

DIN IEC 62125

ICS 29.060.20

Entwurf

Einsprüche bis 2019-03-18
Vorgesehen als Ersatz für
DIN-Fachbericht CLC/TR
62125:2009-07

**Umweltbetrachtungen für isolierte Starkstromkabel und Kontrollkabel
(IEC 20/1830/CDV:2018);
Text Deutsch und Englisch**

Environmental considerations specific to insulated electrical power and control cables
(IEC 20/1830/CDV:2018);
Text in German and English

Considérations liées à l'environnement spécifiques aux câbles électriques isolés d'énergie
et de commande
(IEC 20/1830/CDV:2018);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-01-18 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 66 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Symbole	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole.....	9
4 Allgemeine Grundlagen.....	11
5 Umwelt-Checklisten-Ansatz.....	12
5.1 Was ist der Checklisten-Ansatz?.....	12
5.2 Checkliste	12
6 Ökobilanz (LCA) von Kabeln	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Ziel und Anwendungsbereich	13
6.2.1 Ziel der Ökobilanzstudie	13
6.2.2 Funktionale Einheit.....	14
6.2.3 Referenzfluss.....	14
6.2.4 Systemgrenze.....	14
6.2.5 Ausschlusskriterien	15
6.2.6 Annahmen und Einschränkungen	15
6.3 Lebenszyklusbilanz (LCI)	15
6.3.1 Allgemeines	15
6.3.2 Datensammlung	15
6.3.3 Datenauswahl.....	16
6.3.4 Zuteilungsverfahren.....	16
6.4 Lebenszyklusfolgenabschätzung (LCIA).....	16
6.5 Interpretation	17
6.6 Einzel-Umweltindikator-Ansatz.....	17
7 Umwelt- und Energiekosten basierte Leitergrößenoptimierung – ECSO.....	18
7.1 Anwendungsbereich	18
7.2 Grundregeln.....	18
7.3 Faktoren	20
7.4 CO ₂ -Bewertung	20
7.4.1 Allgemeines	20
7.4.2 CO ₂ -Emissionen bei Herstellung, Transport, Installation und Entsorgung	20
7.4.3 CO ₂ -Emissionen in der Nutzungsphase	21
7.5 Berechnungsmethode	21

	Seite
7.5.1 Allgemeines.....	21
7.5.2 Berechnung der Anschaffungskosten.....	21
7.5.3 Berechnung der laufenden Kosten	21
7.5.4 Leiterwiderstand.....	22
7.5.5 Optimaler Strom	22
7.5.6 Optimale Leitergröße	23
7.5.7 Energieeinsparung in Verbindung mit der Nutzungsphase des Kabels	23
7.6 Beispiel.....	23
8 Umweltbezogene Kommunikation.....	24
8.1 Allgemeines.....	24
8.2 Allgemeine Grundsätze	24
8.3 Aufbau und Einhaltung stofflicher Regularien.....	25
8.4 Ökobilanz	25
8.5 Lebensdauerende	26
Anhang A (informativ) Checkliste des Checklisten-Ansatzes	27
A.1 Vorüberlegungen.....	27
A.2 Überlegungen hinsichtlich der Konstruktion.....	27
A.3 Überlegungen zur Produktion	27
A.4 Überlegungen zur Nutzung und zum Lebensdauerende	27
Anhang B (informativ) Beispiel für ECSO.....	28
B.1 Allgemeines.....	28
B.2 Kabeldaten	28
B.3 Berechnungsbedingungen	28
B.4 Anfangskosten.....	28
B.4.1 Erstinvestition	28
B.4.2 Umrechnung von CO ₂ -Emissionen bei Material-/Kabelproduktion, Entnahme, Transport und Entsorgung in Kosten.....	29
B.4.3 Anfangskosten (Summe).....	29
B.5 Leiterwiderstand	29
B.6 Berechnung der laufenden Kosten.....	30
B.6.1 Kosten für Joule-Verluste während der erwarteten Lebensdauer	30
B.6.2 Kosten für CO ₂ -Emissionen während der erwarteten Lebensdauer.....	30
B.7 Lebenszykluskosten	30
B.8 Optimale Stromstärke	31
B.9 Effizienz.....	31
B.9.1 Berechnung der Energieeffizienz.....	31
B.9.1.1 Menge des Energieverbrauchs je Jahr	31
B.9.1.2 Verteilungsverluste je Jahr	32
B.9.1.3 Energieeffizienz.....	32

	Seite
B.9.2 Berechnung der CO ₂ -Emission	32
B.9.3 Reduktionsrate der CO ₂ -Emissionen	32
B.10 Lebenszykluskosten versus Lebensdauer	32
Anhang C (informativ) Beispiel für Umweltkommunikation	34
Literaturhinweise	35
Bilder	
Bild 1 – Lebenszyklusphasen	13
Bild 2 – Lebenszykluskosten für Leitergrößen für eine bestimmte Stromstärke	19
Bild 3 – Optimaler Strombereich zur Minimierung der Lebenszykluskosten	20
Tabellen	
Tabelle B.1 – Lebenszykluskosten versus Lebensdauer	33
Tabelle B.2 – Lebenszykluskosten versus Lebensdauer, bezogen auf 3C 70mm ²	33

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 20/1830/CDV:2018 „Environmental considerations specific to insulated electrical power and control cables“ (CDV, en: Committee Draft for Vote) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 20 „Electric cables“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme und Abstimmung vorgelegt. Es wird jedoch nicht zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage gestellt. Derzeit ist also nicht vorgesehen, dieses Dokument als Europäische Norm zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS (en: Final Draft International Standard) nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CDV als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 411 „Starkstromkabel und isolierte Starkstromleitungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber DIN-Fachbericht CLC/TR 62125:2009-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des Status des Schriftstücks von einem Technischen Bericht in eine Norm;
- b) Abschnitt 7 „Umwelt- und Energiekosten basierte Leitergrößenoptimierung – ECSO“ neu hinzugefügt;
- c) Abschnitt 8 „Umweltbezogene Kommunikation“ neu hinzugefügt;
- d) Anhang B mit einem Beispiel für ECSO-Berechnung neu hinzugefügt;
- e) Anhang C mit einem Beispiel für Umweltkommunikation neu hinzugefügt;
- f) komplett redaktionell überarbeitet.

Einleitung

Die Kabelindustrie hat bereits seit vielen Jahren die Einwirkungen von Kabeln und Leitungen auf die Umwelt in Relation zu deren Betriebsbedingungen in Betracht gezogen. Energieversorgungsunternehmen, Hersteller, Installateure/Vertragspartner, Anwender und Behörden haben ihre Anforderungen deutlich erhöht um die Einwirkungen von Kabeln auf die Umwelt zu berücksichtigen.

IEC/TC 20 überprüft ständig seine Vorgehensweise, Umweltaspekte in die Normen für Kabel und Leitungen und ihre Komponenten aufzunehmen. Umweltgesichtspunkte sollten sowohl in der Konstruktion als auch bei deren Änderung berücksichtigt werden in Bezug auf die verwendeten Rohstoffe, den Energieverbrauch, die Emissionen und Abfallverursachung während der Herstellung, der Entsorgung oder dem Recycling am Ende der Nutzungsdauer und der Leistungsmerkmale im Betrieb.

Umweltbetrachtungen für isolierte Starkstromkabel und Kontrollkabel

1 Anwendungsbereich

Diese Norm bietet Methoden zur Berücksichtigung und Kommunikation maßgeblicher Umweltaspekte, soweit sie typisch sind für Kabel und Leitungen unter Betriebsbedingungen.

Sie enthält eine Umwelt-Checkliste für Starkstromkabel und -leitungen, die Methode zur Bestimmung der Ökobilanz (Life Cycle Assessment (LCA)) und eine Methodik der Leitergrößenoptimierung.

Die durch die Anwendung solcher Methoden erhaltenen Ergebnisse, können für die externe Kommunikation verwendet werden. Umweltkommunikation kann auch andere Themen, wie die Materialdeklaration, umfassen.

ANMERKUNG Der Begriff Umwelt bedeutet in dieser Norm die ökologische Umwelt. Er bezieht sich weder auf Umgebungsfaktoren, die das Kabel beeinflussen (wie Feuchtigkeit oder Temperatur), noch auf betriebliche Rahmenbedingungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60287-3-2, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 3-2: Sections on operating conditions – Economic optimization of power cable size*

IEC 60853-1, *Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables. Part 1 – Cyclic rating factor for cables up to and including 18/30(36) kV*

IEC 62430, *Environmentally conscious design for electrical and electronic products*

IEC Guide 109, *Environmental aspects – Inclusion in electrotechnical product standards*

ISO 14025, *Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures*

ISO 14040, *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*

ISO 14044, *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

3.1.1

Ökobilanz

LCA

(en: life cycle assessment)

Erfassung und Bewertung der Zufuhr-/Ausstoßströme und der möglichen Umweltauswirkungen eines Produktsystems während seines gesamten Lebenszyklus

[Quelle: ISO 14040, 3.2]

3.1.2**Lebenszyklusbilanz****LCI**

(en: life cycle inventory)

Phase der Ökobilanzierung, die die Erfassung und Quantifizierung von Zufuhr- und Ausstoßströmen für ein Produkt während seines gesamten Lebenszyklus umfasst

[Quelle: ISO 14040, 3.3]

3.1.3**Lebenszyklusfolgenabschätzung****LCIA**

(en: life cycle impact assessment)

Phase der Ökobilanz, mit der das Ausmaß und die Bedeutung der potenziellen Umweltauswirkungen für ein Produktsystem während des gesamten Lebenszyklus des Produkts verstanden und bewertet werden soll

[Quelle: ISO 14040, 3.4]

3.1.4**Lebenszykluskonzept****LCT**

(en: life cycle thinking)

Berücksichtigung aller relevanten Umweltaspekte während des gesamten Produktlebenszyklus

[Quelle: IEC 62430:2009, 3.11]

3.1.5**Referenzfluss**

Messung der Ausstoßströme von Prozessen in einem gegebenen Produktsystem, die erforderlich sind, um die beschriebene Funktion der funktionalen Einheit zu erfüllen

[Quelle: ISO 14040, 3.29]

3.1.6**funktionale Einheit**

quantifizierte Leistung eines Produktsystems die als Referenzeinheit verwendet wird

[Quelle: ISO 14040, 3.20]

3.1.7**Umwelt**

Umgebung, in der ein Produkt oder System existiert, einschließlich Luft, Wasser, Land, natürliche Ressourcen, Flora, Fauna, Menschen und ihre Wechselbeziehung

[Quelle: IEC Guide 109, ed.3.0, 3.3]

3.1.8**Lebenszyklus**

aufeinanderfolgende und verkettete Phasen eines Produktsystems von der Rohstoffbeschaffung oder Schaffung von natürlichen Ressourcen bis zur endgültigen Entsorgung

[Quelle: ISO 14040, 3.1]

3.1.9**Umweltauswirkung eines Erzeugnisses**

jede Änderung der Umwelt, ob nachteilig oder vorteilhaft, die sich als Ganzes oder teilweise aus dem Lebenszyklus eines Produkts ergibt

3.1.10**Einheitsprozess**

das kleinste in der Lebenszyklusanalyse betrachtete Element, für das die Zufuhr- und Ausstoßdaten quantifiziert werden

[Quelle: 14040, 3.34]

3.2 Symbole

α_{20}	Temperaturkoeffizient des Leiterwiderstandes bei 20 °C (für Kupfer: 0,00393, für Aluminium: 0,00403)	1/K
θ	maximale Betriebstemperatur des Leiters	°C
θ_a	durchschnittliche Umgebungstemperatur	°C
θ_m	mittlere Betriebstemperatur des Leiters	°C
$\Delta\theta$	Temperaturanstieg des Leiters $\Delta\theta = (\theta_m - 20 \text{ °C})$	°C
μ	Verlustfaktor, siehe IEC 60853-1	—
C_{af}	Kosten für Hilfsmaterialien und Installationsmaterialien (wie Installationsrohre)	cu/km
CC	Kabelkosten einschließlich Transportkosten	cu/km
CI	anfängliche Kosten des in Betracht gezogenen Kabels	cu/km
$CI(\text{CO}_2)$	Kosten für den CO_2 -Ausstoß bei Rohstoffabbau, Herstellung, Transport, Installation und Endlagerung für eine bestimmte Leitergröße	cu/km
CI_1	anfängliche Kosten der nächst kleineren Standardgröße des Leiters	cu/km
$CI_1(\text{CO}_2)$	Kosten für den CO_2 -Ausstoß bei Rohstoffabbau, Herstellung, Transport, Installation und Endlagerung für die nächst kleinere Standardgröße des Leiters	cu/km
CI_2	anfängliche Kosten der nächst größeren Standardgröße des Leiters	cu/km
$CI_2(\text{CO}_2)$	Kosten für den CO_2 -Ausstoß bei Rohstoffabbau, Herstellung, Transport, Installation und Endlagerung für die nächst größere Standardgröße des Leiters	cu/km
CJ	gegenwärtiger Wert der Kosten der Jouleverluste über N Jahre	cu/km
$CJ(\text{CO}_2)$	gegenwärtiger Wert der Kosten für den CO_2 -Ausstoß während der erwarteten Lebensdauer aufgrund von Joule-Verlusten	cu/km
CL	Kabelinstallationskosten (einschließlich Verlegung, Entfernung und Entsorgung)	cu/km
CT	Lebenszykluskosten	cu/km
CT_1	Lebenszykluskosten für die nächst kleinere Leitergröße	cu/km
CT_2	Lebenszykluskosten für die nächst größere Leitergröße	cu/km

cu	willkürliche Währungseinheit	
E_{CONV}	CO ₂ -Ausstoß des Kabels von herkömmlicher Größe je Jahr während der Nutzungsphase	CO ₂ -kg/Jahr
E_{OPTI}	CO ₂ -Ausstoß des Kabels mit optimaler Größe je Jahr während der Nutzungsphase	CO ₂ -kg/Jahr
F	Hilfsmenge nach Gleichung (8)	cu/W
f_1	Lastfaktor	
f_2	Leistungsfaktor (= $\cos \varphi$, mit φ = Phasenwinkel zwischen Spannung und Strom)	
I_{max}	maximale Strombelastung	A
I_{upper}	obere Grenze von I_{max}	A
I_{lower}	untere Grenze von I_{max}	A
IZ	CO ₂ -Ausstoß bei Rohstoffabbau, Herstellung, Transport, Installation und Endlagerung	CO ₂ -kg/km
K	CO ₂ -Ausstoß bei der Erzeugung einer Leistungseinheit, anzupassen an die nationalen Gegebenheiten	CO ₂ -kg/kWh
k	Koeffizient, basierend auf dem Kabel- und Leitungssystem, z. B. 3-Phasen-3-Kabel = $\sqrt{3}$, für Gleichstromkabel $k = 1$	
l	Länge des Kabels	km
M	Koeffizient für die Umwandlung von CO ₂ -Ausstößen in Kosten, anzupassen an die nationalen Gegebenheiten	CO ₂ -cu/kg
N	Nutzungsdauer, gleichbedeutend mit voraussichtlicher Lebensdauer	Jahr
N_p	Anzahl der belasteten Phasenleiter	—
P	Kosten für eine Kilowattstunde bei entsprechendem Spannungspegel	cu/kWh
R	Leiterwiderstand des Leiters je Länge (ist bei konstanter mittlerer Betriebstemperatur als konstanter Wert anzusehen)	Ω/km
R_1	Leiterwiderstand je Länge für die nächst kleinere Standardgröße des Leiters	Ω/km
R_2	Leiterwiderstand je Länge für die nächst größere Standardgröße des Leiters	Ω/km
R_{20}	Leiterwiderstand je Länge bei 20 °C, (Ω/km)	Ω/km
R_{CONV}	Wechselstromwiderstand je Kabellänge mit herkömmlicher Größe des Wechselstromsystems und Gleichstromwiderstand je Kabellänge mit herkömmlicher Größe des Gleichstromsystems	Ω/km

R_{OPTI}	Wechselstromwiderstand je Kabellänge mit optimaler Größe des Wechselstromsystems und Gleichstromwiderstand je Kabellänge mit optimaler Größe des Gleichstromsystems	Ω/km
S	Querschnittsfläche eines Kabelleiters	mm^2
S_1	Querschnittsfläche der nächst kleineren Standardgröße des Leiters	mm^2
S_2	Querschnittsfläche der nächst größeren Standardgröße des Leiters	mm^2
U	Systemspannung	V
W	Menge des Energieverbrauchs je Jahr	kWh/Jahr
W_{CONV}	Übertragungsverluste mit dem Kabel herkömmlicher Größe	kWh/Jahr
W_{OPTI}	Verteilungsverluste beim Kabel optimaler Größe	kWh/Jahr
y	Betriebstage je Jahr	Tage

4 Allgemeine Grundlagen

Die Umweltauswirkungen eines Kabels müssen in allen Phasen des Lebenszyklus berücksichtigt werden: vom Entwurf bis zum Lebensende. Dies wird das Lebenszykluskonzept genannt.

Es gibt verschiedene Werkzeuge für die Umweltbewertung der Produkte, zum Beispiel:

- Ein Checklistenansatz, der eine qualitative Berücksichtigung der Umweltaspekte in Bezug auf die Lebenszyklusschritte des Produkts darstellt, das heißt die Nutzung der Checkliste nach Abschnitt 5 und Anhang A, die auf dem IEC Guide 109 basiert und sich speziell auf die von TC 20 abgedeckten Energiekabel bezieht.
- Die Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) ist ein wissenschaftliches Instrument zur quantitativen Bewertung der Umweltauswirkungen, die während des gesamten Lebenszyklus des Produkts auftreten, das heißt die Nutzung der Ökobilanzierung nach Abschnitt 6 zur Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts.

Die Verwendung der Methodik der Ökobilanz wird empfohlen, da sie quantifizierte und detaillierte Informationen über die Umweltauswirkungen des Produkts liefert. In Anbetracht der Kenntnisse und Ressourcen, die für die Durchführung von Ökobilanz-Studien erforderlich sind, könnte eine Checkliste jedoch akzeptabel sein, beispielsweise wenn nur bestimmte Aspekte berücksichtigt werden sollen, ohne die vollständigen Auswirkungen auf die Umwelt zu bestimmen. Diese Entscheidung muss in Abhängigkeit von den Zielen, dem Kenntnisstand und den verfügbaren Ressourcen getroffen werden.

Neben dem Lebenszykluskonzept können auch andere Ansätze verwendet werden wie z. B.

- ECSO, ein Werkzeug (beschrieben in Abschnitt 7) zur Bewertung/Optimierung der Leitergröße durch die Kombination von Umwelt- und Energiekosten. Mit Hilfe von ECSO erfolgt die Optimierung der Leitergröße, so dass die Summe der Gesamtkosten und der Verarbeitungskosten für den CO_2 -Ausstoß während der gesamten Lebensphase (definiert in 6.2.4) des Kabels minimiert wird.

Die Verbesserung der Umweltbedingungen muss gegen andere Faktoren wie Produktfunktion, Leistung, Gesundheit und Sicherheit, Kosten, Marktfähigkeit und Qualität, rechtliche und regulatorische Anforderungen und andere Standards abgewogen werden.

5 Umwelt-Checklisten-Ansatz

5.1 Was ist der Checklisten-Ansatz?

Der Checklistenansatz ist eine einfache Methode zur Umweltbewertung ohne eine Quantifizierung der Umweltauswirkungen vorzunehmen. Es ist eine Arbeitshilfe zur Bewertung der Kabelkonstruktion und der Kabelauswahl für eine bestimmte Anwendung, bei der umweltbezogene Aspekte ausgemacht werden, die möglicherweise in Betracht gezogen werden müssen. Die Liste in 5.2 und Anhang A befasst sich mit Schlüsselfaktoren, die sich auf die Umwelt auswirken.

Es ist zu beachten, dass Überlegungen zu den Punkten in 5.2 und Anhang A nicht immer zu einer Verringerung der negativen Umweltauswirkungen des Produkts während seiner gesamten Lebensdauer führen: Jede Entscheidung zur Verbesserung eines Umweltindikators könnte sich negativ auf einen anderen Indikator auswirken. Ein möglicher Weg zur Bestätigung und Quantifizierung der Umweltverbesserung ist die Verwendung der Ökobilanz-Methodik, die in Abschnitt 6 beschrieben wird.

5.2 Checkliste

Die folgende Liste, die dem IEC Guide 109 Anhang A entspricht, befasst sich mit Schlüsselfaktoren, die Auswirkungen auf die Umwelt haben können. Es ist zu bestimmen, ob die folgenden Schlüsselfaktoren durch die Kabelkonstruktion und die Kabelauswahl für die Anwendung berücksichtigt werden.

- Materialeinsparung
 - Minimaler Materialgehalt im Produkt
 - Minimaler Materialgehalt in der Verpackung
 - Minimale Anzahl verschiedener Materialien
 - Maximale Trennbarkeit verschiedener Materialien
 - Maximale Wiederverwertbarkeit der verwendeten Materialien
 - Wiederverwendbarkeit von Produktteilen und Komponenten
 - Wiederverwendbarkeit und Aufrüstbarkeit des Produkts als Ganzes
 - Möglichkeit, recycelte Materialien zu verwenden
 - Möglichkeit, generalüberholte Teile und Komponenten zu verwenden
 - Minimale Größe des Produkts
 - Minimale Produktmasse
- Energieeinsparung
 - Minimaler Energieverbrauch während der Produktnutzung
 - Energieverwaltung, z. B. automatischer Wechsel in den Standby-Modus
- Umweltschutz
 - Vermeidung von gefährlichen Stoffen
 - Vermeidung von Stoffemissionen in die Umwelt (Luft, Wasser, Boden)
 - Vermeidung anderer Freisetzen, z. B. Strahlung, Lärm, Staub
- Vermeidung von Abfall
 - Modularität ermöglicht die Mehrfachnutzung von Komponenten (z. B. gemeinsame Ladegeräte für verschiedene Anwendungen).

Diese Liste ist nicht erschöpfend, weitere Faktoren könnten aus bestimmten Gründen hinzugefügt werden. Nicht jeder Punkt auf der Liste gilt für jede Situation als zutreffend. Einige spezifischere Anleitungen für Kabel finden sich in Anhang A dieses Dokuments.

6 Ökobilanz (LCA) von Kabeln

6.1 Allgemeines

Wie vom IEC Guide 109 empfohlen, ist das Lebenszykluskonzept die Grundlage für die Bewertung von produktbezogenen Umweltauswirkungen. Die Umweltauswirkungen eines Produkts müssen über den gesamten Lebenszyklus unter Berücksichtigung verschiedener Umweltindikatoren bewertet werden. Die Ökobilanz ist ein Werkzeug, welches alle Lebenszyklusphasen (von der Wiege bis zur Bahre) abdeckt.

Bild 1 zeigt die Grundbestandteile einer Ökobilanz. Eine Ökobilanz muss in Übereinstimmung mit der in ISO 14040 und ISO 14044 festgelegten Methode der Ökobilanz (LCA) durchgeführt werden.

Einige grundlegende Schritte zur Durchführung dieser Ökobilanz von Energiekabeln sind in 6.2 bis 6.6 beschrieben.

Es ist anzumerken, dass ein Optimum hinsichtlich der Umweltbewertung möglicherweise nicht mit dem wirtschaftlichen Optimum übereinstimmt. Die Ökobilanz muss als Bewertungsinstrument zur Quantifizierung der Umweltauswirkungen angesehen werden und steht nicht in Zusammenhang mit wirtschaftlichen Aspekten. Im Hinblick auf wirtschaftliche Erwägungen können andere Methoden angewandt werden, z. B. Umweltlebenszykluskosten (Geldwertzuordnung, d. h. Monetarisierung von Umweltindikatoren) oder die ECSO-Methodik (siehe Abschnitt 7), welche ökologische und wirtschaftliche Aspekte kombiniert.

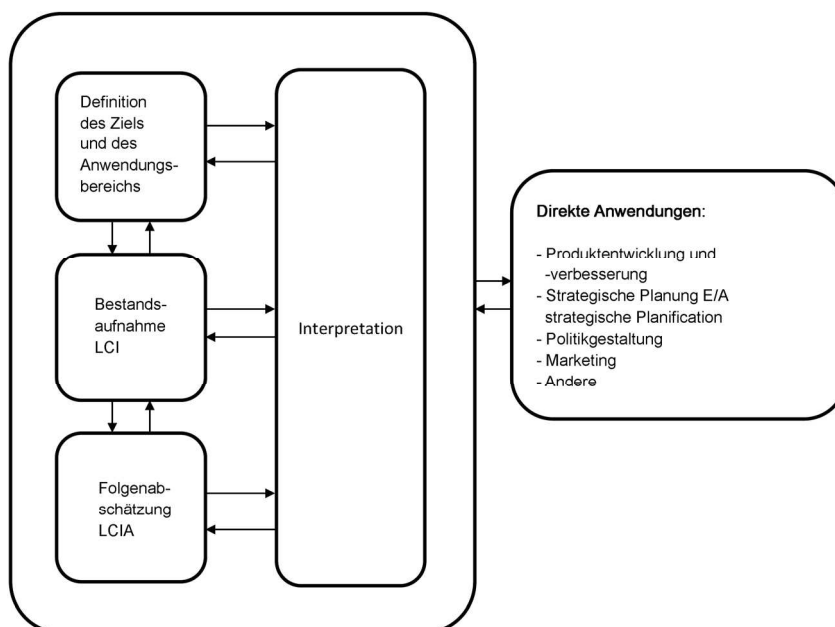


Bild 1 – Lebenszyklusphasen

6.2 Ziel und Anwendungsbereich

6.2.1 Ziel der Ökobilanzstudie

Ziel und Anwendungsbereich der Ökobilanzstudie sollten klar definiert sein und der beabsichtigten Anwendung der Ökobilanz entsprechen.

Folgende Punkte müssen eindeutig bestimmt sein:

- die beabsichtigte Anwendung;
- der Erwägungsgrund (Grund für die Durchführung der Studie);
- die beabsichtigte Zielgruppe, d. h. an wen die Studie gerichtet ist.

6.2.2 Funktionale Einheit

Die funktionale Einheit definiert die Quantifizierung der identifizierten Funktionen (Leistungsmerkmale) des betrachteten Produkts. Der Zweck der funktionalen Einheit besteht darin, eine Referenz bereitzustellen, auf die die Zufuhr- und Ausstoßströme bezogen sind. Dieser Verweis ist notwendig, um die Vergleichbarkeit der Ökobilanz-Ergebnisse sicherzustellen.

Die Beschreibung der funktionalen Einheit muss enthalten:

- die Hauptfunktion, die für den Nutzer bereitgestellt wird;
- das quantifizierte Leistungsniveau, das von der Hauptfunktion erreicht werden soll.

Beispiele für eine mögliche funktionale Standardeinheit von Energiekabeln könnten sein:

- „Übertragung von Energie, ausgedrückt in x Ampere über eine Entfernung von y km während n Jahren und einer Nutzungsrate von b -%, in Übereinstimmung mit den relevanten Normen“ oder
- „Übertragung von Energie von x kWh über eine Entfernung von y km während n Jahren und einer Nutzungsrate von b -% in Übereinstimmung mit den relevanten Normen“

ANMERKUNG Die Nutzungsrate stellt die Betriebszeit je Jahr dar und kann wie folgt beschrieben werden

- Prozentsatz der jährlichen Betriebstage (in %);
- Anzahl der Betriebsstunden je Jahr (in Stunden);
- Anzahl der Betriebstage je Jahr (in Tagen).

Abhängig vom Ziel der Ökobilanz und der beabsichtigten Anwendung können andere funktionale Einheiten definiert werden.

6.2.3 Referenzfluss

Zu einer funktionalen Einheit gehört ein entsprechender Referenzfluss. Dieser Referenzfluss beschreibt alle benötigten Zufuhr- und Ausstoßströme zur Verwirklichung der funktionalen Einheit und umfasst mindestens ein Referenzkabel.

Der Referenzfluss muss umfassen:

- die Quantifizierung des Referenzprodukts und seiner Masse (kg), die zur Verwirklichung der funktionalen Einheit verwendet werden;
- nicht im Referenzprodukt enthaltene zusätzliche Materialien, die Abfälle und Abfallmaterialien enthalten, die in jeder Lebenszyklusphase (Herstellung, Schneiden, Installation usw.) erzeugt wurden;
- Elemente, Abläufe und Prozesse, die zur Verteilung, Installation, Verwendung (Wartung, Reparatur, Austausch usw.) erforderlich sind, um das Referenzprodukt zu entfernen, zu demontieren und zu bearbeiten.

6.2.4 Systemgrenze

Die Systemgrenze beschreibt die Einheitsprozesse, die in der Ökobilanz enthalten sind. Bei Energiekabeln sind die wichtigsten Auswirkungen auf die Lebensphasen bekanntlich die Herstellung (der Rohmaterialien) und die Nutzungsphase der Kabel.

Die Lebensphasen umfassen:

- **Die Herstellungsphase** mit
 - **Rohstoffgewinnung und -verarbeitung**, Transport der Rohstoffe zum Kabelhersteller
 - **Kabelherstellung**
- Die **Transportphase** mit dem Transport des Energiekabels vom Hersteller zum Installationsort
- Die **Installationsphase** einschließlich Prozesse, Komponenten und Energie die auf die Installationsphase entfallen. Aufgrund der großen Bandbreite möglicher Installationen dieser Produkte kann entschieden werden, die Installationsphase von der Ökobilanz auszuschließen.

- Die **Nutzungsphase** mit dem Energieverbrauch im Zusammenhang mit Kabelverlusten und anderen Einflüssen, falls zutreffend. Der Einfluss der Nutzungsphase beschreibt eindeutig das verwendete Szenario wie Kabellebensdauer, Kabellastfaktor, Leitungswiderstand und Strombelastung des Leiters.
- Das **Ende der Lebensphase**, einschließlich Kabelausbau und -transport, sowie die Behandlung am Ende des Lebenszyklus (Mahlen, Trennen, Deponierung, Recycling, Energierückgewinnung, ..)

Die Ökobilanz muss aus allen Lebenszyklusschritten bestehen. Die Ökobilanz-Methodik könnte in einigen Fällen und aus bestimmten Gründen (zum Beispiel wenn es von einem Kunden benötigt wird) verwendet werden, um nur einige Phasen zu analysieren, zum Beispiel eine „Cradle to Gate“-Analyse (von der Wiege bis zur Bahre), bei der nur Rohmaterialien und die Kabelherstellung berücksichtigt werden. Dieser Ansatz führt nicht zu einer Ökobilanz als solche.

6.2.5 Ausschlusskriterien

Kriterien für den Ausschluss von Zufuhr- und Ausstoßströmen sollen nicht zum Verbergen von Daten verwendet werden. Jede Anwendung der Kriterien für den Ausschluss von Zufuhr- und Ausstoßströmen ist zu dokumentieren. Die Ausschlusskriterien hängen von der Ziel- und Anwendungsbereichsdefinition und der Grenzsetzung ab. Verschiedene Ausschlusskriterien können verwendet werden, um zu entscheiden, welche Zufuhr- und Ausstoßströme in die Bewertung einbezogen werden sollen, z. B. Gewicht, Energie und Umwelteinfluss. Die Gesamtzahl der vernachlässigten Zufuhrströme (z. B. Rohstoffe für die Herstellung des Kabels) muss eindeutig angegeben werden. Darüber hinaus sollte besonders darauf geachtet werden, dass Stoff- und Energieströme einbezogen werden, von denen bekannt ist, dass sie in Verbindung mit den Umweltindikatoren dieser Norm erhebliche Emissionen in Luft, Wasser und Boden verursachen können.

Als ein Beispiel können die folgenden Ausschlusskriterien angewendet werden:

- Die Masse der gemittelten nicht berücksichtigten Zufuhr- und Ausstoßströme muss kleiner oder gleich 5 % der Masse der Bestandteile des Bezugsprodukts sein, die der funktionalen Einheit entsprechen.
- Die nicht berücksichtigten Energieströme müssen kleiner oder gleich 5 % des gesamten Primärenergieverbrauchs während des Lebenszyklus des Referenzprodukts sein, das der funktionalen Einheit entspricht.

6.2.6 Annahmen und Einschränkungen

Jede Annahme, die beispielsweise aufgrund fehlender Daten, die nicht abgerufen werden können, erforderlich ist, sollte klar angegeben werden.

6.3 Lebenszyklusbilanz (LCI)

6.3.1 Allgemeines

Die Lebenszyklusbilanz umfasst die Erfassung von Eingangsdaten über Ressourcen, Produkte oder Energie, die in den Prozess einfließen, sowie Ausgangsdaten über Produkt-, Material- oder Energieflüsse, die einen Prozess verlassen.

6.3.2 Datensammlung

Die in die Ökobilanzstudie einzubeziehenden Daten müssen für jeden in der Systemgrenze enthaltenen Prozess ermittelt werden. Für jeden Einheitsprozess innerhalb der Systemgrenzen müssen die mit dem Referenzfluss verbundenen Zufuhr- und Ausstoßströme erfasst werden, einschließlich:

- Verbrauch von Materialien, Energie, Wasser;
- Emissionen in Luft, Wasser, Boden;
- Abfallstoffe aus den analysierten Prozessen.

Die gesammelten Daten, unabhängig davon, wie sie gemessen, berechnet oder geschätzt werden, müssen zur Quantifizierung der Zufuhr- und Ausstoßströme eines Prozesses verwendet werden. Wenn Daten nicht direkt vor Ort erhoben werden können (Primärdaten), können Daten aus qualitativ hochwertigen und gut bekannten Datenbanken (Sekundärdaten) bezogen werden.

Sekundärdaten müssen identifiziert und im Hinblick auf die zeitliche, geografische und technologische Berichterstattung mit dem Anwendungsbereich der Ökobilanz-Studie übereinstimmen. Die für die Ökobilanz verwendeten Datenbanken müssen im Ökobilanz-Bericht genannt werden.

ANMERKUNG Beispiele für öffentliche Datenbanken sind:

- Ecoinvent database [2]
- European Life Cycle Database (ELCD) [3]
- U.S. Life Cycle Inventory Database (USLCI) [4]

Details zu den Datenbanken finden sich in den Literaturhinweisen.

6.3.3 Datenauswahl

Spezifische oder durchschnittliche Daten, die aus bestimmten Produktionsprozessen abgeleitet werden, sind die Primäre Wahl als Grundlage für die Ökobilanz-Studie zu Energiekabeln.

Es wird Folgendes empfohlen:

- Die gesammelten Zufuhr-/Ausstoßströme sollten über einen ausreichend langen Zeitraum gemittelt werden, vorzugsweise über ein Jahr, um saisonale Spitzen auszugleichen,
- Die gesammelten Daten sollten repräsentativ für ein aktuelles Szenario in Bezug auf die geografische und technologische Berichterstattung sein. Wenn Daten von mehreren Standorten gesammelt werden, sollten die Daten von repräsentativen Standorten gesammelt werden. Die Methode zur Zusammenführung von Daten mehrerer Standorte (d. h. die an jedem Standort durchgeführten Messungen) und die Regeln für die Erstellung von Datenquellen sollten im Ökobilanz-Bericht dokumentiert werden.

6.3.4 Zuteilungsverfahren

Die meisten industriellen Prozesse produzieren mehr als das beabsichtigte Produkt. Normalerweise wird mehr als eine Zufuhrstrom benötigt, um ein Produkt zu produzieren, und manchmal werden Produkte mit anderen Produkten co-produziert. Bei Systemen mit mehreren Produkten müssen Zuteilungsverfahren eingerichtet werden, um die Zufuhr-/Ausstoßströme auf jedes Produkt zu verteilen. Mehrere Methoden sind in der Norm ISO 14044 beschrieben.

Um Energie, Materialien, Wasserverbrauch und Emissionen in Luft, Wasser, Boden und Abfall zuzuordnen, ist es notwendig, ein physikalisches Zuteilungsverfahren anzuwenden, das für denjenigen Parameter repräsentativ ist, der der funktionalen Einheit zugeordnet werden muss.

Der physikalische Parameter der Zuordnung von Zufuhr und Ausstoßströmen kann zum Beispiel die Masse, die Oberfläche oder die Menge der produzierten Einheiten sein, je nachdem, was für das System der Produktion geeignet ist. Die Zuteilung sollte sorgfältig geprüft und begründet werden.

6.4 Lebenszyklusfolgenabschätzung (LCIA)

Die Lebenszyklusfolgenabschätzung beinhaltet die Zuordnung der Ergebnisse aus der Lebenszyklusbilanz zu den ausgewählten Folgenkategorien und die möglichen Umweltauswirkungen in jeder Kategorie.

Die Folgenabschätzungsmethodik für die Durchführung der Ökobilanz sollte klar beschrieben werden.

Die Folgenabschätzung wird vorzugsweise gemäß den ILCD-Empfehlungen (International Reference Life Cycle Data System) im ILCD-Handbuch [1] durchgeführt.

In Bezug auf das Treibhauspotenzial kann die Lebenszyklusfolgenabschätzung auf zwei Arten ausgedrückt werden:

- a) durch Quantifizierung der Auswirkungen auf die „CO₂-Äquivalenten“-Elemente, die als „mittlere Kategorie“ bezeichnet werden sollen, als mögliche direkte Auswirkungen auf die Umwelt;

- b) durch Quantifizierung der Auswirkungen bis zum Endschaden, den „Endkategorien“, wie z. B. Schäden für die menschliche Gesundheit, Umwelt, Ressourcenverbrauch.

Für jede andere Wirkungskategorie, die zur Bewertung der Auswirkung der Kabel-Ökobilanz herangezogen wird, können die gleichen zwei Ansätze verfolgt werden.

6.5 Interpretation

Die Interpretation der Ökobilanz muss beinhalten:

- a) eine Interpretation, die mit der Identifizierung wichtiger Sachverhalte beginnt;
- b) eine Beschreibung der Vollständigkeit (unter Berücksichtigung von Systemgrenzen und Ausschlusskriterien);
- c) Sensitivitäts- und Konsistenzprüfungen.

Das Ergebnis sollte unter Berücksichtigung des ursprünglichen Ziels der Studie interpretiert werden.

Wenn das Ziel der Studie der Vergleich zwischen alternativen Kabeln ist, sollte die Ergebnisinterpretation auf die Unterschiede der Kabel und nicht auf ihre gemeinsamen Eigenschaften ausgerichtet sein.

Wenn das Ziel der Studie darin besteht, die Haupteinflussfaktoren eines Kabels zu identifizieren, um sein Umweltdesign zu verbessern (z. B. was ist der am stärksten beeinträchtigende Rohstoff? Was ist der am stärksten beeinträchtigende Lebenszyklusschritt? Produktion, Nutzung oder andere? etc.), sollten die Schlussfolgerungen entsprechend gegliedert sein.

Dies bedeutet, dass sich eine überzeugende Ergebnisinterpretation auf die für das zu analysierende Produkt und für die Ziele der Ökobilanz relevanten Elemente konzentriert.

Aus diesem Grund ist die Interpretation auch eine Rückmeldung über die Qualität der durchgeführten Ökobilanz, da sie die Notwendigkeit einer Überprüfung der Studie vor der Veröffentlichung der endgültigen Ergebnisse aufzeigen kann, um mögliche signifikante Elemente einzubeziehen, welche zunächst nicht berücksichtigt wurden.

Die Interpretation sollte auch dazu dienen, die wichtigsten Schlussfolgerungen im Ökobilanz-Bericht zu identifizieren.

Tatsächlich werden die Ökobilanz-Ergebnisse (nach dem Schritt „Folgenabschätzung“) durch eine oder mehrere Zahlen und Diagramme dargestellt, die angeben, wie stark der Lebenszyklus des Kabels die Umwelt beeinflusst. Diese Zahlen sind für Nichtfachleute häufig nicht offensichtlich. Daher sollten sie in endgültige Schlussfolgerungen umgesetzt werden, indem sie durch den Schritt „Interpretation“ geführt werden. Natürlich sollten solche Schlussfolgerungen – um der Öffentlichkeit vermittelt zu werden – in Übereinstimmung mit dem grundlegenden Ziel der Studie definiert werden,

6.6 Einzel-Umweltindikator-Ansatz

In der Regel wird der Einzel-Umweltindikator durch Gewichtung der resultierenden Umweltauswirkungen (einer Ökobilanz) und deren Zusammenfassung ermittelt.

Der Gewichtungsprozess besteht darin, jede Umweltauswirkung zu gewichten, jedoch ist dieses Verfahren sowohl politisch als auch wissenschaftlich subjektiv (zum Beispiel, ist die stärkere Wichtung des Einflusses der „globalen Erwärmung“ gegenüber dem „Ozonabbau“ in gewissem Maße subjektiv).

Aus diesem Grund wird nicht empfohlen, einen einzigen Umweltindikator zu bewerten oder zu benennen, da der Vergleich einzelner Indikatoren zwischen Produkten zu begrenzten Schlussfolgerungen und zur Förderung von Produkten mit größeren Auswirkungen auf bestimmte Umweltfaktoren führen kann, die derzeit als weniger wichtig angesehen werden, jedoch möglicherweise zukünftig stärker gewichtet werden.

Wenn jedoch ein einziger Umweltindikator betrachtet und benannt werden soll, ist es notwendig, die globalen Umweltauswirkungen der Energiekabel zu bewerten, wobei einer vollständigen Ökobilanzmethodik, wie oben

beschrieben, gefolgt wird. Um eine gute Interpretationsanalyse durchzuführen ist zudem zu beachten, welche Bedeutung der einzelne Indikator hat. Dies führt zu einer besseren Kenntnis des Produktes und seiner Umweltauswirkungen und vermeidet möglicherweise falsche Schlussfolgerungen über die Verbesserung der Umweltbedingungen beim Vergleich zwischen Produkten.

Darüber hinaus müssen bei der Bewertung und Benennung eines Einzel-Umweltindikators alle Phasen des Lebenszyklus berücksichtigt werden, um eine Übertragung der Daten zur Umweltverschmutzung zwischen den Phasen zu vermeiden.

Beim Vergleich von Produkten sollte mindestens der Gesamtlebenszyklus und nicht nur eine bestimmte Lebensphase verglichen werden.

Schließlich sollte bei der Benennung eines Einzel-Umweltindikators ein Unternehmen bestmöglich eine Irreführung der Öffentlichkeit oder der Kunden vermeiden

7 Umwelt- und Energiekosten basierte Leitergrößenoptimierung – ECSO

7.1 Anwendungsbereich

Die auf den Umwelt- und Energiekosten basierende Leitergrößenoptimierung berücksichtigt die Kosten der Kabel-Lebenszyklen und die Reduzierung der Stromverlustkosten während der Nutzungsphase und die damit verbundenen CO₂-Kosten im Vergleich zur konventionellen Dimensionierung hochbelasteter Kabel mit erheblichen Energieverlusten.

ECSO berücksichtigt ausdrücklich folgende Punkte:

- Anfangsinvestitionskosten einschließlich Herstellungs-, Transport-, Installations- und Entsorgungskosten;
- Kosten für den CO₂-Ausstoß bei Herstellung, Transport und Installation sowie Entsorgung;
- Kosten für Joule-Verluste während der erwarteten Lebensdauer;
- Kosten für CO₂-Emissionen während der erwarteten Lebensdauer.

ANMERKUNG Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Dokuments spiegeln die Kosten für CO₂-Emissionen die Umweltauswirkungen dieser Emissionen möglicherweise nicht angemessen wider. Es wird empfohlen, dass der Kunde die Kosten für CO₂- und Joule-Verluste, die vom Hersteller bei der Durchführung der ECSO-Analyse berücksichtigt werden, zur Verfügung stellt.

Diese Methode beinhaltet keine Bewertung der Umweltauswirkungen, sie kann zusätzlich zur Checkliste oder dem Ökobilanz-Ansatz verwendet werden.

Der optimale Strombereich wird von vielen variablen Faktoren beeinflusst. Zu den Faktoren, die für die Berechnung des optimalen Stroms verwendet werden, gehören beispielsweise der Preis des Leitermaterials, die Kabelverlegekosten, die Lebensdauer, der Lastfaktor, die Betriebstage, die Stromgebühr. Sie unterscheiden sich zwischen unterschiedlichen Ländern/Regionen und können zeitlich variieren. Entsprechend müssen die Faktoren sorgfältig bestimmt werden.

7.2 Grundregeln

ECSO ist die Optimierung der Leitergröße, so dass die Gesamtkosten CT (weitgehend Kosten auf der Grundlage der IEC 60287-3-2 sowie Umwandlungskosten der CO₂-Emissionen während der gesamten Lebensdauer des Kabels) minimiert werden.

Die potenzielle Rendite/Nutzen (Schrott-Wert) durch Recycling von Leitermaterial ist ebenfalls angemessen zu berücksichtigen. Je nach örtlicher Situation kann dies bei der Berechnung der Anfangskosten berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, dass der Kunde die Schrottwerte für recyceltes Leitermaterial zur Verfügung stellt, die vom Hersteller bei der Durchführung der ECSO-Analyse zu berücksichtigen sind. Bild 2 zeigt die Gesamtkosten für

eine bestimmte Strombelastung und verdeutlicht, dass sich die Kosten bei einer herkömmlichen Größe von denen bei einer optimierten Größe unterscheiden können. Abhängig vom Spannungsbereich können bei der herkömmlichen Größenauslegung Faktoren wie maximale Strombelastung (maximale Leitertemperatur), Spannungsabfall, Schutzrichtungen etc. berücksichtigt werden.

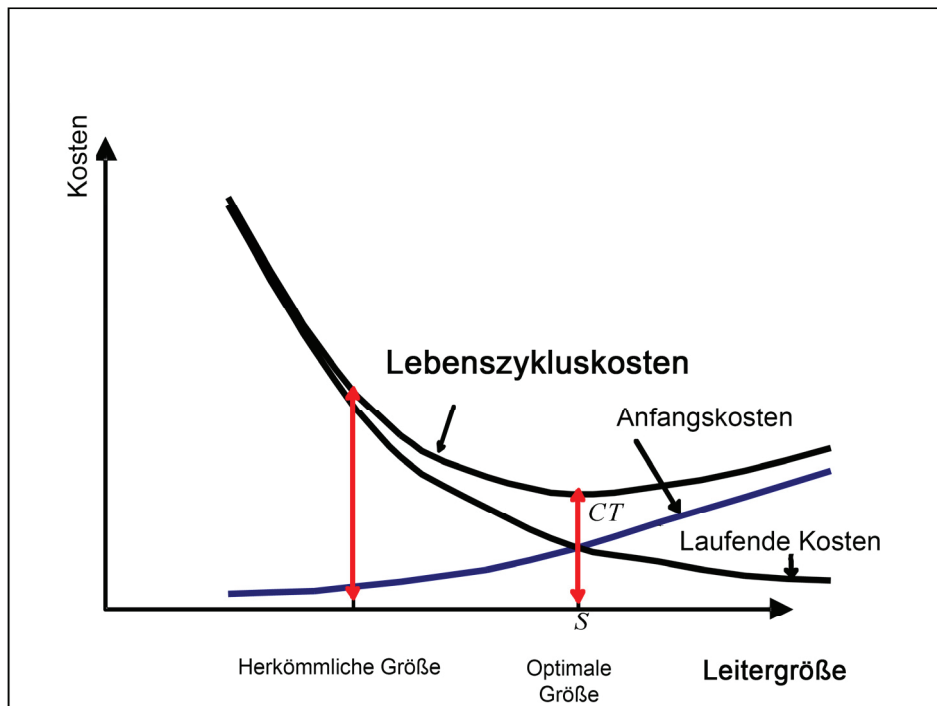


Bild 2 – Lebenszykluskosten für Leitergrößen für eine bestimmte Stromstärke

Der optimale Strombereich (I_{lower} bis I_{upper}) für eine bestimmte Leitergröße S, so dass die Gesamtkosten $CT = (\text{Anfangskosten} + \text{Betriebskosten})$ minimal werden können, entspricht Bild 3 und wird nach den Gleichungen in 7.5.5 berechnet. (Hier umfassen die Lebenszykluskosten die Kosten der umgesetzten CO_2 -Emission während der gesamten Lebensdauer des Kabels).

I_{lower} kann durch Lösen der Gleichung für den Schnittpunkt zwischen den Lebenszykluskosten und jeweils der Leitergröße S1 und der Leitergröße S bestimmt werden. Auf die gleiche Weise kann I_{upper} durch Lösen der Gleichung für den Schnittpunkt zwischen den Lebenszykluskosten und jeweils der Leitergröße S und der Leitergröße S2 bestimmt werden.

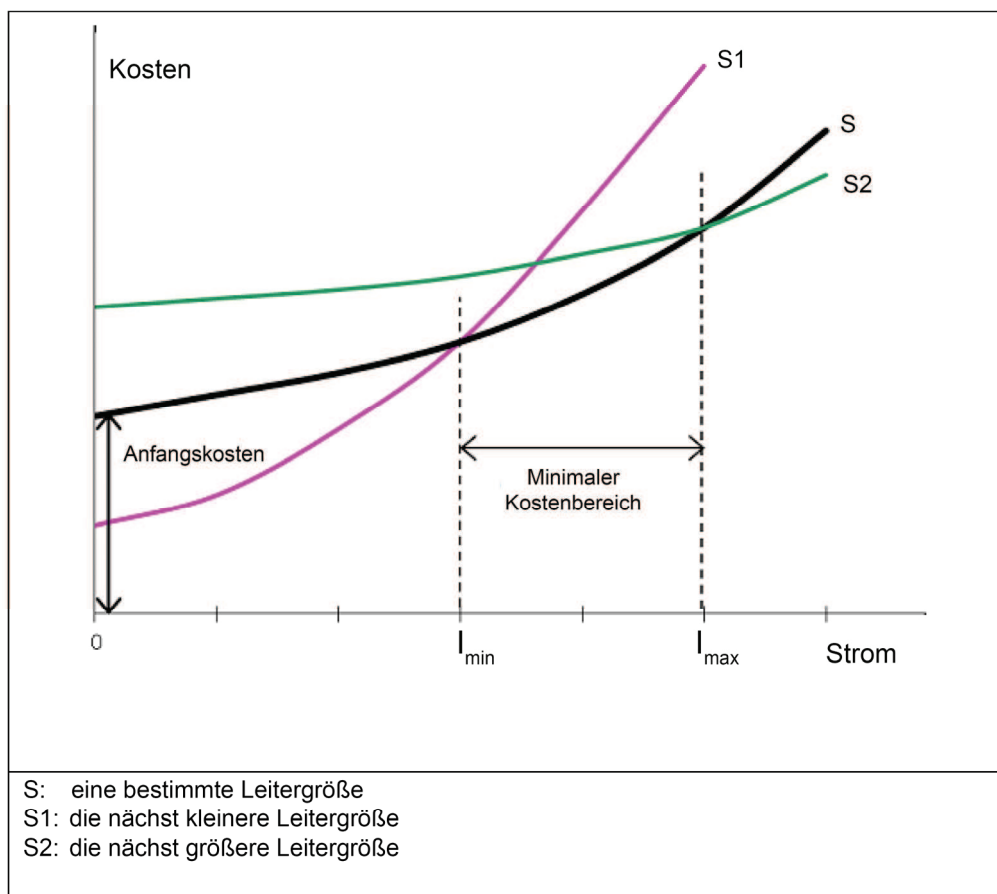


Bild 3 – Optimaler Strombereich zur Minimierung der Lebenszykluskosten

$$CT = CI + CI(CO_2) + CJ + CJ(CO_2) \quad (1)$$

7.3 Faktoren

Wie in 7.1 und 7.2 beschrieben, wird der optimale Strombereich durch viele variable Faktoren beeinflusst. Zu den Faktoren, die für die Berechnung des optimalen Stroms verwendet werden, gehören beispielsweise der Preis des Leitermaterials, die Kabelverlegekosten, die Lebensdauer, der Lastfaktor, die Betriebstage, die Stromgebühr. Sie unterscheiden sich von zwischen unterschiedlichen Ländern/Regionen und können zeitlich variieren. Entsprechend müssen die Faktoren sorgfältig bestimmt werden.

7.4 CO₂-Bewertung

7.4.1 Allgemeines

Die CO₂-Emissionen während der gesamten Lebensdauer des Kabels umfassen alle Emissionen in jedem Lebenszyklus (Rohmaterialien, Kabelherstellung, Transport, Installation, Verwendung, Ausbau und Entsorgung).

7.4.2 CO₂-Emissionen bei Herstellung, Transport, Installation und Entsorgung

Die CO₂-Emissionen bei der Herstellung, dem Transport, der Installation und der endgültigen Entsorgung jedes Kabels sind unter Verwendung der Ökobilanz-Methode nach Abschnitt 6 oder unter Verwendung öffentlich verfügbarer Bestandsdaten zu berechnen.