

RATGEBER

Einführung in die Berechnung von Lebenszykluskosten und deren Nutzung im Beschaffungsprozess

Umweltfreundliche Beschaffung

Schulungsskript 2

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Fachgebiet III 1.3
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

Autorinnen und Autoren:

Yifaat Baron
Jens Gröger

Öko-Institut e. V.
Merzhauser Str. 173
79100 Freiburg

Redaktion:

Lars Johannsen, Grit Körber-Ziegengeist,
Umweltbundesamt,
Fachgebiet III 1.3 Ökodesign, Umweltkenn-
zeichnung, Umweltfreundliche Beschaffung

Satz und Layout:

Atelier Hauer+Dörfler GmbH

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Bildquellen:

Umweltbundesamt

Stand: August 2019, 2. Auflage

ISSN 2363-8249

**Einführung in die Berechnung von Lebenszykluskosten
und deren Nutzung im Beschaffungsprozess**

Umweltfreundliche Beschaffung

Schulungsskript 2

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	5
////////////////////////////////////	
Tabellenverzeichnis	5
////////////////////////////////////	
Einführung	6
////////////////////////////////////	
1 Rechtliche Grundlagen	8
////////////////////////////////////	
2 Beschreibung der methodischen Grundlagen	12
////////////////////////////////////	
2.1 Grundlegende Prinzipien der Lebenszykluskostenrechnung	12
2.2 Theoretische Grundlagen zur Barwertmethode	14
2.3 Berechnung der Lebenszykluskosten	16
////////////////////////////////////	
3 Detaillierte Lebenszykluskostenrechnung anhand eines Beispiels	19
////////////////////////////////////	
3.1 Grundlegende Prinzipien	19
3.2 Struktur des LCC-Tools des Umweltbundesamtes	21
3.3 Daten zur Berechnung der Kostenelemente	23
3.4 Nutzung des LCC-Tools	24
////////////////////////////////////	
4 Weitere Beispiele	31
////////////////////////////////////	
4.1 Geschirrspülmaschinen	32
4.2 Computer	34
////////////////////////////////////	
5 Fazit	35
////////////////////////////////////	
6 Bezugsquellen für LCC-Tools	36
////////////////////////////////////	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Auf- und Abzinsen eines Zahlungsstroms	14
Abbildung 2	Beispiel eines Formulars zur Angebotseinholung	20
Abbildung 3	Drop-down-Menü zur Auswahl der Produktgruppe	21
Abbildung 4	Auswahl-Menü zur Zellausblendung	22
Abbildung 5	Abbildung aus dem Tabellenblatt „Multifunktionsgeräte“, Abschnitt „Produktspezifische Annahmen“ und „Varianten“	25
Abbildung 6	Abbildung aus dem Tabellenblatt „Multifunktionsgeräte“: Abschnitt „Input-Parameter“	26
Abbildung 7	Abbildung aus dem Tabellenblatt „Multifunktionsgeräte“: Abschnitt „Zwischenrechnung“	27
Abbildung 8	Abbildung aus dem Tabellenblatt „Multifunktionsgeräte“: Abschnitt „Berechnung der Lebenszykluskosten“	27
Abbildung 9	Barwerte der betrachteten Varianten differenziert nach Kostenkategorien aus dem Tabellenblatt „Ergebnisdarstellung“	29
Abbildung 10	Jährliches Treibhauspotenzial (CO ₂ -Äquivalente) für Multifunktionsgeräte aus dem Tabellenblatt „Ergebnisdarstellung“	29
Abbildung 11	Lebenszykluskosten von Geschirrspülmaschinen	32
Abbildung 12	Lebenszykluskosten von Computern	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Übersicht zweier angenommener Beschaffungsvarianten	23
Tabelle 2	Allgemeine Annahmen zur Berechnung der Lebenszykluskosten	24
Tabelle 3	Einsparungen durch umweltverträgliche Beschaffung der öffentlichen Haushalte im Land Berlin	32
Tabelle 4	Anschaffungskosten und Verbrauchsdaten von Geschirrspülmaschinen	33
Tabelle 5	Anschaffungskosten und Verbrauchsdaten von Computern	35

Einführung

Das folgende Schulungsskript führt in die Berechnung von Lebenszykluskosten unter Zuhilfenahme des Excel-Tabellenkalkulations-Werkzeugs des Umweltbundesamtes (kurz: LCC-Tool) ein.

Mit der Lebenszykluskostenrechnung (englisch: ‚Life Cycle Costing‘, LCC) werden alle relevanten Kosten ermittelt, die ein Produkt entlang seines gesamten Produktlebenszyklus verursacht. Auch die

„versteckten“ Kosten, wie beispielsweise Verbrauchs- und Entsorgungskosten, werden hierbei systematisch erfasst. So kann bei einem direkten Vergleich unterschiedlicher Varianten, beispielsweise zwischen einem konventionellen und einem umweltfreundlichen Produkt, festgestellt werden, ob und in welchem Umfang die umweltfreundliche Variante auch aus ökonomischer Sicht insgesamt besser abschneidet als die konventionelle.

Definition Lebenszykluskosten

LCC ist allgemein definiert als die Berechnung und Bewertung aller monetarisierbaren Kosten, die mit einem Produkt verbunden sind und die direkt durch einen oder mehrere Akteure im Lebenszyklus dieses Produkts getragen werden.* Eine Lebenszykluskostenrechnung ist – im Gegensatz zur isolierten Betrachtung des Anschaffungspreises – insbesondere bei Produkten sinnvoll, bei denen ein bedeutender Anteil der Kosten während der Nutzungsphase oder Entsorgung auftritt.

* Vgl. Ciroth, A. et al: Life Cycle Costing Case Studies, in: Hunkeler, D.; Lichtenvort K.; Rebitzer, G. (Hrsg): Environmental Life Cycle Costing, SETAC Publications, 2008

Lebenszyklusberechnungen wurden bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts in den USA angewandt, um Entscheidungen im Bereich der (öffentlichen) Beschaffung zu treffen. Traditionell wird diese Methode für große Investitionsgüter oder für Produkte mit einer langen Nutzungsdauer und hohen Investitionskosten genutzt, etwa für öffentliche Gebäude, Kraftwerke oder militärische Ausrüstung.¹

In den letzten Jahren erhielt das Konzept der Lebenszykluskostenrechnung im Rahmen der Diskussion um Ökobilanzierung und Nachhaltigkeitsmanagement zunehmend größere Aufmerksamkeit. In Folge dessen hat die Anwendung durch Unternehmen und die öffentliche Hand deutlich zugenommen.

1 Vgl. Herrmann, C. (2010): Ganzheitliches Life Cycle Management. Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen (VDI-Buch), S. 143.

Die Lebenszykluskostenrechnung basiert auf den zwei Normen DIN EN ISO 14040 und 14044 für ökologische Bewertungen. Für die ökonomische Bewertung und die Aggregation zur gesamten Ökoeffizienzanalyse liegt seit 2012 die ISO-Norm 14045 als Grundlage vor.

Auch im Kontext des öffentlichen Beschaffungswesens wird LCC als ein bedeutendes Mittel zur Förderung umweltfreundlicher Produkte angesehen. Nicht selten sind die Anschaffungspreise solcher Produkte höher. Es entstehen jedoch in vielen Fällen

geringere Folgekosten aufgrund eines geringeren Energie- oder Wasserverbrauchs, geringerer Kosten für die Instandhaltung oder für die Entsorgung. Mit Hilfe der Lebenszykluskostenrechnung kann bei der Angebotsbewertung die unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten vorteilhafteste Variante identifiziert werden. So zeigte beispielsweise eine Studie des Öko-Instituts im Auftrag des Landes Berlin aus dem Jahr 2015, dass der Einkauf von umweltverträglichen Produkten für die Landesverwaltungen zu Kosteneinsparungen von jährlich 38 Mio. Euro führt.²

² Vgl. Berliner Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, verfügbar unter: https://www.berlin.de/senuvk/service/gesetzestexte/de/beschaffung/studie_evaluierung.shtml.

1 Rechtliche Grundlagen

Der Begriff Lebenszykluskosten ist in den neuen EU-Vergaberichtlinien³ erstmals legal definiert worden. Die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten kann im Rahmen der technischen Spezifikationen der Leistungsbeschreibung und als Zuschlagskriterium bei der Angebotswertung erfolgen.

Zur Berücksichtigung der Lebenszykluskosten im Rahmen der Leistungsbeschreibung kann beispielsweise gefordert werden, dass Geräte eine bestimmte Mindestlebensdauer haben, einen bestimmten Stromverbrauch nicht überschreiten oder Gebäude so gebaut werden, dass sie bestimmte Standards, etwa im Hinblick auf Wärmeschutz, Raumheizung oder Klimatisierung einhalten. In diesem Fall müssen die Rahmenbedingungen angegeben werden, mit denen gerechnet wird, also beispielsweise der Energiepreis, die Lebensdauer oder der Diskontsatz. Abgefragt werden müssen dann die notwendigen Parameter wie Energie- oder Wasserbedarf.

Des Weiteren dürfen Lebenszykluskosten als Zuschlagskriterium bei der Beschaffung von Waren und Dienstleistungen nach § 59 Vergabeverordnung (VgV)⁴ berücksichtigt werden. Sie spiegeln sowohl ökonomische als auch ökologische Aspekte wider, da sie auch die Kosten transparent machen, die die öffentliche Beschaffungsstelle nach

Kauf des Produkts zu tragen hat. Nach § 43 Abs. 4 der Unterschwellenvergabeordnung (UVgO)⁵ können Lebenszykluskosten als Zuschlagskriterium auch im Unterschwellenbereich berücksichtigt werden. Die Berechnung erfolgt dann anhand der Vorgaben in § 59 VgV. Die Berechnungsmethode für die Lebenszykluskosten kann nach § 59 Abs. 2 VgV umfassen:

- ▶ Anschaffungskosten,
- ▶ Nutzungskosten (insbesondere den Verbrauch von Energie und anderen Ressourcen),
- ▶ Wartungskosten,
- ▶ Kosten am Ende der Nutzungsdauer (z. B. Entsorgung von Altgeräten) sowie
- ▶ Kosten, die durch die externen Effekte der Umweltbelastung entstehen, die mit der ausgeschriebenen Leistung während ihres Lebenszyklus in Verbindung stehen, sofern ihr Geldwert bestimmt und geprüft werden kann (z. B. Kosten der Emission von Treibhausgasen oder anderen Schadstoffen).

Um die Lebenszykluskosten berücksichtigen zu können, muss die Beschaffungsstelle in den Vergabeunterlagen genau definieren,

3 So in Art. 83 der Richtlinie 2014/25/EU über die Vergabe von Aufträgen durch Auftraggeber im Bereich der Wasser-, Energie- und Verkehrsversorgung sowie der Postdienste und Art. 68 der Richtlinie 2014/24/EU über die Vergabe öffentlicher Aufträge.

4 Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung – VgV) in der Fassung der Verordnung zur Modernisierung des Vergaberechts (Vergaberechtsmodernisierungsverordnung – VergMod-VO) vom 12.04.2016 (BGBl. I S. 624) auf Grund der §§ 113 und 114 Absatz 2 Satz 4 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen, die durch Artikel 1 Nummer 2 des Gesetzes vom 17.02.2016 (BGBl. I S. 203) neu gefasst worden sind.

5 Verfahrensordnung für die Vergabe öffentlicher Liefer- und Dienstleistungsaufträge unterhalb der EU-Schwellenwerte (Unterschwellenvergabeordnung – UVgO), Bundesanzeiger AT vom 7.02.2017 B1.

wie die Lebenszykluskosten ermittelt werden. Zu diesem Zweck sollte der Ausschreibung ein Berechnungstool beigelegt werden, mit dessen Hilfe die Beschaffungsstelle die Angebote vergleichen kann. Auf der Webseite des Umweltbundesamtes sind verschiedene Berechnungshilfen zur Ermittlung der Lebenszykluskosten zusammengestellt, die bei der Umsetzung helfen können: www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltfreundliche-beschaffung/berechnung-der-lebenszykluskosten.

In den Vergabeunterlagen ist zudem klar zu regeln, mit welcher Gewichtung die Lebenszykluskosten in die Angebotswertung eingehen. Es bestehen u. a. folgende Möglichkeiten:

- ▶ Für jedes Angebot wird zu Wertungszwecken ein fiktiver „Gesamtpreis“ aus Anschaffungskosten und Folgekosten über die Lebensdauer gebildet.
- ▶ Die Lebenszykluskosten werden in einer Wertungsmatrix mit einer gewissen Gewichtung neben dem Angebotspreis und gegebenenfalls weiteren Zuschlagskriterien berücksichtigt. In diesem Fall ist insbesondere die Gewichtung der einzelnen Zuschlagskriterien klar zu definieren (z. B. Kriterien für die Vergabe von Wertungspunkten).

Verpflichtende Berücksichtigung der Lebenszykluskosten

Neben der freiwilligen Berücksichtigung von Lebenszykluskosten nach § 59 VgV schreibt das Vergaberecht auch Fälle für eine verpflichtende Berücksichtigung vor:

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen (AVV-EnEff).

Eine Verpflichtung zur Berücksichtigung der Lebenszykluskosten, die sowohl oberhalb als auch unterhalb der EU-Schwellenwerte gilt, beinhaltet die AVV-EnEff. Nach Art. 2, Abs. 4 AVV-EnEff sind Bundesdienststellen bei der Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen dazu verpflichtet, für die Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebotes *„neben den Anschaffungskosten die voraussichtlichen Betriebskosten über die Nutzungsdauer – vor allem die Kosten für den Energieverbrauch der zu beschaffenden Geräte – sowie die Abschreibungs- und Entsorgungskosten zu berücksichtigen (Lebenszykluskostenprinzip)“*.

Beschaffung energieverbrauchsrelevanter Waren, Geräte oder Ausrüstungen

Die verbindliche Berücksichtigung umweltbezogener Aspekte gilt nach § 67 VgV bei der Beschaffung energieverbrauchsrelevanter Waren, Geräte oder Ausrüstungen oder beim Einkauf von Dienstleistungen, bei denen solche Waren, Geräte oder Ausrüstungen zum Einsatz kommen. Gemäß § 67 Abs. 2 VgV **sollen** bei diesen Beschaffungsvorgängen in der Leistungsbeschreibung folgende Anforderungen an die Energieeffizienz gestellt werden:

- a) das höchste Leistungsniveau an Energieeffizienz und
- b) soweit vorhanden, die höchste Energieeffizienzklasse im Sinne der Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung.

Zudem ist die Beschaffungsstelle nach § 67 Abs. 3 VgV verpflichtet, in der Leistungsbeschreibung oder an anderer Stelle in den Vergabeunterlagen von den Unternehmen folgende Informationen zu verlangen:

- „1. konkrete Angaben zum Energieverbrauch, es sei denn, die auf dem Markt angebotenen Waren, technischen Geräte oder Ausrüstungen unterscheiden sich im zulässigen Energieverbrauch nur geringfügig, und
2. in geeigneten Fällen a) *eine Analyse minimierter Lebenszykluskosten* oder b) die Ergebnisse einer Buchstabe a vergleichbaren Methode zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit.“

Auch die Berücksichtigung externer Kosten ist nun in § 59 Abs. 2 Nr. 5 VgV ausdrücklich erlaubt:

„Kosten, die durch die externen Effekte der Umweltbelastung entstehen, die mit der Leistung während ihres Lebenszyklus in Verbindung stehen, sofern ihr Geldwert nach Absatz 3 bestimmt und geprüft werden kann; solche Kosten können Kosten der

Emission von Treibhausgasen und anderen Schadstoffen sowie sonstige Kosten für die Eindämmung des Klimawandels umfassen.“

Ein Beispiel für die **verpflichtende** Berücksichtigung externer Kosten existiert bei der Beschaffung von Straßenfahrzeugen.

Beschaffung von Straßenfahrzeugen nach der Richtlinie über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge.

Die Richtlinienvorgaben der Richtlinie über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge* sind in § 68 VgV sowie in § 59 SektVO in deutsches Recht umgesetzt worden.

In der Leistungsbeschreibung und als Zuschlagskriterien sind der Energieverbrauch, die CO₂-Emissionen und die Schadstoffemissionen zu berücksichtigen. Dies kann optional auch im Wege der Lebenszykluskostenanalyse erfolgen.

Bei der Beschaffung von Straßenfahrzeugen muss nach § 68 Abs. 1 VgV bzw. § 59 Abs. 1 SektVO die öffentliche Beschaffungsstelle „zumindest“ folgende Energie- und Umweltauswirkungen berücksichtigen:

- ▶ Energieverbrauch,
- ▶ Kohlendioxid-Emissionen,
- ▶ Stickoxid-Emissionen,
- ▶ Emissionen von Nichtmethan-Kohlenwasserstoffen und
- ▶ partikelförmige Abgasbestandteile.

Wie die Verwendung des Wortes „zumindest“ aufzeigt, können darüber hinaus gehende Vorgaben von der öffentlichen Beschaffungsstelle gemacht werden.

Die Beschaffungsstelle muss den Energieverbrauch und die Umweltauswirkungen berücksichtigen, indem sie

1. in der Leistungsbeschreibung Vorgaben macht und
2. sie diese als Kriterium angemessen bei der Entscheidung über den Zuschlag berücksichtigt.

Die Vergabestelle hat auch die Möglichkeit, technische Anforderungen mit höheren Energie- und Umweltleistungen auszuschreiben, als sie im EU-Recht bereits gelten, z. B. bereits erlassene, aber noch nicht verbindlich gewordene Euronormen. Ferner ist es möglich, „*alternativen Kraftstoffen wie etwa Wasserstoff, Flüssiggas (LPG), komprimiertem Erdgas (CNG), und Biokraftstoffen den Vorzug zu geben, sofern die Energie- und Umweltauswirkungen während der gesamten Lebensdauer berücksichtigt werden.*“

Für den Fall, dass der Energieverbrauch und die Umweltauswirkungen von Straßenfahrzeugen im Rahmen der Zuschlagserteilung finanziell bewertet werden sollen, ist die in Anlage 3 zur VgV bzw. Anlage 4 zur SektVO vorgegebene Berechnungsmethode anzuwenden.**

* Richtlinie über die Förderung sauberer und effizienter Straßenfahrzeuge, verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0033> (Abrufdatum: 04.09.2018).

** Hilfestellung (Leitfaden, Schulungsunterlagen und Berechnungstool) bei der Anwendung der Richtlinie, liefert das Portal Clean Fleets, verfügbar unter: <http://www.clean-fleets.eu/de/main-navigation-de/schulungen-und-events/> (Abrufdatum: 04.09.2018).

2 Beschreibung der methodischen Grundlagen

Die methodischen Grundlagen für die Durchführung von Lebenszykluskostenanalysen sind für unterschiedliche Anwendungen in verschiedenen internationalen und nationalen Standards und Richtlinien verankert.⁶ Einige Aspekte werden auch von konventionellen Methoden der Investitionskostenrechnung behandelt.⁷

Im Folgenden werden die allgemeingültigen Prinzipien dargestellt, die bei der Durchführung einer Lebenszykluskostenrechnung für ein bestimmtes Produkt⁸ im Bereich der Beschaffung berücksichtigt werden sollten. Danach werden die theoretischen Grundlagen zur *Barwertmethode* erläutert. Abschließend wird der Hintergrund zur Berechnung der Gesamtkosten dargestellt – inklusive der Kostenelemente, die bei der Erstellung einer Lebenszykluskostenrechnung durch die Beschaffungsverantwortlichen grundsätzlich geprüft werden müssen.

2.1 Grundlegende Prinzipien der Lebenszykluskostenrechnung

Die fünf grundlegenden Prinzipien, die für die Durchführung einer Lebenszykluskostenrechnung berücksichtigt werden sollten sind:

1. Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus

Der gesamte Lebenszyklus eines betrachteten Produkts umfasst im Wesentlichen die Phasen Herstellung, Nutzung, Entsorgung und gegebenenfalls Transporte. Dementsprechend sollten bei der Kostenrechnung die Kostenelemente der Herstellung beziehungsweise der Anschaffung, der Nutzung, der Entsorgung und gegebenenfalls weiterer Transporte berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 2.3).

2. Festlegung der Systemgrenzen

Bei den sogenannten Systemgrenzen handelt es sich um eine Festlegung, welche Lebenswegabschnitte des Produkts, welche Prozesse und damit verbundenen Kosten bei der Untersuchung zu berücksichtigen sind. Diese müssen bei der Lebenszykluskostenbetrachtung zu Beginn der Untersuchung eindeutig definiert werden. Ähnlich wie beim zu erfüllenden Nutzen (s. unten), müssen die Systemgrenzen für alle zu analysierenden Varianten des zu betrachtenden Produkts identisch sein. Bei einem Bürodrucker, einem sogenannten Multifunktionsgerät (Kombination aus Kopierer, Drucker und Scanner), sollten beispielsweise die Systemgrenzen sinnvollerweise

6 Vgl. z. B. ISO 15663-2:2001: Petroleum and natural gas industries – Life-cycle costing – Part 2: Guidance on application of methodology and calculation methods; DIN EN 60300-3-3: Zuverlässigkeitsmanagement – Teil 3-3: Anwendungsleitfaden – Lebenszykluskosten (IEC 60300-3-3:2004); Deutsche Fassung EN 60300-3-3, 2004, DSR 2005: Life Cycle Cost Guidelines Sport and Recreation Facilities. A guide for sport and recreation facilities owners and managers. Department of Sport and Recreation, Government of West Australia, Mai 2005.

7 Vgl. Walz, H.; Gramlich, D. (Hrsg.): Investitions- und Finanzplanung, 6., neu bearbeitete Auflage, 2004. Walther, A. (Hrsg.): Investitionsrechnung: mit Übungsaufgaben und Lösungen, 2004.

8 Der Begriff „Produkt“ wird umfassend verstanden und bezieht Dienstleistungen oder Produktsysteme mit ein.

neben der Herstellung⁹ auch den Gebrauch des Geräts und die damit verbundenen Kosten der Stromerzeugung sowie der Papier- und Tonerherstellung umfassen (siehe dazu Beispiel in Kapitel 3).

3. Berücksichtigung relevanter Kostenelemente

Zu den relevanten Kostenelementen zählen solche Kosten, die maßgeblich zu den Gesamtkosten beitragen. Beim Vergleich von Produktvarianten müssen insbesondere solche Kosten berücksichtigt werden, die sich zwischen den Produktvarianten unterscheiden. Dagegen können beim Produktvergleich solche Kosten vernachlässigt werden, die in allen Produktvarianten identisch sind, da solche Kosten nicht zur Unterscheidung der Varianten beitragen (z. B. Papierkosten beim Vergleich von Multifunktionsgeräten mit identischem Papierverbrauch). Bei allen untersuchten Varianten müssen die gleichen Kostenelemente betrachtet werden.

4. Akteurspezifische Kostenerfassung

Lebenszykluskosten müssen immer akteurspezifisch berechnet werden. Das bedeutet, es werden beispielsweise alle Kosten erfasst, die für den *Produzenten* relevant sind oder alle Kosten, die für den *Konsumenten* beziehungsweise *Nutzer* des Produkts relevant sind. Für Lebenszykluskostenrechnungen im öffentlichen Beschaffungswesen bedeutet das, dass diese stets unter dem Blickwinkel der verantwortlichen Beschafferin/des verantwortlichen Beschaffers durchgeführt werden: Alle relevanten Kosten, die mit

dem Produkt zusammenhängen und von der verantwortlichen Behörde tatsächlich getragen werden, müssen bei der Analyse berücksichtigt werden. Hierzu können zum Teil auch sogenannte externe Kosten zählen. Diese werden nicht vom Verursacher, sondern von der Allgemeinheit getragen, wie beispielsweise als Folge von Schadstoffemissionen. Teilweise ist die Berücksichtigung externer Kosten gesetzlich bereits festgelegt. Im Bereich der öffentlichen Verkehrsdienste wurde von der Europäischen Kommission beispielsweise eine Richtlinie über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge erlassen.¹⁰ Hiernach sind als Vorgaben in der Leistungsbeschreibung und/oder im Rahmen der Angebotswertung die CO₂-Emissionen und die Schadstoffemissionen zu berücksichtigen. Optional kann dies über eine Lebenszykluskostenanalyse erfolgen. In der Richtlinie wird dazu eine detaillierte Methodik zur finanziellen Bewertung und Berechnung der CO₂-Emissionen sowie der Schadstoffemissionen festgelegt (vgl. hierzu auch „Rechtsgutachten Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung“, Umweltbundesamt 2017).¹¹

5. Orientierung am zu erfüllenden Nutzen

Eine Lebenszykluskostenrechnung muss immer für einen bestimmten zu erfüllenden Nutzen durchgeführt werden, der quantifiziert werden muss. Dieser quantifizierte Nutzen ist die Größe, auf die alle Kostenelemente bezogen werden. Werden zwei oder mehrere Varianten untersucht, beispielsweise ein konventionelles und ein

9 Die Kosten der Herstellungsphase werden über die Anschaffungskosten abgebildet.

10 Richtlinie 2009/33/EG vom 23. April 2009 über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge; in Deutschland umgesetzt in § 68 der Vergabeverordnung (VgV) 2016.

11 Umweltbundesamt (Hrsg.): Rechtsgutachten umweltfreundliche öffentliche Beschaffung, verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rechtsgutachten-umweltfreundliche-offentliche> (Abrufdatum: 04.09.2018).

umweltfreundliches Produkt, so muss jede der betrachteten Varianten denselben technischen Nutzen liefern. Dieses Prinzip ist sehr wichtig, da sonst Varianten untersucht und bewertet würden, die nicht vergleichbar sind. So macht es beispielsweise keinen Sinn, einen kleinen Pkw, der meist nur eine Person mit wenigen Gütern über kurze Distanzen transportiert, mit einem über 2,8 Tonnen wiegenden Transportfahrzeug zu vergleichen. Bei einem Drucker wäre der zu erfüllende Nutzen beispielsweise der jährliche Druck von 10.000 Seiten in Schwarzweiß.

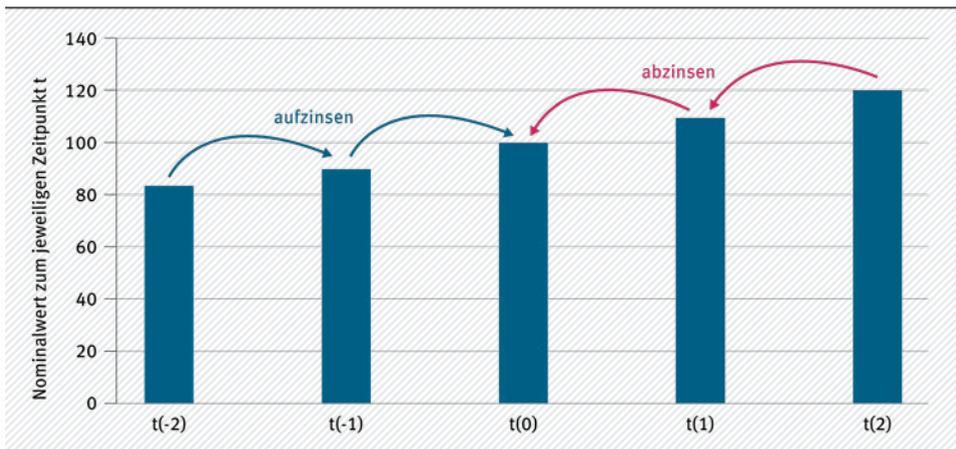
2.2 Theoretische Grundlagen zur Barwertmethode

Für die Berechnung von Lebenszykluskosten wird ein dynamisches Verfahren der Investitionsrechnung herangezogen: die *Barwertmethode*.

Die Investitionsrechnung ist ein klassisch betriebswirtschaftliches Verfahren zur Entscheidungsfindung. Dynamische Verfahren der Investitionsrechnung berücksichtigen das zeitliche Auftreten von Einnahmen und Ausgaben.¹² Für die Lebenszykluskostenrechnung werden alle Geldflüsse¹³ während der gesamten Nutzungsdauer erfasst. Die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Geldströme werden mit Hilfe eines bestimmten Zinsfaktors (Diskontsatz) auf einen einheitlichen Vergleichszeitpunkt auf- oder abgezinst (diskontiert). Dadurch wird berücksichtigt, dass Zahlungen, die in der Vergangenheit geleistet wurden, anders zu bewerten sind, als Zahlungen, die heute oder erst in Zukunft geleistet werden. Für eine Beschaffung wird die Höhe aller Kosten zum Investitionszeitpunkt t_0 bestimmt und alle zukünftigen Geldflüsse wie beispielsweise

Abb. 1

Auf- und Abzinsen eines Zahlungsstroms



Quelle: Öko-Institut e. V.

12 Bei statischen Verfahren hingegen werden die Zeitpunkte von Einnahmen und Ausgaben nicht berücksichtigt, d. h. egal wann bestimmte Ausgaben, beispielsweise Energiekosten, anfallen, gehen diese in gleicher Höhe in das Ergebnis ein. Gegenüber der Realität ist dies eine wesentliche Vereinfachung, da aufgrund von Zinseffekten der zeitliche Anfall durchaus einen finanziellen Unterschied machen kann.

13 Unter Geldflüssen werden hier Einnahmen und Ausgaben verstanden. In der Regel werden bei Lebenszykluskostenrechnungen innerhalb des Beschaffungswesens und hierzu anwendbaren Rechentools nur Ausgaben berücksichtigt.

Stromkosten dann auf den sogenannten Barwert abgezinst. Die einzelnen Barwerte können anschließend zu einer Gesamtkostensumme addiert werden.

Abbildung 1 illustriert das Auf- und Abzinsen eines Zahlungsstroms auf den Zeitpunkt t_0 . Dargestellt ist der Nominalwert der jeweiligen Zahlungen, der den Geldwert zum jeweiligen Zeitpunkt beschreibt. Der Barwert der Zahlungen beträgt in dem Beispiel jeweils 100 Einheiten, bei einem jährlichen Diskontsatz von 10%.

2.2.1 Barwertmethode

Der **Barwert** (present value) ist der heutige Wert einer in der Zukunft getätigten Zahlung. Er wird durch Abzinsung der zukünftigen Zahlungen und anschließendes Summieren ermittelt. Der Barwert PV_k einer Zeitreihe von Kosten K^t , die zu den Zeitpunkten $t = 0, 1, 2, \dots, n$ anfallen, ergibt sich als Summe der mit einem Zinsfaktor¹⁴ i gewichteten Kosten jeder Periode:

Die Barwertmethode wird verwendet, um die einzelnen Zahlungen, die bei Beschaffung und Nutzung eines Produkts zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, auf einen bestimmten Zeitpunkt abzuzinsen und damit vergleichbar zu machen.

Die Berechnung bezieht sich allgemein auf den Zeitwert des Geldes zum Zeitpunkt der Anschaffung. Der gesamte Zahlungsstrom, der durch Beschaffung, Betrieb und am Produktlebensende aufkommt, z. B. in Form von Entsorgungskosten oder Einnahmen durch Restwert des gebrauchten Produktes am Ende der Nutzungsdauer, wird zusammengefasst und mit Hilfe der Barwertmethode auf eine gemeinsame Zeitbasis gebracht.

Umweltfreundliche Produkte sind häufig mit höheren Anschaffungskosten aber geringeren Betriebskosten verbunden. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, die verschiedenen Zeitpunkte, an denen einzelne Ein- oder Auszahlungen anfallen, einzuschließen. Von der zeitlichen Bewertung der Kosten kann nur abgesehen werden, wenn während der Nutzungsphase einschließlich der Entsorgung, keine weiteren Kosten entstehen.

$$PV_k = K_0 + K_1 \frac{1}{(1+i)} + K_2 \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + K_n \frac{1}{(1+i)^n} = \sum_{t=1}^n \left(K_t \frac{1}{(1+i)^t} \right)$$

PV: Barwert (present value)

K: Kosten oder Zahlungen, die zu einem bestimmten Termin anfallen

t: Zeit (Jahr) in welcher die Zahlungen anfallen

n: Lebensdauer oder Betrachtungszeitraum (abhängig von der untersuchten Produktgruppe)

i: Zins-/Diskontsatz

¹⁴ Der dabei verwendete Zinsfaktor (auch Diskontsatz genannt) wird meist entsprechend des üblichen Kapitalmarktzinses angenommen.

Mit der Barwertmethode lassen sich verschiedene Beschaffungsalternativen abwägen. Im Vergleich ist diejenige Variante am vorteilhaftesten, die den geringsten Barwert hat.

Für die Ermittlung des Barwerts existieren bereits umfangreiche Hilfestellungen und Berechnungswerkzeuge. Der Aufwand der Beschaffungsverantwortlichen kann auf diese Weise gering gehalten werden. Im Vergleich zu einer herkömmlichen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung reduziert sich der Zusatzaufwand somit auf die Ermittlung belastbarer Verbrauchsdaten für die in der Nutzungsphase anfallenden Betriebsstoffe sowie die zugehörigen Preise. Diese Werte können beim Bieter bei der Angebotseinholung abgefragt werden. Die praktische Anwendung der oben dargestellten Barwertmethode für unterschiedliche Beschaffungsvarianten wird in Kapitel 3 anhand eines praxisnahen Beispiels und einer Berechnung mit Hilfe des Excel-Tools des Umweltbundesamtes (UBA) erläutert.

2.3 Berechnung der Lebenszykluskosten

2.3.1 Zu berücksichtigende Kostenelemente

Die Gesamtkosten einer Beschaffungsvariante setzen sich aus verschiedenen Kostenelementen zusammen, die entlang des Lebenszyklus des Produktes (oder der Dienstleistung) anfallen. Aufbauend auf den oben genannten grundlegenden Prinzipien müssen die Beschaffungsverantwortlichen für die Berechnung der Lebenszykluskosten eines bestimmten Beschaffungsgegenstands folgende Kostenelemente prüfen:

1. **Anschaffungskosten** z. B. Kaufpreis oder Miet- bzw. Leasingkosten
2. **Transportkosten** (sofern nicht schon in den Anschaffungskosten enthalten)
3. **Installationskosten** z. B. für Heizungs- und Beleuchtungssysteme
4. **Betriebs- und Unterhaltskosten**
 - ▶ Energiekosten (z. B. Strom für Elektro- und Elektronikgeräte; Benzin, Diesel für Kfz-Nutzung; Heizöl und Gas für Gebäudenutzung)
 - ▶ Kosten für Trinkwasserbereitstellung und Abwasserentsorgung (z. B. für Reinigungsdienstleistungen oder Geräte die Wasser verbrauchen wie Geschirrspüler)
 - ▶ Kosten für Papier und andere Verbrauchsmaterialien (z. B. Tonerkartuschen, Schmier- und Reinigungsmittel)
 - ▶ Steuern (z. B. Kfz-Steuern)
 - ▶ Versicherungskosten (wie Haftpflicht- oder Kaskoversicherung für Kfz)
 - ▶ Schulungskosten (z. B. für Bus- und Pkw-Fahrer, Reinigungspersonal)
 - ▶ Pflege- und Wartungskosten (z. B. bei Heizungsanlagen)
 - ▶ Reparaturkosten (wie Ersatzteile, Arbeitszeit)
 - ▶ Kosten für notwendiges Zubehör
 - ▶ Sonstige Kosten (z. B. Lizenzgebühren, Kosten für Software-Updates, Abonnements)

5. Entsorgungskosten

- ▶ Transport zum Entsorgungsunternehmen
- ▶ Kosten für Abfallbehandlung und -deponierung (Abhängig von den jeweiligen gesetzlichen Regelungen. Bspw. kann Elektroschrott nach WEEE-Richtlinie¹⁵ von Behörden in der EU kostenlos entsorgt werden, wenn es sich um Abfall handelt, der dem aus privaten Haushalten in Menge und Form ähnelt.)

6. Restwert

- ▶ Einnahmen durch den Verkauf des Produktes nach Ende der Nutzungszeit
- ▶ Wert des Gegenstandes nach Erreichen des Nutzungsendes gemäß der Lebenszykluskostenrechnung, wenn dieser noch weiter genutzt werden kann (z. B. Gebäude oder sehr langlebige Güter)

Bei den Betriebs- und Unterhaltskosten gilt es zu beachten, dass diese in vielen Fällen in Ihrer Größenordnung mindestens genauso relevant sind, wie die Anschaffungs- und Installationskosten. Bei der Erfassung der Betriebs- und Unterhaltskosten sollte daher ein besonderes Augenmerk auf die Vollständigkeit und Belastbarkeit der Daten gelegt werden. Kosten, die in allen Beschaffungsvarianten gleichermaßen vorkommen (z. B. Kosten für eigenes Personal) können vereinfachend unberücksichtigt bleiben, da sie die Beschaffungsentscheidung nicht beeinflussen.

2.3.2 Ermittlung der gegenwärtigen und zukünftigen Preise für Betriebsstoffe

Ein besonders wichtiger Bestandteil bei der Berechnung der Lebenszykluskosten sind die Kosten, die durch den Verbrauch von Betriebsstoffen während der Nutzungsdauer verursacht werden (vgl. 2.3.1). Hierfür müssen sowohl die gegenwärtigen Preise ermittelt als auch deren zukünftige Entwicklung abgeschätzt werden.

Die zukünftige Preisentwicklung kann in der Regel nicht exakt prognostiziert werden, sondern ist vielmehr eine grobe Abschätzung. Sie basiert auf der vergangenen Entwicklung und wichtigen zukünftigen Einflüssen auf die Preisbildung.

Energie

Für Strom und andere Energieträger sollte eine jährliche Preissteigerung angenommen werden, die der Preissteigerungsrate der amtlichen Statistik entspricht („Wohnung, Wasser, Strom, Gas und andere Brennstoffe“; Indikator: Verbraucherpreisindex). Diese lag im Zeitraum 2010–2017 im Durchschnitt bei 1,32 Prozent.¹⁶

Sonstige Folge- und Betriebskosten

Für alle anderen Folge- und Betriebskosten kann die Gesamtinflationrate zugrunde gelegt werden, die im Zeitraum 2010–2017 im Durchschnitt bei 1,28 Prozent lag.¹⁷

15 WEEE-II-Richtlinie (Waste of Electrical and Electronic Equipment): Richtlinie 2012/19/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 über Elektro- und Elektronik-Altgeräte, verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:de:PDF> (Abrufdatum: 04.09.2018)

16 Eigene Berechnung nach Statistischem Bundesamt Wiesbaden (2018), Verbraucherpreisindizes für Deutschland – Eilbericht, Dezember 2017, Fachserie 17 Reihe 7, verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Verbraucherpreise/VerbraucherpreiseMEPDF/VerbraucherpreiseME2170700172124.pdf?__blob=publicationFile (Abrufdatum: 04.09.2018).

17 Ebd.: Eigene Berechnung nach Statistischem Bundesamt 2018.

Es wird jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es im Zusammenhang mit der Gesamtinflationsrate zu Schwankungen kommen kann. Insofern ist es empfehlenswert, diesen Aspekt im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse zu berücksichtigen und die Lebenszykluskostenrechnung zusätzlich auch mit variierten Werten durchzuführen. Die Sensitivitätsanalyse soll dabei zeigen, wie sehr die Ergebnisse der Investitionsrechnung auf veränderte Eingangswerte reagieren.

2.3.3 Liquiditätsbetrachtung und Auswirkungen einer Kreditaufnahme auf das Gesamtergebnis

Durch die Diskontierung der zukünftigen Kosten wird im Rahmen der Lebenszykluskostenrechnung auch dem Umstand Rechnung getragen, dass zu Beginn einer Beschaffung eventuell höhere Kosten anfallen können. Dies ist insbesondere bei der Beschaffung von umweltfreundlichen

Produkten und Dienstleistungen der Fall, die oft höhere Anschaffungskosten haben, im Gegenzug aber geringere Betriebskosten aufweisen. Bei gegebenem Jahresbudget kann dies bei den Beschaffungsstellen möglicherweise zu Liquiditätsengpässen führen, da das zusätzlich benötigte Kapital vom Kapitalmarkt aufgenommen werden muss. Durch die dynamische Lebenszykluskostenrechnung (vgl. Kapitel 2.2) wird der hierfür aufzubringende Zins und Zinseszins mit berücksichtigt. Die Ergebnisse der Lebenszykluskostenrechnung sind somit trotz einer eventuell notwendigen Kreditaufnahme gültig.

Für Investitionen der öffentlichen Hand bietet es sich an, den Zinssatz börsennotierter Bundeswertpapiere¹⁸ zu verwenden, der beispielsweise am 22. Januar 2018 bei einer Restlaufzeit von 15 Jahren 0,98 Prozent pro Jahr betrug.

¹⁸ Die aktuellen Zinssätze können dem Internet-Angebot der Deutschen Bundesbank entnommen werden: Zinsstruktur am Rentenmarkt – Schätzwerte/Börsennotierte Bundeswertpapiere (Tageswerte), verfügbar unter: <https://www.bundesbank.de/de/statistiken/geld--und-kapitalmaerkte/zinssaetze-und-renditen/zinsstruktur-am-rentenmarkt-739466>.

3 Detaillierte Lebenszykluskostenrechnung anhand eines Beispiels

Um Beschaffungsverantwortlichen die Berechnung der Lebenszykluskosten in der Praxis zu erleichtern, erläutern wir auf den folgenden Seiten, wie eine Lebenszykluskostenrechnung Schritt für Schritt durchgeführt werden kann. Es erfolgt die beispielhafte Berechnung anhand eines Multifunktionsgerätes (Kombination aus Drucker, Kopierer und Scanner). Zur Berechnung der Lebenszykluskosten stehen mehrere Excel-Tools zur Verfügung, die in ihrer Komplexität sehr unterschiedlich sind. Wir stellen in den folgenden Kapiteln beispielhaft das Tool des Umweltbundesamtes aus dem Forschungsprojekt „Wissenschaftliche Begleitung der Prozesse zur umweltfreundlichen öffentlichen Beschaffung“¹⁹ vor. Weitere Tools sind in Kapitel 6 aufgeführt.

3.1 Grundlegende Prinzipien

Das grundsätzliche Vorgehen bei der Lebenszykluskostenrechnung wurde in Kapitel 1 beschrieben. Wie bereits in Kapitel 2.1 genannt, sollen folgende grundlegende Prinzipien der Lebenszykluskostenrechnung berücksichtigt werden:

1. Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus
2. Festlegung der Systemgrenzen
3. Berücksichtigung relevanter Kostenelemente
4. Akteursspezifische Kostenerfassung
5. Orientierung am zu erfüllenden Nutzen

Um die Kosten zu ermitteln, die mit der Beschaffung eines Produkts verbunden sind, ist es sinnvoll, diese soweit wie möglich bei der Angebotseinholung direkt vom Anbieter abzufragen. Hierzu sieht das Excel-Tool des Umweltbundesamtes für verschiedene Produktgruppen ein Formblatt vor, das bei der Ausschreibung verwendet werden kann. Unabhängig von den im Formblatt abgefragten Daten für die Lebenszykluskostenrechnung muss das zu beschaffende Produkt noch anhand technischer Spezifikationen in der Leistungsbeschreibung beschrieben werden (z. B. Kriterien aus Gütezeichen wie Blauer Engel oder Energy Star, Duplexfunktion, Eignung für Recyclingpapier, Druckgeschwindigkeit, Schnittstellen usw.).

¹⁹ Umweltbundesamt (Hrsg.): Berechnungswerkzeug für Lebenszykluskosten verschiedener Produkte (LCC-Tool), verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltfreundliche-beschaffung/berechnung-der-lebenszykluskosten> (Abrufdatum: 04.09.2018).

Abbildung 2 zeigt zum Beispiel ein Formular zur Angebotseinholung für Multifunktionsgeräte. Für andere Produktgruppen kann dieses Formblatt entsprechend angepasst werden.

3.2 Struktur des LCC-Tools des Umweltbundesamtes

Mit Hilfe des Excel-Tabellenkalkulations-Werkzeugs des Umweltbundesamtes (kurz: LCC-Tool) kann mit vergleichsweise wenig Aufwand eine Lebenszykluskostenrechnung für Beschaffungsvarianten durchgeführt werden. Es dient dazu, Beschafferinnen und Beschaffer im öffentlichen Dienst bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Beschaffungs- und Investitionsprojekten zu unterstützen. Mit dem LCC-Tool können bis zu sechs verschiedene Beschaffungsvarianten bewertet werden. Es berücksichtigt alle wesentlichen Kostenkategorien, wie Anschaffungs-, Betriebs- und Entsorgungskosten.

Das LCC-Tool gliedert sich in folgende Arbeitsblätter:

- ▶ **Anleitung:** Beschreibt Inhalt und Nutzung des Tools
- ▶ **Ergebnisübersicht:** In der Ergebnisübersicht werden alle Beschaffungsvarianten zusammen mit den eingegebenen Verbrauchs- und Kostendaten und den Ergebnissen der Berechnung an einer

zentralen Stelle angezeigt. Sie dient zur Dokumentation der Vergabeentscheidung und kann auf einer einzelnen DIN-A4-Seite ausgedruckt werden.

Da die Ergebnisübersicht für alle verschiedenen Produktgruppen genutzt wird, muss zunächst oben links die untersuchte Produktgruppe im Drop-down-Menü ausgewählt werden (siehe Abbildung 3). Die Werte aus den eigentlichen Berechnungsformularen werden damit automatisch übernommen.

Um die Darstellung übersichtlicher zu machen, gibt es bei der Ergebnisübersicht außerdem die Möglichkeit, leere Zellen bzw. leere Beschaffungsvarianten auszublenden. Hierzu dient das Auswahl-Menü auf der rechten Seite mit den Optionen „Leere Zellen ausblenden“ und „einblenden“ (siehe Abbildung 4). Damit das Menü funktioniert, müssen Excel-Makros ausführbar sein. Das Ausblenden der leeren Zellen führt im nächsten Tabellenblatt „Ergebnisdarstellung“ außerdem dazu, dass die jeweiligen Ergebnism Balken nicht genutzter Beschaffungsvarianten in der grafischen Darstellung ausgeblendet werden.

Abb. 3

Auf- und Abzinsen eines Zahlungsstroms



Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool

Abb. 4

Auswahl-Menü zur Zellausblendung



Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool

Ergebnisdarstellung: Im Tabellenblatt „Ergebnisdarstellung“ werden die Lebenszykluskosten für die gewählte Produktgruppe im errechneten Betrachtungszeitraum grafisch dargestellt. Voraussetzung für die Ergebnisdarstellung ist, dass im Tabellenblatt „Ergebnisübersicht“ die jeweils untersuchte Produktgruppe gewählt wurde. Die Darstellung erfolgt zum einen für den gesamten Betrachtungszeitraum von mehreren Jahren und zum anderen für ein einzelnes Jahr. Als dritte Darstellung wird das Treibhausgaspotenzial, das mit der Beschaffungsvariante verbunden ist, in Kilogramm CO₂-Äquivalente pro Jahr dargestellt. Die erzeugten Diagramme lassen sich auf einer einzelnen DIN-A4-Seite ausdrucken und können zur Dokumentation der Vergabeentscheidung genutzt werden.

- ▶ **Produktgruppen-spezifische Arbeitsblätter:** Das LCC-Tool verfügt für die verschiedenen Produktgruppen über jeweils spezifische Tabellenblätter. Dort können die allgemeinen und produktspezifischen Kosten- und Verbrauchsdaten eingetragen werden. Zusätzlich wird ein „Formular zur

Angeboteinholung“ für die jeweilige Produktgruppe als Tabellenblatt angeboten. Dieses Formular kann bei der Angeboteinholung genutzt werden, um die relevanten Berechnungsdaten direkt vom Anbieter abzufragen.

Für folgende Produktgruppen bietet das Excel-Tool spezifische Tabellenblätter²⁰:

- ▷ Computer
- ▷ Multifunktionsgeräte
- ▷ Rechenzentren (hierfür gibt es zusätzlich ein Tabellenblatt zur „Nutzwertanalyse“)
- ▷ Monitore
- ▷ Bodenbeläge
- ▷ Kühlschränke
- ▷ Geschirrspülmaschine

Diese Tabellenblätter können für andere Produktgruppen durch die Beschafferin/den Beschaffer leicht selbst angepasst werden.

- ▶ **Hintergrunddaten:** Hier sind die zentralen makroökonomischen Daten dokumentiert, die für Berechnungen benötigt werden. Für die unterschiedlichen Daten werden die Quellen und Annahmen genannt und auf deren Fundstelle im Internet verwiesen. Der angegebene Diskontsatz/Kalkulationszinssatz von 0,7 % ist z. B. der Durchschnittszinssatz aus den „Personal- und Sachkosten für Kostenberechnungen/Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (PKS)“ des Bundesfinanzministeriums²¹.

²⁰ Stand 03/2018.

²¹ Verfügbar unter: https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finzen/Bundeshaushalt/personalkostensaetze.html (Abrufdatum: 04.09.2018).

3.3 Daten zur Berechnung der Kostenelemente

Nachfolgend ist am Beispiel der Beschaffung eines Multifunktionsgerätes dargestellt, wie mit Hilfe der Lebenszykluskostenrechnung die kostengünstigste Variante ermittelt werden kann.

Tabelle 1 gibt die Daten zur Berechnung der Kostenelemente von zwei angenommenen Multifunktionsgeräten wieder. Die Zahlenwerte im Beispiel wurden durch eine Preisabfrage für zwei konkrete Produkte mit einem vergleichbaren Leistungsumfang desselben Herstellers in einem Online-Katalog ermittelt.

Die Variante 1 ist in der Anschaffung mit 463 Euro deutlich günstiger als die Variante 2 mit 1.940 Euro. Beide Geräte sind mit dem Energieeffizienzzeichen Energy Star der US-amerikanischen EPA (Environmental Protection Agency) gekennzeichnet. Der Energy Star betreibt eine frei zugängliche Datenbank²², in der die energierelevanten technischen Parameter dieser Geräte veröffentlicht werden. Daher kann der Anbieter eines solchen Gerätes den jährlichen Energieverbrauch (Typical Energy Consumption – TEC), der nach vorgegebenen Regeln bestimmt wird, sehr leicht nennen. Variante 1 benötigt 97,8 kWh pro Jahr, Variante 2 einen etwas geringeren Wert von 82,8 kWh Jahr. Die Varianten

Tab. 1

Übersicht zweier angenommener Beschaffungsvarianten

	Variante 1	Variante 2
Produktbezeichnung	Multifunktionsgerät 1	Multifunktionsgerät 2
Gedruckte Seiten pro Jahr	30.000 Seiten/a	30.000 Seiten/a
Anteil Farbdrucke an Gesamtdrucken	20 %	20 %
Angebotspreis Multifunktionsgerät	463 €	1.940 €
Jährlicher Energieverbrauch (TEC)*	97,8 kWh/a	82,8 kWh/a
Kosten Tonerkartusche Schwarz	107 €	67 €
Reichweite Tonerkartusche Schwarz (nach ISO/IEC 19752 o. 19798)	7.000 Seiten	12.000 Seiten
Kosten Tonerkartusche farbig	123 €	61 €
Reichweite Tonerkartusche farbig (nach ISO/IEC 19798)	5.000 Seiten 3 Stück	6.000 Seiten 3 Stück
Anzahl nötiger Tonerkartuschen farbig	32 Seiten/Min	20 Seiten/Min

* Jährlicher Energieverbrauch (Typical Energy Consumption – TEC) berechnet nach den Spezifikationen des Energy Star Imaging Equipment Version 2.0, verfügbar unter: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2014.114.01.0068.01.ENG (Abrufdatum: 04.09.2018).

Quelle: Öko-Institut e. V.; idealo.de

22 Energy Star Datenbank: <https://data.energystar.gov/Active-Specifications/ENERGY-STAR-Certified-Imaging-Equipment/t2v6-g4nf/data> (Abrufdatum: 04.09.2018).

unterscheiden sich in einem weiteren wichtigen Punkt. Die Tonerkartuschen für Variante 1 sind mit 107 Euro (schwarz) und 123 Euro (farbig) pro Stück fast doppelt so teuer wie die für Variante 2 mit 67 Euro (schwarz) und 61 Euro (farbig). Zusätzlich ist die Reichweite, d. h. die Anzahl der bedruckbaren Seiten pro Tonerkartusche, bei der Variante 2 deutlich höher.

Weiterhin wurden allgemeine Annahmen zur Berechnung der Lebenszykluskosten getroffen, die in Tabelle 2 dokumentiert sind. Als Betrachtungszeitraum der Lebenszyklusrechnung wurde die angenommene Nutzungsdauer der Multifunktionsgeräte mit 3 Jahren angesetzt. Der Strompreis mit 21,2 Cent pro Kilowattstunde für Gewerbestrom und die realen Preissteigerungsraten für Strom und allgemeine Verbrauchsgüter wurden den Hintergrunddaten des Excel-Berechnungswerkzeuges entnommen.

3.4 Nutzung des LCC-Tools

Im Folgenden soll nun detailliert erläutert werden, welche Daten für das Beispiel „Multifunktionsgeräte“ in das Tabellenblatt eingetragen werden müssen:

- ▶ Unter dem ersten Punkt Produktspezifische Annahmen (siehe Abbildung 5) müssen alle gelb hinterlegten Eingabefelder ausgefüllt bzw. angepasst werden.
 - ▷ Die *Betrachtungszeit der Lebenszyklusrechnung* wird auf die erwartete technische Lebensdauer der Geräte gesetzt. In diesem Fall erfolgt die Betrachtung für einen Zeitraum von 3 Jahren.
 - ▷ Weiterhin werden die *Gedruckten Seiten pro Jahr* auf einen Wert gesetzt, der der Nutzungssituation am nächsten kommt.
 - ▷ Ebenso wird der *Anteil an Farbdrukken an den Gesamtdrukken* eingetragen. Die produktspezifischen Annahmen gelten für alle untersuchten Varianten.
- ▶ Für weitere Annahmen werden die Default-Werte aus dem Tabellenblatt „Hintergrunddaten“ übernommen. Diese weiß hinterlegten Werte für Strompreis, Preissteigerungsraten und Emissionsfaktor Strom werden hier nur rein informativ wiederholt. Sofern diese Werte verändert werden sollen, wird empfohlen, dies im Tabellenblatt „Hintergrunddaten“ zu tun.

Tab. 2

Übersicht zweier angenommener Beschaffungsvarianten

Betrachtungszeit der Lebenszyklusrechnung	3 Jahre
Strompreis (Gewerbe)	0,212 €/kWh
Reale Preissteigerungsrate Strom	0,62 %
Reale Preissteigerungsrate allgemein	0,58 %
Emissionsfaktor Strom	655 g/kWh

Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool

- ▶ Unter dem Punkt Varianten werden die Beschaffungsalternativen beschrieben. Es können Angaben zur Produktbezeichnung gemacht werden und Details zu den Varianten erläutert werden.
- ▶ Danach erfolgt die Angabe der produktspezifischen Input-Parameter. Zunächst werden Ausgaben, welche im Rahmen der Beschaffung des Produkts anfallen, wie der Einkaufspreis oder auch Installationskosten, eingetragen.

Danach sollen Angaben zur Berechnung von verbrauchsbedingten Kosten gemacht werden. Im Fall des Multifunktionsgeräts sollen folgende Daten angegeben werden (siehe auch Kapitel 3.3):

- ▷ Der jährliche Energieverbrauch als TEC-Wert
- ▷ Kosten und Reichweite der Tonerkartuschen
- ▷ Druckgeschwindigkeit (nur informativ)

Abschließend können Einmalzahlungen, die mit dem Nutzungsende anfallen, eingetragen werden. Zum Beispiel wenn Entsorgungskosten für das Gerät entstehen. Im Fall der Multifunktionsgeräte wurden diese Kosten zu Null gesetzt, da die Geräte kostenlos bei der kommunalen Elektronikschrottsammelstelle oder beim Händler abgegeben werden können.

Abb. 5

Abbildung aus dem Tabellenblatt „Multifunktionsgeräte“, Abschnitt „Produktspezifische Annahmen“ und „Varianten“

Produktspezifische Annahmen	Einheit	
Betrachtungszeit der Lebenszyklusrechnung	a	3
Strompreis (Gewerbe)	€/kWh	0,212
Reale Preissteigerungsrate Strom	%	0,62
Reale Preissteigerungsrate allgemein	%	0,58
Emissionsfaktor Strom	g/kWh	655
Gedruckte Seiten pro Jahr	Seiten/a	30.000
Anteil Farbdrucke an Gesamtdrucken	%	20
Varianten	Variante 1	Variante 2
Produktbezeichnung	MFG 1	MFG 2
Erläuterung	Hersteller 1, Gerät XYZ	Hersteller 2, Gerät ABC

Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool; eigene Daten

Abbildung aus dem Tabellenblatt „Multifunktionsgeräte“: Abschnitt „Input-Parameter“

Input-Parameter		Variante 1	Variante 2
<u>Einmalzahlungen zur Beschaffung des Produkts</u>			
Einkaufspreis	€	463,00	1.940,00
Summe Einmalzahlungen zur Beschaffung des Produkts		463,00	1.940,00
<u>Angaben zur Berechnung von verbrauchsbedingten Kosten</u>			
Jährlicher Energieverbrauch (TEC in kWh/Jahr)	kWh/a	97,80	82,80
Kosten Tonerkartusche Schwarz	€	107,46	66,80
Reichweite Tonerkartusche Schwarz (nach ISO/IEC 19752 o. 19798)	Seiten	7.000	12.000
Kosten Tonerkartusche Farbe 1 (Cyan)	€	123,00	61,00
Reichweite Tonerkartusche Farbe 1 (nach ISO/IEC 19798)	Seiten	5.000	6.000
Kosten Tonerkartusche Farbe 2 (Magenta)	€	123,00	61,00
Reichweite Tonerkartusche Farbe 2 (nach ISO/IEC 19798)	Seiten	5.000	6.000
Kosten Tonerkartusche Farbe 3 (Yellow)	€	123,00	61,00
Reichweite Tonerkartusche Farbe 3 (nach ISO/IEC 19798)	Seiten	5.000	6.000
Druckgeschwindigkeit (nur informativ)	Seiten/Min	32	20
<u>Einmalzahlungen zum Nutzungsende</u>			
Entsorgungskosten am Nutzungsende, zukünftiger Preis	€		
Summe Einmalzahlungen zum Nutzungsende		0,00	0,00

Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool; eigene Daten

Nach Eingabe aller Daten in die ersten Abschnitte wird nun unter Zwischenrechnung die Kostenrechnung ersichtlich. Diese hellrot hinterlegten Zellen werden automatisch berechnet.

Im Abschnitt „Berechnung der Lebenszykluskosten“ zeigt dann das LCC-Tool die Gesamtergebnisse (Summe Lebenszykluskosten) sowie die jährlichen Ergebnisse (Summe Lebenszykluskosten pro Jahr).

- Darunter werden CO₂-Äquivalente pro Jahr dargestellt. Hier werden die Treibhausgasemissionen berechnet, die durch den Stromverbrauch verursacht werden. Die Emissionen, die mit der Herstellung und Entsorgung der Geräte verbunden sind, sind darin nicht enthalten. Die Höhe der CO₂-Äquivalenten ist rein informativ und kann ggf. zusätzlich noch zur Vergabeentscheidung (weiteres Zuschlagskriterium) herangezogen werden.

Abb. 7

Abbildung aus dem Tabellenblatt „Multifunktionsgeräte“: Abschnitt „Zwischenrechnung“

Zwischenrechnung		Variante 1	Variante 2
Jährlicher Energieverbrauch	kWh/a	97,80	82,80
Stromkosten im 1. Jahr	€/a	20,73	17,55
Reale Preissteigerungsrate Strom	%	0,62	0,62
Stromkosten gesamt (Barwert)	€	62,58	52,99
Emissionsfaktor Strom	g/kWh	655,00	655,00
Summe CO2-Äquivalente	kg	192,18	162,70
Jährliche Tonerkosten Schwarz im 1. Jahr	€	460,54	167,00
Jährliche Tonerkosten Farbe im 1. Jahr	€	442,80	183,00
Reale Preissteigerungsrate allgemein	%	0,58	0,58
Tonerkosten gesamt (Barwert)	€	2.725,67	1.056,06
Einmalzahlungen am Nutzungsende (Barwert)	€	0,00	0,00

Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool; eigene Daten

Abb. 8

Abbildung aus dem Tabellenblatt „Multifunktionsgeräte“: Abschnitt „Berechnung der Lebenszykluskosten“

Berechnung der Lebenszykluskosten		Variante 1	Variante 2
(Barwerte gesamte Betrachtungszeit)			
Kosten Beschaffung	Euro	463	1.940
Energiekosten Nutzungsphase	Euro	63	53
Tonerkosten Nutzungsphase	Euro	2.726	1.056
Kosten Nutzungsende	Euro	0	0
Summe Lebenszykluskosten	Euro	3.251 €	3.049 €
(Barwerte pro Jahr)			
Anteilige Kosten Beschaffung pro Jahr	Euro/Jahr	154	647
Jährliche Energiekosten Nutzungsphase	Euro/Jahr	21	18
Jährliche Tonerkosten Nutzungsphase	Euro/Jahr	909	352
Jährliche Kosten Nutzungsende	Euro/Jahr	0	0
Summe Lebenszykluskosten pro Jahr	Euro/Jahr	1.084 €	1.016 €
CO2-Äquivalente pro Jahr für Multifunktionsgeräte	kg CO2e/Jahr	64	54

Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool; eigene Daten

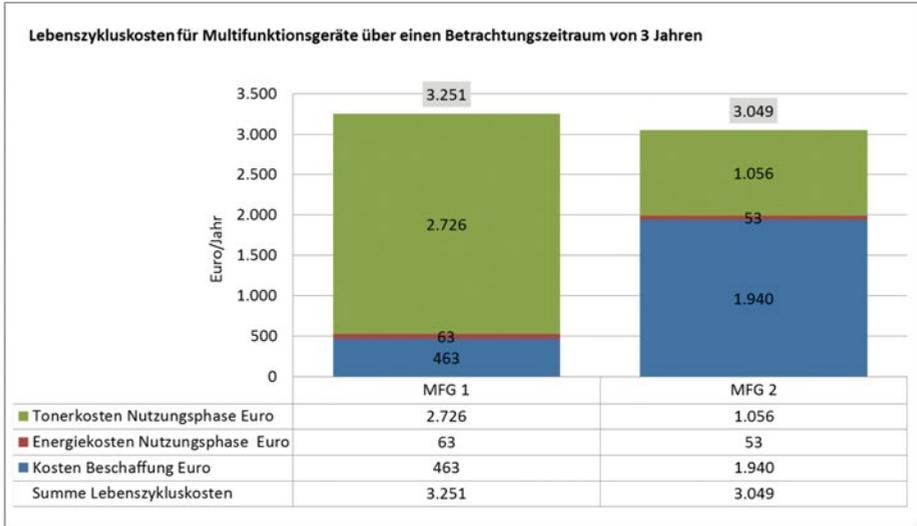
- ▶ Nach dem Befüllen des Tabellenblatts der Produktgruppe werden die Ergebnisse in den Tabellenblättern „Ergebnisübersicht“ (tabellarisch) und „Ergebnisdarstellung“ (Abbildungen) angezeigt (siehe auch Kapitel 3.2). Die folgenden Abbildungen zeigen die Darstellungen aus dem Tabellenblatt „Ergebnisdarstellung“ an.

Durch die grafische Darstellung der Ergebnisse der berechneten Lebenszykluskosten (Abbildung 9) wird sehr schnell deutlich, welche Beschaffungsvariante wirtschaftlicher ist und wie sich die gesamten Lebenszykluskosten durch die einzelnen Kostenbestandteile zusammensetzen. In diesem Fall ist die Variante 2 mit 3.049 Euro etwas günstiger als die Variante 1 mit 3.251 Euro und kann den Zuschlag erhalten. Trotz der höheren Beschaffungskosten für das Gerät „MFG 1“ machen sich die geringeren Tonerkosten über den Betrachtungszeitraum von 3 Jahren bemerkbar. Der Unterschied bei den Stromkosten und damit verbunden bei den Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung 10) ist dagegen nur gering.

Die Kostenstruktur macht außerdem deutlich, dass die Lebenszykluskosten in hohem Maße von den angenommenen Nutzungsszenarien abhängen. Werden beispielsweise deutlich weniger als 30.000 Seiten pro Jahr ausgedruckt, so kippt die Wirtschaftlichkeit zur Variante 1, deren reiner Anschaffungspreis geringer ist. Mit der Excel-integrierten Funktion „Zielwertsuche“ können solche Kippunkte identifiziert werden. Der Gleichstand zwischen beiden Varianten ist bei rund 26.000 Seiten pro Jahr erreicht. Ändert man das Nutzungsszenario dagegen hin zu einer längeren Produktnutzungsdauer von 5 Jahren statt 3 Jahren, so treten die Beschaffungskosten noch weiter in den Hintergrund und der wirtschaftliche Vorteil von Variante 2 nimmt zu. Ebenso ändert sich die Wirtschaftlichkeit, wenn der Anteil an Farbdrucken von dem angenommenen Wert von 20 Prozent abweicht. Über den reinen Kostenvergleich hinaus bietet das LCC-Tool damit auch die Möglichkeit, die Sensitivität der Vergabeentscheidung zu überprüfen, d. h. wie sich die Ergebnisse durch eine Änderung der Eingangsparameter beeinflussen lassen.

Abb. 9

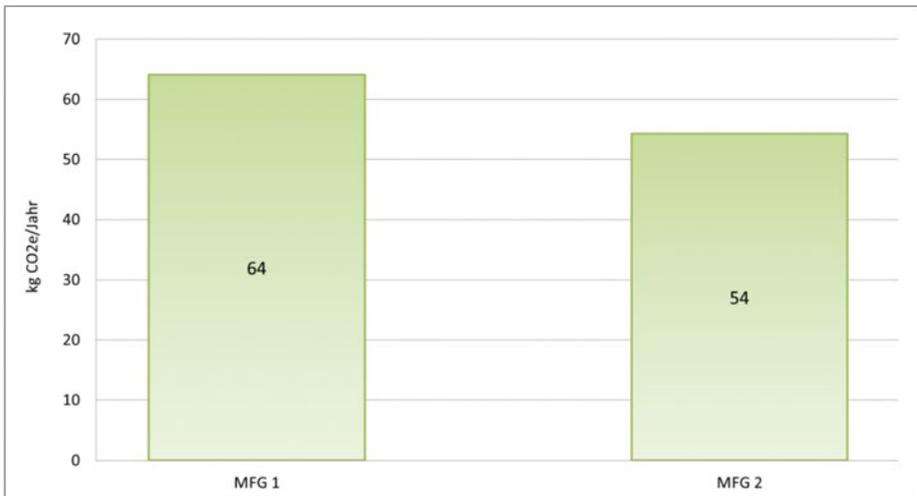
Barwerte der betrachteten Varianten differenziert nach Kostenkategorien aus dem Tabellenblatt „Ergebnisdarstellung“



Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool

Abb. 10

Jährliches Treibhauspotenzial (CO₂-Äquivalente) für Multifunktionsgeräte aus dem Tabellenblatt „Ergebnisdarstellung“



Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool

4 Weitere Beispiele

Eine Reihe von Untersuchungen²³ zeigen, dass die Beschaffung von umweltverträglichen und energieeffizienten Produkten wirtschaftliche Vorteile bietet. Grundsätzlich kommen die durchgeführten Fallstudien zu dem Ergebnis, dass die Kosten während der Nutzungsphase, zum Beispiel für elektrischen Strom, Papier und andere Betriebsstoffe, bei einer Vielzahl von Produkten und Dienstleistungen einen wesentlichen Anteil an den Lebenszykluskosten haben. Typische Beispiele hierfür sind Heizungen, Bürobeleuchtungen, Kraftfahrzeuge (Pkw, Lkw, Busse, etc.), Multifunktionsgeräte sowie Computer und Bildschirme. Aus diesem Grund ist es nicht gerechtfertigt, im Rahmen des Beschaffungsvorgangs ausschließlich die Anschaffungskosten zu berücksichtigen. Tatsächlich existiert eine Reihe von Beispielen, bei denen die geringeren Betriebskosten von umweltfreundlichen Produkten die zu meist höheren Anschaffungskosten relativ rasch amortisieren und auf diese Weise zu Kosteneinsparungen führen können.

Das Land Berlin hat im Jahr 2015 eine Studie in Auftrag gegeben, in der das Potenzial zur Umwelt- und Kostenentlastung einer umweltverträglichen Beschaffung gegenüber einer konventionellen Beschaffung untersucht wurde.²⁴ Die Ergebnisse der Untersuchung wurden auf das Einkaufsvolumen der öffentlichen Haushalte im

Land Berlin hochgerechnet. Die Ergebnisse der Studie dokumentieren, dass durch die umweltverträgliche Beschaffung im Land Berlin sowohl relevante ökologische als auch deutliche ökonomische Einspareffekte erzielt werden können.

Innerhalb der Studie wurden 15 Produktgruppen und Dienstleistungen, die bei der öffentlichen Hand häufig und in größeren Mengen beschafft werden, mit der Methodik der Lebenszykluskostenrechnung analysiert. Die Beschaffungsgüter kommen aus den Bereichen Bürogeräte, Verbrauchsmaterialien, Beleuchtung, Gebäude, Abfallentsorgung und Verkehr. Für diese Produktgruppen und Dienstleistungen wurden die Kosten und Umweltwirkungen der Beschaffung eines konventionellen Produktes mit denen eines umweltverträglichen (beispielsweise eines energieeffizienten) Produktes verglichen.

Die nachfolgende Tabelle 3 dokumentiert das Potenzial der jährlichen Einsparungen durch umweltverträgliche Beschaffung, das sich aus der Hochrechnung auf das öffentliche Beschaffungsvolumen des Landes Berlin ergibt.

Die Hochrechnung zeigt, dass die umweltverträgliche Beschaffung zu einer Kostenentlastung der Berliner Landeshaushalte von 38 Mio. Euro pro Jahr führen kann.

23 Vgl. Umweltbundesamt (Hrsg.): Nationale Umsetzung der neuen EU-Beschaffungs-Richtlinien – Endbericht, Oktober 2008, UBA-Texte 33/08, verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3666.pdf> (Abrufdatum: 04.09.2018).

24 Gröger, J.; Stratmann, B.; Brommer, E. (2015): Umwelt- und Kostenentlastung durch eine umweltverträgliche Beschaffung, im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, Öko-Institut e.V. Freiburg/Berlin, verfügbar unter: <http://www.berlin.de/senuvk/service/gesetzestexte/de/beschaffung/studien.shtml> (Abrufdatum: 04.09.2018).

Tab. 3

Einsparungen durch umweltverträgliche Beschaffung der öffentlichen Haushalte im Land Berlin

Hochrechnung Land Berlin		Einsparung prozentual	Einsparung absolut
	Kosteneinsparung	3,8 %	38 Mio. €/a
	Holzeinsparung	100 %	9.300 t Holz/a
	Partikelminderung	90 %	12 t Dieselruß/a
	Treibhausgasemissionen	47 %	355.000 t CO ₂ e/a

Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin

Dabei werden die Mehrkosten für einige der betrachteten Produkte (z. B. Ökostrom) durch die Kosteneinsparungen bei den übrigen Produkten und Dienstleistungen mehr als überkompensiert. Bezogen auf das Beschaffungsvolumen der untersuchten 15 Produktgruppen und Dienstleistungen von rund 1 Mrd. Euro pro Jahr, stellt dies eine Kosteneinsparung von 3,8 Prozent dar.

Die jährlichen Treibhausgasemissionen der untersuchten Produktgruppen und Dienstleistungen sinken gemäß der Hochrechnung, ausgehend von rund 757.000 Tonnen CO₂-Äquivalenten, um einen Betrag von rund 355.000 Tonnen. Durch die umweltverträgliche Beschaffung können die Treibhausgasemissionen im Land Berlin um rund 47 Prozent gegenüber der konventionellen Beschaffung der untersuchten Produkte und Dienstleistungen gesenkt werden.

Im Folgenden werden beispielhaft für zwei ausgewählte Produktgruppen die Lebenszykluskosten berechnet.

4.1 Geschirrspülmaschinen

Dieses Rechenbeispiel wurde mit einer Geschirrspülmaschine (60 cm Breite, unterbaufähig) durchgeführt. Um Geräte mit ähnlicher Qualität zu vergleichen, wurden drei Geräte desselben Herstellers gewählt, die sich nur durch die Energieeffizienzklasse der EU-Energieeffizienzzeichnung unterscheiden.

Für die konventionelle Variante 1 wurde angenommen, dass das Produkt einer Energieeffizienzklasse A+ zugeordnet ist. Die Variante 2 zeigt eine energieeffizientere Variante, eine Geschirrspülmaschine, die mit einer Energieeffizienzklasse A++ gekennzeichnet ist. Für die Variante 3, ein noch energieeffizienteres Gerät, wurde eine Geschirrspülmaschine mit einer Energieeffizienzklasse A+++ ausgewählt. Die Ermittlung der Einkaufspreise erfolgte durch die Recherche bei einer Preissuchmaschine im Internet.

Die folgende Tabelle 4 zeigt den Anschaffungspreis sowie die Verbrauchsdaten der drei Beschaffungsvarianten. Als Nutzungsszenario wurde die Nutzung der Maschinen über einen Zeitraum von 7 Jahren sowie

Tab. 4

Anschaffungskosten und Verbrauchsdaten von Geschirrspülmaschinen

	Geschirrspülmaschine A+	Geschirrspülmaschine A++	Geschirrspülmaschine A+++
Anschaffung	305 €	349 €	415 €
Jährlicher Energieverbrauch	295 kWh	266 kWh	211 kWh
Jährlicher Wasserverbrauch	3.360 Liter	2.660 Liter	2.100 Liter

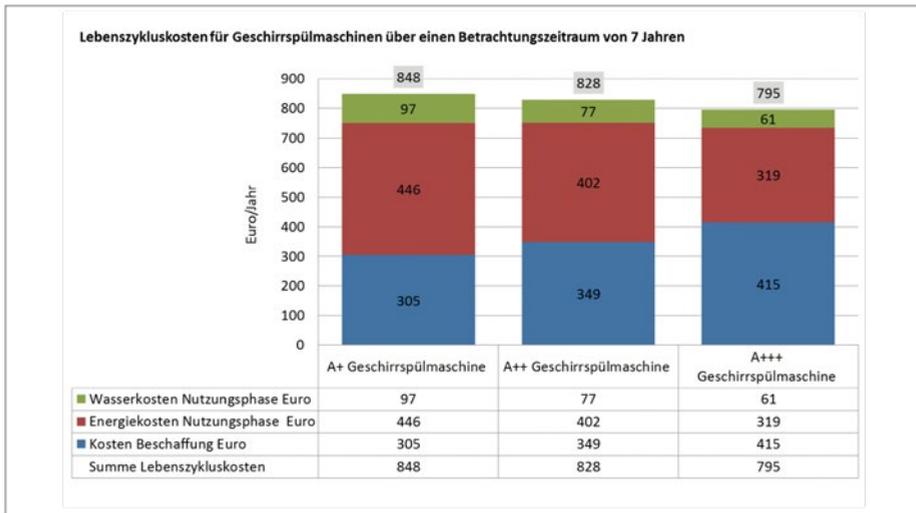
Quelle: Öko-Institut, idealo.de

280 Standardreinigungszyklen pro Jahr im Programm „Energiesparen 50°C“ mit Kaltwasserzufuhr gewählt. Für die Energie- und Wasserpreise wurden die Default-Werte des LCC-Tools der Umweltbundesamtes übernommen: 21,2 Ct/kWh für Strom und 4,06 €/m³ für Wasser.

Die Ergebnisse der Lebenszykluskostenrechnung sind in Abbildung 11 dokumentiert. Unterhalb des Balkendiagramms sind die wichtigsten Kostenelemente tabellarisch aufgeschlüsselt.

Abb. 11

Lebenszykluskosten von Geschirrspülmaschinen



Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool; eigene Daten

Im Falle einer Beschaffung könnte hier die effizienteste Geschirrspülmaschine (A+++) den Zuschlag erhalten, da sie mit 795 Euro die geringsten Lebenszykluskosten aufweist. Die Kosten für Variante 2 (A++) liegen mit 828 Euro etwas darüber, gefolgt von der Variante 3 (A+) mit 848 Euro. Die Analyse zeigt auch, dass die Lebenszykluskosten von Geschirrspülmaschinen in hohem Maße (40 bis 53 Prozent) von den Stromkosten abhängen. Die Wasserkosten machen mit sechs bis zehn Prozent hingegen nur einen geringeren Anteil aus. Mit 36 bis 52 Prozent haben die Beschaffungskosten ebenfalls einen großen Anteil. Bei den energiesparenden Varianten 2 und 3 können die höheren Anschaffungskosten durch die niedrigeren Betriebskosten ausgeglichen werden. Vor allem da bei den beiden energieeffizienten Alternativen der Energieverbrauch geringer ausfällt. Auch die Wasserkosten reduzieren sich erheblich im Betrachtungszeitraum: in Variante 3 (A+++) liegen die Wasserkosten nahezu ein Drittel niedriger als bei Variante 1 (A+).

Bei der wirtschaftlichsten Beschaffungs-Variante A+++ reichen die zu erwartenden Energie- und Wassereinsparungen während der 7-jährigen Nutzungsdauer aus, um den relativ hohen Anschaffungspreis zu kompensieren. Dieses Ergebnis hängt stark von der angenommenen Nutzungsdauer von 7 Jahren ab. Liegt die Nutzungsdauer dagegen bei nur 4 Jahren, so kippt das Ergebnis zugunsten der Variante A+. In privaten Haushalten liegt der Strompreis statt bei 21,2 Ct/kWh für Gewerbe bei einem durchschnittlichen Wert von 30,6 Ct/kWh (Quelle: Default-Werte des LCC-Tools). Dadurch stellt sich die dritte Variante A+++ selbst bei einer verkürzten Nutzungsdauer von 4 Jahren als wirtschaftlicher dar.

4.2 Computer

Als zweites Beispiel werden die Kosten dargestellt, die durch die Anschaffung und den Betrieb eines Desktop-Computers über eine Lebensdauer von drei Jahren verursacht werden. Das Rechenbeispiel wurde anhand von Kostendaten einer Internet-Preissuchmaschine in Verbindung mit Werten aus der Energy Star-Datenbank ermittelt. Trotz der Tatsache, dass alle Rechner mit dem Energy Star gekennzeichnet sind, unterscheiden sie sich in ihrem Stromverbrauch. Alle drei Rechner haben einen Core i7 7700 Prozessor mit einer Geschwindigkeit von 3,6 GHz. Der Arbeitsspeicher ist mit 16 GB RAM bestückt. Zudem wurde eine SSD-Festplatte mit 512 GB verbaut.

Die folgende Tabelle 5 zeigt die gesetzten Annahmen für Anschaffungspreis und Energieverbrauch. Abbildung 12 stellt die Lebenszykluskosten, die mit der Beschaffung und Nutzung von Computern verbunden sind, dar.

Die wirtschaftlichste Variante stellt in diesem Fall die Variante 1 mit dem niedrigsten Energieverbrauch dar. Die gesamten Lebenszykluskosten betragen 1.266 Euro gegenüber der Variante 3 mit 1.400 Euro. Das Ergebnis ist insofern nicht überraschend, als die Variante 1 bereits bei der Anschaffung günstiger als Variante 3 ist. Die Lebenszykluskosten der hier untersuchten Computer sind in hohem Maße von den Anschaffungskosten (93 bis 95 Prozent) abhängig. Die Stromkosten machen mit 5 bis 7 Prozent hingegen nur einen geringeren Anteil aus.

Auch wenn die Lebenszykluskosten sich nur leicht unterscheiden, zeigt dieses Beispiel deutlich, dass ein höherer Energieverbrauch auch zu höheren

Tab. 5

Anschaffungskosten und Verbrauchsdaten von Computern

	Variante 1: Energieverbrauch niedrig	Variante 2: Energieverbrauch moderat	Variante 3: Energieverbrauch hoch
Anschaffung Computer	1.203 €	1.202 €	1.299 €
Jährlicher Energie- verbrauch (TEC)	98,30 kWh	146,40 kWh	158,60 kWh

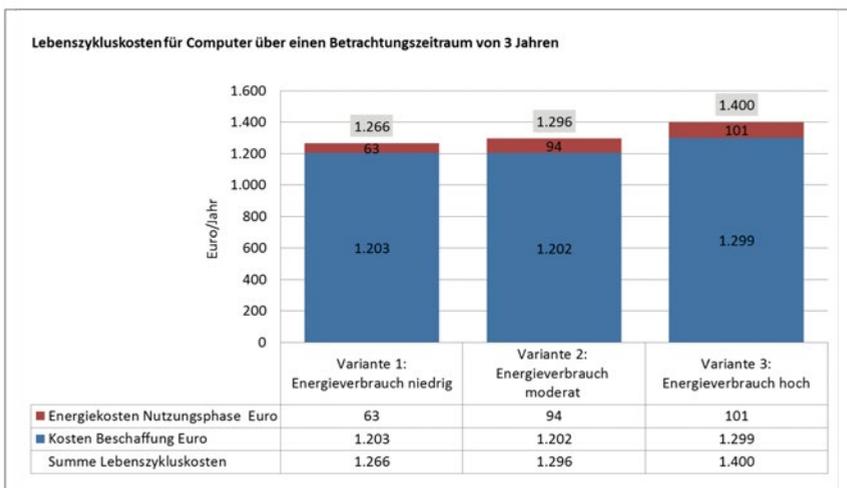
Quelle: Öko-Institut e. V., idealo.de

Lebenszykluskosten beitragen kann. Die Variante 1 (Energieverbrauch niedrig) und die Variante 2 (Energieverbrauch moderat) unterscheiden sich kaum in den Anschaffungskosten (1.203 € im Vergleich zu 1.202 €). Da der Energieverbrauch der

Variante 2 (146,4 kWh) um ein Drittel höher ist als das Energieverbrauch der Variante 1 (98,3 kWh), ergibt sich im Laufe der 3 Jahre Nutzungsdauer auch ein Kostenvorteil. Auch hier wird eine längere Nutzungsdauer diesen Kostenvorteil noch weiter erhöhen.

Abb. 12

Lebenszykluskosten von Computern



Quelle: Umweltbundesamt, LCC-Tool; eigene Daten

5 Fazit

Im öffentlichen Beschaffungswesen wird die Berechnung von Lebenszykluskosten schon seit einiger Zeit als ein bedeutendes Instrument zur Förderung umweltfreundlicher Produkte angesehen. Allerdings wird dieses Instrument noch immer nicht in allen Bereichen des Beschaffungswesens angewendet. Oft werden wirtschaftliche Gründe oder ein erwarteter Mehraufwand vorgeschoben, der Beschaffungsstellen daran hindert, umweltfreundliche Produkte auszuschreiben.

Häufig sind die Anschaffungspreise solcher Produkte auch höher. Jedoch entstehen in vielen Fällen geringere Folgekosten, z. B. für Energie- und Wasserverbrauch, die Instandhaltung oder die Entsorgung. Des Weiteren existieren bereits heute zahlreiche Hilfsmittel und Werkzeuge, die Beschaffungsstellen bei der Durchführung der Lebenszykluskostenrechnung unterstützen können. Die Angebotsbewertung mithilfe dieser Werkzeuge ist transparent und meist einfach durchzuführen.

Eines dieser Werkzeuge ist das in dieser Publikation vorgestellte Excel-Tool des Umweltbundesamtes, welches Beschaffungsstellen die Berechnung von Lebenszykluskosten in der Praxis erleichtern kann. Mit dem Tool kann bei der Angebotsbewertung nicht nur die unter ökologischen Gesichtspunkten vorteilhafteste Variante identifiziert werden, sondern auch die unter ökonomischen. Es berücksichtigt alle wesentlichen Kostenkategorien wie Anschaffungs-, Betriebs- und Entsorgungskosten, die ein Produkt entlang seines gesamten Produktlebenszyklus verursacht. Durch die dynamische Berechnung berücksichtigt das Berechnungswerkzeug auch Kostensteigerungen von Energie- und Betriebskosten und bei Bedarf auch Kosten für die Kapitalbeschaffung. Ist ein Produkt beim Vergleich von Angebotsvarianten sowohl wirtschaftlicher als auch umweltverträglicher als Alternativprodukte, so gibt es für die öffentliche Hand keinen Grund, auf ein schlechteres Produkt zurückzugreifen.

6 Bezugsquellen für LCC-Tools

Für die Berechnung von Lebenszykluskosten existiert inzwischen eine Reihe an verschiedenen Werkzeugen (Tools), die die Beschafferin/den Beschaffer bei der Angebotsbewertung unterstützen können. Nachfolgend wird eine Übersicht über die wichtigsten dieser Werkzeuge gegeben und deren Internet-Bezugsquelle genannt.

UBA-LCC-Tool

Produktgruppenspezifisches Excel-Tool des Umweltbundesamtes für die Produktgruppen Computer, Multifunktionsgeräte, Monitore, Rechenzentren, Bodenbeläge, Kühlschränke und Geschirrspülmaschinen. Das Tool wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens „Wissenschaftliche Begleitung der Prozesse zur umweltfreundlichen öffentlichen Beschaffung“ vom Öko-Institut erstellt und zuletzt im Jahr 2017 aktualisiert. Dieses LCC-Tool wird im vorliegenden Schulungsskript detailliert vorgestellt, verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltfreundliche-beschaffung/berechnung-der-lebenszykluskosten> (Abrufdatum: 04.09.2018).

Direkter Link:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/379/dokumente/berechnungswerkzeug_fuer_lebenszykluskosten_verschiedener_produkte_lcc_tool_uba_180223.xlsm (Abrufdatum: 04.09.2018).

Lebenszyklus-Tool-Picker

Eine umfassende Sammlung unterschiedlicher LCC-Tools, sowohl produktspezifisch als auch allgemein, hat die Universität der Bundeswehr im Jahr 2016 im Auftrag des Kompetenzzentrums innovative Beschaffung (KOINNO) beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie erstellt. In einer einzelnen Excel-Datei (180 MB) sind hier mehr als 50 verschiedene, frei verfügbare LCC-Tools und Berechnungsleitfäden zusammengestellt, verfügbar unter:

<https://www.koinno-bmwi.de/informationen/toolbox/detail/lebenszyklus-tool-picker-1/> (Abrufdatum: 04.09.2018).

Green ProcA-Tool

Produktgruppenspezifische Excel-Tools der Berliner Energieagentur für die Produktgruppen Ablufttrockner, Bürogeräte, Elektrische Öfen, Geschirrspüler, Kondensationstrockner, Kühl- und Gefriergeräte, Lampen, Ökostrom, Vorschaltgeräte, Waschmaschinen und Waschtrockner. Die Berechnungswerkzeuge sind im Rahmen des Projektes Green ProcA im EU-Programm „Intelligente Energie – Europa“ (IEE) entwickelt worden und bauen auf dem Vorläuferprojekt BuySmart+ auf, verfügbar unter:

<http://gpp-proca.eu/de/downloads/berechnungshilfen/> (Abrufdatum: 04.09.2018).

SMART-SPP-Tool

Allgemeines LCC-Tool, das im Rahmen des EU-Projektes „SMART SPP – innovation through sustainable procurement“ von ICLEI, Ecoinstitut Barcelona und Öko-Institut entwickelt wurde. Mit dem Werkzeug lassen sich neben den Lebenszykluskosten gleichzeitig die entstehenden CO₂-Emissionen umfassend darstellen. Dabei können neben Emissionen aus der Nutzungsphase auch solche berücksichtigt werden, die bei der Herstellung, dem Transport oder der Entsorgung entstehen (sog. „graue Emissionen“). Das Excel-Berechnungswerkzeug ist in englischer Sprache verfügbar unter:

<http://www.smart-spp.eu/index.php?id=7633>

(Abrufdatum: 04.09.2018).

Eine deutschsprachige Version ist als Online-Tool verfügbar unter:

http://tool.smart-spp.eu/smartspp-tool/registration/login_de.php

(Abrufdatum: 04.09.2018).



► **Diese Broschüre als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/