

# Durchführung von Lebenszykluskostenanalysen für (Niedertemperatur) Fernwärme- Systeme

## 1 Einführung

### 1.1 Problem und Ziel

- Generelle Frage: Niedertemperatur-Fernwärme (NTFW) vs. konventionelle Fernwärme (FW)- welche ist die kostengünstigere Lösung betrachtet über einen gesamten Lebenszyklus?
  - Annahme bei konventioneller Fernwärme, z.B. fossil betriebene FW-Systeme:
    - kostengünstiger zu Beginn (Anfangsinvestition)
    - Kostenintensiver im Laufe des Lebenszyklus aufgrund steigender Kosten für Betrieb- und Instandhaltung und höherer End-of-life Kosten
  - Annahme bei energieeffizienter Fernwärme, z.B. NTFW-Systeme:
    - Hohe Investitionskosten zu Beginn aufgrund neuer Technologie
    - Geringere Lebenszykluskosten
- ➔ Methode notwendig, um diese Annahmen zu bestätigen oder zu widerlegen, um anschließend fundierte Entscheidungen bei zukünftigen Entwicklungen treffen zu können
- ➔ Lebenszykluskostenanalyse kann eine geeignete Methode sein, um Lebenszykluskosten verschiedener Systemalternativen zu ermitteln und zu vergleichen

## 1.2 Definitionen

### 1.2.1 Lebenszykluskostenanalyse Herstellung

- Engl.: Life Cycle Costs Analysis (LCCA), auch bekannt als Life Cycle Costing (LCC)
- Methode zur systematischen ökonomischen Bewertung von Lebenszykluskosten über einen bestimmten Zeitraum
- Dabei werden berücksichtigt [1]:
  - Herstellung
  - Betrieb
  - Instandhaltung
  - End of life, also Lebensende

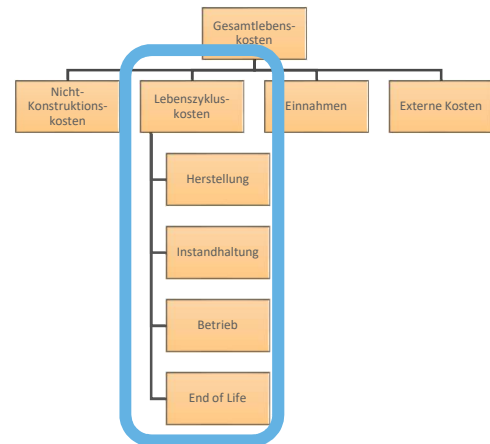


Abb. 1: Bestandteile Lebenszykluskosten (in Anlehnung an [1, p. 7])

### 1.2.2 Lebenszykluskosten

Kosten eines Vermögenswerts oder seiner Teile während seines gesamten Lebenszyklus bei gleichzeitiger Erfüllung der Leistungsanforderungen [1]

### 1.2.3 End-of-Life

Letzte Phase des Lebenszyklus, incl.:

- Außerbetriebnahme
- Rückbau oder Zurücklassen einzelner Teile vor Ort
- Bei Rückbau:
  - Entsorgung oder
  - Recycling

### 1.2.4 Diskontierungssatz

Zinssatz, der in dynamischen Berechnungsmethoden angewendet wird, um den Barwert zukünftiger Geldströme zu berechnen

## 2 Durchführung von Lebenszykluskostenanalysen

### 2.1 Berechnungsmethode

- Kapitalwertmethode zur Berechnung der Lebenszykluskosten
- Betrachtungszeitraum: Lebenszykluslänge
  - Falls ein Vergleich mit einem anderen FW-System erfolgen soll, muss die gleiche Lebenszykluslänge angesetzt werden (in beiden bzw. allen Fällen/Varianten)
  - Falls kein Vergleich stattfinden soll oder keine Lebenszykluslänge eingetragen wird, sucht das Tool automatisch die längste technische Lebensdauer aus der Komponentenliste aus und definiert diese als Lebenszykluslänge
  - Max. 100 Jahre
- Entweder  $LCC = I + A + R + E$  (sofern Lebensende bekannt ist):
  - $LCC$  = Lebenszykluskosten
  - $I$  = Herstellungskosten (Anfangsinvestition)
  - $A$  = jährliche Betriebs- und Instandhaltungskosten
  - $R$  = Reinvestitionskosten
  - $E$  = end-of-life bzw. Lebensende-Kosten
- Oder  $LCC = I + A + R - Res$  (wenn Lebensende nicht bekannt ist):
  - $Res$  = Residualwert

### 2.2 Notwendige Informationen für Berechnungen [2]

- Input 0: Allgemein LZKA (allgemeine Informationen)
  - Diskontierungssatz: notwendig, um Barwert des Vorhabens zu ermitteln
  - Optional: Lebenszykluslänge. Nur erforderlich, wenn diese bereits bekannt ist, oder ein Vergleich mit einer Systemalternative mit bekannter Lebenszykluslänge stattfinden soll.
- Input 1: Errichtung (Herstellungskosten, Anfangsinvestition)
  - Komponenten, die notwendig sind, um das Projektziel zu erfüllen und das Vorhaben zu errichten, incl. Anschaffungsjahr, Anzahl, Stückkosten, technischer Lebensdauer, weitere Spezifikationen. Optional: Dimension/Größe (z.B. DN ...)
  - Nebenkosten

- Input 2: Betrieb & Instandhaltung

- Kosten für Brennstoffe oder externen Wärmebezug: erfolgt durch die Auswahl von bis zu 3 Wärmeerzeugern. Abhängig von den Wärmeerzeugern wählt das Tool den passenden Brennstoff automatisch aus. Der Nutzer gibt die Brennstoffkosten [€] und die zu erwartende jährliche Preissteigerung [%/a] ein.
- Generelle Betriebskosten (keine Brennstoffkosten): beinhaltet sowohl die Kosten für den Betrieb des geplanten Vorhabens (incl. Strom, Versicherung, Steuern), als auch Personalkosten. Entweder pauschal [€] oder abhängig von den Investitionskosten [%].
- Instandhaltung: Kosten pro Jahr, entweder pauschal [€] oder abhängig von der Höhe der Investitionskosten [%]. Zusätzlich auch das Jahr, ab dem Instandhaltungskosten anfallen und berücksichtigt werden sollen, als auch die zu erwartende jährliche Preissteigerung [%/a].
- Allgemeine Betriebssystemdaten
  - Vollbenutzungsstunden des FW-Systems pro Jahr [h/a]
  - Durchschnittliche Wärmeverluste des Fernwärmesystems (Übertragungsverluste) [%]
  - Entwicklung der Wärmenachfrage ist notwendig, wenn Wärmeerzeuger schrittweise dem System hinzugefügt werden oder wenn Gebäude (Abnehmer) nicht mit dem System von Beginn an oder zum gleichen Zeitpunkt verbunden sind.
  - Aufteilung der erzeugten Wärme auf die einzelnen Wärmeerzeugungsanlagen, sowie deren thermischer Nutzungsgrad (bei KWK-Systemen auch deren elektrischer Nutzungsgrad) > sind notwendig, wenn mehrere Erzeuger Wärme produzieren

- Input 3: End-of-Life

- Sofern detaillierte Informationen über die End-of-life Phase dem Nutzer bekannt sind:
  - Kosten der Außerbetriebnahme
  - Kosten des Rückbaus oder Zurücklassens einzelner Teile vor Ort
  - Bei Rückbau: Entsorgung oder Recycling
- Falls keine detaillierten Informationen zur End-of-life Phase bekannt sind, bestimmt das Tool automatisch den Residualwert des gesamten betrachteten Systems.

## 2.3 Ergebnisse

Das Tool berechnet die total Kosten am Ende eines Lebenszyklus, z.B. nach 80 Jahren und die Wärmegestehungskosten je MWh.

Die Lebenszykluskosten werden darüber hinaus für jede Lebenszyklusphase bestimmt: Herstellung, Betrieb, Instandhaltung und End-of-Life Phase bzw. Residualwert.

Baukosten (Erstinvestition)	239.711 €
Betriebskosten	1.575.792 €
Instandhaltungskosten	83.968 €
Kosten für das Lebensende	2.158 €
<b>Gesamtlebenszykluskosten nach 30 Jahre</b>	<b>1.901.629 €</b>
<b>Lebenszykluskosten (LZK) pro MWh Wärme</b>	<b>156 €</b>

Abb. 2: Ergebnisübersicht, (BTU Cottbus-Senftenberg, 2019) [2b]

## 3 Zusammenfassung

- Mit Hilfe des Tools können Lebenszykluskosten von (NT)FW-Systemen ermittelt werden. Die Ergebnisse können für Vergleiche von Systemalternativen herangezogen werden, indem für jede Alternative eine Excel-Datei erstellt wird.
- MS Excel-basierte transparente Berechnungsmethode, auf Basis von üblichen Berechnungsmethoden der Betriebswirtschaft. Es sind keine speziellen Kenntnisse im Programmieren notwendig.
- Der Zeitwert des Geldes wird berücksichtigt.
- Eigene Anpassungen sind möglich.
- Bei Vergleichen mit anderen Systemalternativen müssen alle Rahmenbedingungen übereinstimmen (Lebenszykluslänge, Diskontierungssatz, etc.)
- Ergebnisse spiegeln nicht die Realität wieder, sondern ermöglichen eine Vorhersage über zu erwartende Lebenszykluskosten
- Längster mögliche Lebenszyklus = 100 Jahre



## Quellennachweis

[1] ISO 15686-5:2017-07, „Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 5: Life-cycle costing“.

[2] Project output, [online] <http://www.lowtemp.eu/what-we-do/> Available at Sustainability Assessment, Life Cycle Cost Analysis (LCCA) for LTDH Systems [zuletzt geprüft am 12.04.2021]

[2b] Project output, [online] <http://www.lowtemp.eu/what-we-do/> Available at Sustainability Assessment, Life Cycle Cost Analysis (LCCA) for LTDH Systems, guide on how to perform a Life Cycle Cost Analysis [zuletzt geprüft am 12.04.2021]