

Lebenszyklusanalysen von Niedertemperatur-Ferwärme-Systemen

1 Konzept des Lebenszyklus / Life Cycle Thinking

Der Lebenszyklus eines Produktes oder Systems („von der Wiege bis zur Bahre“) beginnt bei der erstmaligen Inanspruchnahme von Ressourcen und führt über die Bearbeitung der Rohmaterialien, die eigentliche Herstellung, die Benutzung und den Transport schlussendlich zur Entsorgung (hierbei können auch Recycling oder Wiederverwertung eine Rolle spielen).

Das „Life Cycle Thinking“ stellt sich explizit den Herausforderungen hinsichtlich der Nachhaltigkeit, welche insbesondere in den Zielen zur nachhaltiger Entwicklung und im Abkommen von Paris aufgeführt sind. Kern dieser Denkweise ist es eine ganzheitlichen Perspektive auf den gesamten Lebenszyklus: von einer nachhaltigen Produktion, über die Nutzung, bis zur Entsorgung, bzw. des Recyclings und besser der Wiederverwertung einzunehmen.

Der Fokus auf eine nachhaltige Produktion und Nutzung ermöglicht die Entwicklung effizienterer (und damit nachhaltigerer) Produktions-, Verarbeitungs- und Nutzungssysteme. Gleichzeitig wird ein schonender Umgang mit natürlichen Ressourcen über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes sichergestellt.

Dies ermöglicht die Einhaltung der Ziele des Pariser Abkommens (beispielsweise Erhöhung des Wohlstands bei geringerem Ressourcenverbrauch) im Einklang mit dem Schutz menschlicher Bedürfnisse heutiger und zukünftiger Generationen sowie der Erhaltung natürlicher Ökosysteme. Dieser Ansatz dient ebenso der Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen.

Vor diesem Hintergrund stellt das Life Cycle Thinking einen Ansatz für eine quantitative und ganzheitliche Bewertung der Nachhaltigkeit eines Produktes oder Systems dar. Berücksichtigt werden dabei gesellschaftliche, wirtschaftliche und Aspekte, die den Umweltschutz betreffen. Dazu gehört auch die soziale Dimension, also das Verständnis von Systemverhalten und deren Rückkopplungen auf das analysierte System. Einige der Vorteile dieses Life Cycle Thinking sind:

- Unterstützung von politischen Entscheidungsträgern und Unternehmen bei der Entscheidungsfindung im Bezug auf die Nachhaltigkeit und einen effizienten Umgang mit Ressourcen;
- Es trägt zum Verständnis komplexer Systeme bei und ermöglicht die Entwicklung nachhaltiger Systeme;
- Es trägt zur Lastverteilung auf verschiedene Akteure bei (ganzheitlicher und interdisziplinärer Ansatz);
- Es ermöglicht die Identifikation und Stärkung nachhaltigerer Produktionsprozesse;

- Die Anwendung des Life Cycle Thinkings kann auch hinsichtlich der Entwicklung von Ökodesign-Perspektiven erfolgen;
- Außerdem hilft es, bei Verbrauchern ein Bewusstsein für eine nachhaltige Entwicklung zu schaffen.

2 Lebenszyklusanalyse = Ökobilanz

Die Ökobilanz ist eine Methode zur Identifikation, Messung und Charakterisierung potenzieller Umwelteinwirkungen in den einzelnen Phasen des Lebenszyklus eines Produktes. Ein „Produkt“ kann hierbei eine Ware oder eine Dienstleistung sein. Bei der Ökobilanzierung werden folgende Lebenszyklusphasen berücksichtigt: Entnahme und Verarbeitung von Rohmaterialien, Herstellung / Produktion, Transport und Verteilung, Nutzung, Instandhaltung und Wartung, Rückbau inkl. Recycling und die endgültige Entsorgung („Von der Wiege bis zur Bahre“) – siehe Abb. 1.

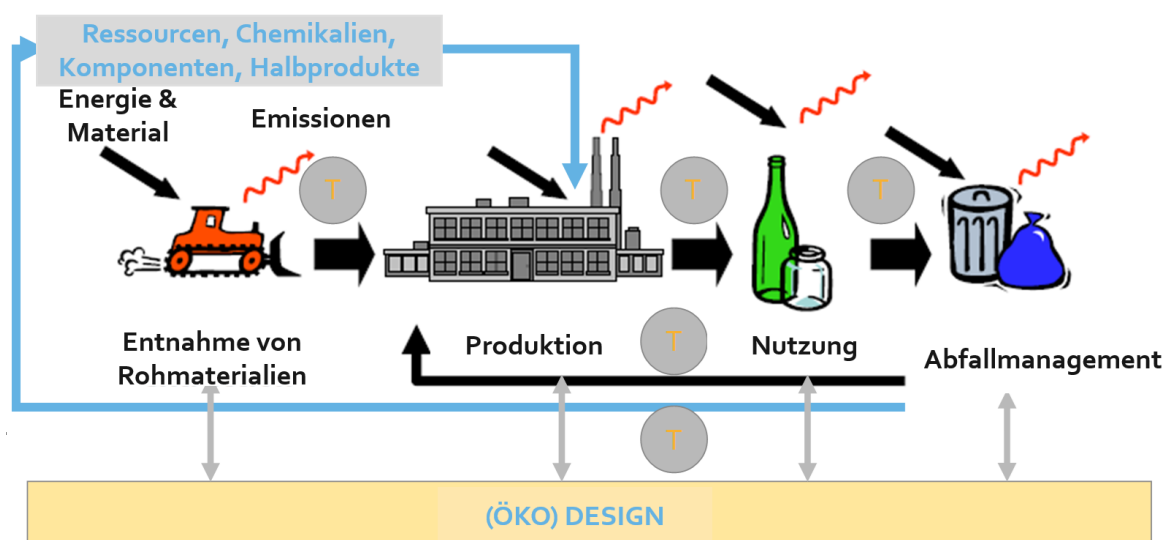


Abb. 1: Cradle-to-Grave-Prozess / „Von der Wiege bis zur Bahre“

Die Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse (LZA) helfen zudem bei der Argumentation situationsbasierter Entscheidungen. Weiterhin ist die LZA ein geeignetes Werkzeug zur Beurteilung der Nachhaltigkeit und nutzt einen ganzheitlichen Ansatz zur Vermeidung der Lastenverlagerung.

3 Methodik zur Lebenszyklusanalyse / Ökobilanzierung

Wenngleich mehrere Ansätze zur Ökobilanzierung existieren, ist der Ansatz nach der ISO der gemeinhin Akzeptierte und im akademischen und industriellen Umfeld am häufigsten genutzte.

Die vier Hauptschritte in der Ökobilanzierung (siehe Abb. 2) beinhalten:

- Ziel und Umfang,
- Inventar des Lebenszyklus,
- Beurteilung der Auswirkungen und
- Interpretation.

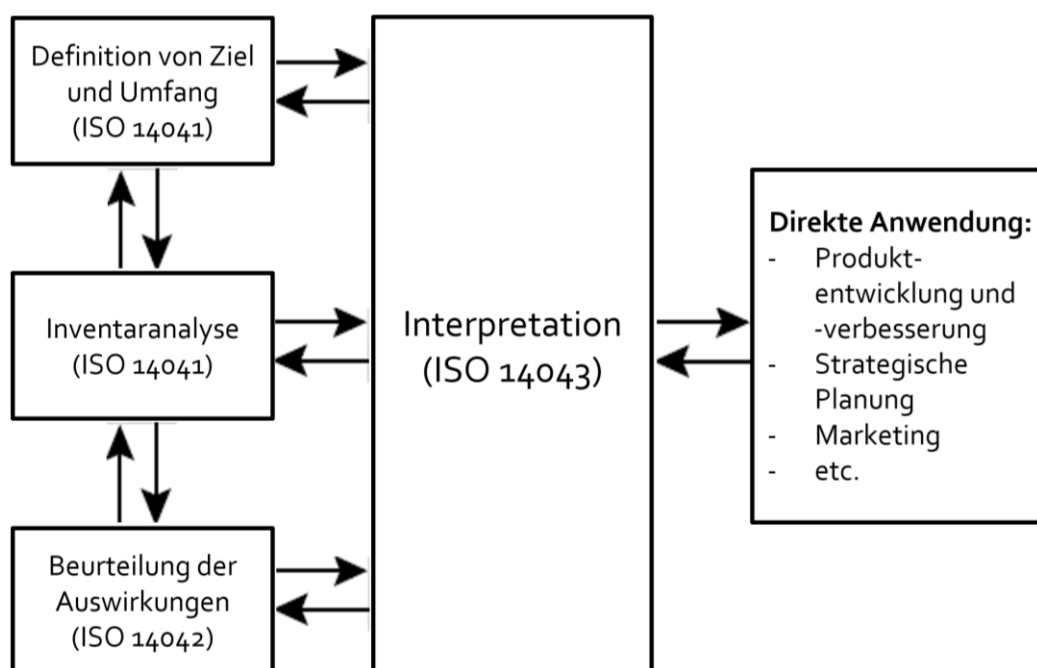


Abb.2: ISO Standard 14040-44.

Die vier Hauptschritte und Prinzipien werden in der ISO 14040 ebenso wie die funktionale Einheit beschrieben. Zudem wird die Methodik der Ökobilanzierung detailliert mit den entsprechenden Anforderungen und Richtlinien dargelegt.

3.1 Definition von Ziel und Umfang (ISO 14041)

Ziel und Umfang für die beabsichtigte Anwendung, das Produktsystem, die Funktionseinheit (FU), die Systemgrenzen, die Lebenszyklus-Inventar-Analyse (LZIA)-Methodik, Annahmen und Einschränkungen sowie einige andere Datenanforderungen müssen definiert werden.

3.2 Inventaranalyse (ISO 14041)

Das Ziel sind die Identifikation und Quantifizierung des Wasser-, Energie- und Materialverbrauchs sowie der Umweltemissionen (u.a. Luft, Abfallentsorgung, Abwasser).

3.3 Beurteilung der Auswirkungen (ISO 14042)

Dies beinhaltet die Sammlung von Indikatoren für verschiedene Kategorien von Auswirkungen. Zusammen repräsentieren sie das „Auswirkungsprofil“ durch das Produktsystem. Die Ergebnisse werden nach Kategorien, auf die sie Auswirkungen haben dargestellt. An diesem Punkt kann eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden, um festzustellen, wie sich Änderungen der Daten und methodischen Entscheidungen auf die Ergebnisse auswirken können.

3.4 Interpretation des Lebenszyklus (ISO 14043)

In dieser Phase der Ökobilanzierung werden die Ergebnisse der Inventaranalyse bzw. die Beurteilung der Auswirkungen in Bezug auf das vordefinierte Ziel und den Umfang bewertet. Hieraus werden Erkenntnisse und Empfehlungen abgeleitet.

4 Die Ökobilanz in NT FW-Systemen

Der Ansatz der Ökobilanzierung nach dem ISO-Standard 14040-14044 wurde aufgrund seiner Vorteile für verschiedene Akteure, wie beispielsweise Energieplaner, Betreiber von Fernwärmenetzen sowie politischen Akteuren bereits bei NT FW-Systemen eingesetzt.

Zu den meistgenannten Vorteilen gehören: Erstellung von Vergleichswerten (Benchmarking), Identifizierung von Prozessen, die die Gesamtumweltleistung der Infrastruktur beeinflussen, sowie Bewertung der Ökodesign-Perspektive kommunaler Energiekonzepte.

4.1 Aufbau einer Ökobilanz für NT FW-Systeme

Die Ökobilanz für Fernwärmesysteme kann in drei Bestandteile unterteilt werden: die Erzeugung und Bereitstellung von Energie, die Verteilung durch das Fernwärmenetz und die Verbraucherseite.

Für die Erzeugungsseite werden: die Entnahme von Rohmaterialien, der Energieverbrauch, bauliche Aktivitäten, der Betrieb von Kesselhäusern sowie das Verteilungsnetzwerk berücksichtigt. Folglich können alle Inputs in Bezug auf die vorgenannten Aktivitäten je nach Umfang der Studie gruppiert werden.

Auf der Verbraucherseite werden: das bauliche System in Bezug auf Wärmeverbrauch und -verlust sowie sämtliche Aktivitäten einbezogen, welche zur Inanspruchnahme des Systems durch die Nut-

zenden notwendig sind. Üblicherweise werden hierbei Betrachtungszeiträume von einem Betriebsjahr bzw. ein anderer Zeitraum festgelegt.

Bei der Festlegung von Ziel und der Umfang der Bilanzierung werden die berücksichtigten Grenzen der Untersuchung erläutert. Hierbei werden weiterhin relevante Aspekte geklärt, beispielsweise: Wurde die Modernisierung der Gebäude berücksichtigt? Wird ein Abriss der Anlage in der Analyse berücksichtigt?

Auch die Berücksichtigung geographischer sowie zeitlicher Grenzen sind von großer Relevanz für die Nutzung der Energiequellen, die Berechnung der Bedarfe an Heizwärme bzw. für entsprechende Normalisierungszwecke.

Für die Inventaranalyse wird ein Flussdiagramm erstellt, welches die Grenzen des Systems klar aufzeigt. Hierbei werden Prozesse identifiziert sowie vorliegende Daten analysiert, um Material-, Energieeingaben sowie resultierende Emissionen aufzuzeigen.

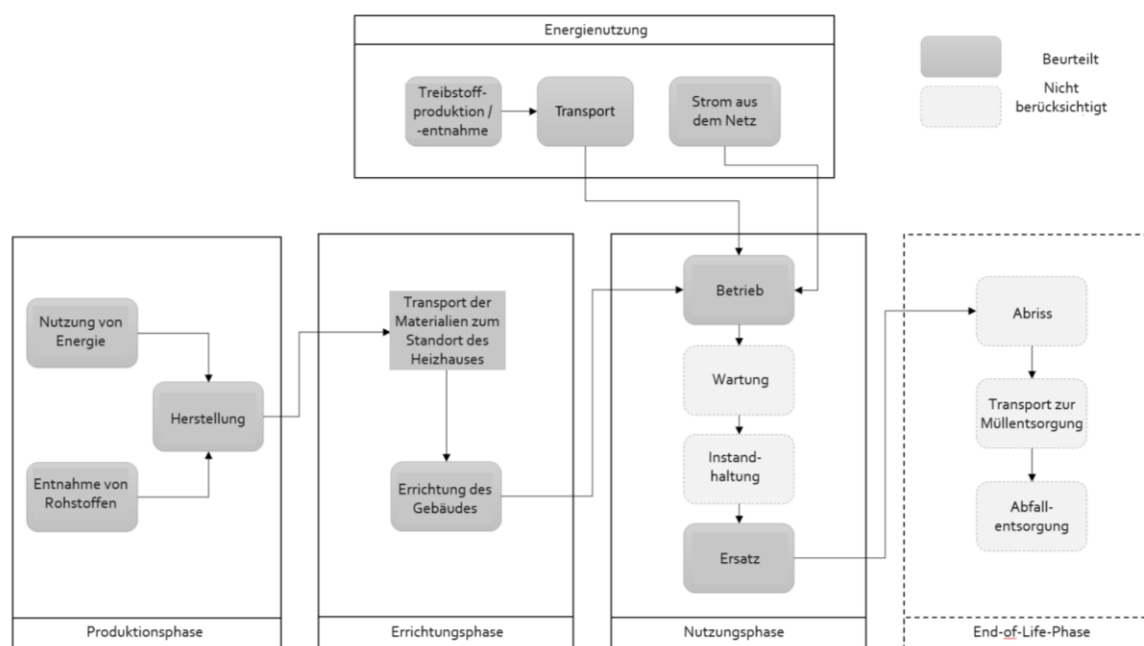


Abb. 3: Beispiel Flussdiagramm zu Ziel und Umfang, inkl. definierter Grenzen. Für einen umfassenderen Überblick siehe Ökobilanz des Projektes LowTEMP (www.lowtemp.eu).

Material/Assemblies	Amount	Unit
Solar Plant	18.2	p
Old District heating Pipelines	10.6	p
New District heating Pipelines	1.39	p
Old Boilerhouse - No furnace	1	p
DH nodes	10.6	p
Boiler's pumps, taps, heat m., exch. & flow device	2	p
Node's pumps and taps	10.6	p
Pipeline's pumps, taps, heat meters, exch., flow d	10.6	p
Op. Phase	25	p
Processes	Amount	Unit
Furnace, wood chips, average storage area, 1000kW	4.5	p
Furnace, wood chips, with silo, 5000kW	1	p
Hot water tank, 600l	4.16	p

Abb. 4. Beispiel für eine vereinfachte Inventur des Lebenszyklus. Für einen umfassenderen Überblick siehe Ökobilanz des Projektes LowTEMP (www.lowtemp.eu).

Schließlich wird die Beurteilung der Auswirkungen nach der Normalisierung, Gruppierung und Gewichtung in einem Ökoprofil in Auswirkungskategorien dargestellt (siehe Abb. 5). Die Normalisierung, Gruppierung und Gewichtung sind nicht verpflichtend. Sie sind von der Methode der Ökobilanzierung abhängig.

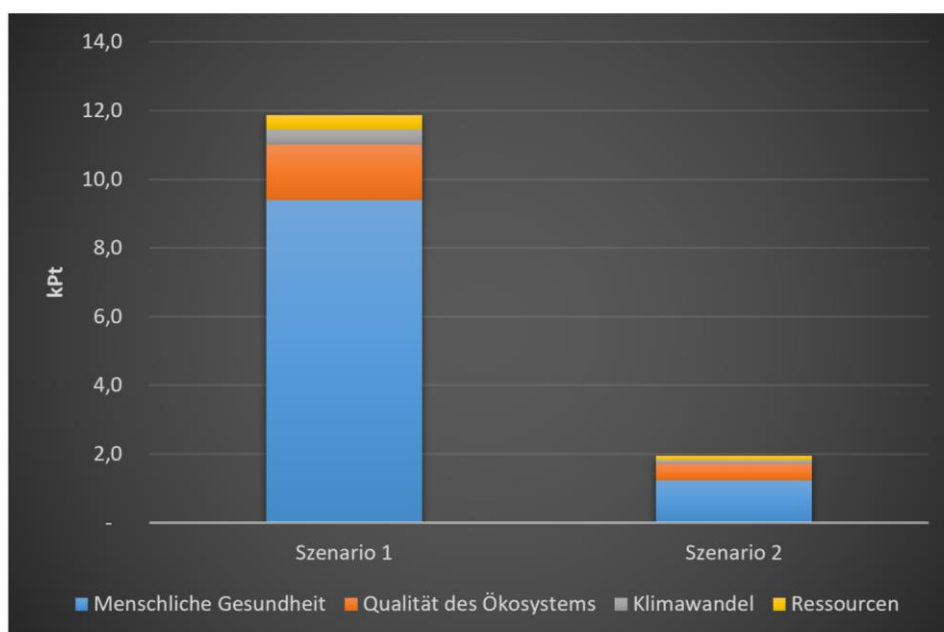


Abb. 5: Beispiel für eine finale Beurteilung der Umwelteinwirkungen. Verglichen wurden ein renoviertes NT FW-System und ein Fernwärmesystem dritter Generation. Für einen umfassenderen Überblick siehe Ökobilanz des Projektes LowTEMP (www.lowtemp.eu).

Die Abbildung 5 zeigt beispielhaft den Vergleich zwischen einem renovierten NT FW-System und einem Fernwärmesystem dritter Generation. Die Ergebnisse werden als übergeordnete Umweltprofile mittels Umweltpunkten (Pt) und mit Bezug zur funktionalen Einheit des Systems dargestellt. Hierbei werden vier Hauptkategorien der Auswirkungen unterschieden. Diese basieren auf einer spezifischen, für die Studie ausgewählten Methodik (z.B. IMPACT 2002+) und lauten: menschliche Gesundheit, Qualität des Ökosystems, Klimawandel und Umgang mit Ressourcen (sowohl biotisch als auch abiotisch).

In der letzten Phase: der Phase der Interpretation des Lebenszyklus, werden die Ergebnisse mit dem vorher definierten Ziel verglichen. So kann beurteilt werden, ob das Ziel erreicht oder verfehlt wurde. Weiterhin können Hotspots identifiziert und eine Empfindlichkeitsanalyse zum besseren Verständnis des Modells durchgeführt werden. Hierbei können auch Räume für Optimierungen erkannt werden.

Die Abbildung 5 entstand als Ergebnis einer Studie zur Ökobilanz eines LowTEMP-Projektes für eine Pilotmaßnahme in der Gemeinde Beļava (Bezirk Gulbene). Im Rahmen der Maßnahme wurde ein Fernwärmesystem der dritten Generation vollständig in ein NT FW-System konvertiert. Das alte System verbrannte Scheitholz als Brennstoff. Bei der Modernisierung wurde das konventionelle FW-Netz durch ein NT FW-System mit einem Holzpelletkessel mit 0,2 MW Leistung ersetzt. Zudem wurden auf einem Abschnitt von 150 m Länge sämtliche Rohleitungen ausgetauscht und ein Fernüberwachungssystem zur kontinuierlichen Überwachung des Systems installiert.

Die Studie zur Ökobilanz beinhaltet die Beurteilung des NT FW-Systems mit einer Bereitstellungstemperatur von 60 °C und einer Rückgabetemperatur von 35 °C. Zudem besteht das Potenzial, zukünftig auf erneuerbare Energieträger umzusteigen und dies mit der vorherigen Situation zu vergleichen.

Die mit einer kommerziellen Software zur Ökobilanzierung erstellten Ergebnisse der Ökobilanz zeigen eine maßgebliche Verbesserung der umweltbezogenen Performance mit einer Verringerung der Belastungen von rund 50%. Die bereits in einer wissenschaftlichen Publikation veröffentlichten Ergebnisse zeigen, dass die größtmögliche Verbesserung während der Betriebsphase des NT FW-Systems erreicht werden.

Gleichzeitig wird ersichtlich, dass die Konstruktionsphase und die Wartungsphase eine untergeordnete Rolle in der Ökobilanz spielen. Die Wärmeproduktion und der Umgang mit der Asche stellen „Hotspots“ dar. Hieraus lässt sich ein Handlungsbedarf hinsichtlich der Reduktion des Brennstoffverbrauchs von Kesselhäusern ableiten.

Detailliertere Informationen zur Anwendung der Ökobilanzierung bei NT FW-Systemen sind in den Studien zur Ökobilanz, veröffentlicht auf der Projektwebseite (www.lowtemp.eu), einsehbar.

Vor dem Hintergrund der Projektimplementierung sind die Ergebnisse der Studien für folgende Anwendungen von Relevanz:

- Definition bestimmter Inventardaten für Pilotmaßnahmen bei NT FW-Systemen, welche Bestandteil des Low-TEMP Projektes für alle Subsysteme sind;

- Beantwortung der Frage, welche Infrastruktursysteme oder Komponenten eines Fernwärmenetzes am stärksten zur Umweltbelastung des infrastrukturellen Übergangs beitragen;
- Bereitstellung solider Strategien für resiliente, umweltbezogene Infrastrukturen basierend auf der Analyse ausgewählter Auswirkungskategorien der Ökobilanz;
- Vergleich der Ergebnisse der Einführung eines neuartigen NT FW-Systems mit der bisherigen Situation des gleichen urbanen oder ländlichen Raumes

Weiterführende Literatur

1. Michael Z. Hauschild, Stig Irving Olsen, Ralph K. Rosenbaum. Life Cycle Assessment. Theory and Practice. Springer International Publishing AG, 2018.
2. ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>
3. EUROPEAN PLATFORM ON LIFE CYCLE ASSESSMENT, <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/>