklung für Fernseher (LCD) – Diagonale 40 bis 47 Zoll. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.

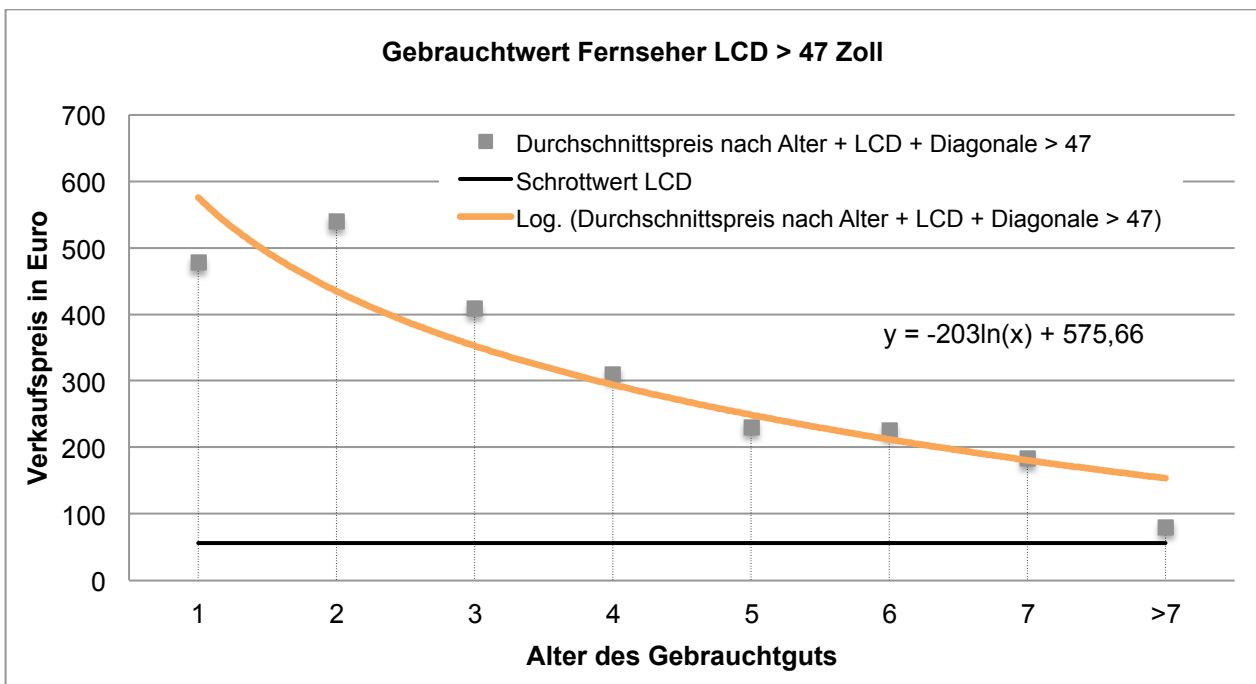


Abbildung 19 Gebrauchtwertentwicklung für Fernseher (LCD) – Diagonale ab 47 Zoll. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.

Abbildung 17, Abbildung 18 und Abbildung 19 zeigen die Gebrauchtwertentwicklung für Fernseher (LCD) der Bildschirmgrößen-Gruppen. Dargestellt sind die Durchschnittspreise der Stichprobe nach Alter, die logarithmische Regression (inkl. Formel) sowie der Schrottwert.

Zur Ermittlung des durchschnittlichen Gebrauchtwertes je Alter wurden zwei Annahmen getroffen: 1) Es wird der Mittelwert aus allen verfügbaren Daten mit jeweiligem Alter genutzt und 2) Für die ersten 4 Jahre wurde ein Abschneidekriterium gewählt, dass solche Datensätze ausschließt, die einen geringeren Verkaufspreis als den Schrottwert erzielt haben. Der Schrottwert beträgt bei allen drei Gruppen 56 €. Daraus ergeben sich die jeweiligen Mittelwerte für die Gruppe 1 bis 3 je Alter (siehe Tabelle 21, Zeilen „Preis + Anzahl (gebraucht) + LCD + Diagonale 32 – 39 / Diagonale 40 – 47 / Diagonale > 47 Zoll“).

Unter der Annahme 3), dass der Gebrauchtwert mit steigendem Alter kontinuierlich sinkt, wurde eine Wertverlustkurve über die Mittelwerte gelegt. Dazu wurde die excelbasierte Funktion der logarithmischen Regression angewendet (siehe Tabelle 21, Zeilen „Geglätteter Wertverlust“).

Der Gebrauchtwert der Gruppe 1 fällt von durchschnittlich 163 € (Alter 1) auf 83 € (Alter 7). Der Gebrauchtwert der Gruppe 2 fällt von durchschnittlich 403 € (Alter 1) auf 204 € (Alter 7). Der Gebrauchtwert der Gruppe 3 fällt von durchschnittlich 576 € (Alter 1) auf 183 € (Alter 7). Die Wertkurve fällt bei keiner der drei Gruppen im betrachteten Zeitraum unter den Schrottwert.

3.4.3 Effizienzentwicklung

Der jährliche Stromverbrauch eines Fernsehers ist in Tabelle 22 angegeben. Basierend auf den Angaben des jährlichen Energieverbrauchs für die Bildschirmgrößen 32 Zoll, 37 Zoll und 42 Zoll (UBA 2011d) wurde der Stromverbrauch pro Zoll berechnet und so die Stromverbräuche der Bildschirmgrößen 32 bis 55 Zoll ermittelt. Durch die Zuordnung der verschiedenen Bildschirmgrößen in die drei Gruppen wurde das gruppenspezifische arithmetische Mittel gebildet.

Tabelle 22 Jährlicher Stromverbrauch von Fernsehern in Abhängigkeit ihrer Bildschirmgröße

EEK	Stromverbrauch kWh / Zoll / Jahr	Verbrauch in kWh/Jahr		
		Gruppe 1 (32" – 39")	Gruppe 2 (40" – 47")	Gruppe 3 (ab 48")
A+++	0,73	26	33	37
A++	1,17	41	52	59
A+	1,70	59	76	86
A	2,21	77	99	113
B	3,10	108	138	157
C	4,43	155	197	225
D	5,91	207	263	300
E	6,64	232	296	338
F	7,38	258	329	375
G	8,13	284	362	413

Quellen: Basierend auf UBA (2011d).

3.4.4 Neugeräte

Die Plattform „Ecotopten“ stellt eine Marktübersicht aus dem Jahr 2017 mit 142 energieeffizienten Fernsehern bereit (EcoTopTen 2017d). Der durchschnittliche Kaufpreis dieser Neugeräte beträgt 432 €. Von den gelisteten Fernsehern sind 42 Stück der Gruppe 1 zuzuordnen. Sie kosten durchschnittlich 290 €. Geräte der Gruppe 2, von denen 43 Stück in der Marktübersicht gelistet sind, kosten durchschnittlich 499 € und der Kaufpreis von den 6 aufgeführten Geräte der Gruppe 3 liegt bei durchschnittlich 954 €.

3.4.5 Reparaturkosten

Die Ermittlung der Reparaturkosten wurde für **zwei Varianten** durchgeführt:

- Variante 1: Vergleich der Altgeräte (verschiedene EEK) mit einem Neugerät der EEK A++ (siehe Abbildung 20)
- Variante 2: Vergleich der Altgeräte (verschiedene EEK) mit einem Neugerät der EEK B (siehe Abbildung 21)

Jede Variante wurde jeweils für die drei Gruppen berechnet.

Bei beiden Varianten entspricht der Vergleich von Alt- und Neugerät derselben EEK dem Gebrauchtwert, da in der Nutzungsphase $EK = 0$ Euro resultieren.

Da nicht alle berechneten Varianten auch tatsächlich **marktverfügbar** sind, sollten die RKE auf solche Fälle beschränkt werden, die den folgenden Bedingungen entsprechen:

- Neukauf eines Fernsehgerätes EEK A++ ab 2017 möglich (gültige Fälle: Alter = 1 bzw. RND = 6);
- Neukauf eines Fernsehgerätes EEK A+ ab 2014 möglich (gültige Fälle: Alter ≤ 4 bzw. RND ≥ 3);
- Neukauf eines Fernsehgerätes EEK F nur bis 2016 möglich (gültige Fälle: Alter ≥ 2 bzw. RND ≤ 5);
- Neukauf eines Fernsehgerätes EEK G nur bis 2013 möglich (gültige Fälle: Alter ≥ 5 bzw. RND ≤ 2);
- Keine Einschränkung für EEK A bis E

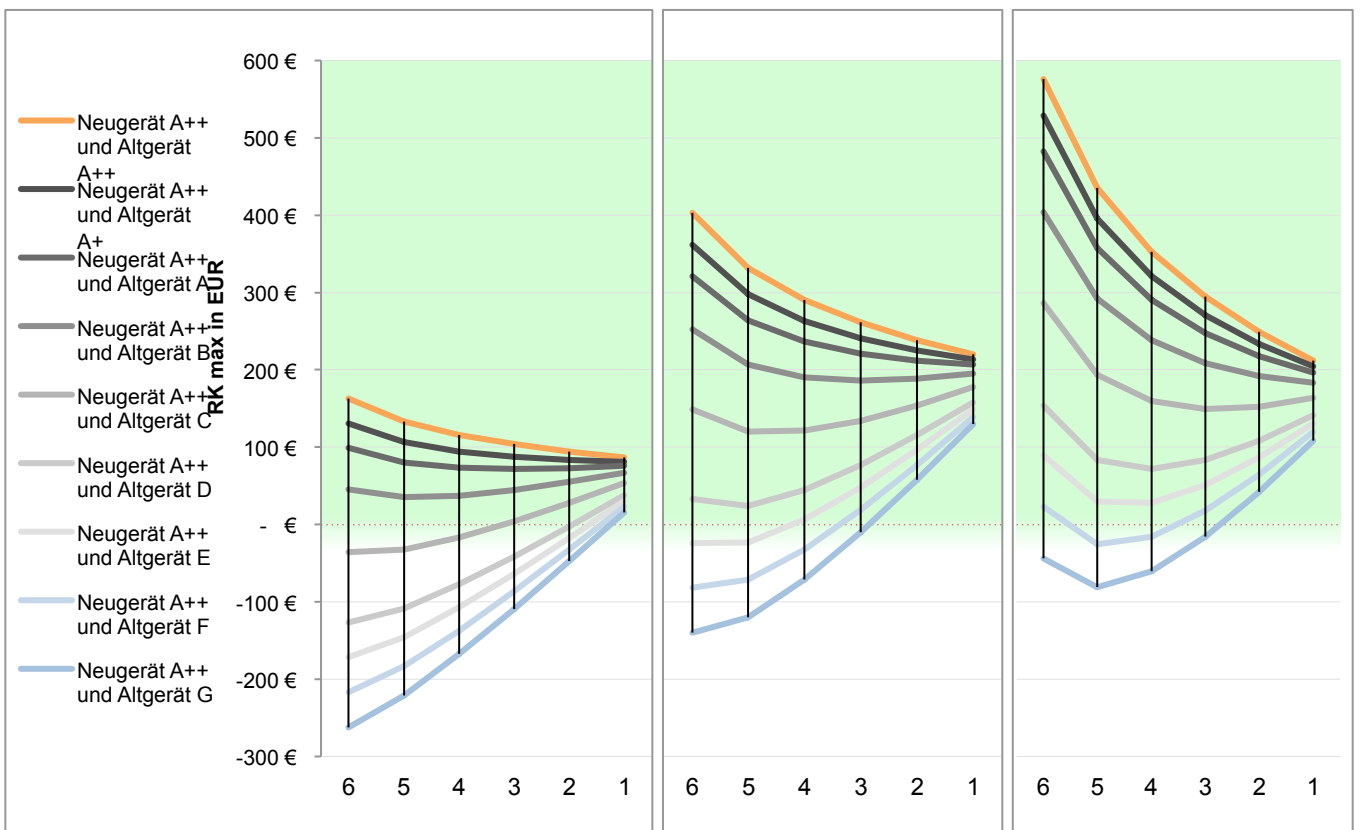
Abbildung 20 zeigt die maximalen Reparaturkosten, die sich ergeben, wenn die beste marktverfügbare **EEK (Neugerät) A++** vergleichend zwischen den drei Gruppen betrachtet wird. Es zeigt sich, dass sich eine Reparatur größerer Geräte (Gruppe 2 und 3) in fast allen Fällen lohnt. Lediglich bei den EEK E bis G lohnt sich bei jüngeren Geräten weniger bis gar nicht.

Abbildung 21 zeigt die maximalen Reparaturkosten, die sich ergeben, wenn die geringste marktverfügbare **EEK B (Neugerät)** vergleichend betrachtet wird. Es zeigt sich, dass sich eine Reparatur größerer Geräte (Gruppe 2 und 3) in allen Fällen lohnt.

In den jeweiligen Datentabellen sind die gültigen Fälle dargestellt. Diese umfassen Altgeräte der EEK A++ mit einer RND = 6 Jahre, Altgeräte der EEK A+ mit einer RND von 3 bis 6 Jahren, Altgeräte der EEK F bzw. G mit einer RND ≤ 5 Jahre bzw. ≤ 2 Jahre. Die EEK A+++ ist in der Datentabelle auch aufgeführt, da sie – wenn Hersteller den Nachweis erbringen – auch in 2017 schon verfügbar sind. Verpflichtend sind sie ab dem Jahr 2020.

Alle Fälle mit einer RND von 6 und 5 Jahren überschneiden sich mit der **Gewährleistung** (24 Monate). Es gilt das Gleiche wie bei den Waschmaschinen, dass bei einer erfolgreichen Inanspruchnahme der Mängelhaftung, die Höhe der *RK max* für die Reparaturrentscheidung eine geringe Rolle spielt.

Fazit: Verbraucher*innen sollten sich bei einer anstehenden Reparaturrentscheidung demnach zunächst die EEK ihrer vorhandenen Fernsehgeräte ansehen. Vergleicht man die *RK max* innerhalb derselben Gruppe, so zeigt sich bei größeren Geräten (Gruppe 2 und 3), dass sich eine Reparatur auch für Altgeräte mit niedriger EEK lohnen kann. Das gilt sowohl für den Vergleich mit einem Neugerät der EEK A++ als auch der EEK B. Bei kleineren Geräten (Gruppe 1) lohnt sich eine Reparatur bei Altgeräten der EEK B (vgl. Neugerät A++) bzw. EEK C (vgl. Neugerät B) und besser. Unterhalb dieser EEK (der beiden Varianten) hängen die *RKE* von der *RND* ab: Je länger die *RND* ist, desto weniger lohnt sich die Reparatur (da der Gebrauchtwert für junge Geräte höher ist).

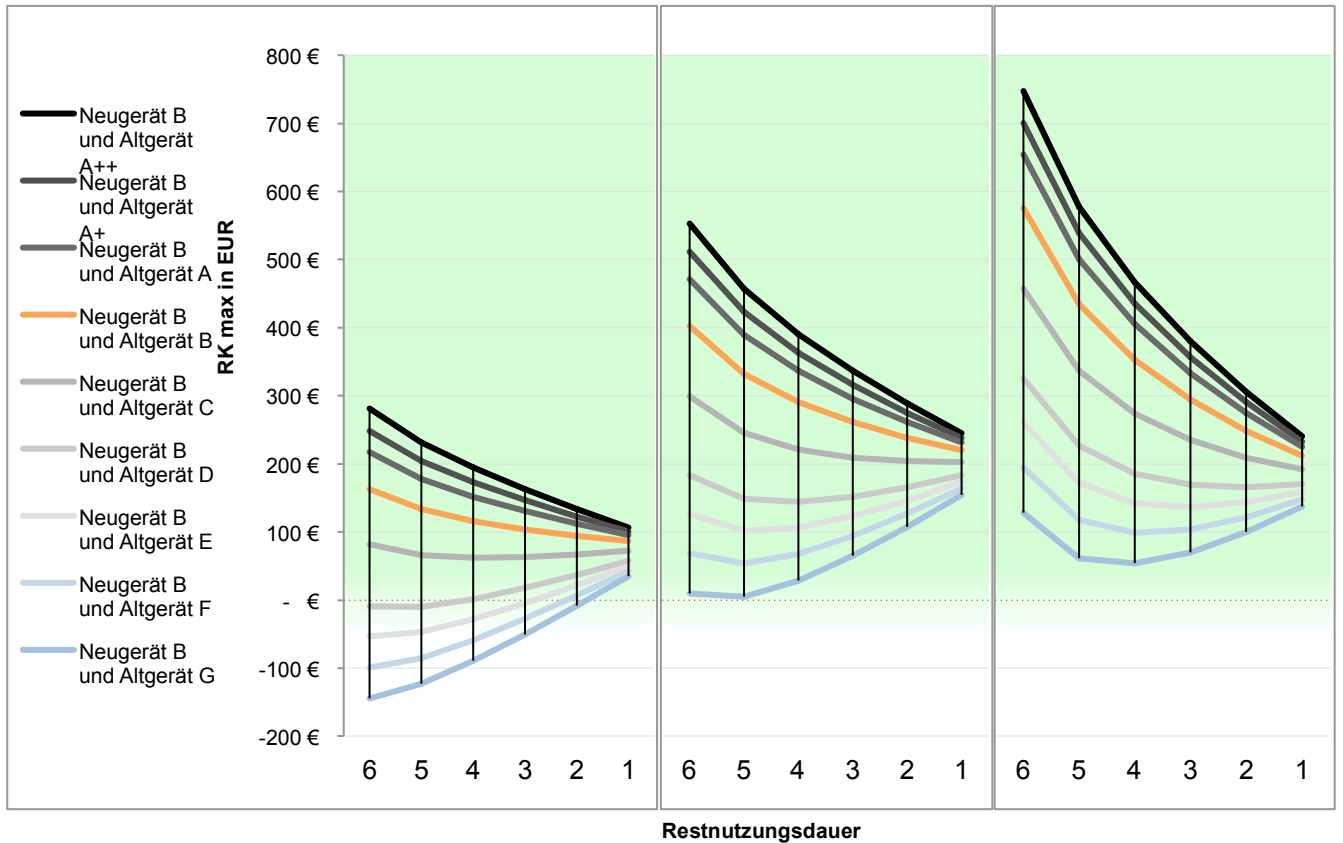


Restnutzungsdauer

Gruppe	Gruppe 1 ab 32 - 39 Zoll						Gruppe 2 > 39 - 47 Zoll						Gruppe 3 > 47 Zoll						
	RND	6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1
Altgerät A+++		190 €	156 €	134 €	117 €	103 €	91 €	437 €	360 €	313 €	278 €	250 €	226 €	615 €	467 €	379 €	314 €	262 €	218 €
Altgerät A++		163 €	134 €	116 €	104 €	94 €	87 €	403 €	332 €	291 €	261 €	239 €	220 €	576 €	435 €	353 €	294 €	249 €	212 €
Altgerät A+		131 €	107 €	95 €	88 €	84 €	81 €	362 €	298 €	263 €	241 €	225 €	213 €	529 €	396 €	321 €	271 €	233 €	204 €
Altgerät A		99 €	80 €	74 €	72 €	73 €	76 €	321 €	264 €	237 €	221 €	212 €	207 €	483 €	358 €	291 €	248 €	218 €	196 €
Altgerät B		45 €	35 €	38 €	45 €	55 €	67 €	252 €	207 €	191 €	186 €	189 €	195 €	404 €	292 €	238 €	209 €	192 €	183 €
Altgerät C		-36 €	-32 €	-16 €	5 €	28 €	54 €	149 €	120 €	121 €	134 €	154 €	178 €	286 €	194 €	160 €	149 €	152 €	164 €
Altgerät D		-127 €	-108 €	-77 €	-41 €	-2 €	38 €	33 €	24 €	44 €	77 €	116 €	159 €	154 €	84 €	72 €	84 €	108 €	142 €
Altgerät E		-171 €	-145 €	-107 €	-63 €	-17 €	31 €	-24 €	-23 €	6 €	48 €	97 €	149 €	89 €	30 €	28 €	51 €	87 €	131 €
Altgerät F		-217 €	-183 €	-137 €	-86 €	-32 €	23 €	-81 €	-71 €	-32 €	19 €	77 €	139 €	23 €	-25 €	-16 €	18 €	65 €	120 €
Altgerät G		-262 €	-221 €	-167 €	-109 €	-47 €	16 €	-140 €	-120 €	-71 €	-10 €	58 €	130 €	-43 €	-81 €	-60 €	-15 €	43 €	109 €

Abbildung 20 Reparaturkosten Fernsehgeräte (LCD): Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A++ nach Restnutzungsdauer; links: Gruppe 1, mittig: Gruppe 2, rechts: Gruppe 3

Erläuterung: RK max sind für verschiedene EEK der Altgeräte dargestellt; Farblich abgehoben (orange) ist die RK max die dem Gebrauchtwert entspricht (Vergleich Altgerät A++ mit Neugerät A++). In der Abbildung sind nicht alle RK max für alle EEK der Altgeräte dargestellt. Als Letzter der Reihe wurde der Fall dargestellt, bei dem das erste Mal alle RK max in allen RND negativ sind. In der Datentabelle sind alle Fälle dargestellt (RK max: grüne Werte entsprechen positiven und rote Werte entsprechen negativen RK). Die gültigen Fälle (real verfügbare EEK) sind durch Rahmen gekennzeichnet.



Gruppe	Gruppe 1 ab 32 - 39 Zoll						Gruppe 2 > 39 - 47 Zoll						Gruppe 3 > 47 Zoll						
	RND	6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1
Altgerät A+++		308 €	254 €	213 €	176 €	143 €	111 €	587 €	486 €	414 €	354 €	300 €	251 €	786 €	610 €	493 €	399 €	319 €	247 €
Altgerät A++		281 €	232 €	195 €	163 €	134 €	106 €	553 €	457 €	391 €	337 €	289 €	245 €	747 €	578 €	467 €	380 €	306 €	241 €
Altgerät A+		249 €	205 €	173 €	147 €	123 €	101 €	512 €	423 €	364 €	316 €	275 €	238 €	700 €	539 €	436 €	357 €	290 €	233 €
Altgerät A		217 €	179 €	152 €	131 €	112 €	96 €	472 €	390 €	337 €	296 €	262 €	232 €	654 €	500 €	405 €	334 €	275 €	225 €
Altgerät B		163 €	134 €	116 €	104 €	94 €	87 €	403 €	332 €	291 €	261 €	239 €	220 €	576 €	435 €	353 €	294 €	249 €	212 €
Altgerät C		82 €	66 €	62 €	63 €	67 €	73 €	299 €	246 €	222 €	210 €	204 €	203 €	458 €	336 €	274 €	235 €	210 €	192 €
Altgerät D		-9 €	-10 €	2 €	18 €	37 €	58 €	184 €	149 €	145 €	152 €	166 €	184 €	326 €	227 €	186 €	169 €	166 €	170 €
Altgerät E		-53 €	-47 €	-28 €	-4 €	22 €	51 €	126 €	102 €	107 €	123 €	147 €	174 €	261 €	172 €	143 €	137 €	144 €	159 €
Altgerät F		-99 €	-85 €	-58 €	-27 €	7 €	43 €	69 €	54 €	68 €	94 €	127 €	164 €	195 €	118 €	99 €	104 €	122 €	148 €
Altgerät G		-144 €	-123 €	-89 €	-50 €	-8 €	35 €	10 €	5 €	29 €	65 €	108 €	155 €	128 €	62 €	54 €	70 €	100 €	137 €

Abbildung 21 Reparaturkosten Fernsehgeräte (LCD): Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK B nach Restnutzungsdauer; links: Gruppe 1, mittig: Gruppe 2, rechts: Gruppe 3

Erläuterung: RK max sind für verschiedene EEK der Altgeräte dargestellt; Farblich abgehoben (orange) ist die RK max die dem Gebrauchtwert entspricht (Vergleich Altgerät B mit Neugerät B). In der Abbildung sind nicht alle RK max für alle EEK der Altgeräte dargestellt. Als Letzter der Reihe wurde der Fall dargestellt, bei dem das erste Mal alle RK max in allen RND negativ sind. In der Datentabelle sind alle Fälle dargestellt (RK max: grüne Werte entsprechen positiven und rote Werte entsprechen negativen RK). Die gültigen Fälle (real verfügbare EEK) sind durch Rahmen gekennzeichnet.

3.5 Smartphone

3.5.1 Referenzprodukt

Für den Produkttyp Smartphone wurde das in Tabelle 23 dargestellte Referenzprodukt definiert.

Tabelle 23 Referenzprodukt Smartphone

Merkmale	Erläuterung	Quellen
Funktionen	Keine Einschränkungen	
Bauart	Smartphone	Eigene Annahme (basierend auf Ebay)
Bildschirmgröße / Betriebssystem	Gruppe 1: Android Gruppe 2: iOS Displaygrößen von mehrheitlich 4 bis 5 Zoll	Eigene Annahme (basierend auf Ebay)
Effizienz	Stromverbrauch basierend auf verschiedenen Akkukapazitäten von 1500 bis 3000 mAh	Eigene Annahme (basierend auf Ebay)
Haltbarkeit	Für die Haltbarkeit liegen keine Angaben vor. Die Annahme von 4 Jahren Nutzungsdauer basiert auf den Ergebnissen der Marktstichprobe ebay, bei der keine Smartphones identifiziert wurden, die älter als 4 Jahre sind. (Annahme: tägliches laden)	Eigene Annahme (basierend auf Ebay)

3.5.2 Gebrauchtwert

Die Marktstichprobe auf ebay wurde nach den folgenden Suchkriterien erhoben: Artikel verkauft, Handys ohne Vertrag. Im Zeitraum November bis Dezember 2017 wurden die in Tabelle 24 dargestellten Daten gesammelt. Dabei wurden chronologisch die aktuellsten verkauften Artikel recherchiert. Angaben zu Alter, Bildschirmgröße und Akkukapazität / Stromverbrauch wurden aus den Artikelbeschreibungen entnommen. Angaben zur EEK sind in Ebay nicht verfügbar.

Die Stichprobengröße für Smartphones liegt bei insgesamt 180 verkauften Smartphones, von denen 178 gebraucht und 2 defekt deklariert sind. Darin sind die Datensätze jedoch nicht vollständig, in dem Sinne, dass Altersangaben verfügbar sind. Sodass Altersangaben für gebrauchte Smartphones für n=75 verfügbar sind (alle Displaygrößen und Betriebssysteme), darunter sind 44 Artikel der Gruppe iOS und 31 Artikel der Gruppe Android. Zur Ermittlung des Schrottwertes wurden alle Datensätze defekter Smartphones genutzt (n=2; altersunabhängig bzw. ohne Altersangabe). Zum Vergleich, ob sich eine Gruppierung nach Displaygrößen anbietet, wurden die Artikel nach Displaygröße sortiert. Darin sind 9 Artikel mit ca. 3 Zoll, 94 Artikel mit ca. 4 Zoll, 67 mit ca. 5 Zoll und 3 Artikel mit größer 5 Zoll enthalten.

Eine Differenzierung nach EEK wurde nicht angewendet (keine Angaben verfügbar).

Tabelle 24 Stichprobe – Gebrauchtwert Smartphone

Zustand	Gesamt	Altersangabe	Angabe eines Betriebssystems		Altersangabe und Angabe eines Betriebssystems		Angabe einer EEK
			iOS	Android	iOS	Android	
Gesamt	180	75	99	81	99	81	0
Gebraucht	178	75	99	77	44	31	0
Defekt	2	0	0	0	0	0	0

	Alter	1	2	3	4	5	6
Anzahl (gebraucht)		31	29	11	4	k.A.	k.A.
Anzahl (gebraucht) + Alter + iOS		18	18	7	1	k.A.	k.A.
Anzahl (gebraucht) + Alter + Android		13	11	4	3	k.A.	k.A.
Anzahl (defekt)		0	0	0	0	k.A.	k.A.
Mittelwerte in Euro (gebraucht)						k.A.	k.A.
Preis + Alter (gebraucht)		441	297	207	85	k.A.	k.A.
Preis + Alter (gebraucht) + Alter + iOS		531	369	246	80	k.A.	k.A.
Preis + Alter (gebraucht) + Alter + Android		317	135	115	88	k.A.	k.A.
Preis + Alter (gebraucht) + Alter + ca. 4 Zoll		495	301	198	80	k.A.	k.A.
Preis + Alter (gebraucht) + Alter + ca. 5 Zoll		408	304	239	88	k.A.	k.A.
Gebrauchtwert (in Euro)						k.A.	k.A.
Geglätteter Wertverlust + iOS		553	338	212	122	k.A.	k.A.
Geglätteter Wertverlust + Android		294	180	113	66	k.A.	k.A.
Geglätteter Wertverlust + ca. 4 Zoll		500	298	180	96	k.A.	k.A.
Geglätteter Wertverlust + ca. 5 Zoll		429	281	195	134	k.A.	k.A.
Schrottwert		46	46	46	46	k.A.	k.A.

*Hervorhebung orange: Daten wurden für die Berechnung der Wertverlustkurve genutzt (Ergebnis: **Geglätteter Wertverlust**). Die vertikale Trennungslinie zwischen dem 4. und 5. Jahr (Alter) kennzeichnet den Ausschluss (bis zum 4. Jahr) des Schrottwertes.*

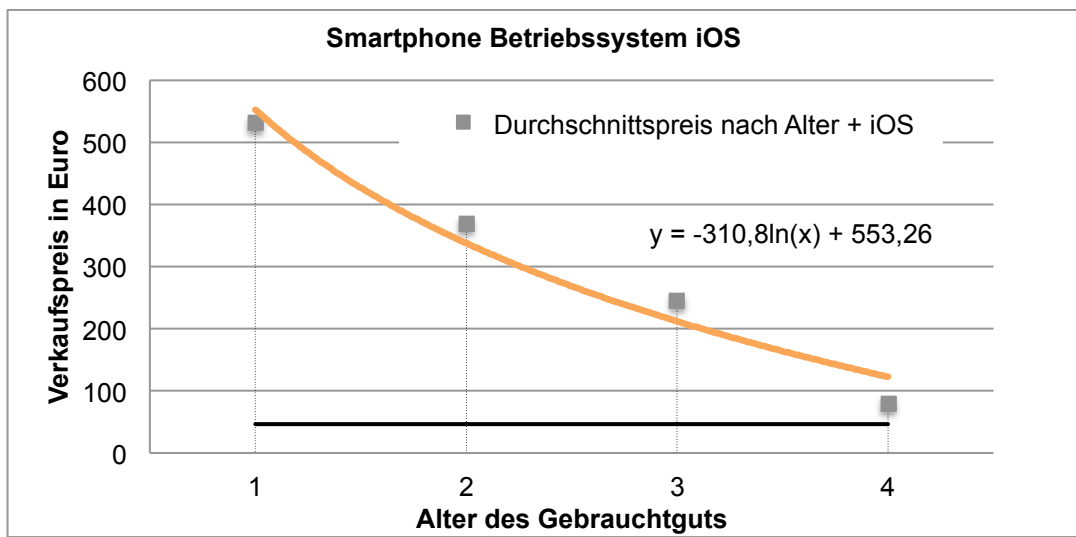


Abbildung 22 Gebrauchtwertentwicklung für Smartphones (iOS). Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.

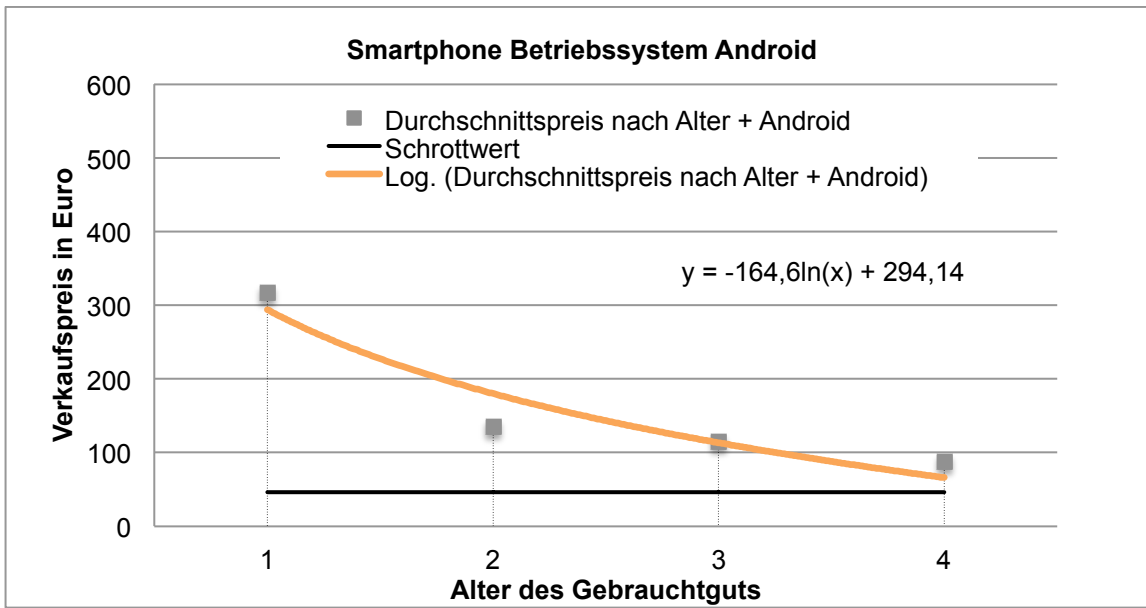


Abbildung 23 Gebrauchtwertentwicklung für Smartphones (Android). Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.

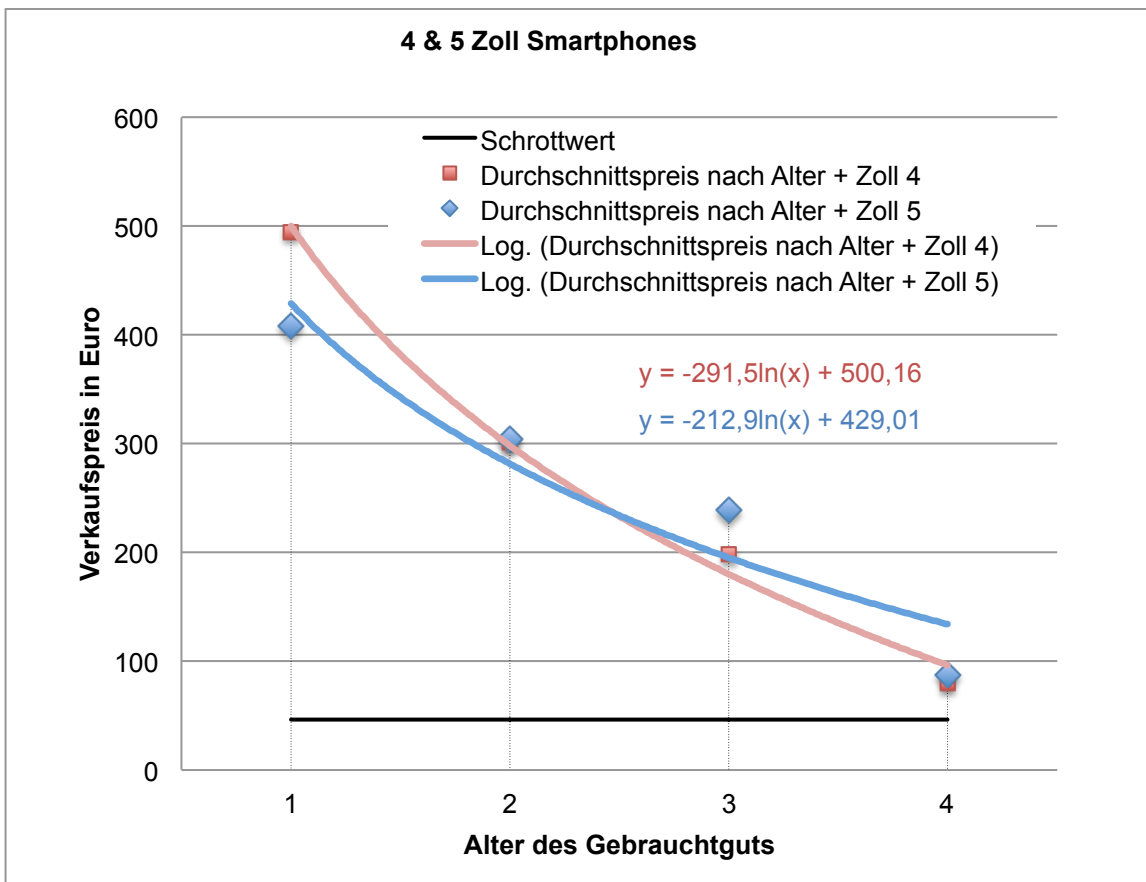


Abbildung 24 Gebrauchtwertentwicklung für Smartphones (Displaygrößen ca. 4 und 5 Zoll). Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.

Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen die genutzten Gebrauchtwertentwicklung für Smartphones, differenziert nach Betriebssystemen. Dargestellt sind die Durchschnittspreise der Stichprobe nach Alter, die logarithmische Regression (inkl. Formel) sowie der Schrottwert.

Abbildung 24 stellt die Gebrauchtwertentwicklung dar, die als Vergleichsfall untersucht wurden (Einschränkung auf die beiden Displaygrößen mit der größten Stichprobe). Für die Displaygrößen ca. 4 Zoll und ca. 5 Zoll ließen sich aber keine relevanten Unterschiede ausmachen, sodass der Versuch einer solchen Gruppierung zugunsten der Gruppierung nach Betriebssystemen aufgegeben wurde.

Zur Ermittlung des durchschnittlichen Gebrauchtwertes je Alter und Betriebssystem wurden zwei Annahmen getroffen: 1) Es wird der Mittelwert aus allen verfügbaren Daten mit jeweiligem Alter genutzt und 2) Für den gesamten Zeitraum (4 Jahre) wurde ein Abschneidekriterium gewählt, dass solche Datensätze ausschließt, die einen geringeren Verkaufspreis als den Schrottwert erzielt haben. Der Schrottwert beträgt bei beiden Gruppen 46 €. Daraus ergeben sich die jeweiligen Mittelwerte für die Gruppe „iOS“ und „Android“ je Alter (siehe Tabelle 24, Zeilen „Preis + Anzahl (gebraucht) + Alter + iOS / Android“).

Unter der Annahme 3), dass der Gebrauchtwert mit steigendem Alter kontinuierlich sinkt, wurde eine Wertverlustkurve über die Mittelwerte gelegt. Dazu wurde die excelbasierte Funktion der logarithmischen Regression angewendet (siehe Tabelle 24, Zeilen „Geglätteter Wertverlust iOS / Android“).

Der Gebrauchtwert der Gruppe „iOS“ fällt von durchschnittlich 553 € (Alter 1) auf 122 € (Alter 4). Der Gebrauchtwert der Gruppe „Android“ fällt von durchschnittlich 294 € (Alter 1) auf 66 € (Alter 4). Die Wertkurve fällt bei keiner der beiden Gruppen im betrachteten Zeitraum unter den Schrottwert.

3.5.3 Effizienzentwicklung

Smartphones werden nicht nach EEK differenziert. Die täglichen als auch jährlichen Stromverbräuche sind im Vergleich zu den drei betrachteten Haushaltsgütern Waschmaschine, Spülmaschine und Kühl-Gefrierkombination als auch dem Fernseher nur sehr gering. In Tabelle 25 sind sowohl der tägliche als auch der jährliche Stromverbrauch von Smartphones in Abhängigkeit der Akku-Kapazität dargestellt (basierend auf Käbler 2013). Es wird ein tägliches Aufladen eines Lithium-Ionen-Akkus angenommen (eigene Annahme).

Tabelle 25 Stromverbrauch von Smartphones

Akku-Kapazität Lithium-Ionen Batterie in mAh	Stromverbrauch In kWh/Tag	Stromverbrauch In kWh/Jahr	Quellen
1500	0,0057	2,08	Käbler 2013, eigene Annahme
2000	0,0076	2,77	
2500	0,0095	3,47	
3000	0,0114	4,16	
3500	0,0133	4,85	

Der Stromverbrauch in kWh / Tag wurde unter der Annahme berechnet, dass das Ladegerät 3,8 Volt Ladespannung nutzt (z.B. $1500 \text{ mAh} * 3,8 \text{ V} / 1000000 = 0,0057 \text{ kWh}$ für einen Ladevorgang; multipliziert mit 365 Ladevorgängen ergibt sich der Stromverbrauch in kWh / Jahr). Ohne Verluste (Effizienz der Netzteil) und Restkapazität des Akkus.

3.5.4 Neugeräte

Auf Grundlage von CHIP Digital GmbH (2017) wurde der durchschnittliche Kaufpreis von 102 Neugeräten ermittelt. Dieser liegt bei 402 €. Der Kaufpreis dieser Smartphones wurde zusätzlich nach ihren Betriebssystemen differenziert betrachtet. Es wurde ein durchschnittlicher Kaufpreis von 639 € für Smartphones mit iOS-System ermittelt. Neugeräte mit einem Android-Betriebssystem kosten durchschnittlich 371 €. Zusätzlich zum Kaufpreis wurden ebenfalls die durchschnittliche Akkukapazität und Bildschirmgröße bestimmt. Diese betragen 3011 mAh und 5 Zoll insgesamt, für Smartphones mit iOS-Systemen 2225 mAh und 5 Zoll und für Geräte mit Android-System 3103 mAh und ebenfalls 5 Zoll.

3.5.5 Reparaturkosten

Die Ermittlung der Reparaturkosten wurde für die folgende Variante berechnet: Vergleich der Altgeräte (verschiedene Akkukapazitäten) mit einem Neugerät (Akkukapazität 3000 mAh). Es wurden zwei Gruppen unterschieden: iOS-Betriebssysteme (siehe Abbildung 25) und Android-Betriebssysteme (siehe Abbildung 26). Alle berechneten Varianten sind marktverfügbar.

Der Vergleich von Alt- und Neugerät mit derselben Akkukapazität entspricht dem Gebrauchtwert, da in der Nutzungsphase $EK = 0$ Euro resultieren. Da Smartphones nur Strom nutzen, sind in diesem Fall die $EK = SK_{\text{zusätzlich}}$. Allerdings zeigt sich bei der Ermittlung der $SK_{\text{zusätzlich}}$, dass die Unterschiede bezogen auf verschiedene Akkukapazitäten sehr gering sind. Bei einer RND von 3 Jahren entstehen – durch die Nutzung eines Neugerätes mit höherer (oder gleicher) Akkukapazität – höhere Stromkosten von ca. 2 Euro (siehe Tabelle 26).

Tabelle 26 Ermittelte SK alt, SK neu und SK zusätzlich für Smartphones nach Akkukapazität und RND (in Euro, kumuliert nach RND)

Restnutzungsdauer	3	2	1
Stromkosten			
SK alt 1500 mAh	1,8 €	1,2 €	0,6 €
SK alt 2000 mAh	2,4 €	1,6 €	0,8 €
SK alt 2500 mAh	3,0 €	2,0 €	1,0 €
SK alt 3000 mAh	3,6 €	2,4 €	1,2 €
SK neu 3000 mAh	3,6 €	2,4 €	1,2 €
SK zusätzlich 1500 mAh	-1,8 €	-1,2 €	-0,6 €
SK zusätzlich 2000 mAh	-1,2 €	-0,8 €	-0,4 €
SK zusätzlich 2500 mAh	-0,6 €	-0,4 €	-0,2 €
SK zusätzlich 3000 mAh	- €	- €	- €

Abbildung 25 zeigt die maximalen Reparaturkosten, die sich ergeben, wenn iOS-Geräte betrachtet werden. Abbildung 26 zeigt die maximalen Reparaturkosten, die sich ergeben, wenn Android-Geräte betrachtet werden. In allen Fällen lohnen sich Reparaturen. Es lassen sich zwar Effizienzkosten in der Nutzungsphase ermitteln, diese haben jedoch keinen nennenswerten Einfluss auf die RKE.

Fazit: Bei Smartphones hängen die *RKE* allein von der *RND* ab: Je länger die *RND* ist, desto weniger lohnt sich die Reparatur (da der Gebrauchtwert für junge Geräte höher ist). Verbraucher*innen können sich also für die Reparaturenentscheidung daran orientieren, dass sich bei iOS-Geräten Reparaturen zwischen 200 bis 550 Euro lohnen. Bei Android-Geräten lohnen sich Reparaturen zwischen 100 bis ca. 300 Euro. Die teuren Reparaturen lohnen sich finanziell in den beiden ersten Jahren nach der Anschaffung (*RND* 3 bis 2). Dieser Zeitraum überschneidet sich mit der Gewährleistung (24 Monate).

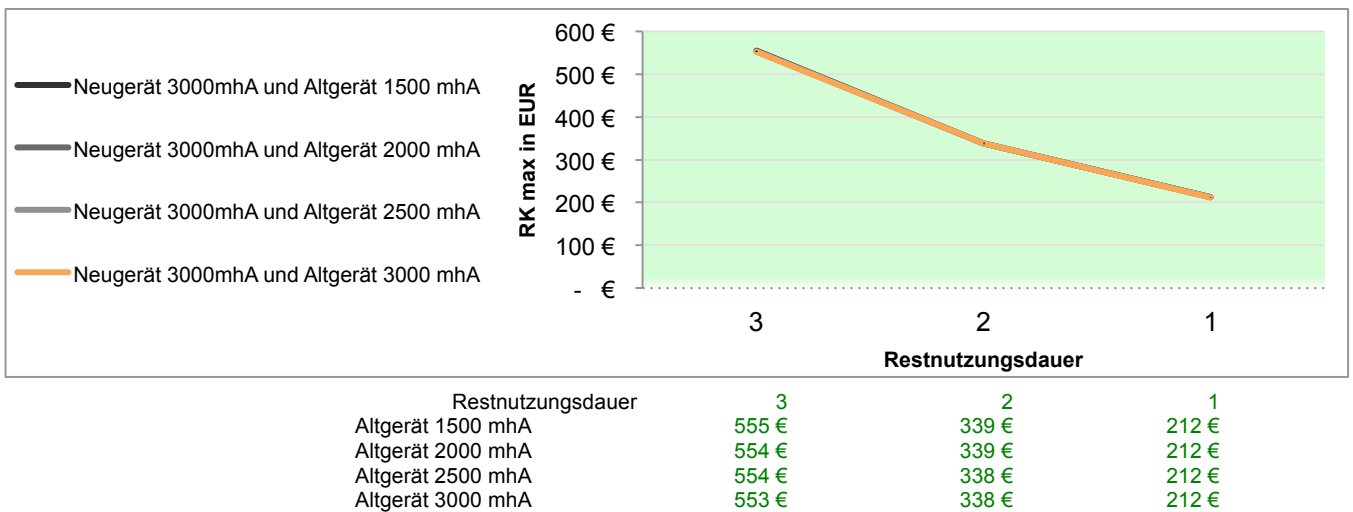


Abbildung 25 Reparaturkosten Smartphones (iOS-System): Vergleich Altgerät (verschiedene Akkukapazitäten) mit Neugerät (Akkukapazität 3000 mAh) nach Restnutzungsdauer

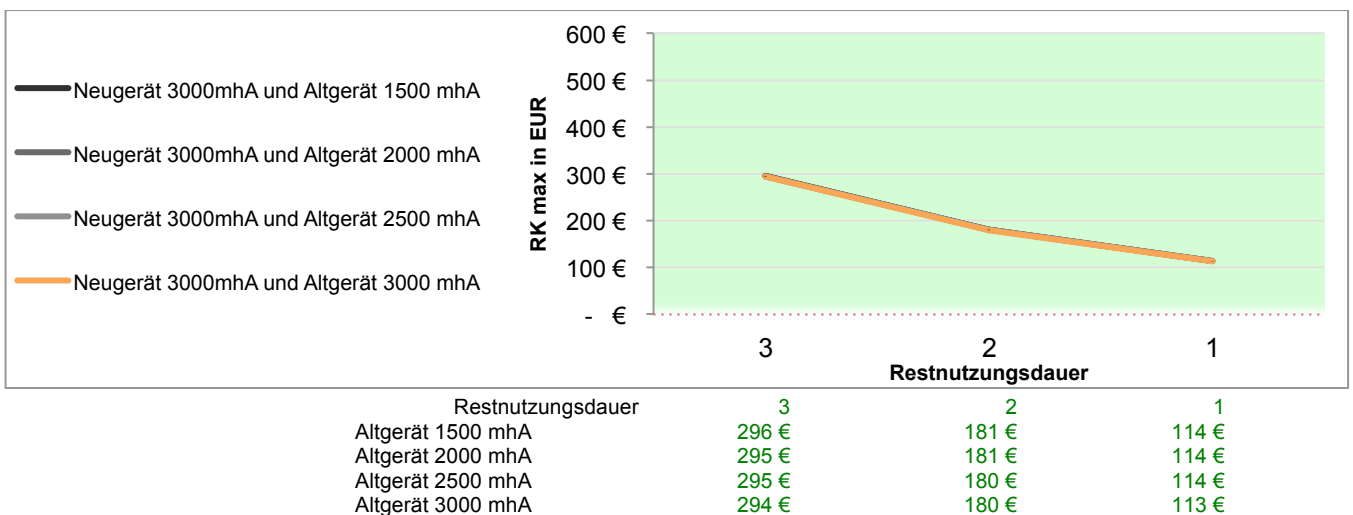


Abbildung 26 Reparaturkosten Smartphones (Android-System): Vergleich Altgerät (verschiedene Akkukapazitäten) mit Neugerät (Akkukapazität 3000 mAh) nach Restnutzungsdauer

Erläuterung zu beiden Abbildungen: RK max sind für verschiedene Akkukapazitäten der Altgeräte dargestellt; Farblich abgehoben (orange) ist die RK max die dem Gebrauchtwert entspricht (Vergleich Altgerät 3000 mAh mit Neugerät 3000 mAh). In der Abbildung sind RK max für vier vergleichende Betrachtungen der Altgeräte dargestellt. Allerdings sind die Unterschiede sehr gering, sodass sich die Datenreihen optisch überlagern. In der Datentabelle sind alle Fälle dargestellt (RK max: grüne Werte entsprechen positiven Werten).

3.6 E-Bike

3.6.1 Referenzprodukt

Für den Produkttyp E-Bike wurde das in Tabelle 27 dargestellte Referenzprodukt definiert.

Tabelle 27 Referenzprodukt E-Bike

Merkmale	Erläuterung	Quellen
Funktionen	Erfüllung der Vorschriften der StVZO, Ausstattung mit Schutzblechen, Gepäckträger, mind. 37 mm Reifenbreite, Licht, hydraulische Bremsen, Kettenschutz, max. 27 kg	EcoTopTen & Öko-Institut 2015
Bauart	Pedelec;	EcoTopTen 2015
Typ	Trekking (darunter E-Trekking, Trekking, Citybike zusammengefasst)	EcoTopTen 2015, Eigene Annahme
Akku	Li-Ionen-Akku, mind. 400 Ladezyklen, unter 8h Ladezeit, Display, abschließbar, Tiefentladungs- und Überladungsschutz	EcoTopTen 2015 Eigene Annahme
Haltbarkeit	ca. 10 Jahre (Fahrrad), 5 Jahre (Akku)	EcoTopTen & Öko-Institut 2015

3.6.2 Gebrauchtwert

Die Marktstichprobe auf Ebay wurde nach den folgenden Suchkriterien erhoben: Artikel verkauft, E-Bike. Im Zeitraum Oktober bis Dezember 2017 wurden die in Tabelle 28 dargestellten Daten gesammelt. Dabei wurden chronologisch die aktuellsten verkauften Artikel recherchiert. Angaben zu Marke, Alter, Typ, Akku und Leistung wurden aus den Artikelbeschreibungen soweit vorhanden entnommen. Angaben zur EEK sind in Ebay nicht verfügbar.

Die Stichprobengröße für E-Bikes liegt bei insgesamt 134 verkauften Produkten, von denen 125 gebraucht und 7 defekt deklariert sind. Darin sind die Datensätze jedoch nicht vollständig, in dem Sinne, dass Altersangaben verfügbar sind. Sodass Altersangaben für gebrauchte E-Bikes für n=87 verfügbar sind (alle Produkttypen), darunter sind 38 E-Bikes des Typs Trekking. Zur Ermittlung des Schrottwertes wurden alle Datensätze defekter E-Bikes genutzt (n=7; altersunabhängig bzw. ohne Altersangabe).

Eine Differenzierung nach EEK wurde nicht angewendet (keine Angaben verfügbar).

Tabelle 28 Stichprobe – Gebrauchtwert E-Bike

Zustand	Gesamt	Altersangabe	Altersangabe im Sample Trekking	Angabe einer EEK
Gesamt	134	88	39	0
Gebraucht	125	87	38	0
Defekt	7	1	1	0

	Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Anzahl (gebraucht) + Alter		45	8	13	6	6	5	1	1	0	0	2
Anzahl (gebraucht) + Alter + Trekking		13	5	5	3	4	4	1	1	0	0	2
Anzahl (defekt)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Mittelwerte in Euro (gebraucht)												
Preis + Alter		1179	856	863	670	1098	563	990	575	k.A.	k.A.	300
Preis + Alter + Trekking		846	672	543	591	835	632	990	575	k.A.	k.A.	300
Gebrauchtwert in Euro												
Geglätteter Wertverlust		808	740	699	671	648	630	615	602	590	580	570
Schrottwert		245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245

Hervorhebung orange: Daten wurden für die Berechnung der Wertverlustkurve genutzt (Ergebnis: **Geglätteter Wertverlust**). Die vertikale Trennungslinie zwischen dem 5. und 6. Jahr (Alter) kennzeichnet den Ausschluss (bis zum 5. Jahr) des Schrottwertes.

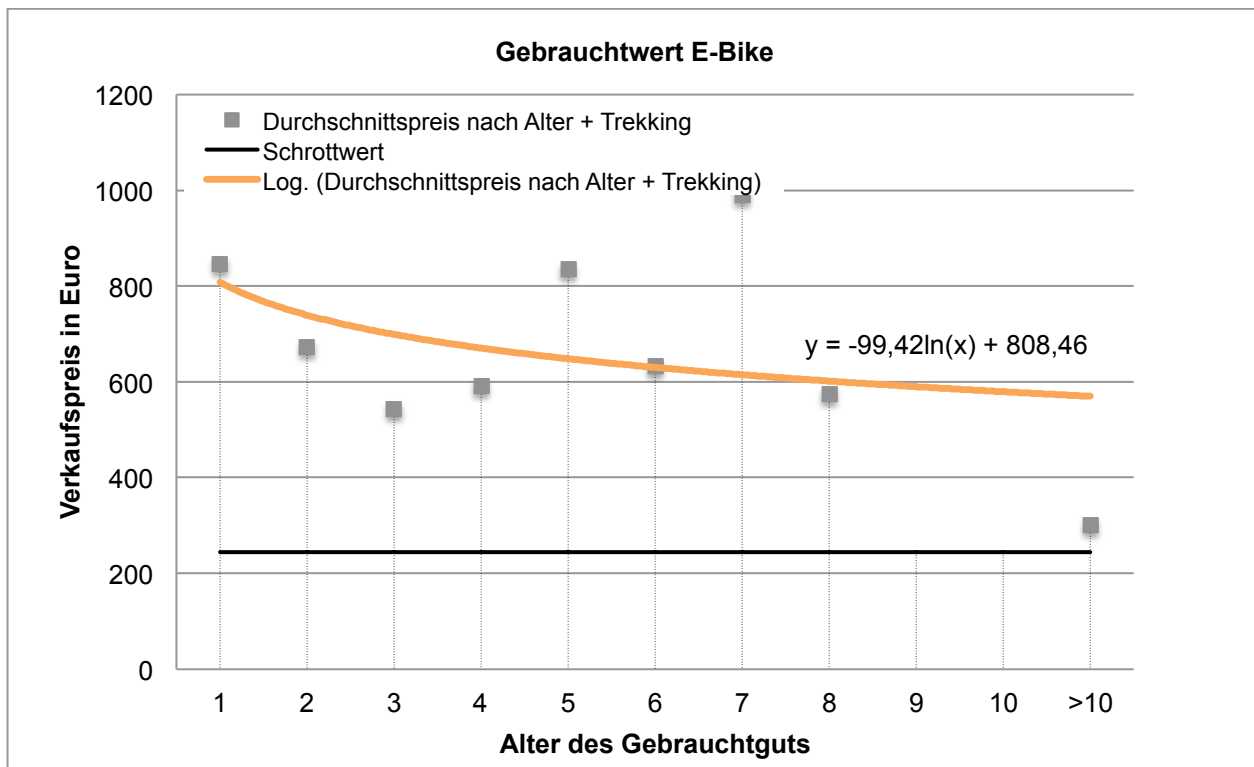


Abbildung 27 Gebrauchtwertentwicklung für E-Bikes. Dargestellt sind die jährlichen Durchschnittswerte der Stichprobe, die logarithmische Regression sowie der Schrottwert.

Abbildung 27 zeigt die Gebrauchtwertentwicklung für E-Bikes (Trekking). Dargestellt sind die Durchschnittspreise der Stichprobe nach Alter, die logarithmische Regression (inkl. Formel) sowie der Schrottwert.

Zur Ermittlung des durchschnittlichen Gebrauchtwertes je Alter wurden zwei Annahmen getroffen: 1) Es wird der Mittelwert aus allen verfügbaren Daten mit jeweiligem Alter genutzt und 2) Für die ersten 5 Jahre wurde ein Abschneidekriterium gewählt, dass solche Datensätze ausschließt, die einen geringeren Verkaufspreis als den Schrottwert erzielt haben. Der Schrottwert beträgt 245 €. Daraus ergibt sich der Mittelwerte (siehe Tabelle 28, „Zeile „Preis + Alter + Trekking“).

Unter der Annahme 3), dass der Gebrauchtwert mit steigendem Alter kontinuierlich sinkt, wurde eine Wertverlustkurve über die Mittelwerte gelegt. Dazu wurde die excelbasierte Funktion der logarithmischen Regression angewendet (siehe Tabelle 28, Zeile „Geglätteter Wertverlust“).

Der Gebrauchtwert fällt von durchschnittlich 808 € (Alter 1) auf 570 € (Alter 11). Die Wertkurve fällt im betrachteten Zeitraum nicht unter den Schrottwert.

3.6.3 Effizienzentwicklung

Ebenso wie bei Smartphones spielt die Effizienz von E-Bikes eine untergeordnete Rolle. E-Bikes werden nicht nach EEK differenziert.

3.6.4 Neugeräte

Anhand einer von „ecotopen“ bereitgestellten Marktübersicht (EcoTopTen 2017e) wurde der durchschnittliche Kaufpreis von 55 hochwertigen neuen E-Bikes ermittelt. Dieser liegt bei 2623 €. Der Kaufpreis dieser E-Bikes wurde zusätzlich nach den Produkttypen „City-Bike“ und „Touren-Bike“ differenziert. Es wurde ein durchschnittlicher Preis von 2522 € für E-Bikes des Typs „City“ und von 2743 € des Typs „Touren“ ermittelt. Der durchschnittliche Stromverbrauch aller gelisteten E-Bikes liegt bei 21 kWh pro Jahr.

3.6.5 Reparaturkosten

Die Ermittlung der Reparaturkosten wurde für die folgende Variante berechnet: Vergleich eines Altgerätes mit einem Neugerät. Alle berechneten Produkttypen sind marktverfügbar.

Es wurde keine Differenzierung hinsichtlich der Effizienzkosten in der Nutzungsphase vorgenommen, sodass die RK_{max} dem Gebrauchtwert G entsprechen.

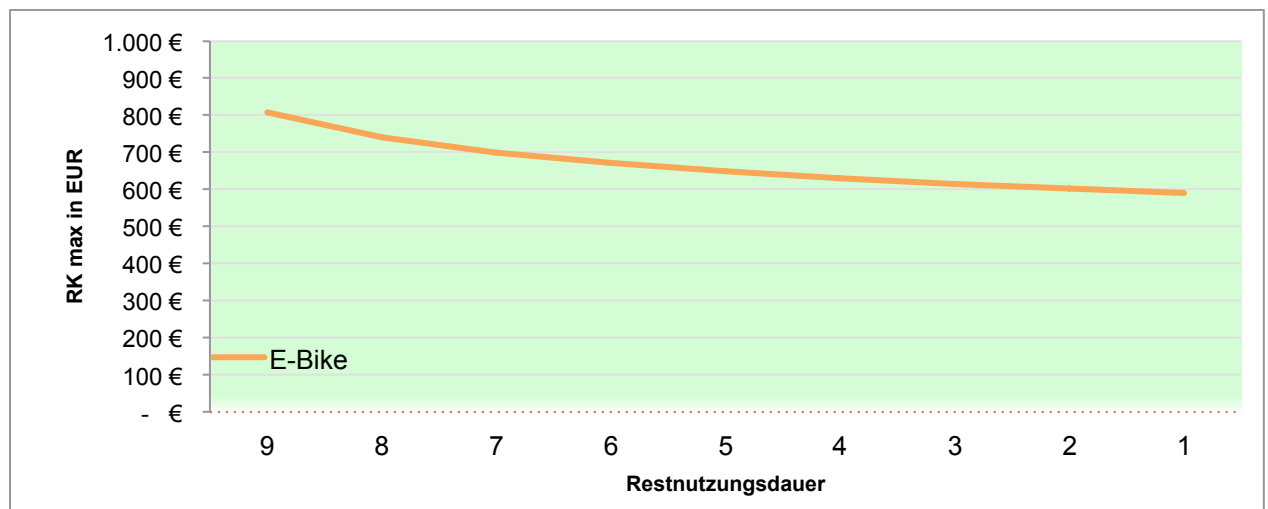


Abbildung 28 Reparaturkosten E-Bikes (Pedelec-Trekking) nach Restnutzungsdauer

Fazit: Bei E-Bikes hängen die *RKE* allein von der *RND* ab: Je länger die *RND* ist, desto weniger lohnt sich die Reparatur (da der Gebrauchtwert für junge E-Bikes höher ist). Bei einem E-Bike lohnen sich auch teurere Reparaturen über die gesamte Lebensdauer.

4 Diskussion der Ergebnisse und Methodik

4.1 Zwischenfazit der beispielhaften Modellierung

Die Zusammenschau der Ergebnisse zeigt:

- Die Methodik zur Modellierung der Reparaturkostenempfehlungen konnte beispielhaft angewendet werden. Die Umsetzung als excelbasiertes Tool ist praktikabel.
- Die Ermittlung des Gebrauchtwertes – basierend auf einer Marktstichprobe und der logarithmischen Regressionskurve – wird in den Fällen mit einer hohen Stichprobenzahl⁴ als richtungssicher eingeschätzt.
- Die Effizienzkosten lassen sich vereinfachend abbilden – jedoch können Varianzen individueller Nutzungsmuster einen größeren Einfluss auf das Ergebnis zeigen.
- Je geringer die Effizienzkosten sind – entweder weil der Stromverbrauch (ggf. auch Wasserverbrauch) eines Produkte insgesamt gering ist oder die Unterschiede zwischen den EEK nicht hoch sind – desto relevanter ist der Gebrauchtwert für die Ermittlung der RK_{max} .
- Die Marktverfügbarkeit eines Produktes zu einem bestimmten Zeitpunkt ist ein wichtiges Kriterium, um die gültigen Fälle zu bestimmen.

4.2 Produktspezifische Ergebnisse

Die Ergebnisse der Modellierung zeigen für die untersuchten Produkttypen:

Waschmaschine und Geschirrspüler: Verbraucher*innen sollten sich bei einer anstehenden Reparaturrentscheidung zunächst die EEK ihrer vorhandenen Geräte ansehen. Sobald diese EEK C und geringer ist, lohnt sich (bei gleichem Fassungsvermögen) die Reparatur aus finanzieller Sicht in keinem der betrachteten Fälle. Umgekehrt lohnen sich Reparaturen finanziell bei allen Altgeräten mit einer EEK A und besser über den gesamten Betrachtungszeitraum (RND).

Kühl-Gefrierkombination: Sobald die EEK B und geringer ist, lohnt sich (bei gleichem Volumen) die Reparatur aus finanzieller Sicht in keinem der betrachteten Fälle. Auch hier lohnen sich Reparaturen für Altgeräte mit einer hohen EEK für die gesamte RND, d.h. sobald ein Altgerät die EEK A+ und besser hat.

Fernseher: Bei größeren Geräten (Gruppe 2 und 3) zeigt sich, dass sich eine Reparatur auch für Altgeräte mit niedriger EEK lohnt. Das gilt sowohl für den Vergleich mit einem Neugerät der EEK A++ als auch der EEK B. Bei kleineren Geräten (Gruppe 1) lohnt sich eine Reparatur bei Altgeräten der EEK B (vgl. Neugerät A++) bzw. EEK C (vgl. Neugerät B) und besser. Unterhalb dieser EEK (der beiden Varianten) hängen die RKE von der RND ab: Je länger die RND ist, desto weniger lohnt sich die Reparatur (da der Gebrauchtwert für junge Geräte höher ist).

Smartphone: Bei Smartphones hängen die RKE allein von der RND ab: Je länger die RND ist, desto weniger lohnt sich die Reparatur (da der Gebrauchtwert für junge

⁴ Dies sind die drei untersuchten Referenzprodukte der Haushaltsgüter (Waschmaschine, Geschirrspüler, Kühl-Gefrierkombination) und Smartphones. Bei den Fernsehern wären weiteren Stichproben je Gruppe (Bildschirmgröße) und bei den E-Bikes aktuellere Marktstichproben sinnvoll.

Geräte höher ist). Verbraucher*innen können sich für die Reparaturentscheidung auch daran orientieren, dass sich bei iOS-Geräten Reparaturen zwischen 200 bis 550 Euro lohnen. Bei Android-Geräten lohnen sich Reparaturen zwischen 100 bis ca. 300 Euro. Die teuren Reparaturen lohnen sich finanziell in den beiden ersten Jahren nach der Anschaffung (RND 3 bis 2).

E-Bikes: Bei E-Bikes hängen die *RKE* allein von der *RND* ab: Je länger die *RND* ist, desto weniger lohnt sich die Reparatur (da der Gebrauchtwert für junge E-Bikes höher ist). Bei einem E-Bike lohnen sich jedoch auch teurere Reparaturen über die gesamte Lebensdauer.

4.3 Einordnung der Ergebnisse bezüglich der Überschneidung von RND und Gewährleistung

Für die gültigen Fälle, bei denen sich die RND mit der **Gewährleistung** (24 Monate) überschneidet, ist das Modell zwar anwendbar, allerdings werden Verbraucher*innen dann den Händler in die Entscheidung für oder gegen eine Reparatur einbeziehen. Händler müssen Mängel in dieser Zeit nachbessern oder reparieren, wenn der Mangel zum Zeitpunkt des Kaufs bestand. Einschränkungen gibt es allerdings bzgl. der Beweislast, ob ein Mangel schon bestand oder erst nach dem Kauf eingetreten ist: Der Händler muss innerhalb der ersten 6 Monate der Gewährleistung und der Käufer danach beweisen, dass der Mangel schon bestand. Gelingt ein solcher Nachweis oder zeigt sich der Händler kulant, spielt die Höhe der RK_{max} für die Reparaturentscheidung eine geringe Rolle.

4.4 Grenzen des Modells

Für eine Modellierung ist es notwendig vereinfachende Annahmen zu treffen. Diese bedingen dann jedoch auch eine Einschränkung für die Gültigkeit der RKE. Sie gelten – ohne eine Differenzierung – nur unter den folgenden Bedingungen:

- Strom- und Wasserpreise – nationaler Durchschnitt bei 3.500 kWh Jahresverbrauch; D.h. regionale Preisunterschiede, besondere ggf. zeitlich begrenzte Angebote der Energiedienstleister oder neue Modelle der Eigenversorgung werden nicht betrachtet.
- Strom- und Wasserverbrauch – Gruppierung in EEK oder Produktgruppen; D.h. eine RKE kann nur annäherungsweise an diese Klassifizierungen gegeben werden. Dies gilt auch für die eigentliche Nutzung der Produkte, denn die zugrundeliegenden Standardannahmen können wesentlich von den individuellen Nutzungsmustern abweichen.
- Referenzprodukt – d.h. es wird kein bestimmtes Modell oder Marke betrachtet und damit die Preisspanne bei Altgeräten (Gebrauchtwert) und Neugeräten begrenzt. Zudem wird die Preisentwicklung zeitlich nicht nachgezeichnet (Preis bei Markteintritt und z.B. nach einem Jahr für dasselbe Gerät) und keine Sonderaktionen im Einzelhandel einbezogen.

Zukünftig können Differenzierungen dieser Art in das Modell integriert werden.

Begrenzt ist die Modellierung dann, wenn es um die Abhängigkeit vorhandener Daten zur Lebensdauer und Alter geht. Für die Lebensdauer liegen nur Angaben vor, die eher als allgemein einzuschätzen sind. Eine zukünftige Erhebung zur Verände-

Die Veränderung der Lebensdauer im Laufe der Zeit (technologische Entwicklungen, Modell- und Markenabhängigkeiten) scheint notwendig. Ebenso sinnvoll wäre eine Zeitreihe zur verlängerten Lebensdauer von Produkten nach der ersten Reparatur. Die in der Marktstichprobe zur Ermittlung des Gebrauchtwertes erhobenen Daten zur Altersangabe des Produktes basieren auf Angaben der jeweiligen Gebrauchtwaren-Verkäufer, die nicht ohne weiteres zu validieren sind. Eine Datenbank zu Herstellerangaben auch älterer Produkte (Datum der Produktion, Erläuterung des Typenschildes) könnte dies ermöglichen. Die Validierung der Altersangaben konnte im Rahmen der Studie nur bedingt vorgenommen werden. Beispielsweise konnten solche Angaben als falsch deklariert werden, bei denen die Marktverfügbarkeit von EEK nicht dem Alter entsprechen.

Insgesamt wurde nicht betrachtet, welche Vorerfahrungen Verbraucher*innen mit Reparaturen haben, ob bspw. eine fehlgeschlagene Reparatur in der Vergangenheit (Gerät ging nach kurzer Zeit wieder kaputt, Reparatur war nicht erfolgreich, Handwerker waren unzuverlässig etc.), jetzt einer Bereitschaft zur Reparatur bei geringem finanziellen Vor- bzw. Nachteil entgegensteht. Diese Einflussfaktoren sind nicht Ziel der Modellierung gewesen, spielen aber bei der Ambition Reparaturen zu fördern, eine Rolle.

Ein Vergleich zwischen Produkttypen mit unterschiedlichen Funktionalitäten (z.B. Neugerät wäre ein Geschirrspüler der Breite 60cm bei einem Altgerät der Breite 40cm oder Wechsel von einem Smartphone mit mittlerer Displaygröße auf ein größeres Modell) wurde nicht betrachtet. Wird die Anschaffung eines kleineren Gerätes angenommen, so könnten die Effizienzkosten steigen (höhere Einsparungen, da das neue kleinere Gerät weniger Energie und Wasser in der Nutzung verbraucht). In der Summe wären die RK_{max} höher. Umgekehrt wäre es in dem Fall, wenn ein größeres Gerät angeschafft wird.

Die RKE wurde im Modell scharf abgegrenzt. Sobald ein negativer – wenn auch geringer Geldbetrag berechnet wird, gilt – nach der Formel – dass keine RKE ausgesprochen werden kann. Im Falle eines geringfügig positiven Ergebnisses gilt umgekehrt, dass rechnerisch eine RKE ausgesprochen werden kann. Hier sollten Verbraucher*innen darauf hingewiesen werden, dass es sich um keine deutliche RKE handelt, wenn bspw. ein Betrag von 10 Euro berechnet wird. Was als eindeutige RKE angesehen werden kann, wurde nicht weiter untersucht. Anstehende kleineren Reparaturen (geringere Kosten) werden eher nicht dazu führen, dass sich ein*e Verbraucher*in mit der Frage der Reparaturkosten beschäftigt. Anlass für eine Beratung wird wahrscheinlich eher eine anstehende größere Reparatur sein. Wodurch sich die Frage nach der Kommunikation dieser Grenzfälle vielleicht auch nicht stellt.

Beide Aspekte – Bereitschaft zur und Anlass der Reparatur - wären im Laufe der Anwendung des Modells bei der Verbraucher*innen-Information- und Beratung zu beobachten. Hier empfiehlt sich eine Begleitevaluation, auch um das Modell weiterzuentwickeln.

4.5 Einfluss Effizienzentwicklung

Die Effekte auf die EK insgesamt hängen von der Entwicklung der Effizienz und der Strom- und Wasserpreise ab.

Für eine Fortschreibung des Modells kann von einer steigenden Preisentwicklung für die Strom und Wassernutzung ausgegangen werden. In Zeitraum 2000 bis 2017 sind die Strompreise für Haushalte fast durchgängig gestiegen (bis auf das Jahr 2015). Während im Jahr 2000 die Kilowattstunde knapp 14 Cent kostete, sind es im Jahr 2017 doppelt so hohe Kosten (ca. 29 Cent). Dies entspricht einer Steigerung von 110 % (BDEW 2017). Die regionalen Preisunterschiede sowie die Optionen der Eigenversorgung mit Strom (und dadurch geringere Stromkosten) sind nicht in die Betrachtungen eingeflossen.

Beim Wasserverbrauch der betrachteten Haushaltsgüter ist von keiner größeren zusätzlichen Effizienz-Einsparung auszugehen (unter der Annahme, dass die Geräte – Waschmaschine, Geschirrspüler – eine ähnliche Funktionalität aufweisen). D.h. neue Produkt-Dienstleistungssysteme (z.B. Wäsche waschen ohne Wasser aufgrund neuer Textildesigns oder ggf. effizientere Waschservices als Dienstleistungen für Haushalte) können zukünftig eine Rolle spielen. Zudem berichten Verbraucher*innen schon jetzt von der Wahrnehmung, dass die Wäsche nicht an allen Stellen ausreichend nass ist und somit die Waschwirkung beeinträchtigt ist. Die Effizienzentwicklung beim Stromverbrauch in der Nutzungsphase kann weiteren Einsparungen unterliegen. Dies lässt sich durch die politische Vorgabe der Ökodesign-Richtlinie in der EU begründen.

4.6 Einfluss Nutzungsmuster

Die dem Modell zugrunde liegenden Verbrauchswerte in der Nutzungsphase unterliegen folgenden Einschränkungen:

- Die Angaben der Hersteller beziehen sich auf Standardprogramme und durchschnittliche Standardzyklen der Nutzung;
- Die reale Nutzung der Geräte kann deutlich über oder unter den Standardannahmen der Hersteller liegen;

Bei Produkttypen mit relevanten Effizienzkosten können veränderte Nutzungsmuster also auch einen relevanten Einfluss auf die RK_{max} zeigen. Wenn sich beispielsweise der Jahresverbrauch einer Waschmaschine halbiert - da anstatt der 220 Waschzyklen nur 110 durchgeführt werden, was anstatt 4,2 Waschzyklen in der Woche immerhin noch zwei Waschladungen in der Woche entspricht – werden auch nur halb so viel Effizienzkosten eingespart und die RK_{max} steigen.

4.7 Fortschreibung bzw. Weiterentwicklung des Modells

Abschließend seien noch Hinweise auf die Fortschreibung bzw. Weiterentwicklung des Modells genannt:

Fortschreibung: Das Modell und Exceltool ist so angelegt, dass Stichproben erweitert werden können und eine zeitliche Fortschreibung der angelegten Produkttypen möglich ist. Auch die grundlegenden Rahmendaten (u.a. Preise, Effizienzentwicklungen) können fortgeschrieben bzw. aktualisiert werden.

Differenzierung: Wie im Kapitel zu den Grenzen des Modells aufgezeigt, können mehrere Ansätze zur Differenzierung in eine mögliche Weiterentwicklung einfließen.

Erweiterung: Aufgrund der Charakterisierung in Tabelle 1 eignen sich für weitere Betrachtungen auch die folgenden Gebrauchsgüter: Wäschetrockner, Gefrierschrank / Gefriertruhe (Einzelgeräte), Elektroherd und Farbfernsehgeräte (allgemein). Ergänzend zur durchgeführten Studie eignen sich auch weitere Betrachtungen innerhalb der ausgewählten Produkttypen, d.h. weitere Referenzprodukte.

Tool: Je komplexer eine Modellierung wird, desto weniger eignet sich Excel als Softwarelösung. Hier wäre ein Online-Rechner oder eine Datenbank-Lösung mit Eingabemasken, die sich an individualisierten Abfragen orientieren, wahrscheinlich geeigneter.

Evaluierung: Um die Anwendbarkeit und Praktikabilität des Exceltools und des Modells noch zu verbessern, wäre eine Rückkopplung zu den Erfahrungen diesbezüglich wünschenswert.

5 Ökologische Vorteilhaftigkeit

Zur Einschätzung der ökologischen Vorteilhaftigkeit und auch der Diskussion der Wirkungszusammenhänge zweiter und weiterer Reparaturen (selber Defekt, anderer Defekt) ist es notwendig sich die Lebensdauer / Nutzungsdauer / Verweildauer eines Produkttypes anzusehen. Bei einer lebenszyklusweiten Betrachtung kann so die Relation von Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines Produktes abgeschätzt werden. Darin enthalten sind Aussagen zu den Ersatzteilen, denn auch deren Herstellung ist mit einem Aufwand verbunden. Handelt es sich um Kunststoffteile ist die Umweltwirkung geringer als bei elektronischen Ersatzteilen. Auch hier ist in Betracht zu ziehen, ob sich der Herstellungsaufwand eines Ersatzteiles durch die verlängerte Lebens-/Nutzungsdauer eines Produktes lohnt (in Zusammenhang mit Einsparungen in der Nutzung, siehe oben).

Die im Wuppertal Institut bestehende Datenbank zu ökologischen Wirkungen von Produkten wird für die Einschätzung der Vorteilhaftigkeit von Reparaturen genutzt. Es liegen aber nicht für alle Produkttypen aktuelle Berechnungen vor (je nach Auswahl der Produkttypen). Eine Modellierung der Umweltwirkungen ist nicht Teil des Vorhabens, kann aber nach Abstimmung mit dem AG zusätzlich durchgeführt werden. Die Einschätzung zur ökologischen Vorteilhaftigkeit diskutiert daher den Stand des eigenen Wissens mittels einer Sekundäranalyse.

Die ökologische Vorteilhaftigkeit von Reparaturen ist aus übergreifender Perspektive und spezifisch für die ausgewählten Produkttypen dargestellt. Es wird dabei der „Hypothese“ nachgegangen, dass eine finanziell sinnvolle Reparatur prinzipiell auch ökologisch vorteilhaft sei. Im Folgenden werden die Argumentationslinien nachgezeichnet, wann sich eine Reparatur aus ökologischer Sicht lohnt. Dabei werden die Umweltwirkungen bzgl. der Ressourcenschonung (v.a. Material und Energie) und Klimawirkungen fokussiert.

5.1 Daten und Methodik

5.1.1 Annahmen

Über die lebenszyklusweiten Energie- und Materialaufwendungen von Reparaturen liegen nur wenige robuste Daten vor. Eine genaue Ermittlung der zugehörigen Umweltwirkungen erfordert zudem eine konkrete Spezifizierung der jeweiligen Reparaturmaßnahme.

Allerdings ist es möglich auszuweisen,

- 1 | welche zusätzlichen Aufwendungen für den frühzeitigen Austausch eines Gerätes notwendig sind
- 2 | und welche Einsparungen bei Austausch eines Gerätes mit höherer Effizienz zu erwarten sind.

Die Differenz aus den ökologischen Wirkungen der Aufwendungen und Einsparungen des Austausches resultiert in einem Grenzwert, bis zudem eine Reparatur sinnvoll ist. Je später ein Gerät ausgetauscht wird, desto geringer sind die zusätzlichen Aufwendungen der Herstellung. Allerdings sind auch die Einsparungen aus erhöhter Energieeffizienz zu Beginn am höchsten.

Hierfür werden zwei Annahmen getroffen:

1. Die Herstellungsaufwendungen von Neu- und Altgeräten sind gleich groß.
2. Die Reparatur eines Produktes garantiert die durchschnittliche Lebensdauer.

5.1.2 Berechnung

Die Herstellungsaufwendungen eines Produktes lassen sich über seine Nutzungszeit abschreiben. Wird ein Gerät ersetzt (Austausch), bevor es seine Lebensdauer erreicht hat, entstehen Verluste (gegenüber der Nutzung des Gerätes bis zum Ende seiner Lebensdauer). Diese lassen sich wie folgt ausdrücken:

$$UW_{H-Verluste} = UW_{H-Gesamt} \times \left(1 - \frac{J_{Austausch}}{LD}\right) \quad (1)$$

mit

UW_H : Umweltwirkung der Herstellung in [kg] oder [kg CO₂e]

LD : Lebensdauer in Jahren [a]

J : Jahr des Austausches [a]

Der Austausch einer Waschmaschine nach 10 Jahren, die eine Lebensdauer von 12 Jahren hat, entspricht demnach Verlusten von 2/12 der ursprünglichen Umweltwirkung der Herstellung.

Wird das Produkt frühzeitig durch ein Gerät mit höherer Effizienz ersetzt, werden die Umweltwirkungen der Nutzung reduziert. Je früher das Gerät ersetzt wird, desto höher fallen die gesamten Einsparungen aus. Dies lässt sich wie folgt ausdrücken:

$$UW_{N-Effizienzgewinne} = \left(\frac{E_{Altgerät}}{J} - \frac{E_{Neugerät}}{J}\right) \times \frac{UW_B}{E_c} \times (LD - J_{Austausch}) \quad (2)$$

mit

UW_N : Umweltwirkung der Nutzung in [kg] oder [kg CO₂e]

UW_B / E_c : Umweltwirkung der Energiebereitstellung in [kg/kWh] oder [kg CO₂e/kWh]

E/J : Jährlicher Energieverbrauch in [kWh/a]

Aus diesen beiden Größen lassen sich die Aufwendungen oder Einsparungen für den frühzeitigen Austausch zu jedem möglichen Zeitpunkt wie folgt ermitteln:

$$UW_{Austausch} = UW_{H-Verluste} - UW_{N-Effizienzgewinne} \quad (3)$$

Wenn die Umweltwirkungen des Austausches negative Werte (Gewinne) annehmen, weil die Effizienzgewinne höher als die Herstellungsverluste ausfallen, sind ökologische Vorteile anzunehmen und umgekehrt.

Eine Reparatur hingegen vermeidet zunächst mögliche Verluste aus der Herstellung, weil die Lebensdauer des Gerätes garantiert wird ($UW_{H-Verluste} = 0$; siehe Annahmen). Demnach sind Reparaturen dann sinnvoll, wenn die Herstellungsverluste des Austausches größer als die Effizienzgewinne ausfallen würden ($UW_{Austausch} > 0$).

Dieser Grenzwert kann den bekannten Herstellungsaufwendungen für den Neu- und Einbau eines Ersatzteiles gegenübergestellt werden. Er lässt sich jedoch auch allgemeiner als Anteil an den Herstellungsaufwendungen des zu reparierenden Produktes ausweisen:

$$r_{\text{Anteil}} = \frac{UW_{\text{Austausch}}}{UW_{H-\text{Gesamt}}} \times 100 \text{ mit } r_{\text{Anteil}} \text{ in } [\%] \quad (4)$$

Unter Berücksichtigung aller Parameter und unter der Annahme, dass es sich um die 1. Reparatur handelt und das zu ersetzende Gerät dieselben Herstellungsaufwendungen aufweist, stellt sich der Zusammenhang wie folgt dar:

$$UW_{\text{Max-Reparatur}} = \left[UW_{H-\text{Gesamt}} \times \left(1 - \frac{J_{\text{Austausch}}}{LD} \right) \right] - \left[\left(\frac{E_{\text{Altgerät}}}{J} - \frac{E_{\text{Neugerät}}}{J} \right) \times \frac{UW_B}{E_c} \times (LD - J_{\text{Austausch}}) \right] \quad (5)$$

Diese Berechnungsmethode eines Umweltwirkungspotenzials für Reparaturen wurde im vorliegenden Bericht exemplarisch für drei Geräte (Waschmaschine, Fernseher und Smartphone) und zwei Indikatoren untersucht. Die drei Geräte unterscheiden sich deutlich in den Umweltwirkungen für ihre Herstellung, ihre Nutzungsdauer und ihre potenzielle Energieeffizienzsteigerung.

5.1.3 Daten und Methodik

Der Carbon Footprint (in kg CO₂-Äquivalenten oder CO₂e) beschreibt das Klimaerwärmungspotenzial über 100 Jahre (GWP 100a) und basiert auf den Emissionsfaktoren des IPCC (2007). Der Material Footprint (in kg) beschreibt die aggregierte Inanspruchnahme abiotischer und biotischer Ressourcen und basiert auf methodischen Vorarbeiten des Wuppertal Institutes. Beide Indikatoren wurden auf Basis einer Datenbank für Lebenszyklusinventare (ecoinvent) erhoben und beschränken sich auf die Herstellung ohne Transporte zur Distribution und Transportverpackungen.

Die jeweiligen zugrunde gelegten Materialinventare sind dieselben. Tabelle 29 zeigt die Referenzwerte für die Herstellung und Nutzung der Geräte sowie die verwendeten Quellen. Die Lebensdauer sowie Energieeffizienz basiert auf den Daten in der vorliegenden Studie.

Als Faktoren für den Endenergieverbrauch von Strom in Deutschland werden 4,27 kg/kWh für den MF sowie 0,69 kg CO₂e/kWh für den CF unterstellt (basierend auf eigenen Berechnungen des deutschen Strommixes in 2013).

Tabelle 29 Basisdaten für die Ermittlung der ökologischen Vorteilhaftigkeit der Reparatur von elektrischen Geräten

Gerät	Lebensdauer [Jahre]	Material Footprint der Herstellung [kg/Stk.]	Carbon Footprint der Herstellung [kg CO ₂ e/Stk.]	Quelle für Umweltwirkungen	Energiedifferenz [kWh/a]
Waschmaschine (A+++ zu A+)	12	2.936	352	Greiff et al. (2017)	56
Fernseher (A++ zu B)	7	7.195	640	Teubler et al. (2018)	67
Smartphone (1500 mAh zu 3000 mAh)	4	220	33	Teubler et al. (2018)	2

5.2 Ergebnisse der Fallstudien

Untersucht werden

- die Waschmaschine mit moderat hohen Herstellungsaufwendungen und hoher Energieeinsparung bei Austausch
- der Fernseher mit den höchsten Herstellungsaufwendungen und der höchsten Energieeinsparung
- das Smartphone mit geringen Herstellungsaufwendungen und geringen Energieeinsparungen.

Darüberhinaus stellt die Verwendung von zwei unterschiedlichen Indikatoren (Material Footprint und Carbon Footprint) sicher, dass Vor- oder Nachteile einer Reparatur nicht vorwiegend auf Basis der Erhebungsmethode für die Umweltwirkungen basieren. Generell reagiert der Carbon Footprint sensibler auf den Energieverbrauch (Nutzung). Der Material Footprint weist im Vergleich dazu höhere Werte in der Herstellung auf, weil sich Rohstoffe für elektronische Bauteile stärker auf den Ressourcenverbrauch als auf die Emissionen auswirken (z.B. Metalle der Platingruppe).

5.2.1 Waschmaschine

Tabelle 30 zeigt die Ergebnisse für die Reparatur einer defekten Waschmaschine (Altgerät EEK A+), wenn durch den Austausch mit einer Waschmaschine der EEK A+++ 56 kWh Strom pro Jahr eingespart werden könnten.

Wie aus den Angaben zur Reparaturleistung ersichtlich, ist diese Effizienzsteigerung gegenüber den Herstellungsverlusten so groß, dass bereits nach einem Jahr eine Reparatur ökologisch nicht mehr sinnvoll erscheint ($r_{\text{Anteil}} < 0$ für den Carbon Footprint), auch wenn sich minimale Vorteile bei der Ressourcennutzung zeigen. Nur bei höheren Herstellungsaufwendungen für energieeffizientere Neugeräte oder bei geringeren Effizienzsteigerungen, kann die Reparatur unter Aspekten des Klimaschutzes sinnvoll sein.

Der Grenzwert für diese maximale Effizienzsteigerung (Effizienzgewinne gleichen die Herstellungsverluste aus) liegt bei 57,3 kWh/a für den MF und bei 42,6 kWh/a für den CF.

Tabelle 30 Maximale Reparaturleistung einer Waschmaschine (EEK A+ gegenüber A+++)

Austausch nach	Material Footprint (MF)			Carbon Footprint (CF)		
	Herstellungs- verluste	Effizienz- gewinne	Reparatur- leistung	Herstellungs- verluste	Effizienz- gewinne	Reparatur- leistung
	MF _H -Verluste	MF _N -Effizienzgewinne	r _{Anteil - MF}	CF _H -Verluste	CF _N -Effizienzgewinne	r _{Anteil - CF}
1. Jahr	2,691 kg	2,630 kg	2.1%	323 kg CO2e	424 kg CO2e	-28.9%
2. Jahr	2,447 kg	2,391 kg	1.9%	293 kg CO2e	386 kg CO2e	-26.3%
3. Jahr	2,202 kg	2,152 kg	1.7%	264 kg CO2e	347 kg CO2e	-23.7%
4. Jahr	1,957 kg	1,913 kg	1.5%	235 kg CO2e	309 kg CO2e	-21.0%
5. Jahr	1,713 kg	1,674 kg	1.3%	205 kg CO2e	270 kg CO2e	-18.4%
6. Jahr	1,468 kg	1,435 kg	1.1%	176 kg CO2e	232 kg CO2e	-15.8%
7. Jahr	1,223 kg	1,196 kg	0.9%	147 kg CO2e	193 kg CO2e	-13.1%
8. Jahr	979 kg	956 kg	0.8%	117 kg CO2e	154 kg CO2e	-10.5%
9. Jahr	734 kg	717 kg	0.6%	88 kg CO2e	116 kg CO2e	-7.9%
10. Jahr	489 kg	478 kg	0.4%	59 kg CO2e	77 kg CO2e	-5.3%
11. Jahr	245 kg	239 kg	0.2%	29 kg CO2e	39 kg CO2e	-2.6%
12. Jahr	0 kg	0 kg	0.0%	0 kg CO2e	0 kg CO2e	0.0%
13. Jahr*	0 kg	239 kg	-8.1%	0 kg	39 kg CO2e	-11.0%

* Die Lebensdauer der Waschmaschine ist auf 12 Jahre angelegt. Bei einer Verlängerung dieser Lebensdauer durch eine Reparatur steigen kontinuierlich die Verluste aus dem Verzicht auf ein effizienteres Gerät. Es wurde jedoch nicht untersucht, welche ökologischen Vorteile sich durch den Einsatz von Geräten mit höherer oder niedrigerer Lebensdauer ergeben.

5.2.2 Smartphone

Für das Smartphone werden nur geringe Effizienzsteigerungen erwartet (2 kWh/a). Zudem ist der gesamte Energieverbrauch eines Jahres vergleichsweise klein.

Dies resultiert in einer hohen ökologischen Vorteilhaftigkeit für Reparaturen, wie Tabelle 31 zeigt. Noch nach Ablauf von 3 Jahren, können Reparaturen Vorteile gegenüber einem Gerätetausch aufweisen, wenn die Aufwendungen für die Reparatur 1/5 der Herstellungsaufwendungen nicht überschreiten. Darunter könnte zum Beispiel nach Ablauf des ersten Jahres die Herstellung eines neuen Displays fallen (50 bis 85 kg MF pro Stück in Teubler et al. (2018)).

Der Grenzwert für die maximale Effizienzsteigerung (Effizienzgewinne gleichen die Herstellungsverluste aus) liegt bei 12,9 kWh/a für den MF und bei 11,8 kWh/a für den CF.

Tabelle 31 Maximale Reparaturleistung eines Smartphones (1.500 mAh gegenüber 3.000 mAh)

Austausch nach	Material Footprint			Carbon Footprint		
	Herstellungs- verluste	Effizienz- gewinne	Reparatur- leistung	Herstellungs- verluste	Effizienz- gewinne	Reparatur- leistung
	MF _H -Verluste	MF _N -Effizienzgewinne	r _{Anteil - MF}	CF _H -Verluste	CF _N -Effizienzgewinne	r _{Anteil - CF}
1. Jahr	165 kg	27 kg	62.8%	24 kg CO2e	4 kg CO2e	61.7%
2. Jahr	110 kg	18 kg	41.8%	16 kg CO2e	3 kg CO2e	41.1%
3. Jahr	55 kg	9 kg	20.9%	8 kg CO2e	1 kg CO2e	20.6%
4. Jahr	0 kg	0 kg	0.0%	0 kg CO2e	0 kg CO2e	0.0%
5. Jahr*	0 kg	9 kg	-4.1%	0 kg CO2e	1 kg CO2e	-4.4%

* Die Lebensdauer des Smartphones ist auf 4 Jahre angelegt. Bei einer Verlängerung dieser Lebensdauer durch eine Reparatur steigen kontinuierlich die Verluste aus dem Verzicht auf ein effizienteres Gerät. Es wurde jedoch nicht untersucht, welche ökologischen Vorteile sich durch den Einsatz von Geräten mit höherer oder niedrigerer Lebensdauer ergeben.

5.2.3 Fernseher

Der Fernseher weist von den hier gezeigten Produkten die höchsten Herstellungsaufwendungen auf, aber auch die größten Effizienzsteigerungen. In der Nutzung spart das Neugerät (EEK A++) gegenüber dem Altgerät (EEK B) jährlich 67 kWh ein.

Wie aus Tabelle 32 ersichtlich, können Reparaturen bis zum Ablauf der Lebensdauer sinnvoll sein. Beispielsweise fallen nach Daten in Teubler et al. (2018) darunter die Herstellung des Gehäuses bis zum Ablauf des 4. Jahres (mit ca. 1.300 kg oder 112 kg CO_{2e}) oder die Herstellung des Netzteils bis zum Ablauf des 6. Jahres (295 kg oder 32 kg CO_{2e}). Der Grenzwert für die maximale Effizienzsteigerung (Effizienzgewinne gleichen die Herstellungsverluste aus) liegt bei 240,7 kWh/a für den MF und bei 132,7 kWh/a für den CF.

Tabelle 32 Maximale Reparaturleistung eines Fernsehers (EEK B gegenüber A++)

Austausch nach	Material Footprint			Carbon Footprint		
	Herstellungsverluste	Effizienzgewinne	Reparaturleistung	Herstellungsverluste	Effizienzgewinne	Reparaturleistung
	MF _H -Verluste	MF _N -Effizienzgewinne	r _{Anteil - MF}	CF _H -Verluste	CF _N -Effizienzgewinne	r _{Anteil - CF}
1. Jahr	6,167 kg	1,717 kg	61.9%	549 kg	277 kg CO _{2e}	42.4%
2. Jahr	5,140 kg	1,430 kg	51.5%	457 kg	231 kg CO _{2e}	35.4%
3. Jahr	4,112 kg	1,144 kg	41.2%	366 kg	185 kg CO _{2e}	28.3%
4. Jahr	3,084 kg	858 kg	30.9%	274 kg	138 kg CO _{2e}	21.2%
5. Jahr	2,056 kg	572 kg	20.6%	183 kg	92 kg CO _{2e}	14.1%
6. Jahr	1,028 kg	286 kg	10.3%	91 kg	46 kg CO _{2e}	7.1%
7. Jahr	0 kg	0 kg	0.0%	0 kg	0 kg CO _{2e}	0.0%
8. Jahr*	0 kg	286 kg	-4.0%	0 kg	46 kg CO _{2e}	-7.2%

* Die Lebensdauer eines Fernsehers ist auf 7 Jahre ausgelegt. Bei einer Verlängerung dieser Lebensdauer durch eine Reparatur steigen kontinuierlich die Verluste aus dem Verzicht auf ein effizienteres Gerät. Es wurde jedoch nicht untersucht, welche ökologischen Vorteile sich durch den Einsatz von Geräten mit höherer oder niedrigerer Lebensdauer ergeben.

5.3 Erweiterung der Methodik

Die verwendete Methodik stellt einen vereinfachten Zusammenhang der ökologischen Vorteilhaftigkeit von Reparaturen dar, für den lediglich die jährlichen Stromverbräuche und Herstellungsaufwendungen bekannt sein müssen. Dabei sind eine Reihe von Annahmen getroffen worden, die das Ergebnis beeinflussen.

Zukünftige Studien könnten hier ansetzen, um allgemeinere und robustere Aussagen zu treffen. Neben der Erweiterung des Produktportfolios (inklusive der Berücksichtigung von Produktvarianten) sollte der Einfluss folgender Faktoren mithilfe von Sensitivitätsanalysen untersucht werden.

1. Unterschiede zwischen angesetzten Umweltwirkungsindikatoren
2. Unterschiede in den Herstellungsaufwendungen
3. Unterschiede in den angesetzten Lebensdauern und Nutzungsdauern
4. Lebensdauererlängerungen durch Reparaturen
5. Einfluss mehrerer Reparaturen über die Lebensdauer
6. Kauf und Ersatz von gebrauchten Geräten
7. Austausch von Geräten durch andere Geräte mit ähnlicher Dienstleistung (z.B. Laptop für einen Desktop-PC)

5.4 Vergleichende Betrachtung der finanziellen und ökologischen Vorteilhaftigkeit

Tabelle 33 zeigt den Vergleich der Betrachtungen aus dem ersten Teil der Studie (Reparaturkostenempfehlungen) und der Betrachtung der ökologischen Vorteilhaftigkeit für den Fall der Waschmaschine (Vergleich Altgerät EEK A+ und Neugerät A+++). Während sich finanziell für die ersten beiden Jahre des Betrachtungszeitraumes (RND 11 und 10 Jahre) eine Reparatur aus finanzieller Sicht lohnt, kann dies bei der ökologischen Betrachtung zu keinem Zeitpunkt angenommen werden, weil ein Austausch mindestens aus Klimaschutzgründen deutlich vorteilhafter ist.

Da die ökologische Betrachtung jedoch keine Differenzierung der Herstellungsaufwände zwischen Waschmaschinen mit geringerer und hoher Effizienz einschließt, könnten ökologische Vorteile dann entstehen, wenn der Herstellungsaufwand eines effizienteren Neugerätes höher – als hier vereinfachend angenommen – wäre.

Tabelle 33 Vergleichende Betrachtung der finanziellen und ökologischen Vorteilhaftigkeit – Beispiel Waschmaschine

Jahr des Austausches	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Restnutzungsdauer	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
RK max	75 €	6 €	-23 €	-37 €	-41 €	-40 €	-35 €	-27 €	-16 €	-4 €	9 €
$\Gamma_{\text{Anteil-MF}}$	2.1%	1.9%	1.7%	1.5%	1.3%	1.1%	0.9%	0.8%	0.6%	0.4%	0.2%
$\Gamma_{\text{Anteil-CF}}$	-28.9%	-26.3%	-23.7%	-21.0%	-18.4%	-15.8%	-13.1%	-10.5%	-7.9%	-5.3%	-2.6%

Tabelle 34 zeigt den Vergleich der Betrachtungen aus dem ersten Teil der Studie (Reparaturkostenempfehlungen) und der Betrachtung der ökologischen Vorteilhaftigkeit für den Fall des Smartphone (Vergleich Altgerät Akkukapazität 1500 mAh und Neugerät 3000 mAh). Der Vergleich zeigt, dass sich Reparaturen bei Smartphones sowohl aus finanzieller wie aus ökologischer Sicht lohnen.

Tabelle 34 Vergleichende Betrachtung der finanziellen und ökologischen Vorteilhaftigkeit – Beispiel Smartphone

		Jahr des Austausches	1	2	3
		Restnutzungsdauer	3	2	1
Betriebssystem iOS	Altgerät 1500 mAh	RK max	555 €	339 €	212 €
Betriebssystem iOS	Neugerät 3000 mAh	RK max	553 €	338 €	212 €
Betriebssystem Android	Altgerät 1500 mAh	RK max	296 €	181 €	114 €
Betriebssystem Android	Neugerät 3000 mAh	RK max	294 €	180 €	113 €
		$\Gamma_{\text{Anteil-MF}}$	62.8%	41.8%	20.9%
		$\Gamma_{\text{Anteil-CF}}$	61.7%	41.1%	20.6%

Tabelle 35 Vergleichende Betrachtung der finanziellen und ökologischen Vorteilhaftigkeit – Beispiel Fernseher (Gruppe 1 ab 32 - 39 Zoll)

Jahr des Austausches	1	2	3	4	5	6
Restnutzungsdauer	6	5	4	3	2	1
RK max - Altgerät EEK B und Neugerät EEK A++	45 €	35 €	38 €	45 €	55 €	67 €
$\Gamma_{\text{Anteil-MF}}$	61.9%	51.5%	41.2%	30.9%	20.6%	10.3%
$\Gamma_{\text{Anteil-CF}}$	42.4%	35.4%	28.3%	21.2%	14.1%	7.1%

Tabelle 35 zeigt den Vergleich der Betrachtungen aus dem ersten Teil der Studie (Reparaturkostenempfehlungen) und der Betrachtung der ökologischen Vorteilhaftigkeit für den Fall eines LCD Fernsehgerätes (Vergleich Altgerät EEK B und Neugerät EEK A++). Der Vergleich zeigt, dass sich Reparaturen bei Fernsehern sowohl aus finanzieller wie aus ökologischer Sicht lohnen können. Bei der ökologischen Betrachtung ergeben sich dabei leichte Unterschiede zwischen den Indikatoren.

Quellen

- BDEW (Hg.) (2017): BDEW-Strompreisanalyse Februar 2017. Haushalte und Industrie. Berlin, 16. Februar 2017. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW).
- Buhl, J., Teubler, J., Liedtke, C., & Stadler, K. (2016). Ressourcenverbrauch private Haushalte NRW – Explorative Analyse. Abschlussbericht im Rahmen der Förderung des Projekts „Konzeptionelle Analysen und Überlegungen zur Ausgestaltung einer Nachhaltigkeitsstrategie aus wissenschaftlicher Sicht“ an das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Wuppertal.
- BVT / gfu / GfK (Hg.) (2017): CONSUMER ELECTRONICS MARKTINDEX DEUTSCHLAND (CEMIX). Januar 2016 - Dezember 2016. Bundesverband Technik des Einzelhandels (BVT), der gfu Consumer & Home Electronics GmbH und GfK, URL: <http://www.gfk.com/de/insights/report/consumer-electronics-market-index-cemix-2016/>
- CHIP Digital GmbH (2017): Smartphone Test: Handy Bestenliste. CHIP Online der CHIP Digital GmbH: München; URL: <http://www.chip.de/bestenlisten/Bestenliste-Handys--index/detail/id/900/>
- EcoTopTen (2015-2017): EcoTopTen-Empfehlungen für Fahrräder. URL: <http://www.ecotopten.de/mobilitaet/fahrraeder>
- EcoTopTen (Hg.) (2015): Hochwertige E-Bikes im Vergleich. URL: <https://www.ecotopten.de/mobilitaet/elektrofahrraede>
- EcoTopTen (Hg.) (2017): Energieeffiziente Waschmaschinen im Vergleich. URL: <http://www.ecotopten.de/grosse-haushaltsgeraete/waschmaschinen>
- EcoTopTen (Hg.) (2017b): Energiesparende Spülmaschinen im Vergleich. URL: <http://www.ecotopten.de/grosse-haushaltsgeraete/geschirrspuelmaschinen>
- EcoTopTen (Hg.) (2017c): Energieeffiziente Kühl- und Gefriergeräte im Vergleich. URL: <http://www.ecotopten.de/grosse-haushaltsgeraete/kuehl-und-gefriergeraete>
- EcoTopTen (Hg.) (2017d): Energiesparende Fernseher im Vergleich. URL: <https://www.ecotopten.de/fernseher/fernsehgeraete>
- EcoTopTen & Öko-Institut (2015): EcoTopTen-Kriterien für Elektrofahrräder. URL: http://www.ecotopten.de/sites/default/files/ecotopten_kriterien_kuehl_und_gefriergeraete.pdf
- EcoTopTen & Öko-Institut (2016): EcoTopTen-Kriterien für Waschmaschinen. URL: http://www.ecotopten.de/sites/default/files/ecotopten_kriterien_waschmaschinen.pdf
- EcoTopTen & Öko-Institut (2016b): EcoTopTen-Kriterien für Geschirrspülmaschine. URL: http://www.ecotopten.de/sites/default/files/ecotopten_kriterien_geschirrspuelmaschinen.pdf
- EcoTopTen & Öko-Institut (2016c): EcoTopTen-Kriterien für Kühl- und Gefriergeräte. URL: http://www.ecotopten.de/sites/default/files/ecotopten_kriterien_kuehl_und_gefriergeraete.pdf
- EcoTopTen & Öko-Institut (2017): EcoTopTen-Kriterien für Fernsehgeräte. URL: https://www.ecotopten.de/sites/default/files/ecotopten_kriterien_fernsehgeraete.pdf
- Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (1995): RICHTLINIE 95/12/EG DER KOMMISSION vom 23. Mai 1995 zur Durchführung der Richtlinie 92/75/EWG des Rates betreffend die Energieetikettierung für elektrische Haushaltswaschmaschinen. Amtsblatt der Europäischen Union vom 21.6.1995, Nr. L136/1-27.
- Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2016): VERORDNUNG (EU) 2016/792 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Mai 2016 über harmonisierte Verbraucherpreisindizes und den Häuserpreisindex sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 2494/95 des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union vom 24.5.2016, S. L135/11-38.
- GDFK (Hg.) (2018): Wasserverbrauch einer Waschmaschine. Gesellschaft für digitale Kaufberatung mbH: Berlin. URL: <https://www.waschmaschine.net/wasserverbrauch/>
- Greiff, K., Teubler, J., Baedeker, C., Liedtke, C., Rohn, H. (2017): Material and Carbon Footprint of household activities. In Keyson, D. V., Guerra-Santin, O., Lockton, D. (Eds.): Living Labs. Design and Assessment of Sustainable Living. Springer, Heidelberg
- idealo internet GmbH (Hg.) (2017): www.idealo.de; Anmerkung: Der Suchmaschine wurde zum Preisvergleich in der Kategorie Waschmaschinen genutzt (Stand: November 2017).
- Käßler, M. (2013): Wie viele Kilowattstunden Strom braucht ein iPhone im Jahr? URL: <https://www.martinkaessler.com/wie-viele-kilowattstunden-strom-braucht-ein-iphone-im-jahr/>
- Statistisches Bundesamt (Hg.) (2009): Neue Entgeltstatistik in der Wasser- und Abwasserwirtschaft. Methodik und Ergebnisse. Verfasser: Lamp, H.; Grundmann, T. Wirtschaft und Statistik 6/2009. Destatis: Wiesbaden, S. 596-601
- Statistisches Bundesamt (Hg.) (2017): Wirtschaftsrechnungen Einkommens- und Verbrauchsstichprobe Aufgabe, Methode und Durchführung. Fachserie 15 Heft 7. Destatis: Wiesbaden.

- Statistisches Bundesamt (Hg.) (2017b): Wirtschaftsrechnungen Laufende Wirtschaftsrechnungen Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten Gebrauchsgütern. Fachserie 15 Heft 2. Destatis: Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (Hg.) (2018): Glossar zu Einkommen, Konsum, Lebensbedingungen, Wohnen. Destatis: Wiesbaden. URL: https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/EinkommenKonsumLebensbedingungen/Doorpage/Glossar_EKM.html
- Statistisches Bundesamt (Hg.) (o.J. a): Umweltstatistische Erhebungen. Entgelt für die Trinkwasserversorgung privater Haushalte nach Bundesländern. URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenEntgelt.html>
- Statistisches Bundesamt (Hg.) (o.J. b): Umweltstatistische Erhebungen. Entgelt für die Entsorgung von Abwasser aus privaten Haushalten. URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenEntgeltEntsorgungBL.html>
- Teubler, J., Buhl, J., Lettenmeier, M., Greiff, K., & Liedtke, C. (2018). A Household's Burden—The Embodied Resource Use of Household Equipment in Germany. *Ecological Economics*, 146, 96-105.
- UBA (Hg.) (2011): Vergleich des Energieverbrauchs bei Waschmaschinen und Mehrkostenberechnung zu einem A+++ Gerät gleicher Größe über 12 Jahre. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/waschmaschinen_energiekosten.pdf
- UBA (Hg.) (2011b): Vergleich des Energieverbrauchs bei Geschirrspülern und Mehrkostenberechnung zu einem A+++ Gerät gleicher Größe über 12 Jahre. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/geschirrspueler_energiekosten.pdf
- UBA (Hg.) (2011c): Kühlschränke mit**** Sternefach. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/kuehl-gefriergeraet_energiekosten.pdf
- UBA (Hg.) (2011d): Vergleich des Energieverbrauchs bei Fernsehgeräten und Mehrkostenberechnung zu einem A+ Gerät gleicher Größe über 10 Jahre. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/fernseher_energiekosten.pdf
- Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e. V. / Öko-Institut (Hg.) (2012b): Energieverbrauch von Spülmaschinen. URL: https://www.oeko.de/uploads/oeko/forschung_beratung/themen/nachhaltiger_konsum/infoblatt_spuelmaschine.pdf
- Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e. V. / Öko-Institut (Hg.) (2012): Energieverbrauch von Waschmaschinen. URL: https://www.oeko.de/uploads/oeko/forschung_beratung/themen/nachhaltiger_konsum/infoblatt_waschmaschine.pdf
- vzbv (Hg.) (2012): Ergebnisbericht: Testreklamationen: Umgang von Einzelhändlern mit Gewährleistungsansprüchen von Verbrauchern. Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.. Erstellt von Grass Roots. URL: <http://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/Testreklamationen-Ergebnisse-Praxistest-2012.pdf>
- ZIV (Hg.) (2017): Zahlen – Daten – Fakten zum Fahrradmarkt in Deutschland 2016. ZIV Wirtschaftspressekonferenz am 7. März 2017 in Berlin. Zweirad-Industrie-Verband e. V. (ZIV), URL: http://www.ziv-zweirad.de/fileadmin/redakteure/Downloads/Marktdaten/PK_2017-ZIV_Praesentation_7.03.2017_oT1.pdf
- ZVEI (Hg.) (2017): Elektrische Hausgeräte im In- und Ausland gut nachgefragt. Zahlenspiegel Hausgeräte – Stand August 2017. ZVEI – Die Elektroindustrie. URL: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Verband/Fachverbaende/Elektro-Haushalt-Grossgeraete/Zahlenspiegel_Elektro-Hausgeraete/Zahlenspiegel_Hausgeraete_-_Stand_August_2017.pdf

6 Anhang – Reparaturkostenmodell (Exceldatei)

Die Modellierung wurde in einer Exceldatei aufgesetzt. Diese ist nach drei Themen strukturiert (siehe Tabelle 36):

- 1 | Die Berechnungen der Reparaturkostenempfehlungen (RKE) werden je Produkttyp in einem eigenen Tabellenblatt durchgeführt.
- 2 | Für die Herleitung der Berechnung der RKE sind jeweils zwei Tabellenblätter angelegt - entsprechend der beiden Module (Gebrauchtwert und Nutzungseffizienz): Die Tabellen Tx-1 dienen der Ermittlung des Gebrauchtwertes. Die Tabellen Tx-2 stellen die Ermittlung der Effizienzeinsparungen in der Nutzungsphase sowie die Marktübersicht von Neugeräten dar.
- 3 | Weitere Rahmendaten bieten die Tabellenblätter Preise sowie eine Übersicht der ausgewählten Produkttypen für die Studie. Diese wurden basierend auf einer Charakterisierung ihrer Relevanz ausgewählt (hergeleitet u.a. aus den statistischen Angaben zur Haushaltsausstattung der EVS und LWR).

Tabelle 36 Aufbau der Exceldatei zur Berechnung der Reparaturkostenempfehlungen

Inhalt	Link zu Tabellenblättern	
Berechnungen der Reparaturkostenempfehlungen nach Produkttyp		
HAUSHALTSGÜTER		
▪ Waschmaschine	Waschmaschine	
▪ Geschirrspüler	Geschirrspüler	
▪ Kühl- Gefrierkombination	Kühl-Gefrierkombination	
TELEKOMMUNIKATION		
▪ Smartphone	Smartphone	
UNTERHALTUNGSELEKTRONIK		
▪ Fernseher	Fernseher	
VERKEHR		
▪ E-Bike	E-Bike	
Ermittlung der Rahmendaten nach Produkttyp - Gebrauchtwert, Neugerät und Effizienz		
HAUSHALTSGÜTER	Gebrauchtwert	Neugerät und Effizienz
▪ Waschmaschine	Tabelle 1-1 Waschmaschine	Tabelle 1-2 Waschmaschine
▪ Geschirrspüler	Tabelle 2-1 Geschirrspüler	Tabelle 2-2 Geschirrspüler
▪ Kühl- Gefrierkombination	Tabelle 3-1 Kühl-Gefrierkombination	Tabelle 3-2 Kühl-Gefrierkombination
TELEKOMMUNIKATION		
▪ Smartphone	Tabelle 5-1 Smartphone	Tabelle 5-2 Smartphone
UNTERHALTUNGSELEKTRONIK		
▪ Fernseher	Tabelle 4-1 Fernseher	Tabelle 4-2 Fernseher
VERKEHR		
▪ E-Bike	Tabelle 6-1 E-Bike	Tabelle 6-2 E-Bike
Weitere Rahmendaten		
▪ Preise	Preise	
▪ Produkttypen	Produkttypen	
▪ Relevanz von verschiedenen Produktgruppen	Relevanz verschiedener Produkttypen nach Haushaltsausstattung	
▪ Herleitung der Produkttypen - EVS	LWR Ausstattung	
▪ Herleitung der Produkttypen - LWR	EVS Ausstattung	

Der Aufbau der einzelnen Tabellenblätter wird im Folgenden am Beispiel des Produkttyps Waschmaschine stellvertretend dargestellt.

6.1 Berechnungen der Reparaturkostenempfehlungen nach Produkttyp

Die Tabellenblätter enthalten jeweils die Ergebnisse aus den Tabellen Tx-1 und Tx-2:

- **WERTENTWICKLUNG:** Nutzt die Ergebnisse aus den Tx-1 Tabellen zur Ermittlung des Gebrauchtwertes. Dargestellt werden die Wertverlustkurve des Altgerätes nach Alter für die gesamte angenommene Lebensdauer und der durchschnittliche Kaufpreis des Neugerätes (ggf. für verschiedene Effizienzklassen, 2017).
- **NUTZUNG: RAHMENDATEN:** Nutzt die Ergebnisse aus den Tx-2 Tabellen zur Ermittlung der Effizienzentwicklungen in der Nutzungsphase (ggf. für Strom und Wasserverbrauch). Für die Produkttypen Waschmaschine und Geschirrspüler sind die Entwicklung des Strom- und Wasserverbrauchs nach Effizienzklassen dargestellt. Die Produkttypen Kühl- Gefrierkombination, Fernseher und Smartphone wird die Entwicklung des Stromverbrauchs nach Effizienzklassen dargestellt. Das E-Bike enthält keine Daten zur Effizienzentwicklung.

Diese fließen in die Berechnungen der Kosteneinsparungen in der Nutzung ein:

- **NUTZUNG: Vergleich Altgerät mit Neugerät:** Nutzt die Ergebnisse der Berechnungen der NUTZUNG: RAHMENDATEN und berechnet die Strom- (und Wasser) kosten pro Jahr für verschiedene Energieeffizienzklassen (A+++ bis G). Durch den Vergleich der Nutzungskosten von 10 EEK der Altgeräte mit 2 EEK der Neugeräte (als Maximalabschätzung im Vergleich mit der EEK A+++ und als Minimalabschätzung im Vergleich mit der EEK A+), werden die Kosteneinsparungen im Vergleich errechnet. Die Einsparungen werden kumuliert nach Restnutzungsdauer pro Jahr dargestellt (d.h. bei einer Restnutzungsdauer von 12 Jahren werden die Einsparungen für 12 Jahre Nutzung berechnet).

Schließlich werden alle Daten in der RKE Berechnung zusammengeführt (ggf. für zwei Varianten der Neugeräte):

- **REPARATURKOSTEN: Vergleich Altgerät (verschiedene EEK) mit Neugerät EEK A+++ bzw. A+ nach Restnutzungsdauer:** Nutzt die Ergebnisse der Wertentwicklung des Altgerätes und subtrahiert die Summe der theoretisch einsparbaren Kosten durch eine höhere EEK eines Neugerätes (Variante A: Vergleich mit der effizientesten marktverfügbaren EEK A+++; Variante B: Vergleich mit der ineffizientesten marktverfügbaren EEK A+). Als Ergebnis werden die RKE in Euro sowie das Verhältnis der RKE zu den ermittelten durchschnittlichen Kaufpreisen von Neugeräten je Restnutzungsdauer angegeben (ggf. differenziert für die beiden Varianten der Neugeräte). Die gültigen Fälle (real verfügbare EEK) sind durch Rahmen gekennzeichnet.

6.2 Ermittlung der Rahmendaten nach Produkttyp - Gebrauchtwert, Neugerät und Effizienz

6.2.1 Tabellenblätter zur Ermittlung des Gebrauchtwertes je Produkttyp

Zur Ermittlung des Gebrauchtwertes wird in den Tabellenblättern Tx-1 je Produkttyp eine Stichprobe gezogen. Die der Berechnung des Gebrauchtwertes zugrundeliegende Stichprobe wird in Tabelle 1 dargestellt. Die aus der Stichprobe berechneten Werte

werden in Tabelle 2 ausgewertet (Anzahl der Datensätze je Alter und ggf. Produktvarianten; Berechnung der Verkaufspreise und Ermittlung der Wertverlustkurve; Schrottwert). Abbildung 1 stellt die Ergebnisse grafisch dar.

Die gesamte Stichprobe wird nach den definierten Suchkriterien aufgeführt.

Eine Erweiterung der Stichprobe ist möglich (für das Jahr 2017 können Daten am Ende des Tabellenblattes ergänzend werden bis zur Zeile 300; Sollen Daten darüberhinaus ergänzt werden, müssen die Formeln zur Auswertung der Stichprobe erweitert werden).

Eine Fortschreibung für die folgenden Jahre würde eine Änderung der Formel in einer Zelle bedingen. Derzeit ist bspw. in Tabelle T1-1 WaMa die Zelle F32 auf das Jahr 2017 festgelegt. Die Formeln der Spalte „Alter“ beziehen sich in der Berechnung auf diese Zelle. Bei einer Änderung auf das Jahr 2018 passen sich die Ergebnisse der Altersangaben automatisch an.

6.2.2 Tabellenblätter zur Ermittlung der Rahmendaten nach Produkttyp - Neugerät und Effizienz

Zur Ermittlung der Preise von Neugeräten wird in den Tabellenblättern Tx-2 je Produkttyp eine Stichprobe gezogen:

- **HERLEITUNG NEUGERÄTE IM JAHR 2017:** Die Stichprobe wird vollständig aufgeführt (bei den meisten Produkttypen wurde die Marktübersicht energieeffizienter Geräte der Plattform „Ecotopen“ genutzt). Auch hier wird die Stichprobe nach Anzahl der Angaben, durchschnittlicher Kaufpreis und ggf. weitere Angaben wie bspw. der durchschnittliche Stromverbrauch ausgewertet.

Die Effizienzentwicklungen werden entweder aus einer Stichprobe ermittelt oder aus Quellen hergeleitet:

- **EFFIZIENZ:** Strom- und ggf. Wasserverbrauch werden pro Jahr dargestellt. Ergänzende Stichproben (bspw. für die EEK A bei der Waschmaschine werden auch aufgeführt; Sie dienen dem Vergleich zu den quellenbasierten Annahmen).

PREISENTWICKLUNGEN: Die Berechnungen stellen dar, wie sich die Verbraucherpreise seit 1991 für den Produkttyp verändert haben. Sie gehen nicht ins Modell ein.

In den Tabellenblättern Tx-1 und Tx-2 sind die Zellen farblich markiert, die in die Berechnungen der RKE einfließen (**orange & fett gesetzt**). Weitere Berechnungen sind **fett gesetzt** hervorgehoben.

6.3 Weitere Rahmendaten

6.3.1 Tabellenblatt Herleitung der Produkttypen – EVS

Das Tabellenblatt zeigt die Zeitreihe der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) des statistischen Bundesamtes der Jahre 2003, 2008 und 2013 (letztes verfügbares Jahr). Die EVS ist eine umfassende Erhebung, die alle fünf Jahre, in ca. 60.000 Haushalten Deutschlands, durchgeführt wird (vgl. Statistisches Bundesamt 2017).

Es sind weitere Jahre verfügbar (ab 1998). Die nächste Aktualisierung ist für das Jahr 2018 geplant. Die Ausstattung kann in Zeitreihen der EVS fortgeschrieben werden (alle 5 Jahre).

Das Tabellenblatt zeigt für ausgewählte Gebrauchtgüter den Ausstattungsgrad je 100 Haushalte und den Ausstattungsbestand je 100 Haushalte. Zur Hervorhebung einer hohen Relevanz wurden Gebrauchtgüter mit einem Ausstattungsgrad >80% und einem Ausstattungsbestand >95% hervorgehoben.

Quelle: Tabellen: Ausstattungsgrad 63211-0001 und Ausstattungsbestand 63211-0003; abrufbar unter: <https://www-genesis.destatis.de>

6.3.2 Tabellenblatt Herleitung der Produkttypen – LWR

Das Tabellenblatt zeigt die Zeitreihe der Laufenden Wirtschaftsrechnungen (LWR) des statistischen Bundesamtes der Jahre 2014 und 2017 (letztes verfügbares Jahr). Die LWR ist als Unterstichprobe der EVS konzipiert, bei der jährlich ca. 8.000 Haushalte befragt werden (vgl. Statistisches Bundesamt 2017b).

Es sind weitere Jahre verfügbar (ab 2000). Die Ausstattung kann in Zeitreihen der LWR fortgeschrieben werden (jährlich).

Das Tabellenblatt zeigt für ausgewählte Gebrauchtgüter den Ausstattungsgrad je 100 Haushalte und den Ausstattungsbestand je 100 Haushalte. Zur Hervorhebung einer hohen Relevanz wurden Gebrauchtgüter mit einem Ausstattungsgrad >80% und einem Ausstattungsbestand >95% hervorgehoben.

Quelle: Tabelle 63111-0001; abrufbar unter: <https://www-genesis.destatis.de>

6.3.3 Tabellenblatt Relevanz von verschiedenen Produktgruppen

Das Tabellenblatt führt die beiden Statistiken EVS und LWR zusammen und gruppiert die Gebrauchtgüter entsprechend der Europäischen Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums (ECOICOP) in (vgl. Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2016):

- HAUSHALTSGÜTER
- TELEKOMMUNIKATION
- UNTERHALTUNGSELEKTRONIK
- VERKEHR

Die beiden Statistiken enthalten Daten für unterschiedliche Jahre. Auch sind die verfügbaren Gebrauchsgütergruppen der beiden Erhebungen nicht durchgehend identisch. In der EVS sind 93 und in der LWR sind 61 Gruppen verfügbar. Waschmaschinen sind bspw. Teil beider Statistiken, wohingegen Angaben zu E-Bikes nur in den LWR bereitgestellt werden.

Im Tabellenblatt sind daher der Ausstattungsgrad und -bestand ist für das aktuellste Jahr angegeben, d.h. Zahlen aus der EVS gelten für den Stichtag 1.1.2013 und Zahlen aus der LWR sind für den 1.1.2017 angegeben (Spalte M bzw. Spalte T).

6.3.4 Tabellenblatt Produkttypen

Das Tabellenblatt zeigt die Charakterisierung der Gebrauchsgüter, die für die Auswahl der Produkttypen für die vorliegende Studie genutzt wurden. Die Spalten D und E nutzen die Daten des Tabellenblatts Relevanz der Ausstattung. Die weiteren Spalten stellen Einschätzungen zur Marktrelevanz und Umweltrelevanz dar. Die Auswahl der Produkttypen ist im Kapitel 0 erläutert.

6.3.5 Tabellenblatt Preise

Das Tabellenblatt enthält die in der Studie genutzten Strom- und Wasserpreise.

Ergänzend dazu werden die Verbraucherpreisindizes für die Jahre 1991 bis 2016 dargestellt. Diese sind als Annäherung an Preisentwicklungen aufgeführt, fließen aber nicht ins Modell ein.

Quelle: destatis, Tabelle 61111-0006, Verbraucherpreisindex: Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums (COICOP 2-/3-/4-/10-Steller/Sonderpositionen)