

PROSA Kurzstudie Personenaufzüge

Entwicklung der Vergabekriterien für ein
klimaschutzbezogenes Umweltzeichen

Studie im Rahmen des Projekts
„Top 100 – Umweltzeichen für klima-
relevante Produkte“

Freiburg, 19.09.2011

Autoren:

Markus Blepp

Maurice Marquardt

Dr. Dietlinde Quack

Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg, Deutschland

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg

Tel. +49 (0) 761 – 4 52 95-0

Fax +49 (0) 761 – 4 52 95-88

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt, Deutschland

Tel. +49 (0) 6151 – 81 91-0

Fax +49 (0) 6151 – 81 91-33

Büro Berlin

Schicklerstr. 5-7
10179 Berlin, Deutschland

Tel. +49 (0) 30 – 40 50 85-0

Fax +49 (0) 30 – 40 50 85-388

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



**DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Produktdefinition	2
2.1	Allgemeine Definition eines Aufzugs	2
2.2	Definition eines Personenaufzugs	3
2.3	Aufzugsarten	4
2.3.1	Seilaufzüge	4
2.3.2	Hydraulikaufzüge	4
3	Markt und Umfeldanalyse	7
3.1	Marktübersicht	7
3.1.1	Marktdaten	7
3.1.2	Hersteller	9
3.1.3	Verbände und sonstige Stakeholder	10
3.2	Trends	10
3.2.1	Markttrends	10
3.2.2	Technologietrends	11
3.2.3	Verwendete Materialien.	12
3.2.4	Fahrkorbbeleuchtung	13
3.3	Energieverbrauch	14
3.3.1	Hintergrund	14
3.3.2	VDI-Richtlinie 4707 Blatt 1	16
	Nutzungskategorie	16
	Standby Verbrauch	18
	Energieverbrauch während der Fahrt	18
	Ermittlung des spezifischen Gesamtenergiebedarfs	20
	Messungen	22
3.3.3	Abgleich Marktübersicht mit 4707 Blatt 1	23
3.3.4	Mögliche Ansatzpunkte zur Energieeinsparung	24
3.4	Normen, Gesetze und Kennzeichnungen für Aufzüge	25
3.4.1	Normen und Gesetze	25
3.4.2	CE-Kennzeichnung	26
3.4.3	Nachhaltigkeitsbetrachtungen	27
3.5	Nutzenanalyse	28
3.5.1	Gebrauchsnutzen	28

3.5.2	Symbolischer Nutzen	29
3.5.3	Gesellschaftlicher Nutzen	30
3.5.4	Zusammenfassung der Nutzenanalyse	30
4	Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung	31
4.1	Ökobilanz	31
4.1.1	Datengrundlage	32
4.1.2	Systemgrenzen	32
	Herstellung	32
	Nutzung	33
4.1.3	Betrachtete Wirkungskategorien	35
4.2	Lebenszykluskostenanalyse	37
4.2.1	Anschaffungskosten	38
4.2.2	Stromkosten	38
4.2.3	Instandhaltungskosten	40
4.2.4	Entsorgungskosten	40
4.2.5	Ergebnis der Lebenszykluskostenanalyse	40
5	Gesamtbewertung und Ableitung für ein Umweltzeichen für Personenaufzüge	42
5.1	Geltungsbereich	42
5.2	Energieverbrauch	42
5.2.1	Gesamtenergiebedarf	43
5.3	Anforderungen an Komponenten und Konstruktionen	43
5.3.1	Reparaturfähigkeit	43
5.3.2	Recyclinggerechte Konstruktion	43
5.4	Fahrkorbbeleuchtung	44
5.5	Anforderungen an Informationsanzeigen und Bedienelemente	44
5.6	Gegengewichtsanlage	45
5.7	Geräuschemission	45
5.8	Betreiberinformationen	45
5.9	Akkreditierte Labore	45
6	Literatur	46
7	Anhang	49
7.1	Anhang I: Wirkungskategorien der Life Cycle Analysis	49
7.1.1	Treibhauspotential	49
7.1.2	Versauerungspotential (AP)	49
7.1.3	Aquatisches und terrestrisches Eutrophierungspotential (EP)	50
7.1.4	Photochemische Oxidantienbildung	51

7.2	Anhang II: Jährliche Kosten für alle gerechneten Aufzugbeispiele	52
7.3	Anhang III: Mögliche Vergabekriterien für ein Umweltzeichen	54

1 Einleitung

Die vorliegende Untersuchung zu Personenaufzügen ist Teil eines mehrjährigen Forschungsvorhabens, bei der die aus Klimasicht 100 wichtigsten Produkte im Hinblick auf ökologische Optimierungen und Kosteneinsparungen analysiert werden.

Auf Basis dieser Analysen können Empfehlungen für verschiedene Umsetzungsbereiche erteilt werden:

- für die freiwillige Umweltkennzeichnung von Produkten (z.B. das Umweltzeichen Blauer Engel, für das europäische Umweltzeichen, für Marktübersichten wie www.topten.info und www.ecotopten.de oder für Umwelt-Rankings wie etwa die Auto-Umweltliste des VCD),
- für Verbraucherinformationen zum Kauf und Gebrauch klimarelevanter Produkte (einsetzbar bei der Verbraucher- und Umweltberatung von Verbraucherzentralen, Umweltorganisationen und Umweltportalen),
- für Anforderungen an neue Produktgruppen bei der Ökodesign-Richtlinie und für Best-Produkte bei Förderprogrammen für Produkte,
- für produktbezogene Innovationen bei den Unternehmen.

Methodische Vorgehensweise

Für die Ableitung von Vergabekriterien für das Umweltzeichen wird gemäß der Norm Umweltkennzeichnungen und -deklarationen (Umweltkennzeichnung Typ I) – Grundsätze und Verfahren DIN EN ISO 14024 geprüft, welche Umweltauswirkungen für die potenzielle Vergabe eines Klimaschutz-Umweltzeichens relevant sind – neben Energieverbrauch und Treibhauseffekt kommen also auch andere Umweltauswirkungen wie Ressourcenverbrauch, Eutrophierungspotenzial, Lärm, Toxizität, etc. in Betracht.

Methodisch wird die Analyse mit der Methode PROSA – Product Sustainability Assessment¹ durchgeführt (Abbildung 1). PROSA umfasst mit der Markt- und Umfeld-Analyse, Ökobilanz, der Lebenszykluskostenrechnung und der Benefit-Analyse die zur Ableitung der Vergabekriterien erforderlichen Teil-Methoden und ermöglicht eine integrative Bearbeitung und Bewertung.

Eine Sozialbilanz wird nicht durchgeführt, weil soziale Aspekte z.B. bei der Herstellung der Produkte beim Umweltzeichen bisher nicht oder nicht gleichrangig einbezogen werden.

¹ Grießhammer, R.; Buchert, M.; Gensch, C.-O.; Hochfeld, C.; Manhart, A.; Rüdener, I.; in Zusammenarbeit mit Ebinger, F.; Produkt-Nachhaltigkeits-Analyse (PROSA) – Methodenentwicklung und Diffusion; Freiburg, Darmstadt, Berlin 2007

Eventuelle Hinweise auf soziale Hot-Spots würden sich allerdings auch aus der Markt- und Umfeld-Analyse ergeben.

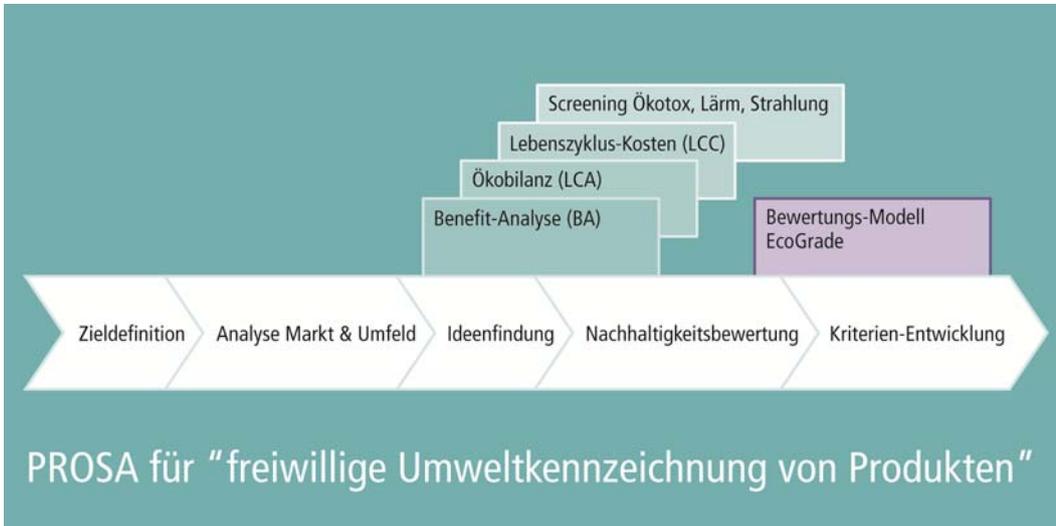


Abbildung 1 Die Grundstruktur von PROSA

2 Produktdefinition

2.1 Allgemeine Definition eines Aufzugs

Im Sinne der europäischen Aufzugsrichtlinie (95/16/EG)² gilt als Aufzug ein Hebezeug, das zwischen festgelegten Ebenen mittels eines Fahrkorbes verkehrt, der

- zur Personenbeförderung,
- zur Personen- und Güterbeförderung,
- nur zur Güterbeförderung – sofern der Fahrkorb betretbar ist (d.h. wenn eine Person ohne Schwierigkeit in den Fahrkorb einsteigen kann) und über Steuereinrichtungen verfügt, die im Innern des Fahrkorbes oder in Reichweite einer dort befindlichen Person angeordnet sind,

bestimmt ist und an starren Führungen entlang fortbewegt wird, die gegenüber der Horizontalen um mehr als 15 Grad geneigt sind.

² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31995L0016:DE:HTML>

Aufzüge, die nicht an starren Führungen entlang, aber nach einem räumlich vollständig festgelegten Fahrverlauf fortbewegt werden, fallen ebenfalls in den Anwendungsbereich dieser Richtlinie (z.B. Aufzüge mit Scherenhubwerk)

Eine Aufzugsanlage besteht aus einer Vielzahl von einzelnen Komponenten, die sich in folgende Hauptbestandteile einteilen lassen: Fahrkorb, Antrieb, Steuerung, Türen, Schachthanlage, Sicherheitsbauteile.

2.2 Definition eines Personenaufzugs

Eine allgemein gültige Definition für Personenaufzüge ist nicht vorzufinden. Auf Webseiten von Aufzugsherstellern wird der Personenaufzug allerdings des Öfteren als eine Produktgruppe ausgewiesen. Demnach ist ein Personenaufzug ein Aufzug, der vorwiegend zur Beförderung von Personen (aber auch Lasten) bestimmt ist. Die meisten der in Deutschland eingesetzten Aufzüge, darunter auch Glasaufzüge und Panoramaaufzüge, sind Personenaufzüge. Die maximale Anzahl von Personen, die in einem Fahrkorb befördert werden dürfen, wird zum einem durch die Fläche des Fahrkorbes begrenzt. Zum anderen durch die Nutzlast, deren Angabe im Fahrkorb durch ein Tragkraftschild erfolgt, z.B. 630 kg oder 8 Personen³ (berücksichtigt ein mittleres Normgewicht von 75 kg⁴ pro Person bei Gedrängelast)

Je nach Einsatzbereich sind bei der Festlegung der erforderlichen Fahrkorbgröße von Personenaufzügen auch andere Gesichtspunkte zu berücksichtigen wie z.B.:

- eine für Rollstühle geeignete Größe,
- eine Fahrkorbgröße entsprechend der erforderlichen Förderleistung,
- eine geeignete Größe für den Transport von Kinderwagen einschließlich Begleitpersonen,
- eine geeignete Größe für den Transport von Krankentragen (dies ist ab einer bestimmten Geschossanzahl nach Landesbauordnung vorgeschrieben),
- eine geeignete Größe für das Mitnehmen von Gepäckstücken, Gepäckwagen, Einkaufswagen,
- ein geeignetes Verhältnis von Fahrkorbbreite und Fahrkorbtiefe.

³ http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Aufzuege-und-Fahrtreppen_Personenaufzug_149024.html

⁴ Aufgrund fehlender anderer Sicherheitseinrichtungen zum Schutz von Personen gegen Gefahren, welche aus einer Überladung des Fahrkorbes (Lastträgers) resultieren, wird von vielen Herstellern die Nutzlast nach EN 81-1/2 viel höher angesetzt als sie für den Betrieb benötigt wäre. Dadurch fällt insbesondere bei Seilaufzügen der Energieverbrauch höher aus als notwendig (OSMA 2011)

2.3 Aufzugsarten

2.3.1 Seilaufzüge

Bei Seil- oder Treibscheibenaufzügen sind Fahrkorb und Gegengewicht über Trageseile verbunden. Die Seile werden über eine Treibscheibe meist mit Umlenkrollen über verschiedene Aufhängungsarten⁵ geführt und mittels Reibung gehalten und auf diese Weise nach oben bzw. nach unten bewegt. Durch eine spezielle Rillengeometrie in der Auflagefläche der Treibscheibe kann die Seilreibung vergrößert und eine bessere Treibfähigkeit erreicht werden. Als Tragmittel werden Stahlseile bzw. beschichtete Stahlseile verschiedener Ausführungen verwendet. Seit Kurzem verwenden einige Hersteller (Schindler 2011a) aber auch beschichtete Stahlseile mit einem Polyurethanmantel um Gewicht einzusparen.

Mittels einer Antriebsmaschine wird die Treibscheibe in Bewegung gebracht. Man unterscheidet in getriebelose und Seilaufzüge mit Getriebe. Bei der letzten genannten Antriebsart wird zwischen Motor und Treibscheibe ein Getriebe gesetzt. Der Einsatz eines Getriebes bietet den Vorteil, dass die Motorleistung geringer dimensioniert werden kann. Getriebelose Seilaufzüge finden in der Hauptsache für schnell fahrende Aufzüge Anwendung. Bei dieser Art von Aufzügen entfällt das Getriebe zwischen Antriebsmotor und Treibscheibe. Die Treibscheibe wird direkt auf die Motorwelle montiert.

Das Gegengewicht dient zum Ausgleich der Fahrkorbmasse und bei den Standardseil-aufzügen der halben Nutzlast. Somit ist in den meisten Fällen bei Treibscheiben maximal die halbe Nutzlast vom Antrieb zu bewegen.

Weiterhin gibt es Seilaufzüge mit und ohne Maschinenraum (auch Triebwerkraum genannt). Ist ein Maschinenraum vorhanden, befinden sich Antriebsmaschine, Steuerung, Regelung und andere Komponenten in der Regel über dem Schachtkorb, am Schachtfuß oder ggf. auch unmittelbar neben dem Schacht. Bei Seilaufzügen ohne Triebwerksraum werden alle erforderlichen Komponenten im Schacht angeordnet.

2.3.2 Hydraulikaufzüge

Ein Hydraulikaufzug ist ein Aufzug, bei dem die Hubarbeit durch eine elektrisch angetriebene Pumpe geleistet wird, die meist Hydrauliköl (Ausführung auch mit Bioöl⁶ möglich) einem direkt oder indirekt mit dem Fahrkorb verbundenen Heber zuführt. Es können auch mehrere Motoren, Pumpen oder Heber verwendet sein. Man unterscheidet in

- **Direkt angetriebener Aufzug:** Hydraulischer Aufzug, dessen Kolben oder Zylinder über eine pumpgesteuerte Hydraulikleitung mit dem Antriebsaggregat direkt mit dem

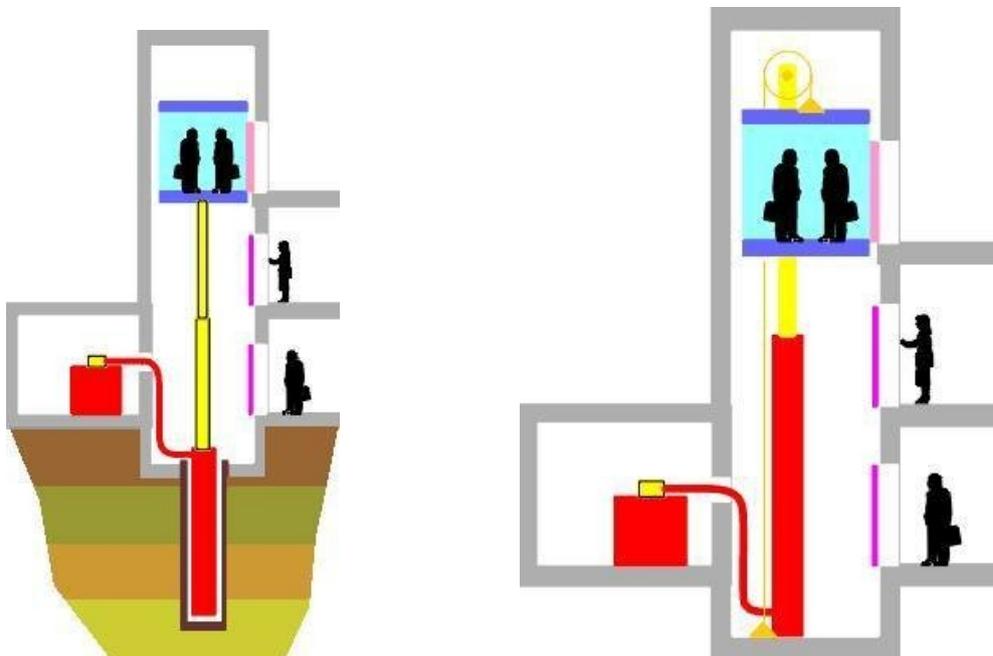
⁵ Häufigste Aufhängungsarten sind die 1:1 Aufhängung und 2:1 Aufhängung. Weitere mögliche Aufhängungen sind 4:1 und 6:1. Sie finden jedoch seltener, und fast nur bei Lastenaufzügen Anwendung.

⁶ <http://www.p-s-aufzuege.de/files/blau%20gmv.pdf>

Fahrkorb oder dessen Rahmen verbunden sind. Der Kolben oder Zylinder drückt den Fahrkorb nach oben. Durch Öffnen eines Ventils fährt der Fahrkorb durch das Eigengewicht abwärts. Das im Heber befindliche Öl wird dabei in den Ölbehälter zurückgedrückt (siehe auch Abbildung 2).

- **Indirekt angetriebener Aufzug:** Hydraulischer Aufzug, bei dem Kolben oder Zylinder nicht direkt auf den Fahrkorb oder seinem Rahmen wirken, sondern über Tragmittel wie Seile oder Ketten verbunden sind.

Bei hydraulischen Anlagen fehlt in der Regel ein Gegengewicht, wodurch hier die gesamte Masse der Kabine (Eigengewicht und Nutzlast) angehoben werden muss.



(Quelle: Baunetz Wissen⁷)

Abbildung 2 Darstellung eines Aufzuges mit direkt angetriebener Hydraulik (links im Bild) und mit indirekt angetriebener Hydraulik (rechts im Bild)

Die Entscheidung, ob ein Hydraulik- oder ein Seilzug eingesetzt wird, ist in erster Linie von der Einsatzart (Gebäudetyp, Nutzungshäufigkeit etc.) und der Förderhöhe abhängig. Doch auch Faktoren wie Wartungsfreundlichkeit und Servicemöglichkeiten sollten aus Sicherheitsgründen und wirtschaftlichen Aspekten stets mit in Betracht gezogen werden. In der unten stehenden Tabelle werden für beide Aufzugsarten die wesentlichen Vor- und Nachteile beschrieben. Jedoch können für Personenaufzüge in Bezug auf die Entscheidung

⁷ http://www.baunetzwissen.de/glossarbegriffe/Aufzuege-und-Fahrtreppen_Hydraulischer-Aufzug_45311.html?bid=35635&index=H

Seil- oder Hydraulikaufzug die Vor- und Nachteile hiervon individuell abweichen und es wird durch Planer in jedem Einzelfall im Vorfeld geprüft, welcher Aufzugstyp besser zu der voraussichtlichen Nutzung des Gebäudes passt.

Tabelle 1 Vor- und Nachteile von Seil und Hydraulikaufzüge

Aufzugsart	Vorteile	Nachteile
Seilaufzüge	<ul style="list-style-type: none"> • Große Förderhöhen möglich (A+S 2011) • Hohe Fahrgeschwindigkeiten möglich, > 10 m/s (A+S 2011) • Hohe Förderleistung durch schnelles Beschleunigen und direktes Einfahren in eine Haltestelle (Baunetzwissen 2011) • Geringe Gesamtenergiekosten bei hoher Nutzungsfrequenz (Baunetzwissen 2011) • Keine bzw. nur geringe Mengen an Betriebsstoffen erforderlich und somit auch geringe Entsorgungsprobleme (Baunetzwissen 2011) 	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenzte Möglichkeiten der Triebwerksraumanordnung (nicht bei Aufzügen ohne Maschinenraum) • Höherer Schachtkopf erforderlich – wegen der vorgeschriebenen Überfahrt und der meist höheren Geschwindigkeit. (Baunetzwissen 2011) • Höhere Anschaffungskosten im Vergleich zu Hydraulikaufzügen (allerdings nur bis zu einer bestimmten Förderhöhe (A+S 2011 und (Baunetzwissen 2011)) • Meistens höherer Standby-Verbrauch als bei einem Hydraulikaufzug (allerdings nur bei geringer Nutzungsfrequenz)
Hydraulikaufzüge	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Kleinanwendungen meist geringere Anschaffungskosten gegenüber Seilaufzüge (Oildinamic 2004) • Hydraulikaufzüge bestehen aus weniger Bauteilen als Seilaufzüge und besitzen eine einfachere, leicht austauschbare Technik • In den meisten Fällen geringere Betriebs- sowie Instandhaltungskosten als bei Seilaufzügen • Oft Komponenten mit höherer Lebensdauer sowie günstigere Ersatzteile als Seilaufzüge (A+S 2011) • Variable Anordnung des Triebwerkraumes möglich – Raumflexibilität. (Baunetzwissen 2011)) • Kleinerer Schachtkopf erforderlich (Besserer Einsatz in Flachgebäuden) 	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenzte Förderhöhe (indirekt angetriebene etwas größere Förderhöhe als direkt angetriebene Hydraulikaufzüge) (Baunetzwissen 2011) • Ständige „Nachregulierung“ (VMA 2011) • Zusätzlich anfallende Entsorgungskosten bei Hydraulikölwechsel (Baunetzwissen 2011) • Schlechter Gesamtwirkungsgrad der Anlage (Baunetzwissen 2011) • Geringere Fahrgeschwindigkeiten als bei Seilaufzügen möglich, damit auch weniger Förderleistung • Stärkere Einfederung bei Be-/Entladung in oberen Haltestellen (nur bei indirekten Hydraulikaufzügen)

3 Markt und Umfeldanalyse

3.1 Marktübersicht

3.1.1 Marktdaten

Die Aufzüge werden in der amtlichen Statistik dem Maschinenbau zugeordnet und gehören zu den langlebigen Investitionsgütern. Die Kaufentscheidung für einen Aufzug obliegt vor allem dem gewerblichen Kunden wie z.B. dem Generalunternehmer, Architekt, Fachplaner, Investor oder dem Bauherrn selber.

Die Aufzugsbranche ist ein bedeutender Wirtschaftszweig in Deutschland. Sie umfasst den Neuanlagenbau, die Modernisierung sowie die Montage, den Service und die Reparatur von Aufzügen⁸. Die Aufzugsbranche ist im Wesentlichen abhängig von der aktuellen Lage der Baukonjunktur. Bei anziehender Baukonjunktur und bei steigenden Auftragseingängen im Wohnungs- und Wirtschaftsbau entwickelt sich in der Regel auch die Aufzugsbranche positiv. Laut des VDMA-Fachverbandes Aufzüge und Fahrtreppen hat die Branche auch die Wirtschaftskrise gut überstanden und verzeichnet seit 2006 ein Wachstum. Der Jahresumsatz liegt derzeit bei mehr als 2 Mrd. Euro, wovon der größte Anteil auf den Aufzugsbau – inkl. Serviceanteil – fällt⁹. In Deutschland gibt es etwa 800 Unternehmen und zwischen 17.000 und 18.000 Beschäftigte, die im Bereich der Aufzüge und Fahrtreppen tätig sind (IMU-Institut 2007). Insgesamt sind in Deutschland ca. 690.000 Aufzugsanlagen (VFA 2011) in Betrieb und jährlich kommen ca. 12.000 Neuanlagen hinzu, dies entspricht ca. 2% des derzeitigen Anlagenbestandes. Die Aufzüge werden zu 50% im Wohnungsbau und zu ca. 40% im Wirtschaftsbau (z.B. Bürogebäude, Kaufhaus, Parkhaus, Hotel, Schule, Universität) eingebaut (VDMA 2011c). Der Bestand ändert sich durch Neubau, Austausch und Modernisierung¹⁰ ständig. Große Potenziale werden insbesondere bei der Modernisierung und Nachrüstung von Altanlagen gesehen sowie durch den allgemeinen Trend hinsichtlich der städtebauliche Ausrichtung auf Metropolregionen.

In der folgenden Tabelle sind die Daten der letzten beiden Jahre zu installierten Neuanlagen für den deutschen Absatzmarkt in der Aufzugsbranche dargestellt. Diese Daten decken ca. 80% Prozent des deutschen Absatzmarktes ab (VDMA 2011a).

⁸ Am Gesamtmarkt haben auch die Fahrtreppen einen erheblichen Anteil

⁹ http://www.vdma.org/wps/portal/Home/de/Verband/VDMA_Presse/Pressemitteilungen/komm_A_20110117_BD_PI_Aufzuege?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/vdma/Home/de/Verband/VDMA_Presse/Pressemitteilungen/komm_A_20110117_BD_PI_Aufzuege

¹⁰ Jährlich werden ca. 1-2% der Altanlagen modernisiert, Ab 2012 ist jedoch mit einem zunehmenden Bedarf zu rechnen (VmA 2011)

Tabelle 2 Marktdaten Deutschland Aufzugsbranche (Quelle: VDMA 2011a)

	2008	2009
Aufzüge insgesamt, in Stück	12 202	12 114
Marktwert in 1000 €	557 377	562 474
Stückpreis in € ¹¹	45 679	46 431
Seilaufzüge, in Stück und prozentualer Anteil	11 137 (91%)	11 106 (91%)
Marktwert in 1000 €	511 352	518 733
Stückpreis in €	45 914	46 707
Hydraulikaufzüge, in Stück und prozentualer Anteil	1 065 (9%)	1 008 (9%)
Marktwert in 1000 €	46 025	43 741
Stückpreis in €	43 215	43 393

Das Statistische Bundesamt unterteilt die Gruppe der Aufzüge und Fahrtreppen über die in obiger Tabelle der VDMA-Daten dargestellten hinaus in weitere Aufzugsarten. Die in der folgenden Tabelle aufgezeigten Produktionsdaten entsprechen den hierarchisch aufgebauten Bezeichnungen für die Güterarten des Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken aus dem Jahr 2008 und 2009.

Tabelle 3 Marktdaten für Aufzüge in den Jahren 2008 und 2009 (Quelle: Stat. Bundesamt 2011)

Güterart	2008	2009	Anzahl der Unternehmen
Personenaufzüge mit einer Geschwindigkeit von weniger als 1,6 m/s, in Stück	9 344	8 277	31
Marktwert in 1000 €	271 128	242 728	
Stückpreis in €	29 016	29 325	
Personenaufzüge mit einer Geschwindigkeit von 1,6 m/s oder mehr, in Stück	756	938	8
Marktwert in 1000 €	92 272	86 432	
Stückpreis in €	122 052	92 144	
Hydraulische Personenaufzüge mit einer Tragkraft bis 630 kg, in Stück	440	361	19
Marktwert in 1000 €	15 917	13 824	
Stückpreis in €	36 175	38 294	
Hydraulische Personenaufzüge mit einer Tragkraft über 630 kg, in Stück	399	395	20
Marktwert in 1000 €	18 913	19 534	
Stückpreis in €	47 401	49 453	
Hydraulische Lastenaufzüge mit einer Tragkraft bis 2500 kg, in Stück	272	273	14

¹¹ Eigene Berechnung: Marktwert geteilt durch die Anzahl der Aufzüge

Güterart	2008	2009	Anzahl der Unternehmen
Marktwert in 1000 €	11 492	12 061	
Stückpreis in €	42 250	44 179	
Andere Personen- und Lastenaufzüge, in Stück	9 594	6 524	27
Marktwert in 1000 €	262 243	155 044	
Stückpreis in €	27 334	23 765	

Auffallend ist bei der Quelle des Statistischen Bundesamtes, dass die Gesamtzahl der jährlich produzierten Aufzüge mit ca. 21.000 Anlagen deutlich über den Angaben des VDMA liegt.

3.1.2 Hersteller

Die Mehrzahl der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) der Aufzugsbranche ist im Aufzugsbau tätig und ist häufig in einer Marktnische platziert. Neben ihrer regionalen Stärke ist ihre Flexibilität durch Individualanfertigungen und Kundennähe hervorzuheben. Laut IMU-Institut (IMU-Institut 2007) haben die KMU's einen Marktanteil von ca. 40% am Gesamtumsatz. Aufgrund ihrer Größe sind bei den KMU die „großen Mittelständler“ Schmitt & Sohn AG (Nürnberg) sowie OSMA (Osnabrück) hervorzuheben.

Branchenführer sind nicht nur in Deutschland sondern auch weltweit Kone, Otis, Schindler und ThyssenKrupp Elevator mit ihren Beteiligungsgesellschaften. Sie bieten sowohl Aufzüge als auch Fahrtreppen an, daneben gibt es nur noch wenige Unternehmen, die bei beiden Produktgruppen aktiv sind. Neben der Kernbranche Aufzugsanlagen und Fahrtreppen gehören zum Branchenumfeld die Hersteller und Anbieter von Komponenten für Aufzüge und Fahrtreppen sowie die rein im Montage- oder Servicebereich tätigen Kleinstunternehmen.

Nicht alle Aufzugshersteller bieten sowohl Seil- als auch Hydraulikaufzüge an, was eventuell hinsichtlich der Produktwahl zu Interessenkonflikten führen kann.

Der Wettbewerbsdruck, unter dem die Branche Aufzüge und Fahrtreppen auf internationaler und nationaler Ebene steht, ist erheblich. Aggressive Wettbewerbsstrategien und ein harter Preiswettbewerb führten in den letzten Jahren zu einem starken Preisverfall in den drei hauptsächlichen Geschäftsfeldern der Unternehmen: bei Neuanlagen, bei der Modernisierung und inzwischen auch bei der Instandhaltung (IMU-Institut 2007).

Internationalisierte Fertigungskonzepte haben beim Aufzugsbau dazu geführt, dass in Deutschland nur noch an wenigen Standorten Aufzüge produziert werden (IMU-Institut 2007). Darunter im ThyssenKrupp Aufzugswerk in Neuhausen bei Stuttgart sowie in den Werken der beiden großen Mittelständler OSMA in Osnabrück und Schmitt & Sohn in Nürnberg.

3.1.3 Verbände und sonstige Stakeholder

Auf Unternehmerseite sind vor allem drei Verbände in Deutschland wichtig, die sich speziell als Wirtschaftsverbände und Interessenvertreter der Branche Aufzüge und Fahrtreppen aufgestellt haben:

- Der Fachverband Aufzüge und Fahrtreppen¹² innerhalb des VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) versteht sich als Interessenvertretung und Plattform der deutschen Aufzugs-, Fahrtreppen- und Komponentenindustrie mit ca. 65 Mitgliedern aller Unternehmensgrößen. Er repräsentiert etwa 80% des Branchenumsatzes bei Aufzugsanlagen. Darüber hinaus bietet er sowohl branchenübergreifende als auch branchenbezogene Aus-, Weiter- und Fortbildung an und führt die aufzugsrelevanten Ausschüsse im deutschen Institut für Normung e.V.-DIN.
- Der VFA Interlift¹³ (Verband für Aufzugstechnik e.V.) vertritt die Interessen des Mittelstandes der Aufzugsbranche und hat ca. 140 Mitglieder. Er ist Träger der weltgrößten Aufzugsmesse Interlift und bietet darüber hinaus branchenbezogene Weiterbildung an.
- Die VmA¹⁴ (Vereinigung mittelständischer Aufzugsunternehmen e.V.) versteht sich als Partner für Aufzugsbauer, Architekten, Fachplaner, Instandhaltungsfirmen, Bauherren und Betreiber.).

Auf europäischer Ebene werden die Interessen von der ELA (European Lift Association)¹⁵ mit seinen Mitgliedsorganisationen aus den verschiedenen EU Ländern vertreten.

3.2 Trends

3.2.1 Markttrends

Das Innovationsgeschehen ist stark an europäische und nationale Rechtsvorgaben gekoppelt. Seit einigen Jahren befindet sich die Aufzugsbranche in einem technologischen Umbruch, der nach Inkrafttreten der europäischen Aufzugsrichtlinie – insbesondere durch die zuvor nicht mögliche Entwicklung des triebwerksraumlosen Aufzugs – einsetzte. Laut dem

¹² www.vdma.org/aufzuege

¹³ www.vfa-interlift.de

¹⁴ www.vma.de

¹⁵ <http://www.ela-aisbl.org/the-association.htm>

Fachverband VDMA – Aufzüge und Fahrtreppen¹⁶ geht die Nachfrage nach Hydraulikaufzügen seit 1998 kontinuierlich zurück, während die Seilauflzüge inzwischen mit über 90 Prozent den Großteil des Aufzugsmarktes bestimmen (siehe Tabelle 2).

Die Aufzüge erfordern wie beim Maschinenbau im Allgemeinen einen hohen Dienstleistungsservice. Von vielen Unternehmen der Branche wird bereits seit langem das gesamte Spektrum von der Herstellung, dem Vertrieb, der Montage bis zum Servicegeschäft wie Wartung (auch Wartung von Fremdanlagen) oder Reparatur angeboten. Dieser Trend spiegelt sich insbesondere auch in Firmenübernahmen durch die großen Unternehmen wider, die mit dem strategischen Ziel verbunden sind, das Servicegeschäft auszubauen.

Ökologische Trends, insbesondere die Verbesserung der Energieeffizienz und das Thema Nachhaltigkeit stehen seit wenigen Jahren in der Aufzugsbranche verstärkt im Vordergrund. Der europäische Aufzugsverband (ELA) hat hierzu eine Umweltsatzung¹⁷, ein Grundsatzpapier zu Ökologiefragen und Empfehlungen für ihre Mitgliedsverbände¹⁸ geschaffen. Weiterhin beschreiben zahlreiche Hersteller in ihren Qualitätsmanagement-Handbüchern nach DIN EN 14001 Nachhaltigkeitskriterien und arbeiten unter anderem mit den Komponentenherstellern an innovativen Entwicklungen hinsichtlich ihrer Logistik und Montage, Verminderung des Energieverbrauchs, Vermeidung von umweltbelasteten Materialien sowie einer langlebigen Konstruktion.

3.2.2 Technologietrends

Für eine Reihe von Bauteilen und Komponenten sind Neu- und Weiterentwicklungen zu erwarten:

Fortschritte sind unter anderem im Bereich Antriebssysteme zu finden. Durch Permanentmagnet-Motoren oder auch Induktionsmotoren wurde die Größe reduziert und die Form geändert, so dass diese innerhalb des Schachts unterzubringen sind. Diese hocheffizienten Motoren sind in der Anschaffung kostenintensiver, führen jedoch im Betrieb zu jährlichen Einsparungen bei den Energiekosten.

Weiterhin sind Antriebssysteme sehr oft für die zu erwartenden Spitzenlasten bzw. darüber hinaus ausgelegt und sind im Teillastbetrieb oft ineffizient. Daher kann eine flexible Steuerung der Motorgeschwindigkeit die Leistung besser an die jeweilige Lastsituation anpassen.

¹⁶ http://www.vdma.org/wps/portal/Home/de/Branchen/A/AUF/Wirtschaft_und_Recht/auf_20040920_Gemici_Art_Die%20Deutsche%20Aufzugsindustrie?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/vdma/Home/de/Branchen/A/AUF/Wirtschaft_und_Recht/auf_20040920_Gemici_Art_Die%20Deutsche%20Aufzugsindustrie#Abschnitt2

¹⁷ http://www.interlift.de/uploads/media/ELA_Umweltsatzung_d.pdf

¹⁸ http://www.interlift.de/uploads/media/ELA_Position_Oekologie_d.pdf

Motorsteuerungen mittels modernen Frequenzumrichtern¹⁹, welche eine stufenlose Drehzahlveränderung mit optimalem Wirkungsgrad erlauben, bieten einen erhöhten Komfort, verbessern die Energieeffizienz und erfüllen die Anforderungen der Sicherheitsbestimmungen nach der EN 81, Teil 1 und Teil 2 (siehe auch Kapitel 3.4), wie z.B. die Haltegenauigkeit.

Getriebelose Antriebe (z.B. Synchronmotoren mit Permanentmagneten) dieser Art mit zusätzlicher Energierückspeisung können den Energieverbrauch um bis zu 80% im Vergleich zu konventionellen polumschaltbaren Antrieben (Induktionsmotor mit zwei Geschwindigkeiten) reduzieren.

Energierückspeisesysteme haben nur für einen kleinen Teil der Aufzüge einen nennenswerten Einfluss. Finanziell lohnen sie sich nur in hohen Gebäuden mit hoher Aufzugsnutzung. Wohingegen eine Energierückspeisung bei niedrigen Häusern und bei niedriger Nutzung weniger effizient ist (OSAM 2011). Eine Energierückspeisung in das Netz des Versorgers muss von diesem genehmigt werden und kann mit hohen Auflagen verbunden sein.

3.2.3 Verwendete Materialien.

Die massenrelevantesten Materialien eines Aufzuges sind verschiedene Stahlsorten und Aluminium. Stahl- bzw. Aluminiumbleche (Fein-, Mittel- und Grobbleche, Lochbleche) werden vor allem für das Fahrkorbchassis und die Türen eingesetzt. Stahl wird auch für die Tragseile und das Schachtgerüst verwendet. Weiterhin sind Gussteile, Kunststoffteile (Führungsschuh-einlagen, Seilrollen, Kabel) sowie elektronische Bauteile (Bedienelemente, Sicherungen Steuerungen, Leiterplatten etc.) vorhanden. Das Gegengewicht kann aus Blei-, Stahl- oder Betonelementen bestehen. Die folgende Tabelle zeigt die Materialzusammensetzung (Schindler 2005) der wesentlichen Bestandteile eines typischen Seilaufzuges²⁰.

¹⁹ Ein häufig genutztes Antriebssystem ist der VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) [E4 German]

²⁰ Hier: Nutzlast von 1.600 kg, Förderhöhe 15,6 m, Geschwindigkeit 1,0 m/s

Tabelle 4: Materialzusammensetzung eines typischen Seilaufzuges (Quelle: Schindler 2005)

Material	Gewicht in in kg	Gewicht in %
Unlegierter Stahl	6 274	73%
Niedriglegierter Stahl	1 458	17%
Hochlegierter Stahl	20	<1%
Verzinkter Stahl	170	2%
Aluminium	143	1.7%
Kupfer	39	0.5%
Gusseisen	363	4.2%
Elektronik und elektronische Bauteile	15	<1%
Antriebssysteme (Frequenzumrichter)	6	<1%
Leiterplatten	2.9	<1%
Blei	1.8	<1%
Sonstige (Kunststoffteile etc.)	116	1.4%
Gesamt	8 609	100%

3.2.4 Fahrkorbbeleuchtung

Der wichtigste Grund für die Fahrkorbbeleuchtung ist die Sicherheit der Benutzer. Nur bei guter Beleuchtung können die Benutzer Stolperstellen erkennen und Sturzverletzungen vermeiden. Sturzverletzungen sind die häufigsten Unfallverletzungen von Aufzugsnutzern bei alten Aufzügen (OSMA 2011). Deshalb wird der Beleuchtung in den einschlägigen Sicherheitsnormen so viel Beachtung geschenkt (siehe auch Kapitel 3.4.1). Aufzüge sind immer mit zwei Beleuchtungssystemen ausgestattet: der normalen Fahrkorbbeleuchtung und einer Notbeleuchtung, welche auch bei einem Ausfall der Stromversorgung den Aufzugsnutzern eine Orientierung z.B. zum Betätigen des Notruftasters ermöglicht. Das Licht im Fahrkorb darf nur ausgeschaltet werden, wenn sich niemand mehr im Fahrkorb befindet, um die oben erwähnten Gefahren sicher zu vermeiden.

Das Regelwerk DIN EN 81 schreibt für den Fahrkorb eine fest installierte elektrische Beleuchtung von mindestens 50 Lux vor.

Weitere Gründe für die Beleuchtung sind vor allem, dass das Fahren in hell beleuchteten Fahrkörben als angenehmer als in dunkleren Fahrkörben empfunden wird sowie dass hell beleuchtete Fahrkörbe weniger vandalismusgefährdet sind.

Für die Fahrkorbbeleuchtung werden unterschiedliche Beleuchtungsmittel wie Glühlampen, Kompaktleuchtstofflampen, Leuchtdioden (LED) oder auch Halogenlampen eingesetzt. Von Herstellerseite wird außerdem darauf verwiesen, dass in Ausschreibungen oft T5-Leuchtstoffröhren gefordert werden. Der Einsatz von LED-Lampen ist oft für sehgeschwache Personen wegen der Lichtfarbe problematisch. Nachteile der LED-Lampen seien laut Herstellerangaben außerdem der hohe Preis und das Lichtspektrum. Letzteres hänge

allerdings vom konkreten Produkt ab, hier hat es in den letzten Jahren vielversprechende Entwicklungen gegeben.

Ein Vergleich bezüglich Lebensdauer, Lichtausbeute und Anschaffungskosten von unterschiedlichen Beleuchtungsmitteln ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5 Vergleich Lampentypen (Quelle: eigene Recherchen)

Lampentyp	Lebensdauer	Lichtausbeute	Anschaffungskosten/Lampe
Glühlampe	1.000 h	12 lm/W	0,50 EUR
Kompaktleuchtstofflampe	15.000 h	60 lm/W	10,-- EUR
LED-Lampen	30.000 h	40 lm/W	30,-- EUR

Die Fahrkorbbeleuchtung hat den größten Anteil am Stillstandsverbrauch und ist daher ein nicht zu unterschätzendes Energieeinsparpotential das genutzt werden sollte (siehe auch Tabelle 10). Zum einem kann durch effizientere Lampentypen der Energieverbrauch und somit auch die Betriebskosten verringert werden. Zum anderem ist bei den meisten Aufzügen die Kabinenbeleuchtung auch bei Nichtbenutzung des Aufzugs angeschaltet. Daher ist es sinnvoll, die Aufzugsanlage mit einer Lichtabschaltungssteuerung auszurüsten, welche die Kabinenbeleuchtung im Stillstand über einen definierten Zeitraum abschaltet. Bei einer Lichtabschaltung müssen die Leuchtmittel unempfindlich gegen häufiges Ein- und Ausschalten sein.

3.3 Energieverbrauch

3.3.1 Hintergrund

In Deutschland befinden sich ca. 690.000 Aufzüge im Bestand, davon sind ca. 300.000 älter als 20 Jahre²¹. Der gesamte Stromverbrauch dieser Anlagen liegt in einer Größenordnung von insgesamt 2,2 – 4 TWh pro Jahr (Fraunhofer ISI 2010a) und wird durch den Stromverbrauch für die eigentliche Fahrt der Aufzüge sowie den Verbrauch im Stillstand bestimmt²². Je nach Nutzungshäufigkeit und Einsatzzweck entfallen ca. 5 - 90% des Gesamtverbrauchs auf den Stillstand (Fraunhofer ISI 2010b). Wesentliche Verursacher im Stillstand sind die Fahrkorbbeleuchtung, die Anzeigeelemente, der Frequenzumrichter, der

²¹ http://www.dguv.de/iag/de/veranstaltungen/weitere/produktdesign/_dokumente/Roas.pdf

²² Eine Senkung des heutigen Energieverbrauchs bei der oben genannten Größenordnung um 25 % würde eine jährliche Einsparung von ca. 550 GWh – 1000 GWh bedeuten.

Türantrieb sowie die Aufzugssteuerung.. Der Anteil eines Aufzuges am Gesamtstromverbrauch eines Gebäudes beträgt je nach Gebäudetyp etwa 3 bis 8%²³.

Das Thema Energieeffizienz fand im Aufzugsbau bis vor wenigen Jahren kaum Aufmerksamkeit²⁴. Sicherheit, Komfort und Platzbedarf der Anlagen standen stattdessen im Zentrum. Zunehmend wird allerdings auch der Energieverbrauch thematisiert. Historisch betrachtet hatten Aufzüge vor rund 30 Jahren aufgrund geringerer Sicherheitsanforderungen, weniger Anzeigen und einfacheren Steuerungen so gut wie keinen Standby-Verbrauch (siehe Abbildung 3). Dahingegen konnte in den letzten Jahren der Stromverbrauch für das Fahren durch effizientere Traktionssysteme mit Frequenzumrichter, intelligente Errichtungs- und Instandhaltungskonzepte sowie die Energierückspeisung (siehe auch Kapitel 3.2.2) eine gewisse Verbesserung erzielt werden (siehe Abbildung 3).

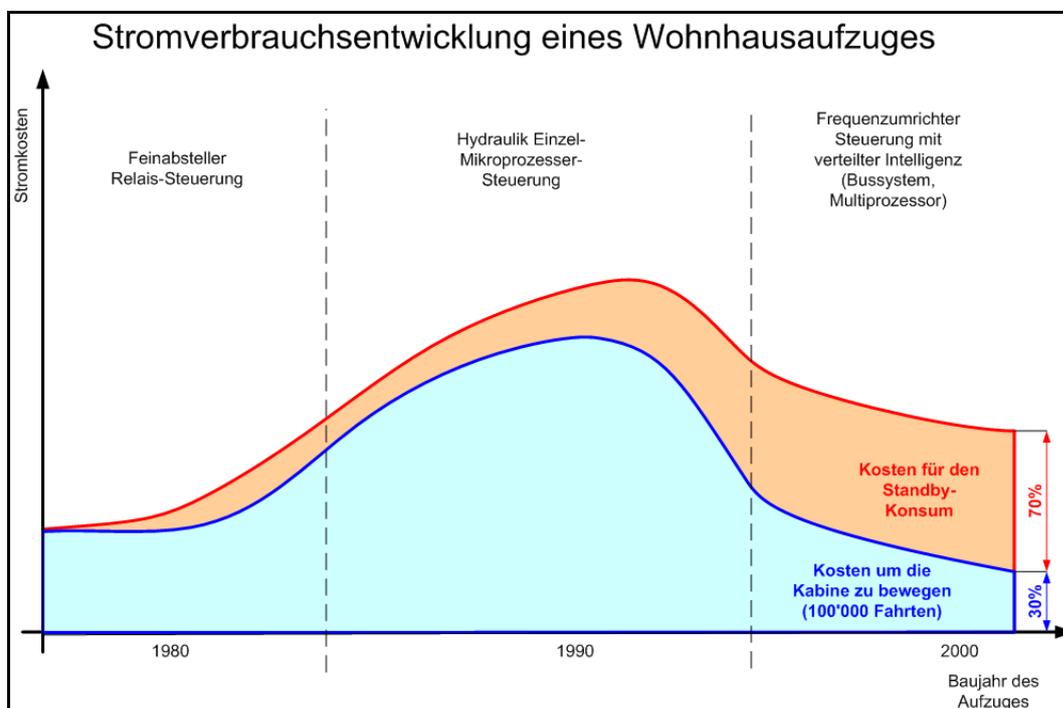


Abbildung 3 Entwicklung des Standby versus Fahrten-Energieverbrauchs typischer Wohnhaus-Aufzüge (S.A.F.E et al. 2005)

Grundsätzlich ist anzumerken, dass Aufzüge Systeme darstellen, die durch eine Reihe von variablen Parametern charakterisiert werden, die sich entscheidend auf den jeweiligen Energieverbrauch auswirken. Beispielsweise sind bereits während der Planungsphase

²³ <http://www.lift-report.de/index.php/news/463/431/Studie-uber-den-Energieverbrauch-von-Aufzugsanlagen>

²⁴ Ausnahmen sind einige kleine mittelständische Unternehmen, die bereits das Thema Energieverbrauch schon vor mehreren Jahren Beachtung geschenkt haben.

entscheidende Festlegungen zu definieren und die richtigen Lösungen zu finden. Auch bei dem darauffolgenden Prozess Aufzugsmontage sind Fehler zu vermeiden.

3.3.2 VDI-Richtlinie 4707 Blatt 1

Mit der im Jahre 2009 herausgegebenen VDI Richtlinie 4707 Blatt 1 wurde die Grundlage für einen allgemein verständlichen und transparenten Vergleich sowie die Kennzeichnung von Energiebedarf und -verbrauch von Aufzugsanlagen geschaffen.

Wesentliches Merkmal ist die Einteilung in sieben Energieeffizienzklassen A-G, die sich in der Darstellung eng an die bekannte Einstufung der EU-Energieverbrauchskennzeichnung von Haushaltsgeräten, wie Waschmaschine, Kühlschrank etc. anlehnt. Um eine Vergleichbarkeit in Energieeffizienzklassen herzustellen erfolgt die Normierung auf Basis des jeweiligen Energiebedarfes des einzelnen Aufzuges.

Der jährliche Gesamtstromverbrauch wird durch drei wesentliche Faktoren bestimmt:

- die Nutzungskategorie (Häufigkeit der Nutzung)
- die Leistungsaufnahme während des Stillstands (Standby) und
- der Energieverbrauch während der Fahrt.

Die Leistungsaufnahme während der Fahrt und im Stillstand ist in erster Linie durch die technischen Merkmale der Systemkomponenten und Bauteile sowie deren Energieeffizienz vorgegeben. Über die Lebensdauer betrachtet kann man davon ausgehen, dass sich bei regelmäßiger Wartung der Energieverbrauch eines Aufzuges mit Ausnahme von Abnutzungsprozessen (z.B. erhöhte Reibung) nicht entscheidend verändern wird²⁵. Die jeweiligen Energieverbräuche (Standby und beim Fahren) sind dabei weitgehend entkoppelt – ein geringer Fahrtverbrauch bedingt keinen niedrigen Verbrauch im Stillstand und umgekehrt.

Nutzungskategorie

In der VDI-Richtlinie 4707 Blatt^o1 werden fünf verschiedene Nutzungskategorien unterschieden, Diese sind in Tabelle 6 dargestellt.

²⁵ <http://www.lift-report.de/index.php/news/406/301/Energieeffizienz-bei-Aufzugen>

Tabelle 6 Überblick über die fünf verschiedenen Nutzungskategorien für Aufzüge nach VDI Richtlinie 4707 Blatt°1

Nutzungskategorie	1	2	3	4	5
Nutzungsintensität/-häufigkeit	sehr gering sehr selten	gering selten	mittel gelegentlich	stark häufig	sehr stark sehr häufig
Durchschnittliche Fahrzeit in Stunden pro Tag ²⁶	0,2 ($\leq 0,3$)	0,5 ($> 0,3-1$)	1,5 ($> 1-2$)	3 ($> 2-4,5$)	6 ($> 4,5$)
Durchschnittliche Stillstandszeit in Stunden pro Tag	23,8	23,5	22,5	21	18
Typische Gebäude – und Verwendungsarten	<ul style="list-style-type: none"> • Wohnhaus mit bis zu 6 Wohnungen • kleines Büro- und Verwaltungsgebäude mit wenig Betrieb 	<ul style="list-style-type: none"> • Wohnhaus mit bis zu 20 Wohnungen • kleines Büro- und Verwaltungsgebäude mit 2 bis 5 Geschossen • kleine Hotels • Lastenaufzug mit wenig Betrieb 	<ul style="list-style-type: none"> • Wohnhaus mit bis zu 50 Wohnungen • mittleres Büro- und Verwaltungsgebäude mit bis zu 10 Geschossen • mittlere Hotels • Lastenaufzug mit mittlerem Betrieb 	<ul style="list-style-type: none"> • Wohnhaus mit mehr als 50 Wohnungen • hohes Büro- und Verwaltungsgebäude mit über 10 Geschossen • großes Hotel • kleines bis mittleres Krankenhaus • Lastenaufzug in Produktionsprozess bei einer Schicht 	<ul style="list-style-type: none"> • Büro- und Verwaltungsgebäude über 100 m Höhe • großes Krankenhaus • Lastenaufzug in Produktionsprozess bei mehreren Schichten

Aus Tabelle 6 ist ersichtlich, dass sich z.B. ein Aufzug in der Nutzungskategorie 1 rund 99% der Zeit im Stillstand befindet. Deshalb hat der Stillstandsbedarf einen sehr hohen Einfluss auf die Effizienzklasse. Der Bedarf während der Fahrt hingegen ist in Nutzungskategorie 1 weniger bedeutend.

Die Einstufung in die jeweilige Nutzungskategorie lässt einen gewissen Spielraum offen. Beispielsweise kann bei identischen Rahmenbedingungen (Gebäude, Stockwerke, Anzahl der Fahrten), jedoch unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeit, sich die durchschnittliche Fahrzeit pro Tag ändern und der Aufzug somit in eine niedrigere oder höhere Nutzungskategorie fallen.

Ähnliches trifft zu, wenn ein Aufzug bei identischer Gebäudekonstellation und Fahrgeschwindigkeit eine höhere oder geringere Fahrtenzahl aufweist.

²⁶ Ermittlung aus mittlerer Fahrtenzahl und mittlerer Fahrdauer

Anbei ein Rechenbeispiel zur Bestimmung der Nutzungskategorie eines Aufzuges.

- Nennlast 630 kg
- Geschwindigkeit 1 m/s
- Haltestellen 5
- Förderhöhe 12 m
- Durchschnittliche Fahrtstrecke 6m
- Geschätzte Fahrten pro Tag 200
- Tägliche Fahrzeit $6m * 200 / 1 \text{ m/s} = 1.200s = 0,33h$

Somit fällt dieser Aufzug in die Nutzungskategorie 2

Standby Verbrauch

Die Ermittlung des Stillstandsverbrauches wird 5 Minuten nach Beendigung der letzten Fahrt durchgeführt und kann durch Messung oder soweit bekannt durch rechnerische Aufsummierung der einzelnen Bedarfswerte erfolgen (VDI 2009). Daraus ergeben sich die Energiebedarfsklassen für den Stillstand, welche wie folgt definiert sind:

Tabelle 7 Energiebedarfsklassen für den Stillstand

Klasse	A	B	C	D	E	F	G
Leistung in Watt	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	> 1600

Energieverbrauch während der Fahrt

In Anlehnung an die ISO 25745 Teil¹ wird eine Referenzfahrt bei einer typischen Aufzugsanlage mit leerem Fahrkorb in Auf- und in Abwärts-Richtung durchgeführt. Abbildung 4 zeigt einen beispielhaften Verlauf der Leistungsaufnahme eines Aufzuges während der Referenzfahrt.

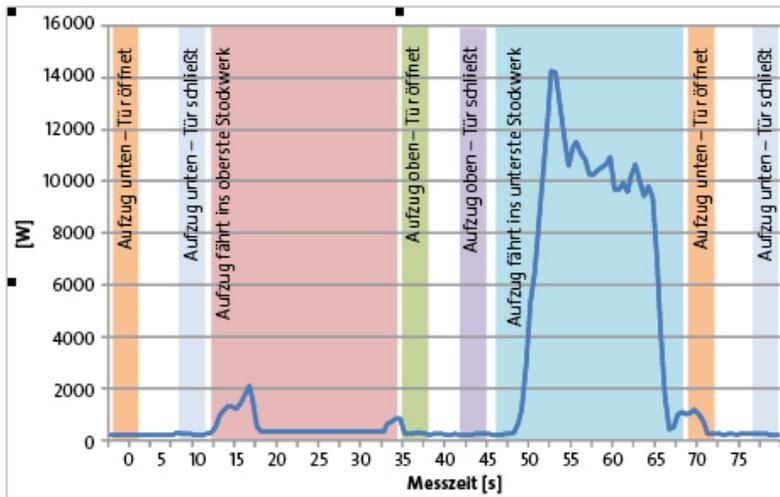


Abbildung 4 Verlauf der Leistungsaufnahme eines Aufzuges während der Referenzfahrt (Quelle: LiftReport²⁷)

Die Referenzfahrten bestehen jeweils aus folgendem Fahrtzyklus (VDI 2009):

- Beginn Referenzfahrt mit offener Tür,
- Tür schließen,
- Fahrt auf oder ab über die volle Förderhöhe,
- Tür öffnen und sofort wieder schließen,
- Fahrt ab oder auf über die volle Förderhöhe.

Der Energieverbrauch während der Referenzfahrt wird gemessen und normiert indem folgende Rechenformel zugrunde gelegt wird:

$$E_{\text{Fahren, spez}} = k * E_{\text{Referenzfahrt}} / (Q * 2 * F_H)$$

$E_{\text{Fahren, spez}}$ Spezifischer Fahrtbedarf in mWh/(kg m)

k Lastfaktor

Q Nennlast in kg

F_H Förderhöhe in m

Der daraus resultierende spezifische Energieverbrauch ist bezogen auf die Nennlast und die Förderhöhe (gefahrte Wegstrecke in Auf- und in Abwärts-Richtung). Die VDI 4707 Blatt¹ gibt folgende Klassifizierung der Energiebedarfsklassen für das Fahren vor:

²⁷ <http://www.lift-report.de/index.php/news/406/301/Energieeffizienz-bei-Aufzugen>

Tabelle 8 Energiebedarfsklassen für das Fahren

Klasse	A	B	C	D	E	F	G
Spez. Energieverbrauch	≤ 0,56	≤ 0,84	≤ 1,26	≤ 1,89	≤ 2,8	≤ 4,2	> 4,2

Für die Berechnung des spezifischen Energiebedarfs über die Nennlast²⁸ sieht die VDI 4707 eine Wahlmöglichkeit vor.

Ermittlung des spezifischen Gesamtenergiebedarfs

Mittels der beiden Bedarfswerte Stillstand und Fahren kann der spezifische Gesamtenergiebedarf berechnet werden. Zusätzlich benötigt man noch die nominelle Fahrtstrecke s_{Nenn} . Für die Ermittlung der zurückgelegten Fahrtstrecke wird die Beschleunigungs- und die Verzögerungszeit nicht berücksichtigt, sondern es wird nur die Nenngeschwindigkeit während der Nutzungszeit pro Tag und somit der einfache Zusammenhang $s_{Nenn} = v_{Nenn} \cdot t_{Fahren}$ zugrunde gelegt (VDI 2009).

Die Klassifizierung erfolgt gemäß VDI 4707 Blatt°1 mittels folgender Berechnung:

$$E_{\text{Aufzug, spez, max}} = E_{\text{Fahren, spez, max}} + \frac{E_{\text{Aufzug, spez, max}} \cdot t_{\text{Stillstand}} \times 1000}{Q \cdot v_{\text{Nenn}} \cdot t_{\text{Fahren}}}$$

$E_{\text{Aufzug, spez}}$ Spezifischer Energiebedarf des Aufzugs in mWh/(kg m)

$E_{\text{Fahren, spez}}$ Spezifischer Fahrtbedarf in mWh/(kg m)

$P_{\text{Stillstand}}$ Stillstandsbedarf in W

Rechengang

- Nennlast Q in kg
- Stillstandsbedarf $P_{\text{Stillstand}}$ in W
- spezifischer Fahrtbedarf $E_{\text{Fahren, spez}}$ in mWh/(kg m)
- Fahrtzeit t_{Fahren} in Stunden pro Tag
- zurückgelegte Fahrtstrecke s_{Nenn} während der Nutzungszeit pro Tag in m
- $s_{Nenn} = v_{Nenn} \cdot t_{Fahren}$ Dabei ist v_{Nenn} Nenngeschwindigkeit in m/s

²⁸ Bei nicht ausgewiesener Nennlast des Aufzuges kann für die Bestimmung des spez. Energiebedarfs hiervon abgewichen werden und dies in den Unterlagen zu dokumentieren.

Der Energiebedarf pro Tag ergibt sich aus:

$$E_{\text{Stillstand}} = P_{\text{Stillstand}} \cdot t_{\text{Stillstand}}$$

$$E_{\text{Fahren}} = E_{\text{Fahren, spez}} \cdot s_{\text{Nenn}} \cdot Q$$

$$E_{\text{Tag}} = E_{\text{Stillstand}} + E_{\text{Fahren}}$$

Der Energiebedarf pro Jahr beträgt: $E_{\text{Jahr}} = E_{\text{Tag}} \cdot N$. Dabei werden für den Nenn-Jahresenergiebedarf $N = 365$ Betriebstage pro Jahr zugrunde gelegt.

Der Jahresenergiebedarf²⁹ kann für jeden Aufzugstyp unterschiedlich ausfallen und variiert sehr stark zwischen den fünf Nutzungskategorien. Sogar bei identischer Nutzungskategorie können sich aufgrund unterschiedlicher Gewichtung für den Energiebedarf im Stillstand bzw. für das Fahren in den VDI-Formeln Effizienzunterschiede ergeben.

Bei den Angaben zum spezifischen Gesamtenergiebedarf sollte man auch besonders auf die angegebene Nennlast achten. Insbesondere bei einem Vergleich des spezifischen Energiebedarfs von verschiedenen Aufzugstypen (z.B. Art, unterschiedliche Nennlasten) sollte auf eine Nennlast normiert werden um somit das Einsparpotential besser erkennen zu können.

²⁹ Der nach VDI 4707 Blatt¹ ermittelte Jahresstromverbrauch ist ein Richtwert. Der tatsächliche Energieverbrauch eines Aufzuges hängt von der realen Nutzung ab.

Messungen

Die Messungen erfolgen nach folgendem Prinzipschema:

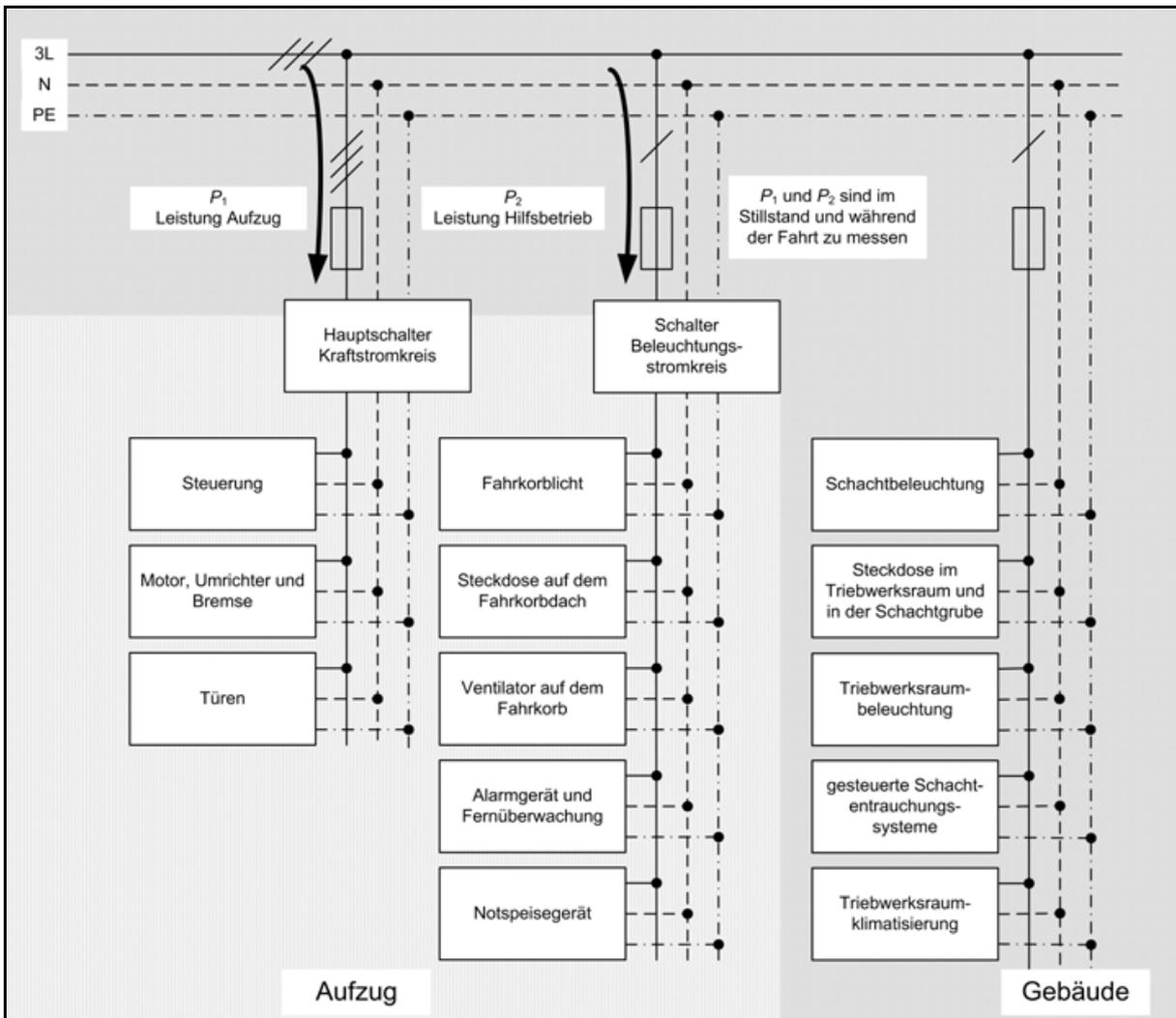


Abbildung 5 Prinzipschema Einspeisung eines Einzelaufzuges und deren Ermittlung des Energiebedarfs von Aufzügen (S.A.F.E et al. 2005) und (VDI 2009)

Die Messung des Energieverbrauchs eines Aufzuges während der repräsentativen Fahrt erfolgt in Übereinstimmung mit dem Normentwurf ISO 25745 Blatt 1 (VDI 2009)

Nach dieser Norm wird der Energieverbrauch in mindestens zehn Zyklen³⁰ gemessen, wonach ein durchschnittlicher Verbrauch einer einzelnen Bezugsfahrt berechnet wird. Bei

³⁰ <http://www.lift-report.de/index.php/news/410/301/Bewertung-der-Umweltvertraglichkeit-von-Aufzugen-im-Laufe-ihrer-Nutzungsdauer>

der Durchführung dieser Messungen muss sichergestellt werden, dass die gesamte vom Aufzug verbrauchte Energie berücksichtigt wird, weil manchmal die Stromerzeugung und der Komplementärstrom (Beleuchtung, Lüfter, Warneinrichtungen, Fernseher, Batterieladegeräte, Displays usw.) an unterschiedliche Versorgungsquellen angeschlossen werden.

Sobald die Werte der Bezugskraft registriert sind, wird der Verbrauch für den Standby-Betrieb berechnet indem man den Aufzug 5 Minuten lang stehen lässt.

3.3.3 Abgleich Marktübersicht mit 4707 Blatt 1

Tabelle 9 zeigt einen Überblick über die Verteilung verschiedener Aufzüge über die verschiedenen Energieeffizienzklassen aus verschiedenen Quellen. Eingestuft wurden beide Quellen nach der VDI-4707 Blatt°1.

Tabelle 9 Energieeffizienzklassen Verteilung aus gemessenen Aufzügen

Quelle	Energieeffizienzkategorie						
	A	B	C	D	E	F	G
S.A.F.E et al. 2005 ³¹	3%	29%	35%	23%	10%	0%	0%
Energy Intelligent Europe 2010 ³²	0%	15%	38%	46%	0%	0%	0%
TÜV Süd, ohne Testanlagen ³³	4%	43%	48%	5%	0%	0%	0%

An dieser Stelle ist es wichtig zu bemerken, dass es bei dieser Produktverteilung um einen sehr geringen Teil der bestehender Aufzüge handelt und im Falle des Energy Intelligent Europe Berichtes (Fraunhofer ISI 2010c) die Verteilung für den gesamten Raum der EU 15 Staaten gilt. Es ist daher also schwierig mit Sicherheit abzuschätzen wie sich die eigentliche Verteilung der Energieeffizienzklassen der Aufzüge in Deutschland verhält. Nichtsdestotrotz lässt sich aus der Tabelle 9 erkennen, (Datenermittlung der ersten Spalte aus 2005, siehe Fußnote 31) dass bereits vor 5-7 Jahren Aufzugsanlagen mit Energieeffizienzklasse A auf dem Markt waren. Aktuell wirbt bereits ein Aufzugshersteller mit einer A-Klasse-Zertifizierung³⁴. Durch die VDI – Richtlinie 4707-1 wurde zudem die Grundlage geschaffen das Thema Energieeffizienz stärker in den Fokus zu stellen um somit in zukunftsweisende Aufzugstechnologien zu investieren.

³¹ Aus 31 Aufzügen, exkl. 2 Testaufzügen aufgelistet im Jahr 2005 (S.A.F.E et al. 2005)

³² Aus 13 Aufzügen. Energieeffizienz wurde nach VDI Richtlinie 4707 berechnet.

³³ Aus dem Zeitraum von 2009 – 2011 gemessene Aufzüge, Anzahl ca. 200 Stück

³⁴ http://www.kone.com/countries/de_at/modernisierung/umweltaufzug/Pages/energieeffizienz-klasse-a.aspx

3.3.4 Mögliche Ansatzpunkte zur Energieeinsparung

Um den Energiebedarf von Aufzügen zu senken, hat sich in den vergangenen Jahren durch die Nachfrage nach effizienteren Bauteilen und Komponenten sowie durch Umsetzung einfacher Maßnahmen viel getan. In der Tabelle 6 werden einige Optimierungsmaßnahmen für die Verringerung des Stromverbrauchs im Stillstand und für das Fahren aufgelistet (VDMA 2011).

Tabelle 10 Mögliche Maßnahmen zur Energieeinsparungen

Ansatzpunkte Energieeinsparung	
Stillstand	Fahren
Fahrkorbbeleuchtung (siehe auch Kapitel 3.2.4) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsatz Energiesparlampen oder LED-Beleuchtung ▪ Abschaltung, wenn Aufzug nicht benutzt wird.. 	Seilantriebe <ul style="list-style-type: none"> ▪ Austausch gegen sparsameren Antrieb mit höherem Wirkungsgrad ▪ Auslegung der Gegengewichte Hydraulikantriebe <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsatz Frequenzregelung ▪ Einsatz von Druckspeichern ▪ Vermeidung einer Parkhaltestelle in der untersten Etage durch Ersatzmaßnahmen ▪ Einsatz moderner Hydrauliksysteme
Anzeigeelemente (z.B. Etagenstandanzeigen) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Abschaltung, wenn länger keine Fahrten gemacht werden 	Aufzugssteuerung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsatz intelligenter Steuerungssysteme zur Vermeidung von Fehlfahrten
Türantrieb <ul style="list-style-type: none"> ▪ Austausch gegen Türsteuergeräte, die über eine Leistungsabschaltung verfügen 	Tragkraftreduzierung <ul style="list-style-type: none"> ▪ unter Beibehaltung der Kabinengrundfläche
Aufzugssteuerung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aktivierung Stillstandsmodus ▪ intelligente Aufzugssteuerung 	

Bei Modernisierungsmaßnahmen lohnt sich gerade eine Reduzierung des Stillstandsbedarfs, da dieser bei den Anlagen in den vergangenen 15 – 20 Jahren nicht im Mittelpunkt der Entwicklung stand (siehe Abbildung 3). Insbesondere für die Aufzüge mit geringerer Nutzung lässt sich durch eine umfassende Planung und Auswahl der passenden Komponenten eine Minimierung des Stillstandsbedarfs kostengünstig realisieren³⁵. Eine Verbesserung des Fahrtbedarfs bei einer geringen Nutzung bedarf einer genauen Analyse, ob eine Verbesserung erzielt werden kann.

Weiterhin können auch durch Verminderung von Instandhaltungsmaßnahmen (Monitoring, Fernparametrierung) Energieeinsparungen erreicht werden.

³⁵ <http://www.lift-report.de/index.php/news/408/301/VDI-4707-Energieeffizienz-von-Aufzugen>

3.4 Normen, Gesetze und Kennzeichnungen für Aufzüge

3.4.1 Normen und Gesetze

Im Folgenden sind einige der wichtigsten europäischen und deutschen Richtlinien und Normen für die Aufzüge aufgelistet (die wichtigsten sind kurz ausgeführt). Diese definieren und regeln in weiten Bereichen die Handhabung sicherheitstechnischer Belange.

- Die **Aufzugsrichtlinie 95/16/EG** verfolgt zwei Ziele: Zum einen soll sie den freien Warenverkehr im Bereich Aufzüge und deren Sicherheitsbauteile im europäischen Binnenmarkt fördern und zum anderen soll sie ein hohes Maß an Sicherheit für die Benutzer und das Wartungspersonal von Aufzügen garantieren. Die Umsetzung der Aufzugsrichtlinie in nationales Recht in Deutschland erfolgt durch die Aufzugsverordnung (12. GPSGV Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – GPSG). Sie regelt das Inverkehrbringen von neuen Aufzügen.
- Die **Maschinenrichtlinie 2006/42/EG** regelt den freien Warenverkehr innerhalb des europäischen Wirtschaftsraumes und wendet sich an Hersteller und Inverkehrbringer von Maschinen und Geräten. Mit Ausnahme von Baustellenaufzügen und Aufzügen mit Fahrgeschwindigkeit $\leq 0,15\text{m/s}$ die unter die Maschinenrichtlinie fallen, ist sie klar von der Aufzugsrichtlinie abgegrenzt.
- Im Bereich der ISO Standardisierung ist die **ISO 25745 Blatt 1** „Energy performance of lifts, escalators and moving walks – Part 1: Energy measurement and conformance“ im Normentwurf vorhanden. Teil 2 wird sich mit der Klassifizierung verschiedener Aufzugssysteme, wie z. B. dem Unterschied zwischen Seil- und Hydraulikaufzug oder verschiedenen Antriebssystemen beschäftigen (Schindler 2011b).
- EnEV – Energieeinsparverordnung
- LBO – Landesbauordnungen
- DIN EN 13015: Instandhaltung von Aufzügen und Fahrtreppen
- DIN EN 81-1: Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen zum Transport von Personen oder Personen und Lasten. – Teil 1: elektrisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge mit Treibscheibenantrieb.
- DIN EN 81-2: Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen. Teil 2: Hydraulisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge
- DIN EN 81-28: Fern-Notruf für Personen- und Lastenaufzüge
- DIN EN 81-58: Spezielle Prüfverfahren für die Feuerwiderstandsfähigkeit von Aufzugsschachttüren
- DIN EN 81-70: Aufzüge für Personen mit Behinderungen
- DIN EN 81-71: Schutzmaßnahmen gegen mutwillige Zerstörung

- DIN EN 81-80: Erhöhung der Sicherheit bestehender Personen- und Lastenaufzüge
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV): Umgesetzt wird die BetrSichV in den jeweiligen TRBS (Technische Regeln für Betriebssicherheit):
 - TRBS 1111 – Technische Regeln für Betriebssicherheit: Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
 - TRBS 1112- Technische Regeln für Betriebssicherheit: Instandhaltung
 - TRBS 1121 – Technische Regeln für Betriebssicherheit: Änderungen/ wesentl. Veränderungen
 - TRBS 1201 – Technische Regeln für Betriebssicherheit: Prüfung von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
 - TRBS 1203 – Technische Regeln für Betriebssicherheit: Befähigte Personen
 - TRBS 2111 – Technische Regeln für Betriebssicherheit: Mechanische Gefährdungen
 - TRBS 2181 – Technische Regeln für Betriebssicherheit: Schutz vor Gefährdungen beim Eingeschlossensein in Personenaufnahmemitteln
- VDI 3810 – Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen
- VDI 2566 Blatt 1: Schallschutz bei Aufzugsanlagen mit Triebwerksraum
- VDI 2074: Recycling in der Technischen Gebäudeausrüstung
- VDI 4707 Blatt 1 – Energieeffizienz von Aufzugsanlagen
- Aktuell arbeitet ein Ausschuss VDI 4707 Blatt 2 an der Erstellung einer Richtlinie, die es gestatten soll, aus den energetischen Kenngrößen von Aufzugskomponenten die Klassifizierung des gesamten Aufzugs bestimmen zu können. Dies ist einerseits relevant im Rahmen der Modernisierung von Bestandsanlagen, andererseits wichtig, da in der Aufzugsbranche sehr viele Anlagen von kleinen Anbietern nach Nutzerwünschen aus Einzelkomponenten zusammengestellt werden.

3.4.2 CE-Kennzeichnung

CE steht als Abkürzung für Europäische Gemeinschaften (französisch „Communautés Européennes“) und soll die Übereinstimmung eines Produktes mit den jeweils maßgeblichen EU-Richtlinien darstellen. Alle Aufzüge, die in der Europäischen Union in Verkehr gebracht werden, müssen eine CE-Kennzeichnung tragen. Vor der Anbringung der CE-Kennzeichnung muss durch den Hersteller oder Montagebetrieb eine Konformitätsbewertung durchgeführt werden. Das Konformitätsbewertungsverfahren beschreibt die Vorgehensweise mit der festgestellt werden kann, ob die spezifischen Anforderungen in Anhang I der Aufzugsrichtlinie 95/16/EG erfüllt werden.

3.4.3 Nachhaltigkeitsbetrachtungen

Mit Zertifikaten wie LEED³⁶ und BREEAM³⁷ hat die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) mit eigenem Gütezeichen³⁸ mittlerweile Neubauprojekte auch über den deutschen Standard zertifiziert und stellt entsprechende Anforderungen an folgende Bereiche:

- Ökologische Qualität (Schutz der Umwelt, Schonung der natürlichen Ressourcen)
- Ökonomische Qualität (Senkung der Lebenszykluskosten, Erhalt der ökonomischen Werte)
- Soziokulturelle und funktionale Qualität (Sicherung von Gesundheit und Behaglichkeit im Gebäude, Menschengerechtes Umfeld, Erhalt sozialer und kultureller Werte)
- Querschnittskriterien: Technische Qualität, Prozessqualität, Standortqualität fixiert.

³⁶ U.S. Green Building Council, <http://www.usgbc.org>

³⁷ U.K. Green Building Council, <http://www.breeam.org>

³⁸ Das DGNB Zertifikat ist ein Instrument für die Planung und Bewertung nachhaltiger Gebäude. Das Zertifizierungssystem basiert auf einer ganzheitlichen Betrachtung des gesamten Gebäudelebenszyklus. Dabei werden alle Felder des nachhaltigen Bauens in Form von Stücklisten berücksichtigt, u.a. das Gewerk Aufzug.

3.5 Nutzenanalyse

Die Analyse des Nutzens wird nach der Benefit-Analyse von PROSA durchgeführt. Dabei werden die drei Nutzenarten Gebrauchsnutzen, Symbolischer Nutzen und Gesellschaftlicher Nutzen qualitativ analysiert. Für die Analyse gibt PROSA jeweils Checklisten vor. Aufgrund der Besonderheiten einzelner Produktgruppen können einzelne Checkpunkte aus Relevanzgründen entfallen oder neu hinzugefügt werden. Die drei Checklisten sind am Anfang des jeweiligen Kapitels wiedergegeben.

3.5.1 Gebrauchsnutzen



Abbildung 6 Checkliste Gebrauchsnutzen

Die wesentliche Anforderung an einen Personenaufzug ist es, Menschen und/oder Gütern zu ermöglichen, schnell und einfach mehrere Etagen zu überwinden ohne Treppen benutzen zu müssen und damit das Alltagsleben und die Arbeiten in mehrstöckigen Gebäuden angenehm und praktisch zu gestalten. Insbesondere für ältere und/oder körperlich beeinträchtigte Personen können Aufzüge ein wichtiges Hilfsmittel für das Alltagsleben sein. In den nächsten Jahrzehnten wird der Anteil an älteren Menschen in der Bevölkerung ansteigen, was zu neuen Anforderungen an die technischen Einrichtungen in Gebäuden, insbesondere auch an Aufzüge, im Hinblick auf Barrierefreiheit führen wird. Aufzüge tragen wesentlich zur Mobilität und Barrierefreiheit bei. Während Aufzuganlagen von der Allgemeinheit häufig nur als Komforteinrichtungen und nützliches Arbeitsmittel angesehen werden, stellen sie für ältere Menschen oder für Menschen mit Einschränkungen notwendige Einrichtungen dar, um am täglichen Leben teilnehmen zu können.

3.5.2 Symbolischer Nutzen

Checkliste Symbolischer Nutzen	
<input checked="" type="checkbox"/>	Äußere Erscheinung /Design/ Geschmack/ Haptik/Akkustik o.ä.
<input checked="" type="checkbox"/>	Prestige/Status
<input checked="" type="checkbox"/>	Identität/Autonomie/Entfaltung
<input checked="" type="checkbox"/>	Kompetenz
<input checked="" type="checkbox"/>	Sicherheit/Vorsorge/Sorge für Andere
<input checked="" type="checkbox"/>	Privatheit
<input checked="" type="checkbox"/>	Sozialer Kontakt/Gemeinschaftspflege
<input checked="" type="checkbox"/>	Genuss/Vergnügen/Freude/Erlebnis
<input checked="" type="checkbox"/>	Kompensation/Belohnung
<input checked="" type="checkbox"/>	Konsonanz mit gesellschaftlichen, religiösen oder ethischen Meta-Präferenzen

Abbildung 7 Checkliste Symbolischer Nutzen

Der symbolische Nutzen von Aufzügen zeigt sich vor allem in folgenden Punkten:

- Image- und Prestigegewinn durch „schicke“ Aufzüge (z.B. Glasaufzüge, Designaufzüge, Panoramaaufzüge), die Repräsentativität ausdrücken, auf Kunden attraktiv wirken (z.B. in Hotels, Kaufhäusern) oder sogar Touristen anziehen.
- Das Vorhandensein eines Aufzugs (an sich) als Ausdruck der Wertigkeit eines Gebäudes gegenüber einem Gebäude ohne Aufzug.
- Ein besonders energieeffizienter Aufzug kann der (Außen-)Darstellung von Effizienztechniken (z.B. in einem Passivhaus, oder in Kombination mit einer Photovoltaikanlage) und der Präsentation des Umweltbewusstseins des Besitzers/Bauherrn dienen.

3.5.3 Gesellschaftlicher Nutzen

Checkliste Gesellschaftlicher Nutzen	
<input checked="" type="checkbox"/>	Armutsbekämpfung
<input checked="" type="checkbox"/>	Grundbedürfnis Ernährung
<input checked="" type="checkbox"/>	Grundbedürfnis Wohnen
<input checked="" type="checkbox"/>	Grundbedürfnis Gesundheit
<input checked="" type="checkbox"/>	Information und Bildung
<input checked="" type="checkbox"/>	Friedenssicherung
<input checked="" type="checkbox"/>	Klimaschutz
<input checked="" type="checkbox"/>	Biodiversität
<input checked="" type="checkbox"/>	Qualifizierte Arbeitsplätze
<input checked="" type="checkbox"/>	Gesellschaftliche Stabilität

Abbildung 8 Checkliste Gesellschaftlicher Nutzen

Energieeffiziente Aufzüge sind aus den folgenden Gründen von gesellschaftlichem Nutzen:

- Energieeffiziente Aufzüge verbrauchen weniger elektrische Energie als herkömmliche Aufzüge und tragen somit zum Klimaschutz bei.
- Durch den geringeren Stromverbrauch tragen sie außerdem zu einer Senkung der Nebenkosten bei.

3.5.4 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Die Ergebnisse der Nutzenanalyse sind in Tabelle 11 zusammengefasst.

Tabelle 11 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Nutzen	Produktspezifische Aspekte
Gebrauchsnutzen	
Leistung (Kernanforderungen)	Komforteinrichtungen und nützliches Hilfsmittel im Alltagsleben (Mobilität)
Zusatzleistungen	Barrierefreiheit, bessere Zugänglichkeit (ältere Menschen und Menschen mit Einschränkungen)
	Hilfsmittel für Güter- und Lastentransporte
Sicherheit	Erfüllung der betreffenden Normen zur Sicherheit
Betreiberinformation	Handlungsempfehlungen/Produktinformationen
Symbolischer Nutzen	
Prestige/Status	Mit edel gestalteten Bauformen/Fahrkörben/ Innenausstattung wird der Aufzug zum Schmuck- und Prestigeobjekt.

Nutzen	Produktspezifische Aspekte
Wertigkeit	Aufzug (an sich) als Ausdruck der Wertigkeit eines Gebäudes gegenüber einem Gebäude ohne Aufzug.
Kompensation/Belohnung	Energiekostenreduktion
Gesellschaftlicher Nutzen	
Förderung Klimaschutz	Senkung des Energieverbrauchs (Standby Verbrauch und im Fahren)
Förderung von Bildung und Information	Sensibilisierung für Energieverbrauch

4 Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung

Anhand einer orientierenden Ökobilanz sowie der Analyse der Lebenszykluskosten soll im Folgenden eine Einschätzung der Umweltauswirkungen und Lebenszykluskosten von Personenaufzügen differenziert nach Lebenswegphasen dargestellt werden.

4.1 Ökobilanz

In den folgenden Abschnitten werden das Vorgehen innerhalb, sowie die Ergebnisse der orientierenden Ökobilanz für Personenaufzüge dargestellt.

Die funktionelle Einheit, die der orientierenden Ökobilanz zugrunde gelegt wurde, ist die jährliche Nutzung eines Personenaufzuges. Um das Spektrum der am Markt erhältlichen Aufzüge möglichst gut abzubilden, wurden für die Ökobilanz Aufzüge mit drei unterschiedlichen Nennlasten, sowie mit je zwei verschiedenen Aufzugsgeschwindigkeiten bilanziert. Folgende Anlagenspezifikationen wurden für die Berechnung der orientierenden Ökobilanz zugrunde gelegt:

- Lebensdauer: 20 Jahre³⁹
- Förderhöhe: 15 m (5 Stockwerke)
- Lastenfaktor: 0.7⁴⁰
- Nennlast: 630kg, 1600kg und 3000 kg
- Nutzungskategorie: 1-5⁴¹
- Aufzugsgeschwindigkeit: 1m/s und 1,6m/s

³⁹ Die hier verwendete Lebensdauer von (20) Jahren entspricht den verfügbaren Herstellerangaben (Schindler, 2005). Es ist jedoch anzumerken dass dies ein sehr konservativer Ansatz ist, da Aufzüge in Deutschland oft eine wesentlich längere Lebensdauer haben (teilweise von über 40 Jahren)

⁴⁰ Dies entspricht einem Aufzug mit einem Gegengewicht in Höhe der Fahrkorbmasse plus 40 bis 50% der Nennlast.

⁴¹ Die VDI-Richtlinie 4707 beschreibt fünf Nutzungskategorien welche sich in unterschiedlichen Nutzungszeiten pro Tag unterscheiden (siehe Tabelle 6).

4.1.1 Datengrundlage

Als Datengrundlage für die Lebenswegphasen der Herstellung und Instandhaltung wurde in Ermangelung verfügbarer Daten zur Materialzusammensetzung eines typischen Aufzuges die Studie eines Herstellers zugrunde gelegt (Schindler 2005). In dieser Studie lagen jedoch nur Daten der Wirkungsabschätzung zu den Wirkungskategorien Treibhauspotential (GWP), Versauerungspotential (AP), Eutrophierungspotential (EP) und Ozonbildung (POCP) vor. Sachbilanzdaten waren nicht verfügbar. Die Daten zur Nutzungsphase wurden nicht aus dem Fact Sheet (Schindler 2005) entnommen, sondern es wurden eigene Berechnungen für den Stromverbrauch durchgeführt.

Tabelle 12 Datensätze zur Modellierung der Strombereitstellung

Input	Datensätze	Zeitbezug	geographischer Bezug	Quelle
Strombereitstellung für die Nutzung des Personenaufzugs				
Strombereitstellung	Netz-el-DE-Verteilung-NS	2010	DE	GEMIS 4.6

4.1.2 Systemgrenzen

Die Systemgrenzen der orientierenden Ökobilanz umfassen folgende Teilprozesse:

- Herstellung
- Nutzung

Da keine entsprechenden Daten verfügbar waren, wurden die Distribution und Montage der Aufzüge, die Instandhaltung und die Entsorgung nicht in die Bilanz einbezogen. Diese Einschränkungen sind vor dem Hintergrund der gewählten Zielsetzung als nicht ergebnisrelevant einzuschätzen. Erfahrungen aus anderen, ähnlich gelagerten ökobilanziellen Studien, die die genannten Lebensabschnitte abbilden konnten, haben gezeigt dass diese Lebensabschnitte im Bezug auf die Gesamtauswirkungen und über den Bilanzierungszeitraum von 20 Jahren vernachlässigbar sind.

Herstellung

Die Daten zur Herstellung eines typischen Personenaufzuges wurden, wie oben dargestellt, der Studie eines Herstellers entnommen (Schindler 2005). Darin wurde die Bereitstellung der im Aufzug verbauten Materialien berücksichtigt. Die Studie diente dazu, eine Abschätzung der Umweltauswirkungen von Herstellung und Nutzung eines typischen Aufzuges zu bekommen. Es ist jedoch davon auszugehen dass durch die verschiedenen Annahmen und Abschätzungen die Ergebnisse im Bezug auf die Produktgruppe mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet sind. Vor dem Hintergrund der orientierenden Ökobilanz wird jedoch

angenommen dass dies keine negativen Auswirkungen auf die Aussagekraft der orientierenden Ökobilanz für Personenaufzüge hat.

Nutzung

Umweltauswirkungen während der Nutzungsphase von Personenaufzügen entstehen zunächst durch den Verbrauch von Elektrizität. Die ansonsten noch auftretenden Aufwendungen aufgrund von Wartungs- und Reparaturarbeiten wurden in der Bilanz in Ermangelung entsprechender Daten nicht berücksichtigt. Der Stromverbrauch hängt stark von den jeweiligen Aufzugsspezifikationen, sowie der jährlichen Nutzung ab. Für die orientierende Ökobilanz wurde daher der Stromverbrauch für eine Reihe von verschiedenen Aufzügen mit unterschiedlicher Nennlast, Geschwindigkeit und Nutzungskategorie berechnet. Als Grundlage hierfür wurde die „VDI 4707 Richtlinie – Aufzüge Energieeffizienz“ verwendet.

Folgende Aufzugvarianten wurden berechnet:

- Energieeffizienzklasse A-D
- Nutzungskategorie 1-5⁴²
- Nennlasten =630kg, 1600kg und 3000kg,
- Aufzugsgeschwindigkeit =1m/s und 1,6m/s.

Der Jahresstromverbrauch wurde anhand der VDI Richtlinie 4707 wie folgt berechnet (siehe auch Kapitel 3.3.2):

$$Aufzug_{spez,max} = E_{Fahren,spez} + (P_{Stillstand} \cdot t_{Stillstand} \cdot 1000mW) / (Q \cdot v_{Nenn} \cdot t_{Fahren} \cdot 3600s)$$

Wobei:

$Aufzug_{spez,max}$	= spezifischer Energiebedarf des Aufzugs in mWh/(kg m),
$E_{Fahren,spez}$	= spezifischer Energiebedarf für die Referenzfahrt in mWh/(kg m),
$P_{Stillstand}$	= Stillstandsbedarf in W,
$t_{Stillstand}$	= Stillstandszeit in h,
Q	= Nennlast in kg,
v_{Nenn}	= Nenngeschwindigkeit in m/s,
t_{Fahren}	= Fahrtzeit in h.

⁴² Laut Herstellerangaben (Schmitt & Sohn AG 2011, Schindler 2011) fallen ca. 70–80% der am Markt befindlichen Aufzüge in die Nutzungskategorie 1–3 nach VDI 4707 Blatt1. Für eine bessere Veranschaulichung werden für die weiteren Berechnungen auch die Nutzungskategorie 4 und 5 dargestellt. Anhand der Nutzungskategorie ist auch die Fahrtenzahl schon mit enthalten.

Der Energiebedarf für die Aufzüge während der Referenzfahrt und während des Standby-Betriebs für die jeweiligen Energieeffizienzklassen wurden ebenfalls aus der VDI Richtlinie 4707 entnommen (siehe auch Tabelle 7 und Tabelle 8).

Tabelle 13 zeigt eine Übersicht des Jahresstromverbrauches für verschiedene Aufzugvarianten, inkl. verschiedener Nutzungskategorien, Nennlasten und Geschwindigkeiten.

Tabelle 13 Jahresstromverbrauch [in kWh/a] für verschiedene Nutzungskategorie und Aufzugsspezifikationen

Energieeffizienzklassen	Nennlast kg	Geschwindigkeit m/s	Nutzungskategorien				
			1 0,2h	2 0,5h	3 1,5h	4 3h	5 6h
A	630	1	527	661	1.106	1.774	3.110
		1,6	583	800	1.523	2.608	4.779
B	630	1	1.008	1.205	1.864	2.853	4.829
		1,6	1.091	1.414	2.490	4.104	7.333
C	630	1	1.946	2.237	3.207	4.662	7.572
		1,6	2.071	2.550	4.146	6.540	11.327
D	630	1	3.788	4.213	5.632	7.760	12.015
		1,6	3.975	4.683	7.040	10.576	17.648

A	1600	1	670	1.018	2.177	3.915	7.393
		1,6	811	1.371	3.236	6.035	11.631
B	1600	1	1.222	1.741	3.470	6.065	11.253
		1,6	1.434	2.271	5.060	9.243	17.611
C	1600	1	2.267	3.040	5.616	9.480	17.208
		1,6	2.585	3.835	8.000	14.248	26.745
D	1600	1	4.270	5.418	9.245	14.987	26.469
		1,6	4.746	6.610	12.821	22.139	40.774

Wie aus Tabelle 13 ersichtlich ist können über die Auswahl der Aufzugskriterien (speziell Nennlast und Geschwindigkeit), sowie über die Energieeffizienz, deutliche Einspareffekte erzielt werden. Durch den Einsatz eines Aufzuges der Energieeffizienzklasse A im Vergleich zu einem Aufzug der Klasse D können im Falle der Nutzungskategorie 1 bei Aufzügen mit einer Nennlast von 630°kg und 1m/s >Aufzugsgeschwindigkeit bis zu 3.261°kWh oder 86% des Energieverbrauchs eingespart werden.

Weiterhin kann aber auch durch die Verwendung von Aufzügen mit geringerer Nennlast oder Aufzugsgeschwindigkeit Strom eingespart werden. Für die Minimierung der Umwelteinflüsse ist also die Berücksichtigung der Energieeffizienzklasse ebenso wichtig wie die für die Nutzung optimale Wahl der Aufzugsspezifikationen (also deren Nennlast und Geschwindigkeit).

An dieser Stelle ist es auch wichtig zu betonen, dass für die orientierende Ökobilanz nur die Aufzüge der Energieeffizienzklassen A bis D verglichen wurden, da diese ca. 80 – 90% der vorhandenen Aufzüge darstellen (siehe auch Tabelle 9). Es kann aber davon ausgegangen werden dass es am Markt auch noch ineffizientere Aufzüge der Energieeffizienzklassen E und F gibt.

4.1.3 Betrachtete Wirkungskategorien

Folgende Wirkungskategorien⁴³ werden in der orientierenden Ökobilanz betrachtet, eine Erläuterung zu den einzelnen Wirkungskategorien befindet sich in Abschnitt 7.1:

- Treibhauspotential (GWP),
- Versauerungspotential (AP),
- Eutrophierungspotential (EP),
- Bodennahe Ozonbildung (POCP).

Da für die Herstellungsphase – mangels anderer Daten – auf die Studie eines Herstellers zurückgegriffen werden musste, die die Wirkungskategorie Kumulierter Primärenergieaufwand (KEA) nicht abdeckt, konnte die damit verbundene Wirkungen leider nicht abgebildet werden. Es ist vor diesem Hintergrund ebenfalls unklar, wie weit die Streuung der Daten in der Praxis ist: je nach dem welche Materialien bei der Herstellung der Aufzüge verwendet werden, um welche Aufzugsbauweise es sich handelt (z.B. innen oder außen liegend) oder um welche Antriebsart (Hydraulik, Seilaufzug, mit oder ohne Getriebe, mit oder ohne Energierückgewinnung, etc.) und für welche Nutzungsintensität der Aufzug gedacht ist, können die Auswirkungen unterschiedlich aussehen.

Tabelle 14 stellt die Umweltauswirkungen am Beispiel für Aufzüge mit einer Nennlast von 630kg und 1600kg und einer Geschwindigkeit von 1 m/s, bzw. 1,6 m/s, sowie für die Nutzungskategorien 1 (0,2h/d) und 5 (6h/d) dar. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass Aufzüge mit höherer Nennlast und Geschwindigkeit sowie mit stärkerer Nutzung insgesamt höhere Umweltauswirkungen haben. Da für die Herstellung nur der Datensatz für einen Aufzugstypen zur Verfügung stand sowie Wartung und Reparatur nicht berücksichtigt wurden, sind die unterschiedlichen Ergebnisse der einzelnen Aufzugsvarianten in Tabelle 14 auf den unterschiedlichen Stromverbrauch zurück zu führen. Die Werte in den Klammern vermerken jeweils den prozentualen Anteil der Nutzungsphase am Gesamtergebnis.

⁴³ Die Angaben von Schindler (Schindler 2005) wurden mit Hilfe von Ecoinvent 1.2 und nach den Wirkungskategorien von CML 2001 erstellt

Tabelle 14 Absolute Ergebnisse der Umweltauswirkungen für Aufzüge mit einer Nennlast von 630kg und einer Geschwindigkeit von 1 m/s sowie einer Nennlast von 1600kg und einer Geschwindigkeit von 1,6 m/s.

Lebenszyklusabschnitt	Nutzungskategorie 1 (0,2h/d)				Nutzungskategorie 5 (6h/d)			
	GWP kg CO ₂ e	AP kg SO ₂ e	EP kg PO ₄ e	POCP kg Eth-e	GWP kg CO ₂ e	AP kg SO ₂ e	EP kg PO ₄ e	POCP kg Eth-e
Herstellung	704	4,05	0,95	0,40	704	4,05	0,95	0,40
Nutzung 630kg, 1m/s								
A	316 (31%)	0,42 (9%)	0,05 (5%)	0,03 (6%)	1.863 (73%)	2,48 (38%)	0,29 (23%)	0,16 (29%)
B	604 (46%)	0,80 (17%)	0,09 (9%)	0,05 (12%)	2.894 (80%)	3,85 (49%)	0,44 (32%)	0,25 (38%)
C	1.166 (62%)	1,55 (28%)	0,18 (16%)	0,10 (20%)	4.537 (87%)	6,04 (60%)	0,70 (42%)	0,39 (49%)
D	2.269 (76%)	3,02 (43%)	0,35 (27%)	0,20 (33%)	7.199 (91%)	9,59 (70%)	1,10 (54%)	0,62 (61%)

Lebenszyklusabschnitt	Nutzungskategorie 1 (0,2h/d)				Nutzungskategorie 5 (6h/d)			
	GWP kg CO ₂ e	AP kg SO ₂ e	EP kg PO ₄ e	POCP kg Eth-e	GWP kg CO ₂ e	AP kg SO ₂ e	EP kg PO ₄ e	POCP kg Eth-e
Herstellung	704	4,05	0,95	0,40	704	4,05	0,95	0,40
Nutzung 1600kg, 1,6m/s								
A	486 (41%)	0,65 (14%)	0,07 (7%)	0,04 (9%)	6.969 (91%)	9,28 (70%)	1,07 (53%)	0,60 (60%)
B	859 (55%)	1,14 (22%)	0,13 (12%)	0,07 (16%)	10.552 (94%)	14,06 (78%)	1,62 (63%)	0,91 (69%)
C	1.549 (69%)	2,06 (34%)	0,24 (20%)	0,13 (25%)	16.025 (96%)	21,34 (84%)	2,46 (72%)	1,38 (78%)
D	2.844 (80%)	3,79 (48%)	0,44 (31%)	0,25 (38%)	24.431 (97%)	32,54 (89%)	3,75 (80%)	2,11 (84%)

Wie aus Tabelle 14 hervorgeht, steigt der absolute Beitrag der Nutzungsphase mit zunehmender Nennlast, Aufzugsgeschwindigkeit und Nutzungsdauer und hat damit einen immer höheren Anteil am Gesamtergebnis⁴⁴.

Im Bezug auf das Treibhauspotential ist die Nutzungsphase im oben gezeigten Beispiel für 31% (Aufzüge der Klasse A und der Nutzungskategorie 1) bis 97% der Emissionen (für Aufzüge der Klasse D und der Nutzungskategorie 5) verantwortlich. Beim Versauerungspotential (AP), dem Eutrophierungspotenzial (EP) und der Ozonbildung (POCP) beträgt der Anteil der Nutzungsphase zwischen 9% bis 89%, sowie 5% und 80%, und 6% und 84%, abhängig von der jeweiligen Aufzugsvariante und Nutzungskategorie.

⁴⁴ Eine Studie über einen ökobilanziellen Vergleich von hydraulischen Aufzügen und Seilaufzüge hat ganz ähnliche Untersuchungen zu diesem Thema durchgeführt (FHNW 2009). Die funktionelle Einheit der vergleichenden Aufzugsarten beschreibt einen Aufzugstyp, welcher laut VDI 4707-1 in die Nutzungskategorie 1 fällt. Das Ergebnis der Studie lautet, dass die Umweltbelastung zur Herstellung und Inbetriebnahme eines Antriebssystems deutlich höher ist als die Belastung während des Betriebes (Energieverbrauch). Dieses Ergebnis wurde mittels unserer PROSA-Studie für die Aufzüge in der Nutzungskategorie 1 sowie Energieeffizienzklasse A und B bestätigt (siehe Tabelle 14, Nutzungskategorie 1). Jedoch macht die schweizerische Studie im Gegensatz zu unserer Studie keine Aussagen für andere Aufzugstypen und Nutzungskategorien. Weiterhin ist zu erwähnen, dass der Strommix eines Landes wesentlichen Einfluss auf die Ökobilanz hat. Der schweizerische Strommix weist durch den hohen Anteil von 53,5% Wasserkraft (Quelle: Eurostat) wesentlich bessere Umweltbelastungen auf als der deutsche Strommix. Dies führt zu Beitragsverschiebungen in der Nutzungsphase.

Bei effizienteren Aufzügen sind der absolute Beitrag und der Anteil der Nutzungsphase an den gesamten Umweltauswirkungen geringer. Weiterhin zeigt sich, dass der Anteil der Herstellung an den Gesamtumweltbelastungen bei Aufzügen mit geringer Nutzung größer ist als bei Aufzügen mit sehr starker Nutzung.

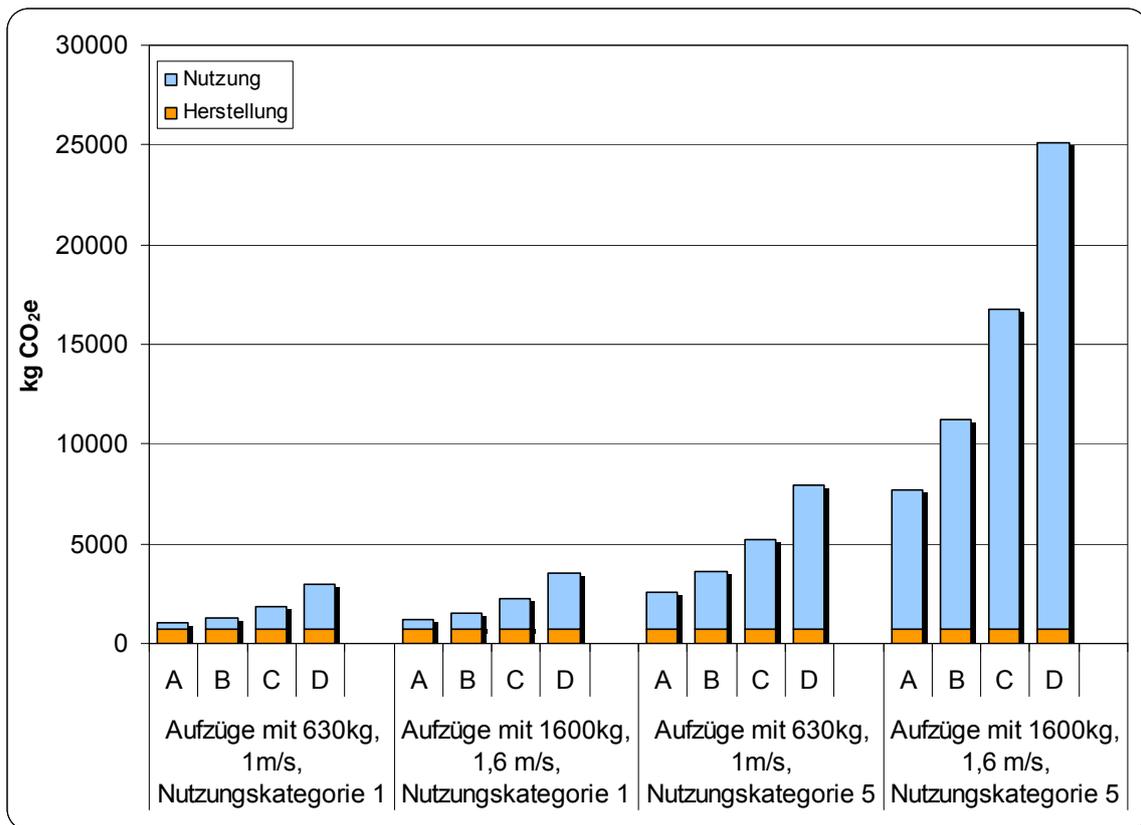


Abbildung 9 Einfluss der Herstellung auf die gesamten Umweltauswirkungen hier am Beispiel des GWP für ausgewählte Aufzugsbeispiele

4.2 Lebenszykluskostenanalyse

Für die Berechnung der Lebenszykluskosten sollten grundsätzlich die Anschaffungs-, die Nutzungs- und die Entsorgungskosten berücksichtigt werden.

In der vorliegenden Untersuchung mussten in Ermangelung weiterer Daten im Vergleich zum grundsätzlich wünschenswerten Vorgehen Einschränkungen bezüglich der berücksichtigten Kostenkategorien erfolgen. Berücksichtigt wurden:

- Anschaffungskosten eines Standardaufzuges (Spezifikation siehe unten),
- Betriebskosten des Aufzuges
 - Stromkosten
 - Instandhaltungskosten,
 - Reparaturkosten

Die Kosten werden dabei aus Sicht des Eigentümers eines durchschnittlichen Wohnhauses berechnet.

Die Entsorgung konnte nicht einbezogen werden.

4.2.1 Anschaffungskosten

Die Anschaffungskosten umfassen die Kosten für den eigentlichen Aufzug sowie für seine Installation im Gebäude. Die Höhe der Anschaffungskosten hängt stark von der Anzahl der Stockwerke ab, der Nennlast, ob der Aufzug außen geführt wird oder innen liegend ist, sowie von der Ausstattung des Fahrkorbs. Die Kosten für einen Aufzug liegen laut Architektenkreisen dabei in einer Größenordnung von ca. 10.000°€ pro Stockwerk (Nissen&Wenzlaf 2011). Unterschiedliche Anschaffungskosten von Hydraulikaufzügen und Seilaufzügen sowie deren Kostenbetrachtung in verschiedenen Förderhöhen, wurden bei der nachstehenden Berechnung vernachlässigt.

Eine weitere Quelle gibt Investitionskosten an der Größenordnung von rund 30.000°€⁴⁵ an. Für einen Aufzug mit einer Förderhöhe von 15m und 5 Haltestationen ergeben sich damit insgesamt Anschaffungskosten von ca. 50.000°€. Umgelegt auf eine angenommene Lebensdauer von 20 Jahren und ohne die Berücksichtigung von Zinsen für eine Finanzierung entspricht dies jährlichen Kosten in Höhe von rund 2.500°€ für die Anschaffung. Es wurde vernachlässigt, inwiefern sich die Kosten bei verschiedenen Aufzugstypen (unterschiedliche Nennlast und Nutzungskategorie) unterscheiden.

4.2.2 Stromkosten

Der Jahresstromverbrauch für die untersuchten Aufzugsvarianten beträgt zwischen 527°kWh und 74.150°kWh pro Jahr. Damit ist die Spanne der berücksichtigten Aufzugstypen und Stromverbräuche so groß, dass von unterschiedlichen Nutzungstypen (privat, gewerblich) und damit verknüpft von unterschiedlichen Strompreisen ausgegangen werden muss. Um die Berechnungen nicht zu komplex werden zu lassen, sollen nachfolgend nur zwei Unterscheidungen getroffen werden:

⁴⁵ Förderhöhe 9 m und Nennlast 630 kg,
http://www.handelswissen.de/data/themen/Marktpositionierung/Raumgestaltung/Technische_Faktoren/Aufzuege.php

(1) Private und gewerbliche Nutzung (z.B. Büro und Wohnhäuser): Für die private Nutzung wurde ein mittlerer Strompreis von 0,236°€/kWh angenommen (EcoTopTen, 2010)⁴⁶. Dies ergibt eine Spanne von 124°€–4.995°€ pro Jahr, für Aufzüge der Nutzungskategorie 1–3.

(2) Gewerbliche und industrielle Nutzung (z.B. Krankenhäuser): Bei Gebäude mit Aufzügen der Nutzungskategorie⁴ und 5 wurde davon ausgegangen dass es sich um Gebäude mit einer gewerblichen Nutzung handelt oder um öffentliche Gebäude mit einer hohen Nutzung, z.B. Krankenhäuser. Der mittlere Strompreis für Aufzüge in dieser Art von Gebäuden wurde mir 0,156°€/kWh⁴⁷ angenommen. Die daraus resultierende Preisspanne liegt bei 277°€–11.568°€ pro Jahr.

Der Strompreis setzt sich für die private sowie für die gewerbliche Nutzung in der Regel aus dem monatlichen Grundpreis, sowie dem verbrauchsabhängigen Arbeitspreis zusammen (in Cent/kWh). Eine Übersicht über die einzelnen Stromkosten für die verschiedenen Aufzugsvarianten sind in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15 Jahresstromkosten für verschiedene Aufzugsvarianten

Energieeffizienzklasse	Nennlast kg	Geschwindigkeit m/s	1	2	3	4	5
			0,2h	0,5h	1,5h	3h	6h
A	630	1	124 €	156 €	261 €	277 €	485 €
		1,6	138 €	189 €	359 €	407 €	746 €
B	630	1	238 €	284 €	440 €	445 €	753 €
		1,6	258 €	334 €	588 €	640 €	1.144 €
C	630	1	459 €	528 €	757 €	727 €	1.181 €
		1,6	489 €	602 €	978 €	1.020 €	1.767 €
D	630	1	894 €	994 €	1.329 €	1.211 €	1.874 €
		1,6	938 €	1.105 €	1.661 €	1.650 €	2.753 €

Energieeffizienzklasse	Nennlast kg	Geschwindigkeit m/s	1	2	3	4	5
			0,2h	0,5h	1,5h	3h	6h
A	3000	1	207 €	362 €	878 €	1.093 €	2.117 €
		1,6	269 €	518 €	1.347 €	1.713 €	3.357 €
B	3000	1	361 €	593 €	1.366 €	1.669 €	3.202 €
		1,6	455 €	828 €	2.069 €	2.599 €	5.061 €
C	3000	1	644 €	991 €	2.146 €	2.564 €	4.854 €
		1,6	785 €	1.343 €	3.201 €	3.958 €	7.643 €
D	3000	1	1.172 €	1.689 €	3.413 €	3.965 €	7.384 €
		1,6	1.383 €	2.216 €	4.995 €	6.057 €	11.568 €

⁴⁶ Mittlere Stromkosten pro kWh, inkl. anteiliger Grundgebühr.

⁴⁷ Quelle: Öko-Institut/BIO IS EuP Lot 24 Task 2, <http://www.ecowet-commercial.org/documents.php>

4.2.3 Instandhaltungskosten

Die Deutsche Treppenlift Beratung (DTB 2011) gibt die jährliche Kosten für Wartung und Reparatur mit 2.000°€ bis über 6.000°€ im Jahr an. Eine Expertenabschätzung (Nissen&Wenzlaf 2011) beziffert die Instandhaltungskosten mit ca. 2.000°€–4.000°€ pro Jahr. Als Mittelwert für die Lebenszykluskostenanalyse wurden daher 3.000°€ pro Jahr für die Instandhaltung und Reparaturen veranschlagt.

4.2.4 Entsorgungskosten

Entsorgungskosten wurden wie auch schon bei der orientierenden Ökobilanz aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt.

4.2.5 Ergebnis der Lebenszykluskostenanalyse

Die jährlichen Gesamtkosten setzen sich aus den anteiligen Anschaffungskosten sowie aus den Kosten für die Nutzung, also den Stromkosten, sowie den Kosten für die Wartung und Instandhaltung zusammen. Für die Berechnung der Lebenszykluskostenanalyse wurden folgende Annahmen getroffen:

- Anschaffungskosten⁴⁸: 50.000°€ resp. 2.500°€/Jahr
- Reparaturkosten: 3.000 €/Jahr
- Stromkosten von 124 € bis 11.568 €/Jahr

Da die Kosten für die jeweiligen Aufzugsvarianten stark von deren Energieeffizienzklasse, der Nutzungskategorie, der Nennlast, sowie deren Aufzuggeschwindigkeit abhängt wird in Tabelle 16 nur das Beispiel eines Aufzuges mit einer Nennlast von 630kg sowie einer Geschwindigkeit von 1m/s berechnet. Die Gesamtkosten für Aufzüge mit kleinerer Nennlast fallen dementsprechend geringer aus und für Aufzüge mit größerer Nennlast und Geschwindigkeit dementsprechend höher.

⁴⁸ Förderhöhe 15m, Nennlast 630 kg, 5 Haltestellen

Tabelle 16 Kostenvergleich der verschiedenen Aufzugsvarianten bezogen auf ein Jahr

Energieeffizienzklassen	Nutzungskategorie	Gewicht kg	Geschwindigkeit m/s	Anschaffungskosten	Stromkosten	Reparaturkosten	Jährliche Gesamtkosten [€/a]
A	1 0,2h/d	630	1	2.500 €	124 €	3.000 €	5.624 €
B				2.500 €	238 €	3.000 €	5.738 €
C				2.500 €	459 €	3.000 €	5.959 €
D				2.500 €	894 €	3.000 €	6.394 €
A	5 6h/d	630	1	2.500 €	485 €	3.000 €	5.985 €
B				2.500 €	753 €	3.000 €	6.253 €
C				2.500 €	1.181 €	3.000 €	6.681 €
D				2.500 €	1.874 €	3.000 €	7.374 €

Wie aus Tabelle 16 hervorgeht, fallen für Aufzüge mit Energieeffizienzklasse A, 630°kg Nennlast, 1 m/s Geschwindigkeit und für die Nutzungskategorie°1 jährliche Kosten von 5.624°€ an. Für einen vergleichbaren Aufzug in der Energieeffizienzklasse D würden rund 770°€ pro Jahr an Mehrkosten anfallen.

Noch größere Unterschiede gibt es bei Aufzügen der Nutzungskategorie 5 (d.h. mit mehr als 6°h Nutzung pro Tag). Hier ergeben sich Mehrkosten von 1.389°€ pro Jahr für Aufzüge der Energieeffizienzklasse D im Vergleich zu Aufzügen der Klasse A. Im Vergleich hierzu liegen die jährlichen Gesamtkosten für einen Aufzug der Energieeffizienzklasse A mit einer Nennlast von 1.600°kg, einer Geschwindigkeit von 1m/s und einer täglichen Nutzung von 0,2h bei 5.658°€, also nur 34°€⁴⁹ höher als für einen vergleichbarer Aufzug mit einer Nennlast von 630kg.

Allerdings belaufen sich die jährlichen Kosten für einen Aufzug mit 3.000°kg Nennlast, einer Geschwindigkeit von 1,6m/s und einer täglichen Nutzung von 6h auf 17.068°€ für einen Aufzug in der Energieeffizienzklasse D. Ein vergleichbarer Aufzug der Energieeffizienzklasse C würde jährliche ca. 4.000°€ einsparen, ein Aufzug der Klasse A sogar 9.451°€. Eine Übersicht der jährlichen Gesamtkosten aller Aufzugsvarianten die in dieser Studie berücksichtigt wurden ist in Abschnitt 7.2 aufgeführt.

⁴⁹ Die Mehrkosten für die Anschaffung eines Aufzuges mit 1.600°kg Nennlast wurde nicht berücksichtigt.

5 Gesamtbewertung und Ableitung für ein Umweltzeichen für Personenaufzüge

Dieses Kapitel gibt Auskunft über eine mögliche Ableitung der oben beschriebenen Zusammenhänge im Hinblick auf die Anforderungen an Personenaufzüge im Rahmen eines Umweltzeichens für Personenaufzüge.

Die Ziele des Blauen Engels beruhen auf „Verminderung des Energieverbrauchs und die Vermeidung umweltbelastender Materialien sowie langlebige und recyclinggerechte Konstruktion. Hierdurch kann ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet, Ressourcen geschont, Schadstoffeinträge in die Umwelt vermieden und Deponieräume gespart werden.“

Weiterhin möchten wir auch auf den Entwurf der Vergabegrundlage verweisen, der vom Öko-Institut für das Gespräch Personenaufzüge am 22.03.2011 vorgelegt wurde sowie auf das überarbeitete Gesprächsprotokoll inkl. Stellungnahmen vom 02.08.2011.

5.1 Geltungsbereich

Für den Geltungsbereich Personenaufzüge sehen wir zum aktuellen Stand alle neuinstallierten Aufzugsarten die unter die Aufzugsrichtlinie (95/16/EG) fallen (siehe Kapitel 2.1). Eine Vergabe des Umweltzeichens für Aufzüge im Sinne der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG (siehe Kapitel 3.4.1) soll nicht berücksichtigt werden. Ebenfalls sind die bestehenden Aufzugsanlagen aller Art ausgeschlossen, da hierfür keine Übersicht möglicher Modernisierungspotentiale und dessen Kostenaufwand für das Erreichen der Energieeffizienzklasse A (siehe Ableitung Vergabekriterium 5.2.1) bestehender Aufzugsanlagen vorliegt. Die Ertüchtigung bestehender Aufzugsanlagen/Personenaufzüge mit bestimmten Komponenten zur Erreichung des Umweltzeichens kann gegebenenfalls in einer weiteren Vergabegrundlage aufgenommen werden.

5.2 Energieverbrauch

Der Energieverbrauch bzw. die Energieeffizienz sind die Hauptaspekte bei der Bewertung der Umweltverträglichkeit von Personenaufzügen (siehe Kapitel 3.3 und 4.1.3). Daher ist die Festlegung eines Kriteriums für eine möglichst hohe Energieeffizienz bei einem Umweltzeichen von besonders hoher Bedeutung.

5.2.1 Gesamtenergiebedarf

Das Energiezertifikat gemäß VDI 4707-Blatt 1 kennzeichnet bereits die Energieeffizienz von Aufzügen und bietet daher eine gute Orientierung.

Eine mögliche Anforderung an zu kennzeichnende, besonders effiziente Personenaufzüge könnte also die Festlegung einer Energieeffizienzklasse gemäß VDI Richtlinie 4707 Blatt 1 sein, welche ca. 10–20% der am Markt vorhandenen Personenaufzüge abdecken.

Die Grundlage für die Einstufung in die Energieeffizienzklasse bildet die Tabelle 9. Demnach würde eine Einstufung in die Energieeffizienzklasse B als sinnvoll erscheinen. Allerdings sind die gemessenen Aufzugsdaten keine aktuellen Messwerte und vor dem Weißdruck der VDI 4707 Blatt¹ installiert worden und somit nicht auf dem aktuellsten Stand der Technik. Vor dem Hintergrund, dass bereits vor 5-7 Jahren etwa 3% der gemessene Aufzugsanlagen eine A-Zertifizierung erreicht hatten sowie ein Hersteller bereits mit dieser Zertifizierung wirbt würde eine Bewertung des Kriteriums in die Effizienzklasse A den ambitionierten Zielen des Umweltzeichens entsprechen.

Im Moment fehlen jedoch für eine Bewertung des Kriteriums der Effizienzklasse A, B oder C noch aktuelle und umfassendere Marktdaten zu den befindlichen Aufzügen hinsichtlich des Energiebedarfs nach VDI 4707.

5.3 Anforderungen an Komponenten und Konstruktionen

5.3.1 Reparaturfähigkeit

Ein Aufzug ist ein wartungsintensives Produkt und kann nur dann seine Funktion gewährleisten, wenn die Wartungen, Reparaturen oder der Austausch von Komponenten durchgeführt und diese dem aktuellen Stand der Sicherheitstechnik angepasst werden. Aufgrund der langen Lebensdauer von Aufzugsanlagen von 20–40 Jahren sollte deshalb die Verfügbarkeit von Ersatzteilen sichergestellt werden. Einsatz von nicht originalen Ersatzteilen kann zu einer Verschlechterung der Aufzugsfunktion, größerem Energieverbrauch, kürzerer Lebensdauer und auch zu Sicherheitsgefahren führen.

Es wird daher empfohlen die Ersatzteilversorgung auf mindestens „20 Jahre ab Montage“ festzulegen.

5.3.2 Recyclinggerechte Konstruktion

Manuelle Demontage ist nach wie vor eine wichtige und ressourcenschonende Methode des Recyclings. Die getrennte Entnahme von Fraktionen mit hohen Schad- und Wertstoffkonzentrationen (Kunststoffe, Batterien & Akkus, Bildschirme und Leiterplatten) ist hier von primärer Bedeutung.

Daher sollen die Personenaufzüge so konstruiert sein, dass bei einer Demontage (Austausch der Anlage)

- die Materialien (Werkstoffe) nach Fraktionen optimal getrennt und nach Möglichkeit werkstofflich verwertet werden können.
- Bauteile und Materialien wie Öle, Leiterplatten, Akkumulatoren, elektronische Bauteile, Kunststoffteile, Batterien und andere gefährliche Substanzen leicht zu entnehmen sind und umweltgerecht entsorgt werden können.

5.4 Fahrkorbbeleuchtung

Da es neben der Energieeffizienz ein erklärtes umweltpolitisches Ziel ist, den Schadstoffgehalt von Produkten sowie den Gehalt von besonders problematischen Stoffen wie z.B. Schwermetallen im Abfallstrom zu reduzieren, sollte ein Umweltzeichen für eine möglichst hohe Schadstofffreiheit sorgen.

Für ein Umweltzeichen-Kriterium können nun zwei unterschiedliche Ansätze gewählt werden:

- Gänzlich auf Quecksilber zu verzichten
- den Quecksilbergehalt in der Fahrkorbbeleuchtung auf ein nötiges Maß zu reduzieren mit Angabe einer Maximalvorgabe in ppm oder Gewichtsprozent oder wie beim EU-Umweltzeichen kann ein relativer Grenzwert von „RoHS⁵⁰ minus 20%“ festgelegt werden. Falls Hersteller argumentieren, dass das zu niedrig sei und Auswirkungen auf die Lebensdauer, Qualität und Effizienz hätte, sind sie in der Pflicht Daten zu nennen, die einen anderen Wert belegen können.

5.5 Anforderungen an Informationsanzeigen und Bedienelemente

Für die Informationsanzeigen und Bedienelemente gelten die Ableitungen wie unter dem Kapitel „Fahrkorbbeleuchtung“. Das Kriterium allerdings sollte jedoch auf folgende Formulierung eingeschränkt werden:

- Die Hintergrundbeleuchtung des Displays von Informationsanzeigen und Bedienelemente im Fahrkorb sowie an den Stationen darf kein Quecksilber enthalten.

⁵⁰ RoHS-Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten

5.6 Gegengewichtsanlage

Für die Gegengewichtsanlage des Aufzuges soll aufgrund von besonders problematischen Stoffen wie z.B. Schwermetallen (hier Blei) im Abfallstrom und aus Vorsorgegründen ein Kriterium für ein Umweltzeichen festgelegt werden (siehe Kapitel).

Auszuzeichnende Personenaufzüge dürfen in der Gegengewichtsanlage kein Blei enthalten.

5.7 Geräuschemission

Zu hohe Geräuschemissionen im Aufzugskorb können störend auf den darin befindlichen Personen sein. Die Richtlinie VDI 2566 (siehe Kapitel 3.4.1) enthält unter anderem Anhaltswerte für die Geräuschemission im Triebwerksraum (Luft- und Körperschallpegel), vor Schachttüren, im Aufzugsschacht und im Fahrkorb. Nur die Geräuschemissionen im Fahrkorb sind relevant, da alle anderen Anhaltswerte abhängig von der Gebäudesubstanz sind.

Bezüglich der Geräuschemission im Fahrkorb darf der Wert von 55 db (A) nicht überschritten werden.

5.8 Betreiberinformationen

Ein wichtiger Aspekt eines Umweltzeichens sind die den Betreibern mindestens zur Verfügung zu stellenden Informationen.

Die Lebensdauer und der Energieverbrauch der Personenaufzüge sind im erheblichen Maße abhängig vom Nutzerverhalten und der Wartung. Eine verständliche und ausführliche Bedienungsanleitung und Produktinformation muss deshalb nach dem Einbau an den Verantwortlichen (z.B. Betreiber, Hausverwalter) übergeben werden.

5.9 Akkreditierte Labore

Um den neutralen und fachgerechten Nachweis von den Kriterien zu gewährleisten, ist es wichtig, auch Anforderungen an die entsprechenden Prüfeinrichtungen festzulegen. Es wird daher vorgeschlagen, dass sämtliche vorzulegende Nachweise durch ein nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Labor durchzuführen sind. Der Antragsteller des Umweltzeichens trägt die dafür entstehenden Kosten.

6 Literatur

- A+S 2011 Aufzug + Service; DER BESTE WEG NACH OBEN – MIT DEM RICHTIGEN SYSTEM; <http://www.aufzug-service.de/entscheidungshilfe.php#entscheidungshilfe>; abgerufen im Februar 2011
- Baunetzwissen 2011 Baunetz Wissen Aufzüge und Fahrtreppen; http://www.baunetzwissen.de/index/Aufzuege-und-Fahrtreppen_522.html; abgerufen im Januar 2011
- Bunke et al. 2002 Bunke, D.; Grießhammer, R.; Gensch, C.-O.; EcoGrade – die integrierte ökologische Bewertung; UmweltWirtschaftsForum; Springer Verlag. 10. Jg.; H. 4; Dezember 2002
- DTB 2011 Deutsche Treppenlift Beratung; Personenaufzug Kosten; <http://www.deutsche-treppenlift-beratung.de/personenaufzug/personenaufzug-kosten>, abgerufen im Januar 2011
- EcoTopTen 2011 EcoTopTen-Kriterien für Strom beziehen; (http://www.ecotopten.de/prod_strom_prod.php); Stand März 2011
- EnWG Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 21.8.2009 I 2870
- Grießhammer et al. 2007 Grießhammer, R.; Buchert, M.; Gensch, C.-O.; Hochfeld, C.; Manhart, A.; Rüdener, I.; in Zusammenarbeit mit Ebinger, F.; Produkt-Nachhaltigkeits-Analyse (PROSA) – Methodenentwicklung und Diffusion; Freiburg, Darmstadt, Berlin 2007
- FHNW 2009: Der Lebenszyklus Hydraulischer Aufzüge. Argumente zum qualitativen Vergleich von Aufzugssystemen Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, 5210 Windisch, Dezember 2009
- Fraunhofer ISI 2010a Hirzel, S.; Fleiter, T.; Rosende, D.; E4 – Energy efficient elevators and escalators – Elevators and escalators in Germany from an energy perspective -; Karlsruhe; Januar 2010
- Fraunhofer ISI 2010b E4 – Energy efficient elevators and escalators – OPTIMIERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ BEI AUFZÜGEN; ENEA Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development; Deutsche Übersetzung: Fraunhofer Institut für System - und Innovationsforschung, 2010
- Fraunhofer ISI 2010c Hirzel, S.; Boege, C.; D.; E4 – Energy efficient elevators and escalators – Monitoring campaign – Germany, Karlsruhe, 15 December 2009

IMU-Institut 2007	Jürgen Dispan J. Aufzüge und Fahrtreppen Branchenstudie 2007, Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvertrag mit der Auftragsnummer RKW TPD 2006-1 Untersuchung zur Situation und Entwicklung der Branche Aufzüge und Fahrtreppen, Stand 30. März 2007
Intelligent Energy Europe 2010	Almeida A.T., Patrão C., Fong J., Araújo R., Nunes U., Rivet L., Lindegger U., Nanetti M., Cariani W., Disi W., Manduzio L., Viola C., Hirzel S., Dütschke E., Oberschmidt J., Fleiter, T., Skoczkowski T., Węglarz A., Zwierchanowski R., Brzoza– Brzezina K., Kisiel K.; E4 – Energy efficient elevators and escalators; IRS-University of Coimbra, ELA, ENEA, Fraunhofer ISI und KAPE; Coimbra, March 2010
Meermann 2010	Energieeffizienz – Nachhaltigkeit bei Aufzügen und deren Betrieb; Aufzüge im Übergang in das 21. Jahrhundert; Friedhelm Meermann, Herbolzheim, 2010
Nissen&Wenzlaf 2011	Persönliche Mitteilung, Nissen&Wenzlaf Architekten, Basel 09.02.2011
Öko-Institut 2010	Öko-Institut, Eco Top Ten – Kriterien für Stromangebote, Öko-Institut e.V., Freiburg, Darmstadt, Berlin 2010
Olidynamic 2004	Informationen für den Verkauf für Aufzugsbauer, Kunden der GMV Oildynamic, Argumente für Seil- und Hydraulikaufzüge, 31.05.2004
OSMA 2011	Kommentare OSMA-Aufzüge zum PROSA Hintergrundbericht, 2011
S.A.F.E et al. 2005	Nipkow, J.; Elektrizitätsverbrauch und Einspar-Potenziale bei Aufzügen; Bundesamt für Energie (Schweiz), Zürich; November 2005
Schindler 2005	Environmental Fact Sheet – Elevator system Schindler 2400/2500/2600 Traction, Version 1.1, Schindler, 23. Dezember 2005, Luzern
Schindler 2011a	Persönliche Mitteilung, Fachgespräch bei Schindler Aufzüge AG, Workshop Blauer Engel, Ebikon 18.01.2011
Schindler 2011b	Präsentation Herr Lindegger – Kriterien für die Bewertung der "Umweltfreundlichkeit" von Aufzügen VDI 4707 – Energieeffizienz, Workshop Blauer Engel, Ebikon 18.01.2011
Schmitt & Sohn AG 2011	Persönliche Mitteilung, Fachgespräch bei Schmitt & Sohn AG, Herr Kaldenhoff, Nürnberg 23.02.2011
Stat. Bundesamt 2011	Statistisches Bundesamt – Destatis (Hrsg.); Auszüge aus Fachserie 4, Reihe 3.1, Produktion im Produzierenden Gewerbe – Hebezeuge und Fördermittel; Wiesbaden 2011
VDI 2009	Verein Deutscher Ingenieure; VDI Richtlinie 4707 Blatt 1 – Aufzüge Energieeffizienz, VDI, März 2009, Düsseldorf 2009

VFA 2011	Der deutsche Aufzugsmarkt wächst und wächst und...; Stricker B.U.; Verband für Aufzugstechnik – VFA; InterLift Report 37 Jahrgang (2011) Heft 4
VDMA 2011a	Persönliche Mitteilung (Email vom 31.01.2011), Auftragseingang Aufzüge Deutschland, VDMA 2011
VDMA 2011b	Energieeffizienz von Aufzugsanlagen und -komponenten; VDMA – Aufzüge und Fahrtreppen, Frankfurt a.M.
VDMA 2011c	Persönliche Mitteilung (Email vom 04.03.2011), Verteilung der bestehenden Aufzüge auf die unterschiedlichen Nutzungsbereiche, VDMA 2011
VmA 2011	Kommentare VmA (Vereinigung mittelständischer Aufzugsunternehmen e.V.) zum PROSA Hintergrundbericht, 2011

7 Anhang

7.1 Anhang I: Wirkungskategorien der Life Cycle Analysis

- Treibhauspotential (GWP)
- Versauerungspotential (AP)
- Aquatische und terrestrisches Eutrophierungspotential (EP)
- Photochemische Oxidantienbildung (POCP)

Die Ergebnisse der Wirkungskategorien wurden mit Hilfe der Bewertungsmethode des Öko-Instituts *EcoGrade* (vergleiche Bunke et al. 2002) gewichtet und für die spätere Ökoeffizienzanalyse zu einem Gesamtumweltindikator (Umweltzielbelastungspunkte) aggregiert.

7.1.1 Treibhauspotential

Schadstoffe, die zur zusätzlichen Erwärmung der Erdatmosphäre beitragen, werden unter Berücksichtigung ihres Treibhauspotenzials bilanziert, welches das Treibhauspotential des Einzelstoffs relativ zu Kohlenstoffdioxid kennzeichnet. Als Indikator wird das Gesamtreibhauspotential in CO₂-Äquivalenten angegeben. Folgende Substanzen und Charakterisierungsfaktoren wurden berücksichtigt.

Tabelle 17 Charakterisierungsfaktoren für Treibhauspotential (nach IPCC 1995)

Treibhauspotential in kg CO ₂ Äquivalenten	Faktor
Kohlenstoffdioxid CO ₂	1
Methan CH ₄	21
Distickstoffmonoxid N ₂ O	310
Halon 1301	4900
Tetrafluormethan	4500
Tetrachlormethan	1400
Trichlormethan	5
Dichlormethan	9
1,1,1-trichlorethan	110

7.1.2 Versauerungspotential (AP)

Schadstoffe, die als Säuren oder aufgrund ihrer Fähigkeit zur Säurefreisetzung zur Versauerung von Ökosystemen beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres

Versauerungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Versauerungspotenzial kennzeichnet die Schädigung eines Stoffes als Säurebildner relativ zu Schwefeldioxid. Als Indikatoren für die Gesamtbelastung wird das Gesamtversauerungspotenzial in SO₂-Äquivalenten angegeben.

Folgende Substanzen und Charakterisierungsfaktoren wurden berücksichtigt:

Tabelle 18 Charakterisierungsfaktoren für Versauerungspotenzial

Versauerungspotenzial in kg SO ₂ -Äquivalenten	Faktor
SO ₂	1,00
NO ₂ , NO _x	0,70
NO	1,07
NH ₃	1,88
HCl	0,88
HF	1,60

7.1.3 Aquatisches und terrestrisches Eutrophierungspotential (EP)

Nährstoffe, die zur Überdüngung (Eutrophierung) aquatischer und terrestrischer Ökosysteme beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Eutrophierungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Eutrophierungspotenzial kennzeichnet die Nährstoffwirkung eines Stoffes relativ zu Phosphat. Als Indikator für die Gesamtbelastung werden das aquatische und das terrestrische Eutrophierungspotenzial in Phosphat-Äquivalenten angegeben.

Folgende Substanzen und Charakterisierungsfaktoren wurden berücksichtigt:

Tabelle 19 Charakterisierungsfaktoren für das aquatische Eutrophierungspotenzial

Aquatische Eutrophierung in kg PO ₄ Äquivalenten	Faktor
NH ₃	0,330
N-tot, Nitrate, Nitrite	0,420
Phosphat	1,000
P-tot	3,060
P ₂ O ₅	1,340
COD	0,022

Tabelle 20 Charakterisierungsfaktoren für das terrestrische Eutrophierungspotenzial

Terrestrische Eutrophierung in kg PO ₄ Äquivalenten	Faktor
--	--------

NO ₂ , NO _x	0,13
NH ₃	0,33

7.1.4 Photochemische Oxidantienbildung

Zu den Photooxidantien gehören Luftschadstoffe, die zum einen zu gesundheitlichen Schädigungen beim Menschen, zum anderen zu Schädigungen von Pflanzen und Ökosystemen führen können. Den leichtflüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds, VOC) kommt eine zentrale Rolle zu, da sie Vorläufersubstanzen sind, aus denen Photooxidantien entstehen können. Als Indikator für die Gesamtbelastung wird das Photooxidantienbildungspotenzial in Ethylen-Äquivalenten angegeben.

Zur Berechnung werden die Substanzen und die entsprechenden Charakterisierungsfaktoren nach Heijungs et al. 1992 berücksichtigt.

7.2 Anhang II: Jährliche Kosten für alle gerechneten Aufzugbeispiele

Tabelle 21 Jährliche Gesamtkosten für Aufzüge mit 630kg Nennlast

Energieeffizienzklasse	Gewicht	Geschwindigkeit	1	2	3	4	5
			0,2 23,8	0,5 23,5	1,5 22,5	3 21	6 18
Energieklasse A	630	1	5.624 €	5.656 €	5.761 €	5.777 €	5.985 €
		1,6	5.638 €	5.689 €	5.859 €	5.907 €	6.246 €
Energieklasse B	630	1	5.738 €	5.784 €	5.940 €	5.945 €	6.253 €
		1,6	5.758 €	5.834 €	6.088 €	6.140 €	6.644 €
Energieklasse C	630	1	5.959 €	6.028 €	6.257 €	6.227 €	6.681 €
		1,6	5.989 €	6.102 €	6.478 €	6.520 €	7.267 €
Energieklasse D	630	1	6.394 €	6.494 €	6.829 €	6.711 €	7.374 €
		1,6	6.438 €	6.605 €	7.161 €	7.150 €	8.253 €

Tabelle 22 Jährliche Gesamtkosten für Aufzüge mit 1000 kg Nennlast

Energieeffizienzklasse	Gewicht	Geschwindigkeit	1	2	3	4	5
			0,2 23,8	0,5 23,5	1,5 22,5	3 21	6 18
Energieklasse A	1000	1	5.637 €	5.688 €	5.857 €	6.111 €	6.619 €
		1,6	5.658 €	5.740 €	6.014 €	6.424 €	7.245 €
Energieklasse B	1000	1	5.757 €	5.833 €	6.085 €	6.462 €	7.218 €
		1,6	5.788 €	5.911 €	6.319 €	6.931 €	8.156 €
Energieklasse C	1000	1	5.988 €	6.100 €	6.474 €	7.034 €	8.154 €
		1,6	6.035 €	6.217 €	6.825 €	7.737 €	9.561 €
Energieklasse D	1000	1	6.437 €	6.603 €	7.154 €	7.982 €	9.637 €
		1,6	6.508 €	6.779 €	7.682 €	9.037 €	11.747 €

Tabelle 23 Jährliche Gesamtkosten für Aufzüge mit 1600kg Nennlast

Energieeffizienzklasse	Gewicht	Geschwindigkeit	1	2	3	4	5
			0,2 23,8	0,5 23,5	1,5 22,5	3 21	6 18
Energieklasse A	1600	1	5.658 €	5.740 €	6.014 €	6.111 €	6.653 €
		1,6	5.691 €	5.823 €	6.264 €	6.441 €	7.314 €
Energieklasse B	1600	1	5.788 €	5.911 €	6.319 €	6.446 €	7.255 €
		1,6	5.838 €	6.036 €	6.694 €	6.942 €	8.247 €
Energieklasse C	1600	1	6.035 €	6.217 €	6.825 €	6.979 €	8.184 €
		1,6	6.110 €	6.405 €	7.388 €	7.723 €	9.672 €
Energieklasse D	1600	1	6.508 €	6.779 €	7.682 €	7.838 €	9.629 €
		1,6	6.620 €	7.060 €	8.526 €	8.954 €	11.861 €

Tabelle 24 Jährliche Gesamtkosten für Aufzüge mit 3000kg Nennlast

Energieeffizienzklasse	Gewicht	Geschwindigkeit	1	2	3	4	5
			0,2 23,8	0,5 23,5	1,5 22,5	3 21	6 18
Energieklasse A	3000	1	5.707 €	5.862 €	6.378 €	6.593 €	7.617 €
		1,6	5.769 €	6.018 €	6.847 €	7.213 €	8.857 €
Energieklasse B	3000	1	5.861 €	6.093 €	6.866 €	7.169 €	8.702 €
		1,6	5.955 €	6.328 €	7.569 €	8.099 €	10.561 €
Energieklasse C	3000	1	6.144 €	6.491 €	7.646 €	8.064 €	10.354 €
		1,6	6.285 €	6.843 €	8.701 €	9.458 €	13.143 €
Energieklasse D	3000	1	6.672 €	7.189 €	8.913 €	9.465 €	12.884 €
		1,6	6.883 €	7.716 €	10.495 €	11.557 €	17.068 €

7.3 Anhang III: Mögliche Vergabekriterien für ein Umweltzeichen

Dieses Kapitel gibt Auskunft über mögliche Vergabekriterien für Personenaufzüge der unter Kapitel 5 beschriebenen Ableitungen.

1. Geltungsbereich

Diese Vergabegrundlage gilt für alle Arten von neuinstallierten Aufzügen (Seil –oder Hydraulikaufzüge, Aufzüge mit oder ohne Triebwerksraum, Aufzüge mit oder ohne Getriebe) die vorwiegend zur Beförderung von Personen bestimmt sind. Als Personenaufzüge gelten somit

- Aufzüge zur Personenbeförderung,
- Aufzüge zur Personen- und Güterbeförderung
- Glasaufzüge und Panoramaaufzüge

Nicht im Geltungsbereich enthalten sind

- bestehende Aufzugsanlagen aller Art
- Aufzüge, die ausschließlich dem Transport von Gütern, Müllcontainern usw. dienen und wo das Mitfahren von Personen nicht zulässig ist.
- Kleingüteraufzüge⁵¹
- speziell für militärische Zwecke oder zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung konzipierte und gebaute Aufzüge,
- Schachtförderanlagen,
- Bühnenaufzüge,
- in Beförderungsmitteln eingebaute Aufzüge,
- Baustellenaufzüge zur Personenbeförderung oder zur Personen- und Güterbeförderung.

⁵¹ Kleingüteraufzüge sind nicht betretbare Aufzugsanlagen

2. Anforderungen

2.1. Energieverbrauch

2.1.1 Gesamtenergiebedarf

Der spezifische Gesamtenergiebedarf des Personenaufzugs muss so ausfallen, dass er die Anforderungen der Energieeffizienzklasse A gemäß VDI Richtlinie 4707 erfüllt.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung und legt ein Messprotokoll gemäß VDI Richtlinie 4707 Blatt 1 „Energieeffizienz von Aufzügen“ eines nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Prüflabors vor.

2.2 Anforderungen an Komponenten und Konstruktionen

2.2.1 Reparaturfähigkeit

Der Antragsteller verpflichtet sich, dafür zu sorgen, dass für die Reparatur der Aufzüge die Ersatzteilversorgung (Sicherheitskomponenten sowie andere Komponenten und Bauteile) für mindestens 20 Jahre ab Montage sichergestellt ist und die Ersatzteile frei verfügbar sind.

Unter Ersatzteilen sind solche Teile zu verstehen, die typischerweise im Rahmen der üblichen Nutzung eines Produktes ausfallen können. Die Produktunterlagen müssen Informationen über die genannten Ersatzteilanforderungen enthalten.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Ersatzteilanforderungen in **Anlage°#** zum Antrag und legt die entsprechenden Seiten der Produktunterlagen in **Anlage°#** vor.

2.2.2 Recyclinggerechte Konstruktion

Der Personenaufzug muss so konstruiert sein, dass bei einer Demontage (Austausch der Anlage)

- die Materialien (Werkstoffe) nach Fraktionen optimal getrennt und nach Möglichkeit werkstofflich verwertet werden können.
- Bauteile und Materialien wie Öle, Leiterplatten, Akkumulatoren, elektronische Bauteile, Kunststoffteile, Batterien und andere gefährliche Substanzen leicht zu entnehmen und umweltgerecht entsorgt werden können.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen und legt ein Demontieranweisung vor, in dem die fachgerechte Zerlegung des Personenaufzuges erklärt wird (Anlage°#).

2.3 Fahrkorbbeleuchtung

Die Fahrkorbbeleuchtung des Personenaufzuges darf kein Quecksilber enthalten.

Nachweis

Der Antragsteller bestätigt in Anlage°# zum Antrag, dass die Lampen der Fahrkorbbeleuchtung kein Quecksilber enthalten.

2.4 Anforderungen an Informationsanzeigen und Bedienelemente

Die Hintergrundbeleuchtung des Displays von Informationsanzeigen und Bedienelemente im Fahrkorb sowie an den Stationen darf kein Quecksilber enthalten.

Nachweis

Der Antragsteller bestätigt in Anlage°# zum Antrag, dass die Hintergrundbeleuchtung für die Bedienelemente kein Quecksilber enthalten..

2.5 Gegengewichtsanlage

Die Gegengewichtsanlage des Personenaufzuges darf kein Blei enthalten

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung und legt die entsprechenden Seiten der Produktunterlagen vor.

2.6 Geräuschemission

Der Schalldruckpegel im Fahrkorb (nach VDI 2566) darf während der Fahrt den Wert von 55,0 dB(A) nicht überschreiten.

Nachweis

Der Antragsteller legt einen Herstellernachweis über die Einhaltung des vor genannten Wertes vor.

2.7 Materialanforderungen

2.7.1 Allgemeine Anforderungen an Kunststoffe

Die Kunststoffe dürfen keine Stoffe mit folgenden Eigenschaften enthalten:

- a) Stoffe, die unter der Chemikalienverordnung REACH (1906/2006/EG) als besonders besorgniserregend identifiziert wurden und in die gemäß REACH Artikel 59 Absatz 1 erstellte Liste (sogenannte „Kandidatenliste“) aufgenommen wurden⁵²,
- b) Stoffe, die gemäß den Kriterien der EG-Verordnung 1272/2008⁵³ (oder der Richtlinie 67/548/EWG) mit den folgenden H-Sätzen (R-Sätzen) eingestuft sind oder die die Kriterien für eine solche Einstufung erfüllen.⁵⁴

⁵² Die Kandidatenliste in der jeweils aktuellen Fassung findet sich unter:

http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp

⁵³ Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, kurz: GHS-Verordnung.

Die GHS-Verordnung (Globally Harmonized System), die am 20.01.2009 in Kraft getreten ist, ersetzt die alten Richtlinien 67/548/EWG (Stoff-RL) und 1999/45/EG (Zubereitungs-RL). Danach erfolgt die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung für Stoffe bis zum 1. Dezember 2010 gemäß der RL 67/548/EWG und für Gemische (vormals Zubereitungen) bis zum 1. Juni 2015 gemäß der RL 1999/45/EG, nach diesen Daten muss jeweils die GHS-Verordnung angewendet werden. Bis zum 1. Juni 2015 sind für Stoffe sowohl die neuen Gefahrenhinweise (H-Sätze) als die vormals gültigen Risiko-Sätze (R-Sätze) anzugeben.

⁵⁴ Die harmonisierten Einstufungen und Kennzeichnungen gefährlicher Stoffe finden sich in Anhang VI, Teil 3 der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (GHS-Verordnung). Tabelle 3.1 nennt die Einstufungen und Kennzeichnungen nach dem neuen System unter Verwendung von H-Sätzen, Tabelle 3.2 nennt die Einstufungen und Kennzeichnungen nach dem alten System unter Verwendung von R-Sätzen. Die GHS-Verordnung findet sich beispielsweise unter: http://www.reach-info.de/ghs_verordnung.htm.

Ab dem 1. Dezember 2010 soll zudem ein umfassendes Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis auf den Internetseiten der ECHA öffentlich zugänglich sein, das darüber hinaus alle Selbsteinstufungen von gefährlichen Stoffen durch die Hersteller enthält.

Toxische Stoffe:

H300	(R28)	Lebensgefahr bei Verschlucken
H301	(R25)	Giftig bei Verschlucken
H304	(R65)	Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein
H310	(R27)	Lebensgefahr bei Hautkontakt
H311	(R24)	Giftig bei Hautkontakt
H330	(R26)	Lebensgefahr bei Einatmen
H331	(R23)	Giftig bei Einatmen
H370	(R39/23/24/25/26/27/28)	Schädigt die Organe
H371	(R68/20/21/22)	Kann die Organe schädigen
H372	(R48/25/24/23)	Schädigt die Organe
H373	(R48/20/21/22)	Kann die Organe schädigen

Krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Stoffe:

H340	(R46)	Kann genetische Defekte verursachen
H341	(R68)	Kann vermutlich genetische Defekte verursachen
H350	(R45)	Kann Krebs erzeugen
H350i	(R49)	Kann bei Einatmen Krebs erzeugen
H351	(R40)	Kann vermutlich Krebs erzeugen
H360F	(R60)	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen
H360D	(R61)	Kann das Kind im Mutterleib schädigen
H360FD	(R60/61)	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann das Kind im Mutterleib schädigen
H360Fd	(R60/63)	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H360Df	(R61/62)	Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen
H361f	(R62)	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen
H361d	(R63)	Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H361fd	(62/63)	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H362	(R64)	Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen

Gewässergefährdende Stoffe:

H400	(R50)	Sehr giftig für Wasserorganismen
H410	(R50/53)	Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung
H411	(R51/53)	Giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung

Sonstige Gesundheits- oder Umweltwirkungen:

EUH059	(R59)	Die Ozonschicht schädigend
EUH029	(R29)	Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase
EUH031	(R31)	Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase
EUH032	(R32)	Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase
EUH070	(R39-41)	Giftig bei Berührung mit den Augen

Von den Regelungen a) und b) ausgenommen sind:

- Stoffe, als Verunreinigung oder Beimengung als einzelner Bestandteil unterhalb der Berücksichtigungsgrenzwerte entsprechend Artikel 11 der Verordnung 1272/2008 oder unterhalb der Konzentration für die Berücksichtigung im Sicherheitsdatenblatt. Falls nach Verordnung 1272/2008 stoffspezifische Grenzwerte festgelegt sind, sind diese zu berücksichtigen. Gültig ist der jeweils niedrigere Grenzwert.
- Homogene Kunststoffteile mit einer Masse unter 25 Gramm (für Kabel bezieht sich die Masseangabe 25 Gramm nur auf den Kabelkunststoff).

Von der Regelung b) ausgenommen sind:

- Monomere oder Additive, die bei der Kunststoffherstellung zu Polymeren reagieren oder chemisch fest (kovalent) in den Kunststoff eingebunden werden, wenn ihre Restkonzentrationen unterhalb der Einstufungsgrenzen für Gemische liegen.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in **Anlage #** zum Antrag oder legt Erklärungen der Lieferanten vor (bspw. der Lieferanten der Aufzugskomponenten), dass die ausgeschlossenen Substanzen nicht enthalten sind (**Anlage # zum Antrag**).

2.7.2 Zusätzliche Anforderungen an die Kunststoffteile (bspw. Führungsschuh- einlagen Laufrollen, Leuchtfelder, Seilrollen, Spritzgussteile, Kunststoffge- häuse etc.)

- Kunststoffteile mit einer Masse über 25 Gramm müssen aus einem Polymer oder einem recyclingkompatiblen Polymerblend bestehen. Es sind maximal 4 Kunststoffsorten für diese Teile zugelassen. Die Kunststoffgehäuse dürfen insgesamt nur aus zwei voneinander trennbaren Polymeren oder Polymerblends bestehen.
- Kunststoffbauteile mit einer Masse über 25 Gramm müssen entsprechend der ISO-Norm 11469 gekennzeichnet sein.

Halogenhaltige Polymere sind nicht zulässig. Weiterhin sind halogenorganische Verbindungen als Additive nicht zulässig und dürfen den Kunststoffteilen nicht zugesetzt werden.

Von dieser Regelung ausgenommen sind:

- prozessbedingte, technisch unvermeidbare Verunreinigungen;
- Fluororganische Additive (wie zum Beispiel Anti-Dripping-Reagenzien), die zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der Kunststoffe eingesetzt werden, sofern sie einen Gehalt von 0,5 Masse-Prozent nicht überschreiten.
- Fluorierte Kunststoffe wie z.B. PTFE (Polytetrafluorethylen)
- Kunststoffteile mit einer Masse unter 25 Gramm.

Die in Kunststoffteilen mit einer Masse größer als 25 Gramm eingesetzten Flammenschutzmittel sind zu nennen und durch die CAS-Nummern zu charakterisieren.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage°# zum Antrag. Der Antragsteller nennt die verwendeten Kunststoffe für Teile mit einer Masse > 25 Gramm und legt eine Kunststoffliste gemäß Anlage # zum Antrag vor

Zugleich verpflichtet er sich, die Hersteller oder Lieferanten der Gehäusekunststoffe zu veranlassen, die chemische Bezeichnung der eingesetzten Flammenschutzmittel (CAS-Nr.) vertraulich an RAL gGmbH zu übermitteln (Formblatt Anlage°# zum Antrag). Das betrifft auch eingesetzte Rezyklatkunststoffe.

2.8 Information für den Betreiber

Die Lebensdauer und der Energieverbrauch der Personenaufzüge ist in erheblichen Maße abhängig vom Nutzerverhalten und der Wartung. Eine verständliche und ausführliche Bedienungsanleitung und Produktinformation muss deshalb nach dem Einbau an den Verantwortlichen (z.B. Betreiber, Hausverwalter) übergeben werden.

In den Betreiberhinweisen (Produktunterlagen) müssen mindestens folgende Angaben beinhalten:

- Das Aufzugs-Energiezertifikat nach VDI 4707 Blatt 1. Darin werden die Kennwerte des Personenaufzuges wie z.B. der jährliche Energieverbrauch ausgewiesen.
- Sicherheitsbestimmungen und Beschreibung für den Notfall
- Verpflichtungen des Betreibers (Eigentümers)
- Hinweise zur richtigen Nutzung und regelmäßigen Wartung.
- Ein Hinweis auf die Verfügbarkeit von Ersatzteilen.
- Entsorgungshinweise auf die vorhandenen Komponenten und Materialien

Nachweis

*Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung und legt die entsprechenden Seiten der Produktunterlagen in **Anlage^o#** vor.*