

Karlsruher Schriften zur
Bau-, Wohnungs- und Immobilienwirtschaft | Band 7

Sebastian Drewer

**Entwicklung von Hilfsmitteln für die
Planung und den Variantenvergleich
von Beförderungssystemen in
Gebäuden am Beispiel von Aufzügen**

Sebastian Drewer

**Entwicklung von Hilfsmitteln für die Planung und
den Variantenvergleich von Beförderungssystemen
in Gebäuden am Beispiel von Aufzügen**

**Karlsruher Schriften zur
Bau-, Wohnungs- und Immobilienwirtschaft
*Band 7***

Herausgeber
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Lehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf

Eine Übersicht aller bisher in dieser Schriftenreihe erschienenen Bände
finden Sie am Ende des Buches.

Entwicklung von Hilfsmitteln für die Planung und den Variantenvergleich von Beförderungssystemen in Gebäuden am Beispiel von Aufzügen

von
Sebastian Drewer

Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, 2016
Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf
Prof. Dr. Frank Schultmann

Impressum



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
KIT Scientific Publishing
Straße am Forum 2
D-76131 Karlsruhe

KIT Scientific Publishing is a registered trademark of Karlsruhe
Institute of Technology. Reprint using the book cover is not allowed.

www.ksp.kit.edu



*This document – excluding the cover, pictures and graphs – is licensed
under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 DE License
(CC BY-SA 3.0 DE): <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/>*



*The cover page is licensed under the Creative Commons
Attribution-No Derivatives 3.0 DE License (CC BY-ND 3.0 DE):
<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/de/>*

Print on Demand 2016

ISSN 1863-8694

ISBN 978-3-7315-0490-0

DOI 10.5445/KSP/1000052436

Vorwort des Herausgebers

Die Reihe von Karlsruher Schriften zur Bau-, Wohnungs- und Immobilienwirtschaft wird vom Fachgebiet Immobilienwirtschaft an der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) herausgegeben.

Die Schriftenreihe versteht sich als ein Medium zur Vorstellung von Ergebnissen der wissenschaftlichen Auseinandersetzung u.a. mit Fragen der Planung, Errichtung und Bewirtschaftung von Gebäuden, der Bewertung, Finanzierung und Versicherung von Immobilien, der dynamischen Entwicklung von Gebäudebeständen oder von Trends im Bedürfnisfeld Bauen und Wohnen. Durch die Beiträge soll die Weiterentwicklung von Grundlagen und Ansätzen u.a. der Integralen Planung, der Lebenszyklusanalyse, der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung sowie der Umsetzung von Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung in der Bau- und Immobilienwirtschaft unterstützt und befördert werden.

Mit dem Band 7 wird die am Lehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus betreute Dissertationsschrift von Herrn Sebastian Drewer zum Thema der Entwicklung von Hilfsmitteln für die Planung und den Variantenvergleich von Beförderungssystemen in Gebäuden am Beispiel von Aufzügen vorgestellt. In diese Arbeit flossen die umfangreichen Praxiserfahrungen von Herrn Drewer im Bereich der Aufzugsplanung ein. Die Arbeit selbst beschäftigt sich mit den Wechselwirkungen zwischen der Gebäude- und der Aufzugsplanung. Zur Unterstützung einer integralen Planung werden Anforderungen an Gebäude, Bauwerksteile (hier Aufzüge) und Komponenten ebenso herausgearbeitet wie die Ziele und Beiträge der an der Planung Beteiligten. Herr Drewer zeigt auf, wie die Ansätze der Lebenszyklusanalyse und die Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung auf die Aufzugsplanung übertragen werden können.

Die Arbeit enthält hilfreiche Checklisten und Daten zur Unterstützung der Planung von Beförderungssystemen in Gebäuden. Sie ist ein Beispiel dafür, wie mehr und mehr Nachhaltigkeitsaspekte in die Formulierung von Anforderungsprofilen und den Vergleich von Lösungen einfließen.

Karlsruhe, im Mai 2016

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf
Leiter des Lehrstuhls für Ökonomie und
Ökologie des Wohnungsbaus

Entwicklung von Hilfsmitteln für die Planung und den Variantenvergleich von Beförderungssystemen in Gebäuden am Beispiel von Aufzügen

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
(Dr.-Ing.)

von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

genehmigte

DISSERTATION

von

Sebastian Drewer, M.Sc.

Tag der mündlichen Prüfung: 04. Februar 2016

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf

Korreferent: Prof. Dr. Frank Schultmann

Karlsruhe: November 2015

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit werden Hilfsmittel für die Planung und den Variantenvergleich von Aufzugsanlagen in einem erweiterten Systemverständnis entwickelt, welche sich an den aktuellen Entwicklungen des Nachhaltigen Bauens orientieren.

Im Rahmen der Planung, Errichtung und Nutzung von Gebäuden etabliert sich zunehmend das Konzept des Nachhaltigen Bauens. Dabei werden, unter Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und soziokultureller Aspekte, zunehmend tiefere Betrachtungsebenen mit ihren jeweiligen Bauteilen berücksichtigt. Aufzugsanlagen, als Teil der technischen Gebäudeausstattung, werden bislang nur in Teilbereichen von dieser Entwicklung erfasst. Die vorliegende Arbeit analysiert den derzeitigen Planungsumfang und entwickelt Hilfsmittel für vernachlässigte Teilbereiche.

Dafür werden die Gebäude- und die Aufzugsplanung auf ihre relevanten Eigenschaften hin untersucht. Das sich daraus ableitende Zwischenfazit verdeutlicht die zunehmenden Anforderungen an die Gebäudeplanung und den bislang nur eingeschränkten Entscheidungsumfang der Aufzugsplanung. Die daraufhin entwickelten Hilfsmittel berücksichtigen sowohl grundlegende Schwachstellen als auch spezifische Nachhaltigkeitsaspekte der Aufzugsplanung.

Zunächst wird die Aufzugstechnik, als die etablierte Systemgrenze der Aufzugsplanung, um die für sie notwendige Baukonstruktion (in Form von Fahrschächten und Aufzugsvorräumen) erweitert und zu einem Beförderungssystem (BFS) zusammengeführt. Für dieses BFS werden funktionale Kriterien entwickelt, welche erstmalig einen Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten ermöglichen. Diese funktionale Äquivalenz bildet die Grundlage für die Betrachtung weiterer Nachhaltigkeitsaspekte, wobei insbesondere für die

sozialen Eigenschaften von BFS ein abgestimmter Kriterienkatalog zu entwickeln war.

Da BFS zentrale Flächen im Gebäudekern beanspruchen, von grundlegender Bedeutung für den täglichen Gebäudebetrieb sind und hohe Investitions- als auch Nutzungskosten verursachen, ist deren Planung frühzeitig und gezielt in die Gebäudeplanung zu integrieren. Dafür wurde ein detailliertes Anforderungsprofil für BFS entwickelt, die Möglichkeiten einer frühzeitigen Planung auf Bauteilebene analysiert und Checklisten für einen ersten Vergleich von Planungsvarianten erarbeitet. Die darauf folgende Überführung in konkrete Bauproduktanforderungen, der systematische Vergleich angebotener Anlagentechnik und die langfristige Realisierung der geplanten Bauprodukteigenschaften werden durch die entwickelten weiteren Hilfsmittel sichergestellt.

Die vorliegende Arbeit leistet somit einen wissenschaftlichen Beitrag für die Planung der vertikalen Gebäudeerschließung durch Aufzüge und erweitert den bisherigen Planungsumfang um wesentliche Aspekte des Nachhaltigen Bauens.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	i
Abbildungsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	ix
Abkürzungsverzeichnis	xiii
1 Einführung	1
2 Analyse der Gebäudeplanung	5
2.1 Grundlegende Eigenschaften von Gebäuden	6
2.1.1 Funktionalität	7
2.1.2 Technik	10
2.2 Merkmale von Bauteilen	12
2.3 Wesentliche Akteursrollen	16
2.4 Planungsphasen	20
2.5 Rechtliche Rahmenbedingungen	23
2.6 Ausgewählte Aspekte der Nachhaltigkeitsbewertung	26
2.6.1 Lebenszyklusansatz	30
2.6.2 Integrale Planung	31
2.6.3 Lebenszykluskosten	33
2.6.4 Ökobilanzierung	35
2.6.5 Soziale Aspekte	38
3 Analyse der Aufzugsplanung	43
3.1 Grundlegende Eigenschaften von Aufzugsanlagen	44
3.1.1 Funktionalität	46
3.1.2 Technik	50
3.2 Konstellationen von Akteursrollen	56
3.3 Rechtliche Rahmenbedingungen	60
3.4 Ausgewählte Aspekte der Aufzugsdimensionierung	67
3.4.1 Positionierung im Gebäude	68
3.4.2 Bestimmung der Leistungsfähigkeit	72

3.4.3	Technische Auslegung	93
3.4.4	Anlagenspezifizierung	94
3.4.5	Ansätze der Nachhaltigkeitsbewertung	99
4	Zwischenfazit der Gebäude- und Aufzugsplanung.....	109
4.1	Anforderungen an die Gebäudeplanung.....	109
4.2	Anforderungen an Bauteile und Bauprodukte.....	111
4.3	Die Aufzugsplanung als Teil der Gebäudeplanung.....	113
5	Entwicklung von Hilfsmitteln für die Aufzugsplanung	117
5.1	Systemtheoretische Betrachtung des Bauteils Aufzug	121
5.1.1	Grundlagen der allgemeinen Systemtheorie	122
5.1.2	Klassische Systemgrenze	124
5.1.3	Erweiterte Systemgrenze.....	129
5.1.4	Erweitertes Systemverständnis	131
5.2	Funktionale Kriterien für Beförderungssysteme.....	134
5.2.1	Formfaktor.....	136
5.2.2	Leistungsfähigkeit	140
5.2.3	Flächenbedarf.....	149
5.3	Soziale Kriterien für Beförderungssysteme	153
5.4	Anforderungsprofile für Beförderungssysteme	160
5.5	Möglichkeiten einer frühzeitigen Planung von Beförderungssystemen auf Bauteilebene	165
5.5.1	Aufstellen funktional äquivalenter Planungsvarianten	167
5.5.2	Variantenvergleich.....	175
5.6	Überführung der Bauteilplanung in spezifische Bauproduktanforderungen.....	182
5.6.1	Anforderungsprofile für die Aufzugstechnik	183
5.6.2	Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik ..	189
5.6.3	Anforderungen an die notwendige Baukonstruktion	193
5.7	Realisierung von Bauprodukteigenschaften	196
6	Methodische Zusammenführung der entwickelten Planungshilfsmittel	203

7	Schlussbemerkung und Ausblick.....	225
8	Anhang.....	231
8.1	Flächenbedarf von Beförderungssystemen je Haltestelle in Wohn- und Nichtwohngebäuden.....	231
8.2	Flächenbedarf von Beförderungssystemen je Haltestelle und Aufzugshersteller	234
8.3	Berechnungshilfe für die Lebenszykluskosten	247
8.4	Neubauplanung Bürogebäude	248
	Literaturverzeichnis.....	259

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Qualitäten des Nachhaltigen Bauens.....	28
Abbildung 2:	Bestandteile des Lebenszykluserfolges von Gebäuden.....	34
Abbildung 3:	Phasen einer Ökobilanz.....	36
Abbildung 4:	Überblick typischer Aufhängungsarten von Treibscheibenaufzügen.....	53
Abbildung 5:	Optimierte Anordnungen von Aufzugsgruppen.....	69
Abbildung 6:	Berechnung der wahrscheinlichen Anzahl an Stopps	78
Abbildung 7:	Berechnung der durchschnittlich höchsten Umkehrhaltestelle	79
Abbildung 8:	Berechnung der Umlaufzeit	80
Abbildung 9:	Berechnung von Intervall und Förderleistung	81
Abbildung 10:	Elemente digitaler Aufzugssimulation	85
Abbildung 11:	Grundlegende Ansätze der Simulationsintensität und -dauer.....	88
Abbildung 12:	Übersicht entwickelter Hilfsmittel der Aufzugsplanung	121
Abbildung 13:	Funktionales, struktureles und hierarchisches Systemkonzept.....	123
Abbildung 14:	Funktionales Systemkonzept Aufzug aus Architektensicht	126
Abbildung 15:	Struktureles Systemkonzept Aufzug aus Sicht des Aufzugsberaters und -herstellers.....	127
Abbildung 16:	Klassische Systemgrenze Aufzug	129
Abbildung 17:	Erweiterte Systemgrenze des Beförderungssystems	131
Abbildung 18:	Erweitertes Systemverständnis von Gebäude, Beförderungssystem und deren Zielen	134

Abbildung 19: Spezifizierung von Fahrstuhl und Vorraum auf Bauteil- und Bauproduktebene	195
Abbildung 20: Neubauplanung Bürogebäude – Vereinfachter Grundriss Erdgeschoss.....	204
Abbildung 21: Neubauplanung Bürogebäude – Flächenbedarf Planungsvarianten 1 und 2	212
Abbildung 22: Planungsmethodik für die entwickelten Planungshilfsmittel	223

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Sach- und Formalziele von Gebäuden	9
Tabelle 2:	Leistungsphasen im Leistungsbild Gebäude und Innenräume.....	22
Tabelle 3:	Übersicht wesentlicher rechtlicher Rahmenbedingungen der Gebäudeplanung	25
Tabelle 4:	Kategorien und Aspekte zur Beschreibung der sozialen Qualität von Gebäuden	40
Tabelle 5:	Zusatzfunktionen von Personen- und Lastenaufzügen..	47
Tabelle 6:	Sach- und Formalziele von Aufzügen	50
Tabelle 7:	Grad der Beteiligung von Akteursrollen der Aufzugsplanung.....	58
Tabelle 8:	Ausgewählte Normen der DIN EN 81 Reihe mit Auswirkungen auf die Gebäudeplanung	61
Tabelle 9:	Landesbauordnungen und deren Forderungen bezüglich Aufzugsanlagen	65
Tabelle 10:	Ansätze, Methoden und praktisches Vorgehen zur ökonomischen, ökologischen und sozialen Bewertung von Aufzügen.....	106
Tabelle 11:	Übersicht standardisierter Planungsparameter für Personenaufzüge.....	138
Tabelle 12:	Funktionales Kriterium Formfaktor	140
Tabelle 13:	Simulationsansatz	142
Tabelle 14:	Simulationsannahmen	144
Tabelle 15:	Simulationsergebnisse	148
Tabelle 16:	Funktionales Kriterium Leistungsfähigkeit.....	149
Tabelle 17:	Flächenbedarf von Personenaufzügen in Wohngebäuden	152
Tabelle 18:	Funktionales Kriterium Flächenbedarf	153
Tabelle 19:	Soziale Kriterien für Beförderungssysteme	159
Tabelle 20:	Anforderungsprofil für Beförderungssysteme.....	164

Tabelle 21: Informationsquellen für Simulationsannahmen auf Bauteilebene	169
Tabelle 22: Anlagenkonfigurationen für den Herstellervergleich..	171
Tabelle 23: Flächenbedarf der Beförderungssysteme verschiedener Aufzugshersteller	173
Tabelle 24: Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene – Teil 1.....	176
Tabelle 25: Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen auf Bauteilebene – Ausschnitt	179
Tabelle 26: Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene – Teil 2	181
Tabelle 27: Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik – Blatt 1 von 2.....	187
Tabelle 28: Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik – Blatt 2 von 2.....	188
Tabelle 29: Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik auf Bauproduktebene – Teil 1	190
Tabelle 30: Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik auf Bauproduktebene – Teil 2	193
Tabelle 31: Dynamische Systemparameter für eine regelmäßige Systemkontrolle	198
Tabelle 32: Neubauplanung Bürogebäude – Anforderungsprofil für Beförderungssysteme	206
Tabelle 33: Neubauplanung Bürogebäude – Simulationsannahmen	210
Tabelle 34: Neubauplanung Bürogebäude – Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene – Teil 1.....	214
Tabelle 35: Neubauplanung Bürogebäude – Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen – Planungsvariante 1, Ausschnitt.....	215

Tabelle 36: Neubauplanung Bürogebäude – Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene – Teil 2	217
Tabelle 37: Neubauplanung Bürogebäude – Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik von Beförderungssystemen – Blatt 1 von 2	218
Tabelle 38: Neubauplanung Bürogebäude – Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik von Beförderungssystemen – Blatt 2 von 2	219
Tabelle 39: Neubauplanung Bürogebäude – Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauproduktebene – Teil 1 und 2.....	221

Abkürzungsverzeichnis

BFS	Beförderungssystem(e)
BGF	Brutto-Grundfläche
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
DFFG	Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad in Prozent
DFZ	Durchschnittliche Fahrzeit in Sekunden
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DWZ	Durchschnittliche Wartezeit in Sekunden
EnEV	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung)
FL5	Förderleistung innerhalb von fünf Minuten in Prozent
GEFMA	German Facility Management Association
H	Durchschnittlich höchste Umkehrhaltestelle
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
INT	Intervall
KG	Kostengruppe der DIN 276-1 Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau
KGF	Konstruktions-Grundfläche
LBO	Landesbauordnung
LPH	Leistungsphase der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
LZK	Lebenszykluskosten

LZKR	Lebenszykluskostenrechnung
MBO	Musterbauordnung
MCS	Monte Carlo Simulation
MHHR	Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern
MRL	Maschinenraumlos
N	Anzahl bedienter Haltestellen
NF	Nutzfläche
NGF	Netto-Grundfläche
P	Anzahl an Passagieren im Fahrkorb
PAR	Passagierankunftsrate in Prozent
PKR	Produktkategorieregeln
S	Wahrscheinliche Anzahl an Stopps
TF	Technische Funktionsfläche
UZ	Umlaufzeit in Sekunden
UZK	Umlaufzeitkalkulation
VF	Verkehrsfläche
VOB	Vergabe- und Vertragsordnungen für Bauleistungen

1 Einführung

Die gegenwärtige Weltbevölkerung hat sich seit 1804 um den Faktor sieben vergrößert und soll bis 2050 9,3 Milliarden erreichen.¹ Bereits im Jahr 2008 lebte erstmals mehr als die Hälfte der globalen Bevölkerung in Städten.² Es wird geschätzt, dass bis zum Jahr 2050 6,3 Milliarden Menschen in Städten und Stadtgebieten leben werden.³ Da jedoch die Fähigkeiten der horizontalen städtischen Infrastrukturen technisch beschränkt sind, werden zukünftige Entwicklungen sich zunehmend auf die vertikale Erschließung und Erweiterung von Städten, insbesondere in Form von höheren Gebäuden und Hochhäusern, konzentrieren.⁴ Die **Bedeutung der vertikalen Gebäudeerschließung**, insbesondere in Form von Aufzügen, wird weiter zunehmen.⁵ Bereits heute können Gebäude mit mehr als vier bis fünf Geschossen ohne Aufzüge nicht effizient erschlossen werden. Älteren oder behinderten Personen wird die Nutzung solcher Gebäude durch Aufzugsanlagen erst ermöglicht.⁶ Sämtliche Hochhäuser vertrauen auf optimierte vertikale Erschließungskonzepte, welche ihren täglichen Betrieb gewährleisten.⁷

Während die Weltbevölkerung weiter wächst und zunehmend in Städten leben wird, bleiben die zur Verfügung stehenden natürlichen Ressourcen begrenzt. Besonders die fossilen Energieressourcen sind nicht in der Lage, den Energiebedarf einer kontinuierlich wachsenden Bevölkerung zu befriedigen.⁸ Zudem gefährdet die derzeitige und

¹ Vgl. Crossette et al. (2011), S. 1–7.

² Vgl. Gödecke-Stellmann et al. (2011), S. 12.

³ Vgl. United Nations Department of Economic and Social Affairs (2014), S. 20.

⁴ Vgl. Busenkell (2010), S. 36–38 und Ridder (2015), S. 56.

⁵ Vgl. Almeida et al. (2010), S. 7.

⁶ Vgl. Bernard (2006), S. 8–9 und Nipkow (2005), S. 37.

⁷ Vgl. Lightfoot und Hibner (2013), S. 77 und Simmen (2013), S. 32.

⁸ Vgl. o.V. (2011b), S. 33.

bereits zurückliegende Nutzung der fossilen Energieträger das sich stetig erwärmende Weltklima.⁹ Die anthropogenen Treibhausgasemissionen wurden wissenschaftlich als wesentliche Treiber dieser globalen Erwärmung und des Klimawandels identifiziert.¹⁰ Mit der Absicht die **Konsequenzen des Klimawandels** zu begrenzen, beschlossen die Vereinten Nationen, in ihrem Rahmenübereinkommen über Klimaänderungen im Jahr 1992, die Konzentration anthropogener Treibhausgase zu stabilisieren. Entsprechend verpflichtende Zielvorgaben wurden 1997 in Japan, in Form des Kyoto-Protokolls, verabschiedet.¹¹

Für die Europäische Union ist insbesondere der **Gebäudesektor von Bedeutung**, um die Anforderungen des Kyoto-Protokolls und nachfolgender weiterer Vereinbarungen zu erfüllen.¹² Derzeit verbrauchen Europäische Gebäude 40,0 % des gesamten EU Energiebedarfs und verursachen 36,0 % der Kohlendioxid-Emissionen.¹³ Der Anteil von Aufzügen am Gesamtenergiebedarf von Gebäuden liegt zwischen 3,0 % und 5,0 %.¹⁴ Der gesamte Energieverbrauch Europäischer Aufzugsanlagen wurde in 2010, basierend auf den damaligen 4,5 Millionen installierten Anlagen, auf 18,4 TWh Elektrizität pro Jahr geschätzt.¹⁵

Doch die ökologischen Auswirkungen und die Energieeffizienz des Gebäudesektors repräsentieren, wenn auch häufig primär betrachtet und diskutiert, nur ein Teilgebiet des zunehmend an Bedeutung gewinnenden Ansatzes des **Nachhaltigen Bauens**. Dieser bildet ein komplexes Themengebiet unter Berücksichtigung ökonomischer,

⁹ Vgl. Richardson et al. (2009), S. 6, Bernstein et al. (2007), S. 30 und Greenpeace International (2009), S. 11.

¹⁰ Vgl. Bernstein et al. (2007), S. 36–39.

¹¹ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015a).

¹² Vgl. Directive 2010/31/EC (2010), L 153/13.

¹³ Vgl. European Commission (2015).

¹⁴ Vgl. Almeida et al. (2010), S. 7.

¹⁵ Vgl. ebd., S. 82–86.

ökologischer und soziokultureller Gebäudequalitäten und bewertet darüber hinaus auch die Qualität der Technik, des Planungsprozesses und des Gebäudestandortes. Um diese unterschiedlichen Gebäudeeigenschaften bewertbar und vergleichbar zu machen, entstanden in den vergangenen Jahren die Bewertungssysteme des Nachhaltigen Bauens.¹⁶ Für Deutschland sind hier vor allem das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) für Bundesgebäude sowie das Zertifikat der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) zu nennen.¹⁷ Deren Bewertungsgrundsätze sowie der grundsätzliche Ansatz des Nachhaltigen Bauens steigern die Komplexität der Planung, Realisierung und des Betriebens von Gebäuden. Es gilt ökonomische, ökologische und soziokulturelle Qualitäten gleichermaßen zu berücksichtigen und aufeinander abzustimmen, um den gestiegenen Anforderungen an einen optimierten Gebäudesektor entsprechen zu können.

In Anbetracht der zuvor beschriebenen Bedeutung von Aufzügen für Gebäude, dem Anteil von Gebäuden und ihren Aufzügen am Klimawandel und der zunehmenden Planungskomplexität durch die Aspekte des Nachhaltigen Bauens drängt sich die Fragestellung auf, ob Aufzugsanlagen und deren Wechselbeziehungen mit denen ihnen übergeordneten Gebäuden bislang entsprechend im Planungsprozess berücksichtigt werden. Aufzüge verbrauchen nennenswerte zentrale Flächen im Gebäudekern, verursachen laufende Nutzungskosten und ihre Leistungsfähigkeit ist oftmals grundlegend für den täglichen Gebäudebetrieb. Dennoch orientiert sich deren Planung häufig an den gesetzlichen Mindestanforderungen. Es gilt somit auch die Hypothese zu prüfen, ob Aufzüge als Industrieprodukt zwar einer kontinuierlichen Verbesserung und Optimierung unterliegen, jedoch im Planungsprozess nicht primär als Bauteil mit Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit von Gebäuden verstanden werden. Die hier vorliegende Arbeit analysiert dazu die relevanten Aspekte der Gebäude- und Aufzugsplanung, um deren gemeinsame Schnittmengen, gegenseitige

¹⁶ Vgl. Ebert, Eßig und Hauser (2010), S. 8–28.

¹⁷ Vgl. ebd., S. 48–49.

Abhängigkeiten sowie mögliche Schwachstellen im derzeitigen Planungsablauf zu identifizieren. Die Beschreibung grundlegender Eigenschaften, beteiligter Akteure, rechtlicher Rahmenbedingungen und weiterer Aspekte erfolgt dafür zunächst getrennt nach Gebäude- und Aufzugsplanung. Die sich daraus ergebenden Erkenntnisse werden genutzt, um **Hilfsmittel für die Planung und den Variantenvergleich von Aufzugsanlagen** zu entwickeln und deren Planung entsprechend an die eingangs beschriebenen Anforderungen anzupassen.

2 Analyse der Gebäudeplanung

Die folgenden Kapitel behandeln ausgewählte Aspekte der Gebäudeplanung und ermöglichen einen Einstieg in diese, der eigentlichen Aufzugsplanung übergeordnete Thematik. Dafür werden zunächst die grundlegenden Eigenschaften von Gebäuden, die durch deren Nutzung angestrebten Ziele sowie die grundlegenden technischen Optionen beschrieben. Dabei wird deutlich, dass Gebäude aus zahlreichen verschiedenen Bauteilen entstehen, deren Einfluss auf und deren Verweildauer im Gebäude unterschiedlich sind. Zudem sind diese Bauteile mit fortschreitender Gebäudeplanung durch spezifische Bauprodukte zu präzisieren. Die dabei zu durchlaufenden Planungsphasen sind durch unterschiedlich stark involvierte Planungsbeteiligte, verschiedener Fachrichtungen und Motivation, geprägt. Daher werden die klassischen Planungsphasen und wesentlichen Projektbeteiligten entsprechend beschrieben. Ein Überblick über die rechtlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt die grundsätzlich zu beachtenden rechtlichen Aspekte. Abschließend werden ausgewählte Themen einer Nachhaltigkeitsbewertung während der Gebäudeplanung vorgestellt und deren grundlegende Ansätze und Methoden beschrieben.

Die folgende Analyse der Gebäudeplanung betrachtet ausgewählte Themenbereiche, welche zahlreiche Schnittmengen zur Aufzugsplanung aufweisen und grundlegend für ein gemeinsames Verständnis beider Planungsdisziplinen sind. Dabei wird die vertikale Gebäudeerschließung zu einem wesentlichen Teil durch die Rahmenbedingungen und Ziele der übergeordneten Gebäudeplanung beeinflusst und gesteuert. Dementsprechend sind diese Einflussfaktoren und Abhängigkeiten zunächst zu beschreiben, um eine auf das Gebäude abgestimmte Aufzugsplanung und die Entwicklung dafür notwendiger Hilfsmittel im weiteren Verlauf dieser Arbeit zu ermöglichen.

2.1 Grundlegende Eigenschaften von Gebäuden

Grundsätzlich können Gebäude als selbstständig nutzbare, überdeckte, bauliche Anlagen verstanden werden, welche betretbar sind und Menschen, Tieren oder Sachen zum Schutz dienen.¹ Diese **Schutzfunktion** bildet bis heute die primäre und grundlegendste Eigenschaft von Gebäuden.²

Die sich daraus ergebenden zahlreichen Nutzungsmöglichkeiten von Gebäuden und die verschiedenen bautechnischen Optionen zu deren Realisierung machen Gebäude komplex. Diese **Komplexität**, als Kombination aus Einzigartigkeit und Heterogenität sowie Unbeweglichkeit und langen Lebenszyklen, beeinflusst auch die an der Planung und Realisierung beteiligten Akteure und Märkte. Die grundlegenden Gebäudeeigenschaften erzeugen erschwerte Marktbedingungen und zwingen die Marktteilnehmer mit begrenzten Informationen und eingeschränkter Wahrnehmung zu agieren und zu entscheiden.³

Die folgenden beiden Unterkapitel bieten einen Überblick über die verschiedenen Arten von Funktionalitäten, welche Gebäude zu erfüllen haben und die wesentlichen technischen Aspekte zu deren Realisierung. Gebäude unterschiedlicher Funktionen und Gebrauchseigenschaften stellen dabei unterschiedliche Anforderungen an die, für ihren täglichen Betrieb notwendigen Aufzugsanlagen. Der vertikale Personentransport in einem mehrstöckigen Wohngebäude stellt beispielsweise grundlegend andere Anforderungen an die Aufzugstechnik, als der für den Betrieb eines mehrstöckigen Krankenhauses notwendige Bettentransport. Eine entsprechende funktionale Unterteilung von Gebäuden ist damit für eine gezielte Aufzugsplanung von Vorteil. Zudem repräsentiert die zur Realisierung des

¹ Vgl. Musterbauordnung (2002), § 2.

² Vgl. Hodulak und Schramm (2011), S. 8.

³ Vgl. Rohde et al. (2011), S. 22–23.

Bauvorhabens gewählte Technik die direkte Systemumgebung der Aufzugsanlagen. Die sich daraus ergebenden technischen Gebäudeeigenschaften beeinflussen die Freiheitsgrade der Aufzugsplanung und werden ebenfalls in der notwendigen Tiefe betrachtet.

2.1.1 Funktionalität

Über die im vorherigen Kapitel angesprochene Schutzfunktion hinaus haben Gebäude weitere spezifische **Funktionen und Gebrauchseigenschaften** zu erfüllen, welche von ihren Bauherren und Nutzern benötigt werden.⁴ Aus häufig wiederkehrenden grundlegenden Funktionen bildeten sich in den vergangenen Jahrhunderten zahlreiche funktionale Bauwerkstypen heraus, wie beispielsweise Wohn- und Geschäftshäuser, Kirchen oder Bibliotheken.⁵ Diese Bauwerkstypen können bei Bedarf in weitere funktionale Subtypen unterschieden werden.⁶ Um die sich daraus ergebende Komplexität zu reduzieren, wurden Gebäudetypologien entwickelt, welche Gebäude mit gleichen oder ähnlichen Eigenschaften zusammenfassen.⁷ In Deutschland existiert jedoch keine allgemein anerkannte funktionale Gebäudetypologie. Für Wohngebäude unterschiedlicher Baualtersklassen weist die vom Institut für Wohnen und Umwelt erstellte Gebäudetypologie den größten Detaillierungsgrad auf.⁸ Eine Typologie beheizter Nichtwohngebäude wird durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) bereitgestellt, dessen Struktur und Gliederungstiefe mit 29 Untertypen am umfassendsten ist.⁹ Die allgemeine Schutzfunktion, welche Gebäude zu erfüllen haben, lässt sich somit durch die Auswahl eines geeigneten Gebäudetypus präzisieren. Für verschiedene Gebäudetypen haben sich, auf deren Nut-

⁴ Vgl. Hodulak und Schramm (2011), S. 8.

⁵ Vgl. Seidl (2012), S. 8–15.

⁶ Vgl. ebd., S. 570.

⁷ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011j), S. 13–15.

⁸ Vgl. Loga, Diefenbach und Born (2011).

⁹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011j).

zungsanforderungen hin, optimierte Konstruktionen etabliert. Effiziente Aufteilungen und standardisierte technische Lösungen bestimmen deren Grundriss, Form und Kubatur.¹⁰ Um die geforderte Funktion und die Gebrauchseigenschaften zu erfüllen, gilt es, zusätzlich zu der Wahl des geeigneten Gebäudetypus auch eine optimierte Abstimmung der Baukonstruktion und technischen Anlagen zu erreichen. In Teilen ist dies Aufgabe der Bauphysik.¹¹ Die bauphysikalischen Eigenschaften beeinflussen wesentlich die spätere Nutzerzufriedenheit und damit die Frage, in welchem Maß ein Gebäude die gewünschten Gebrauchseigenschaften bereitstellt.¹²

Neben der grundlegenden Funktion und den gewünschten Gebrauchseigenschaften erfüllen Gebäude häufig eine dritte wesentliche Funktionalität in Form ihrer **Signalwirkung**. Herausragende Architektur an exklusiven Standorten sowie Größe und Ausstattung der Gebäude repräsentieren den Einfluss von staatlichen Institutionen, den Erfolg von Unternehmen oder den finanziellen Stand und Lebensstil von Privatpersonen.¹³

Als vierte Gebädefunktionalität kann deren Wirtschaftsleistung in Form ihres **Marktwertes** angesehen werden. Insbesondere institutionelle Investoren, aber auch Privatanleger, sind stets bemüht diesen Wert durch eine geeignete Kombination aus Grundstückslage, Grundstücksbeschaffenheit, Funktion, Gebrauchseigenschaften und Signalwirkung zu steigern. Das Baugesetzbuch definiert dabei den Marktwert oder auch Verkehrswert als den gegenwärtigen, gewöhnlich zu erzielenden Preis unter Berücksichtigung der rechtlichen Gegebenheiten, tatsächlichen Eigenschaften, sonstigen Beschaffenheit und der Grundstückslage.¹⁴ Mit dem Vergleichswertverfahren, dem Ertragswertverfahren und dem Sachwertverfahren stehen drei grundsätz-

¹⁰ Vgl. Staniek und Staniek (2011), S. 1008–1017.

¹¹ Vgl. Fischer et al. (2008).

¹² Vgl. Gossauer (2008), S. 12 und Geissler (2014), S. 11–12.

¹³ Vgl. Busse (2012), S. 45–46 und Busenkell (2010), S. 36.

¹⁴ Vgl. Baugesetzbuch (2014), § 194.

liche Vorgehensweisen zur Wertermittlung von Grundstücken und darauf befindlichen baulichen Anlagen zur Verfügung.¹⁵

Abschließend ist es erforderlich, die Funktion und Gebrauchseigenschaften, die Signalwirkung und den Marktwert in **Sach- und Formalziele** zu unterscheiden. Die Funktion und die Gebrauchseigenschaften können als übergeordnete Sachziele zur primären Bedarfsbefriedigung des Bauherrn oder Nutzers verstanden werden. Sie sind Hauptgegenstand der Projektstätigkeit sowie in Art, Menge und Qualität spezifiziert. Darüber hinaus können zusätzliche Formalziele in Form einer besonderen Signalwirkung oder eines zu erzielenden Marktwertes angestrebt werden, müssen aber nicht zwangsweise Bestandteil eines Bauprojektes sein. Formalziele ordnen sich somit den Sachzielen unter (Siehe Tabelle 1).¹⁶

	Sachziel	Formalziel
Ausprägung bei Gebäuden	Funktion und Gebrauchseigenschaften	Signalwirkung und Marktwert
Beschreibung	Das Sachziel begründet das Projekt und wird durch die benötigte Funktion und die Gebrauchseigenschaften in Art, Menge und Qualität spezifiziert .	Die Formalziele definieren weitere Anforderungen an das zu erfüllende Sachziel, ordnen sich diesem aber unter.
Beispiel	Ein Unternehmen benötigt ein Bürogebäude für 250 Mitarbeiter, deren Tätigkeiten Einzelarbeitsplätze erfordern. Zudem sind spezifische Anforderungen an die Klimatisierung in den Sommermonaten und die Akustik in den Büroräumen zu erfüllen.	Das Unternehmen beabsichtigt zusätzlich die Form des Gebäudes ihrem Premiumprodukt nachzuempfinden und eine Teilvermietung an Dritte optional zu ermöglichen.

Tabelle 1: Sach- und Formalziele von Gebäuden (Eigene Darstellung in Anlehnung an Busse (2012), S. 53)

Sach- und Formalziele von Gebäuden stehen in direkter Abhängigkeit zu den benötigten Aufzugsanlagen. Die Gebäudefunktion und dessen Gebrauchseigenschaften werden grundlegend durch die funktionale

¹⁵ Vgl. Immobilienwertermittlungsverordnung (2010), §§ 15-23.

¹⁶ Vgl. Busse (2012), S. 43–54.

Eignung und die Leistungsfähigkeit von Aufzugsanlagen beeinflusst. Diese Abhängigkeit steigt mit zunehmender Gebäudehöhe, welche einen effizienten täglichen Gebäudebetrieb ohne Aufzüge nicht mehr ermöglicht.¹⁷ Ebenso sind die angestrebte Signalwirkung von Gebäuden und deren vertikale Erschließung voneinander abhängig. Exklusive Fahrkorbausstattungen, einsehbare Fahrschächte und verglaste Panoramaaufzüge sind nur ein paar Beispiele, bei denen Aufzugsanlagen die Signalwirkung eines Gebäudes aktiv unterstützen.¹⁸ Eine entsprechend gestaltete und leistungsstarke Aufzugsanlage kann zudem den Marktwert einer Immobilie positiv beeinflussen. Unterdimensionierte oder fehlerhafte Anlagentechnik ist jedoch ebenso in der Lage, die Nutzbarkeit sowie die Attraktivität von Gebäuden einzuschränken.¹⁹ Die zu erfüllenden Sach- und Formalziele der Gebäudeplanung sind somit in Teilen abhängig von der Qualität der Aufzugsplanung und dessen Umsetzung.

2.1.2 Technik

Die Gebäudeplanung wird oft ausschließlich mit Neubauten in Verbindung gebracht. Doch es gibt weitere technische Optionen, wie den Umbau oder die Erweiterung eines bereits bestehenden Gebäudes.²⁰

Für Neubauten, aber auch für Umbauten und Erweiterungen, ist die Art der **Baukonstruktion** in Form von Gründung, externen und internen Wänden, Decken und Dächern zunächst von grundlegendem Interesse.²¹ Dabei existieren verschiedene Arten und Varianten, welche aus der Kombination unterschiedlicher Materialien, Herstellungsmethoden und Fügungsarten entstehen. Einzelne Teile können

¹⁷ Vgl. Bernard (2006), S. 8–9 und Lightfoot und Hibner (2013), S. 77.

¹⁸ Vgl. Bachmann (1992), S. 55–58.

¹⁹ Vgl. Strakosch (1967), S. 25.

²⁰ Vgl. König et al. (2009), S. 23–24.

²¹ Vgl. DIN 276-1 (2006), S. 13–16.

dabei sowohl vorgefertigt sein, auf der Baustelle erstellt werden oder eine Kombination aus beiden darstellen.²²

Die Baukonstruktion wird durch die **technischen Anlagen** ergänzt. Diese bestehen im Wesentlichen aus den Installationen für die Wasser- und Gasverteilung, die Wärmeversorgung, die Lüftung und Kühlung, die Elektrik, die Informations- und Kommunikationstechnik, die Förderanlagen, die nutzungsspezifischen Anlagen sowie die Gebäudeautomation.²³

Das Zusammenspiel der konstruktiven Bauteile, der technischen Anlagen und deren Interaktion mit den Gebäudenutzern ist Gegenstand der **Bauphysik**. Typische Schwerpunkte der Bauphysik sind Akustik, Wärme, Feuchtigkeit, Licht, Brandschutz und Klima, wobei insbesondere die Bereiche Akustik und Brandschutz zahlreiche Schnittmengen mit der Aufzugstechnik aufweisen.²⁴ Bezüglich der Akustik sind die Quellen für störende Geräusche und Lärm zahlreich und werden beispielsweise durch Gebäudebewohner, die technische Gebäudeausstattung oder das Gebäudeumfeld verursacht. Da die meisten Lärmquellen nicht abgestellt werden können, müssen Gebäude bestmöglichen Schutz vor diesen bieten. Dazu muss die Akustik bereits in frühen Planungsphasen Berücksichtigung finden, da der Gebäudestandort, die Gebäudeausrichtung, der Grundriss, die verwendeten Baukonstruktionen und die technischen Anlagen Einfluss auf die endgültigen akustischen Gebäudequalitäten haben. Nachträgliche Änderungen verursachen meist hohe Kosten oder sind nicht mehr realisierbar, da grundlegende Entscheidungen in fortgeschrittenen Planungsstadien nicht mehr geändert werden können.²⁵ Der Brandschutz repräsentiert den mit Abstand wichtigsten Bereich der Bauphysik. Grundsätzlich müssen jegliche Art von Bauten die Entstehung von Feuer und die Verbreitung von Feuer und Rauch verhindern. Die

²² Vgl. Neufert et al. (2012), S. 38–95.

²³ Vgl. DIN 276-1 (2006), S. 16–20.

²⁴ Vgl. Fischer et al. (2008).

²⁵ Vgl. ebd., S. 3–105.

Rettung von Menschen und Tieren sowie das Löschen von Feuer müssen möglich sein.²⁶ Diese übergeordneten Schutzziele können grundsätzlich durch vorbeugende, statisch-konstruktive und abwehrende Maßnahmen garantiert werden.²⁷

Zusammenfassend können die beabsichtigten Gebäudefunktionalitäten technisch durch verschiedene Optionen realisiert werden. Üblicherweise wird dabei zunächst an den Neubau gedacht, wobei bei bestehenden Gebäuden ein Umbau oder eine Erweiterung ebenso als Option in Betracht kommen können. Das Gebäude selbst wird grundlegend durch die gewählte Baukonstruktion und die technischen Anlagen geprägt.²⁸ Diese stehen in zahlreichen Varianten und technologischen Optionen zur Verfügung, müssen jedoch im Zusammenspiel sowohl den Anforderungen der Bauphysik als auch denen des Endnutzers in Form der gewünschten Funktionalitäten und Gebrauchseigenschaften entsprechen.

Für Aufzugsanlagen bilden die technischen Gebäudeeigenschaften die direkte Systemumgebung und die wesentlichen Rahmenbedingungen für die Aufzugsplanung. Neubauprojekt oder Bestandsgebäude, die gewählte oder vorhandene Baukonstruktion, die übrigen technischen Anlagen sowie die bauphysikalischen Anforderungen beeinflussen die Lage und die Art der Fahrschächte, Maschinenräume und der Aufzugstechnik.

2.2 Merkmale von Bauteilen

Im allgemeinen Verständnis des Maschinenbaus gibt es Bauteile oder auch Maschinenelemente, welche in verschiedenen Geräten und Anwendungen gleiche oder ähnliche Funktionen erfüllen. Daher weisen diese Bauteile zumeist gleiche oder ähnliche Formen auf, können

²⁶ Vgl. Musterbauordnung (2002), § 14.

²⁷ Vgl. Hayner, Ruoff und Thiel (2011), S. 128–139.

²⁸ Vgl. Balck (2010), S. 4.

jedoch einzeln oder in Form von Bauteilgruppen auftreten. Zahlreiche Bauteile sind aufgrund ihrer häufigen Nutzung bezüglich ihrer Anordnung und Abmessungen genormt.²⁹ In der Bauwirtschaft findet der **Begriff des Bauteils** im Sinne des allgemeinen Maschinenbaus, aber auch in anderen Bedeutungen Anwendung und wird nicht einheitlich verwendet. In Kombination mit dem Artikel „der“ (Bauteil) kann damit ein aus technischen Bauteilen bestehender Bauwerksteil (auch Gebäudeabschnitt) gemeint sein.³⁰ In der Musterbauordnung (MBO) ist ein Bauteil zusammen mit Baustoffen und Anlagen ein Bestandteil von Bauprodukten, deren wesentliches gemeinsames Merkmal der dauerhafte Einbau in baulichen Anlagen ist.³¹ Im Rahmen dieser Arbeit werden Bauteile im Sinne des Maschinenbaus als elementare funktionierende Einheiten eines technischen Gebildes verstanden.

Dabei lassen sich sämtliche **Bauteile eines Bauwerkes** hierarchisch ordnen, wobei dazu keine weiteren Begriffe wie beispielsweise Baukomponente, Bauelement oder Bauteilschicht genutzt werden sollen. Eine Fensterdichtung ist Bauteil eines Fensters, welches wiederum selbst Bauteil der Fassade ist. Um eine Ordnung der zahlreichen Bauwerksbauteile zu ermöglichen, wird hier die Gliederungsstruktur der DIN 276-1 genutzt, welche ab der dritten Gliederungsebene Bauteile aufführt.³² Aufzugsanlagen sind somit Bauteile von Bauwerken und können bei Bedarf weiter in Personen- und Lastenaufzüge unterteilt werden.³³

Vom theoretischen Begriff des Bauteils ausgehend, bestehen reale Bauteile in Bauwerken aus **Bauprodukten**. Diese können durch spezielle Montage- oder Verfahrensprozesse hergestellt werden. Somit sind die späteren Eigenschaften des Bauteils abhängig von den Pro-

²⁹ Vgl. Bodenstein (2005), S. 1.

³⁰ Vgl. Balck (2012), S. 75–76.

³¹ Vgl. Musterbauordnung (2002), § 2.

³² Vgl. Balck (2012), S. 76.

³³ Vgl. DIN 276-1 (2006), S. 17–18.

zessen und Produkten der Bauproduktherstellung.³⁴ Bauprodukte unterliegen der Europäischen Bauproduktenverordnung, welche einheitliche technische Mindestanforderungen festlegt und den freien Handel innerhalb der EU durch die CE-Kennzeichnungspflicht ermöglicht. Dabei haben Bauprodukte den Anforderungen an ihre beabsichtigte Nutzung, mechanische Widerstandsfähigkeit, Energieeffizienz und Hitzebeständigkeit sowie den nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen zu erfüllen.³⁵ Da Gebäude aus zahlreichen verschiedenen Bauteilen und dementsprechend auch Bauprodukten mit einem hohen Grad an Eigenständigkeit bezüglich ihrer Nutzung und ihres Betriebes bestehen, sind Gebäude abhängig von deren individuellen Qualitätseigenschaften. Insbesondere bei technischen Anlagen wie Heizung, Belüftung, Beleuchtung oder Aufzügen wird der direkte Einfluss von Bauprodukten auf die Gesamtleistungsfähigkeit von Gebäuden deutlich. Grundsätzliche Fehler und Effizienzverluste sind oft zurückzuführen auf einzelne Bauprodukte und nicht auf das Gebäude an sich und veranschaulichen die daraus resultierende Verantwortung der Bauprodukthersteller.³⁶

Jedoch sind nicht alle Bauteile und Produkte von Bauwerken von gleicher Bedeutung. Dies gilt in besonderem Maße für die Verteilung der Herstellungs- und Nutzungskosten. Um diejenigen Bauteile zu identifizieren, welche nennenswerte Nutzungskosten verursachen, eignet sich der Ansatz der **strategischen Kostengruppen und Bauteile**. Demnach sind nur circa 15 bis 25 % der gesamten Herstellungskosten von Bauwerken im Hinblick auf ihre im weiteren Lebenszyklus anfallenden Kosten relevant. Deren Nutzungskosten hängen wiederum primär von den Eigenschaften der verwendeten Produkte ab. Eine geschickte Kombination von niedrigen Nutzungskosten und

³⁴ Vgl. Balck (2012), S. 76–77.

³⁵ Vgl. Regulation (EU) No 305/2011 (2011), Annex I L88/33-L88/34.

³⁶ Vgl. Balck (2010).

anwendungsbezogenen Nutzungsvorteilen strategischer Bauteile verbessert die Gesamtqualität von Bauwerken.³⁷

Ein weiteres Merkmal von Bauteilen sind deren individuelle **Lebens- und Nutzungsdauern**. Durch die zunehmende Bedeutung und Anwendung der Lebenszykluskostenrechnung und die Erstellung von produktspezifischen Ökobilanzen, gewinnen die Bauteillebensdauern zunehmend an Bedeutung. Diese repräsentieren einen entscheidenden Eingangswert der zuvor genannten Methoden. Die Nutzungsdauern von Bauteilen sind somit eine Entscheidungshilfe in der Gebäudeplanung, insbesondere beim Vergleich von Produktvarianten, der Budgetierung oder der Planung des zu erwartenden Instandhaltungsaufwandes.³⁸ Entsprechende Kennwerte und Methoden zur Abschätzung der Nutzungsdauer von Bauteilen existieren in Form von wissenschaftlichen Untersuchungen, Erfahrungswerten und in Form der internationalen Normung.³⁹

Somit bestimmen die Kombination geeigneter Bauteile unterschiedlicher Ebenen und die Auswahl entsprechender Bauprodukte die Ausprägung der angestrebten Sach- und Formalziele von Gebäuden, insbesondere in Form ihrer realen Funktionalität, Gebrauchseigenschaften, Signalwirkung und ihres Marktwertes.

Aufzugsanlagen sind Bauteile mit einer hohen Bedeutung für den täglichen Gebäudebetrieb, welcher oftmals von den Nutzungsqualitäten, der Verfügbarkeit und der Barrierefreiheit der Aufzugstechnik abhängig ist. Zudem können die Folgekosten von Aufzugsanlagen, durch regelmäßige Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten sowie den Energiebedarf für deren Nutzung, die Herstellungskosten um ein Vielfaches übersteigen.⁴⁰ Für das Bauteil als auch das Baupro-

³⁷ Vgl. Balck (2012), S. 114–118.

³⁸ Vgl. Bahr und Lennerts (2010), S. 11.

³⁹ Vgl. ebd., S. 18–20, ISO 15686-2 (2012) und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- undRaumforschung (2015).

⁴⁰ Vgl. Balck (2012), S. 122.

dukt Aufzug stehen jedoch entsprechende Planungskennwerte für derartige Folgekosten, Nutzungsqualitäten oder Lebensdauern einzelner Anlagenkomponenten derzeit nur eingeschränkt zur Verfügung. Eine frühzeitige und adäquate Berücksichtigung des Bauteils Aufzug im Ablauf der Gebäudeplanung wird dadurch erschwert.

2.3 Wesentliche Akteursrollen

Durch die Einzigartigkeit, Heterogenität, Unbeweglichkeit und die langen Lebenszyklen von Gebäuden sind die Immobilienmärkte charakterisiert durch Intransparenz, hohe Investitionsvolumina und Transaktionskosten sowie individuelle Schwankungen im Zeitablauf. Diese Markteigenschaften zwingen die Akteure mit begrenzten Informationen und eingeschränkter Wahrnehmung zu agieren. Zudem wird ein rationaler Entscheidungsprozess allein durch die Komplexität der zahlreichen Gebäudeparameter erschwert.⁴¹ Deshalb ist die **Bauwirtschaft arbeitsteilig organisiert**. Unterschiedliche Experten arbeiten an unterschiedlichen Themen der Planung, Realisierung, Nutzung und Verwertung von Gebäuden. Dadurch und als Konsequenz der individuellen Projektorganisationen schwanken der Grad der Projektbeteiligung, die Einflussnahme und die persönlichen Ziele dieser Experten in Abhängigkeit vom jeweiligen Projekt.⁴²

In der Literatur existieren unterschiedliche Ansätze die beteiligten Akteure der Bauwirtschaft zu strukturieren.⁴³ Im Rahmen dieser Arbeit werden dazu sogenannte **wesentliche Akteursrollen** unterschieden, welche von den zahlreichen Akteuren der Bauwirtschaft unterschiedlich besetzt werden können. Als Beispiel sei hier ein Architekt angenommen, welcher ein Gebäude für den Eigenbedarf benötigt und beabsichtigt, dieses selbst zu planen. Der Architekt als

⁴¹ Vgl. Rohde et al. (2011), S. 22–23.

⁴² Vgl. Klingele und Lützkendorf (2007), S. 46–47.

⁴³ Vgl. Rohde et al. (2011), S. 22–28.

Person und Akteur der Bauwirtschaft nimmt damit sowohl die Akteursrolle des Bauherrn als auch die des planenden Architekten ein. Somit ist nicht die Zugehörigkeit zu einer Akteurs- oder Berufsgruppe von Bedeutung, sondern vielmehr die in der jeweiligen Projektkonstellation zu erfüllende Akteursrolle oder Akteursrollen.⁴⁴

Zunächst seien hier die grundlegenden Akteursrollen in Form des Bauherrn, des Architekten, der Berater und des Bauunternehmers betrachtet.⁴⁵

Der **Bauherr** repräsentiert den Projektinitiator, welcher die Projektorganisation und deren Ziele vorgibt, als Entscheider agiert, das Projekt bezüglich seiner Qualität, Zeit und Kosten überwacht und erbrachte Planungs- und Bauleistungen abnimmt. Manche dieser Aufgaben können vom Bauherrn an spezialisierte Projektakteure delegiert werden.⁴⁶ Zur Vorbereitung, Ausführung und Überwachung eines Bauprojektes sind ein qualifizierter Architekt, Bauunternehmer und Bauleiter zu benennen und in das Projekt mit einzubeziehen. Ist der Bauherr entsprechend qualifiziert kann er diese Funktionen auch selbst übernehmen.⁴⁷ Die Akteursrolle des Bauherrn wird üblicherweise durch Gebäudeeigentümer, Investoren, Projektentwickler aber auch spätere Nutzer und Mieter wahrgenommen, welche durch unterschiedliche Projektkonstellationen und Interessen in einer Bauherrenrolle agieren können.⁴⁸ Die rechtliche Situation des Bauherrn wird grundsätzlich durch das Bürgerliche Gesetzbuch (BGB) in Form des § 631 „Vertragstypische Pflichten beim Werkvertrag“ begründet. Der sogenannte Besteller wird dadurch zur Zahlung einer vereinbarten Vergütung verpflichtet. Der Unternehmer zu Herstellung des versprochenen Werkes.⁴⁹

⁴⁴ Vgl. Busse (2012), S. 60–63.

⁴⁵ Vgl. Musterbauordnung (2002), §§ 53-55.

⁴⁶ Vgl. Eitelhuber (2007), S. 8–9.

⁴⁷ Vgl. Musterbauordnung (2002), § 53.

⁴⁸ Vgl. European Commission (1997), S. 8–9.

⁴⁹ Vgl. Bürgerliches Gesetzbuch (2015), § 631.

Die Herstellung des versprochenen Werkes kann sich dabei auch auf die Leistungspflichten eines **Architekten** aus einem sogenannten Architektenvertrag beziehen. Dieser wird üblicherweise zwischen Bauherr und Architekt geschlossen und ist rechtlich meist ebenfalls ein Werkvertrag nach § 631 BGB.⁵⁰ Die primäre Aufgabe eines Architekten ist die kreative, technische und ökonomische Planung von Bauwerken. Zudem gehören die Koordination und Kontrolle aller Planungs- und Ausführungsaktivitäten sowie die Beratung, Unterstützung und Vertretung des Bauherrn zu den Verantwortlichkeiten von Architekten.⁵¹ Ein Architekt muss für die Vorbereitung eines Bauvorhabens entsprechend kompetent und erfahren sein. Er ist verantwortlich für die Vollständigkeit und Nutzbarkeit des Gebäudeentwurfes und muss zusätzliche, qualifizierte Ingenieure und Fachplaner in Fachgebieten mit einbeziehen, in denen sein eigenes Wissen nicht ausreichend ist.⁵² Der Architekt bleibt jedoch verantwortlich für den Gesamtgebäudeentwurf und hat die zusätzlichen Fachplanungen dementsprechend einzubinden.⁵³ Somit stellt die Koordination und Integration der Ingenieure und Fachplaner im Gebäudeplanungsprozess eine wesentliche Arbeitsleistung von Architekten dar.⁵⁴

Wie zuvor erwähnt, werden für verschiedene Fachgebiete zusätzliche Fachplaner, Ingenieure und Experten involviert, welche hier in der Akteursrolle der **Berater** zusammengefasst werden. Diese sind selbst verantwortlich für ihre Spezialgebiete und geleisteten Arbeiten.⁵⁵ Wie auch bei den bereits vorgestellten Akteursrollen kann die der Berater unterschiedlich durch konkrete Akteure besetzt werden. Dabei kann ein selbstständiger Fachplaner beauftragt oder ein angestellter Experte des Bauherrn, Architekten oder Bauunternehmers hinzugezogen werden. Das breite Spektrum an Fachgebieten und Tätigkeiten

⁵⁰ Vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2015), S. 5.

⁵¹ Vgl. Architektenkammer Baden Württemberg (2012), § 1.

⁵² Vgl. Musterbauordnung (2002), § 54.

⁵³ Vgl. Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (2013), Anlage 10.

⁵⁴ Vgl. Hornung (2002), S. 254.

⁵⁵ Vgl. ebd., S. 253.

umfasst sowohl Tragwerksplanungen, Fachplanungen für Heizung, Klimatisierung und Lüftung, Elektroplanungen als auch Brandschutzgutachten oder die Fachplanungen für Fördertechnik in Form von Aufzügen und Fahrtreppen. Selbst, wenn nicht alle Bauprojekte das gesamte Spektrum im gleichen Maße erfordern, ist der Architekt in vielen Bereichen auf die Unterstützung durch fachkundige Berater angewiesen.⁵⁶

Eine weitere Akteursrolle neben dem Bauherrn, dem Architekten und dem Berater stellt der **Bauunternehmer** dar. Mit diesem geht der Bauherr ebenfalls eine vertragliche Bindung in Form eines Werkvertrages ein, wodurch die Herstellung des versprochenen Bauwerkes zur primären Aufgabe des Bauunternehmers wird. Der Umfang der Bauunternehmertätigkeit wird ebenfalls durch den Werkvertrag bestimmt.⁵⁷ Der Bauunternehmer hat das Bauwerk oder Gebäude entsprechend den öffentlich-rechtlichen Vorschriften und Auflagen zu errichten. Auf Nachfrage müssen erforderliche Nachweise über verwendete Bauprodukte und Bauarten vorgewiesen werden können.⁵⁸

Da Gebäude aus zahlreichen verschiedenen Bauprodukten mit einem hohen Grad an Eigenständigkeit bezüglich ihrer Nutzung und ihres Betriebes bestehen, sind Gebäude abhängig von den individuellen Qualitätseigenschaften ihrer Bauprodukte, was die daraus resultierende Verantwortung der **Bauprodukthersteller** verdeutlicht.⁵⁹ Diese bilden somit eine weitere wesentliche Akteursrolle.⁶⁰

Abschließend sei die Rolle der **Öffentlichen Hand** genannt, welche durch ihre Vorgaben, Genehmigungsverfahren und Kontrollen die Einhaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen garantiert und somit

⁵⁶ Vgl. ebd..

⁵⁷ Vgl. Bürgerliches Gesetzbuch (2015), § 631.

⁵⁸ Vgl. Musterbauordnung (2002), § 55.

⁵⁹ Vgl. Balck (2010).

⁶⁰ Vgl. Schultmann (2011), S. 32–33.

stellvertretend für alle nicht direkt am Projekt beteiligten Akteure und Minderheiten agiert.⁶¹

Für die Gebäudeplanung lässt sich festhalten, dass die Verantwortung und die Kompetenz für die Planung von Aufzügen durch verschiedene Akteursrollen und -konstellationen sowie in Abhängigkeit zum jeweiligen Projekt unterschiedlich verteilt sein können. Grundsätzlich ist im Sinne der Planungsqualität von Aufzugsanlagen ein kompetenter Akteur frühzeitig in den Projektablauf zu integrieren. Dieser kann, muss aber nicht, in Form eines externen Aufzugsberaters auftreten.

2.4 Planungsphasen

Gebäude werden geplant und realisiert, um spezifische Funktionen und Gebrauchseigenschaften, welche von ihren Bauherren und Nutzern benötigt werden, zu erfüllen.⁶² Wenn Probleme im Laufe von Bauprojekten aufkommen, sind diese meist in einer mangelhaften **Bedarfsplanung** begründet. Die individuellen Ziele und Vorgaben des Bauherrn werden oftmals nicht präzise genug definiert und gehen im Laufe des Planungsprozesses verloren. Diese Entwicklung wird zudem durch die ansteigende Komplexität der Gebäudeplanung, die zahlreichen involvierten Akteure und die diversen technologischen Optionen verstärkt.⁶³ Eine optimierte Projektvorbereitung spezifiziert daher die Ziele, Vorgaben und Einschränkungen, welche seitens des Bauherrn existieren.⁶⁴ Dazu dient im Rahmen einer ersten Bedarfsplanung die Fixierung grundsätzlicher Eckdaten wie Projektname, Standort, beabsichtigte Gebäudefunktion, wesentliche Projektziele, angedachte Gebäudegröße, Zeitrahmen und Projektbeteiligte.⁶⁵ Hierbei bereiten oft die qualitativen Projekteigenschaften Probleme,

⁶¹ Vgl. ebd. und European Commission (1997), S. 8–9.

⁶² Vgl. Hodulak und Schramm (2011), S. 8.

⁶³ Vgl. DIN 18205 (1996), S. 2.

⁶⁴ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011e), A1.

⁶⁵ Vgl. DIN 18205 (1996), S. 4.

welche sich nicht oder nur schwer in Form von Zahlen und Daten fixieren lassen. Die Ästhetik, die Behaglichkeit in Räumen oder das erwartete Komfort- und Sicherheitsniveau lassen sich nur erschwert in technischer Weise erfassen und werden somit meist umschrieben.⁶⁶

Die Planungsphasen im Anschluss an die Bedarfsplanung werden typischerweise durch die **neun Leistungsphasen** der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) gebildet. Diese sind mit ihren wesentlichen Grundleistungen in der folgenden Tabelle aufgeführt und stichpunktartig beschrieben.⁶⁷

⁶⁶ Vgl. ebd., S. 5–10.

⁶⁷ Vgl. Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (2013), Anlage 10.

2 Analyse der Gebäudeplanung

Leistungsphasen im Leistungsbild Gebäude und Innenräume gemäß Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (Stand HOAI 2013, Anlage 10)	
Leistungsphasen (LPH)	Grundleistungen (Beispielhafte Auswahl)
LPH 1 Grundlagenermittlung	Klärung der Aufgabenstellung, Besichtigung des Baugrundstückes, Beratung zum Gesamtaufwand, Auswahlunterstützung für zusätzliche Berater; Dokumentation der Ergebnisse
LPH 2 Vorplanung	Analyse der Grundlagen, Vorplanung durch Variantenvergleich, Klärung grundlegender Zusammenhänge, Abstimmung mit zusätzlichen Beratern, Prüfung der Genehmigungsfähigkeit, Vergleich Kostenschätzung und Kostenvorgaben, Schätzung eines Zeitplans, Dokumentation der Ergebnisse
LPH 3 Entwurfsplanung	Entwurfsplanung aufbauend auf Vorplanung, Zeichnungserstellung, Abstimmung mit zusätzlichen Beratern, Verhandlungen zur Genehmigungsfähigkeit, Vergleich Kostenberechnung und Kostenschätzung, Dokumentation der Ergebnisse
LPH 4 Genehmigungsplanung	Aufbereitung der Planungsunterlagen, Einreichen der Planungsunterlagen, Anpassung der Planungsunterlagen
LPH 5 Ausführungsplanung	Ausführungsplanung, Zeichnungserstellung, Abstimmung mit zusätzlichen Beratern, Aktualisierung des Terminplans, Ausführungsplanung nach Gewerken
LPH 6 Vorbereitung der Vergabe	Erstellung des Vergabeterminplans, Erstellung der Leistungsbeschreibungen, Abstimmung mit zusätzlichen Beratern, Kostenermittlung nach Leistungsverzeichnis, Vergleich Kostenermittlung mit Kostenberechnung, Dokumentation Vergabeunterlagen
LPH 7 Mitwirkung der Vergabe	Vergabekoordination, Angebotseinholung, Bewertung und Prüfung der Angebote, Durchführung von Bietergesprächen, Erstellung der Vergabevorschläge, Zusammenstellen der Vertragsunterlagen, Vergleich der Ausschreibungsergebnisse mit Leistungsverzeichnis, Mitwirken bei der Auftragserteilung
LPH 8 Objektüberwachung	Überwachung der Ausführung, Koordination beteiligter Berater, Fortschreiben des Terminplans, Dokumentation des Bauablaufes, Überprüfung des Aufmaßes, Kostenkontrolle, Kostenfeststellung, Organisation der Bauabnahmen, Zusammenstellung der Dokumentation, Projektübergabe
LPH 9 Objektbetreuung	Feststellung von Gewährleistungsansprüchen, Objektbegehung zur Mängel feststellung, Mitwirken bei der Freigabe von Sicherheitsleistungen

Tabelle 2: Leistungsphasen im Leistungsbild Gebäude und Innenräume
(Eigene Darstellung in Anlehnung an HOAI (2013), Anlage 10)

Die HOAI repräsentiert primär die bindende Preisregulierung für Architekten und Ingenieure. Dennoch werden ihre Leistungsphasen (LPH) in der Praxis regelmäßig als eine mögliche Vorgehensweise für die Gebäudeplanung genutzt. Die tatsächlich durchlaufenden Planungsphasen können jedoch von denen der HOAI abweichen und sind nicht zwingend an diese gebunden.⁶⁸

⁶⁸ Vgl. Both (2006), S. 34–35.

Die bereits erwähnte Bedarfsplanung ist inhaltlich von der Grundlagenermittlung der LPH 1 zu trennen, um eine effektive Klärung der Aufgabenstellung und eine Beratung zum Gesamtaufwand im Sinne der LPH 1 zu ermöglichen. In welchem Umfang ein Architekt sämtliche oder ausgewählte Leistungsphasen zu erbringen hat, hängt wesentlich von der Konstellation der beteiligten Akteure, der Art des Bauvorhabens und dessen Größe ab und sollte im Rahmen einer vorgelagerten Bedarfsplanung bereits definiert werden. Für diese Arbeit sollen die neun LPH der HOAI als theoretische Grundlage für die durchlaufenden Phasen der Gebäudeplanung dienen. Die vorgelagerte Bedarfsplanung wird in Form einer zusätzlichen LPH 0 verstanden.

Für die hier vorgestellten Planungsphasen bleibt es im weiteren Verlauf dieser Arbeit zu klären, wann und in welchem Umfang sich Aspekte der Aufzugsplanung sinnvoll integrieren lassen. Die Inhalte der Bedarfsplanung und der neun LPH dienen dazu als Orientierung und ermöglichen eine inhaltliche Verknüpfung von Gebäude- und Aufzugsplanung über den typischen Projektablauf hinweg.

2.5 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die rechtlichen Rahmenbedingungen werden hier im Sinne des deutschen Baurechts in das öffentliche und private Baurecht unterteilt.

Das **öffentliche Baurecht** lässt sich weiter in das Bauplanungsrecht und das Bauordnungsrecht unterscheiden, wobei Letzteres in den Zuständigkeitsbereich der Bundesländer fällt. Dies kommt insbesondere durch die jeweiligen Landesbauordnungen (LBO) zum Ausdruck, welche die technischen Anforderungen zur Abwehr von Gefahren während der Errichtung und des Betriebes von Bauwerken vorgeben. Neben der Gefahrenabwehr ist das Baugenehmigungsverfahren weiterer wesentlicher Bestandteil des Bauordnungsrechtes, welches gemeinsam mit dem Bauplanungsrecht die Zulässigkeit eines Bauvorhabens und die grundsätzlichen Beziehungen zwischen Staat und

Bauherrn regelt.⁶⁹ Darüber hinausgehende weitere Gesetze, Verordnungen und Vorschriften lassen sich in Form des Baunebenrechtes zusammenfassen.

Das **private Baurecht** bestimmt die rechtlichen Verhältnisse der an einem Bauvorhaben beteiligten Akteure. Grundlegend hierfür ist ein Bauvertrag im Sinne des § 631 BGB.⁷⁰ Der sogenannte Besteller wird dadurch zur Zahlung einer vereinbarten Vergütung verpflichtet. Der Unternehmer zu Herstellung des versprochenen Werkes.⁷¹ Zur Präzisierung des allgemeinen Werkvertrages nach BGB können die Vergabe- und Vertragsordnungen für Bauleistungen (VOB) genutzt werden. Die VOB stellen jedoch weder ein Gesetz noch eine Rechtsverordnung dar und sind somit ein optionales Vertragswerk, welches jedoch detaillierte technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen bietet.⁷² Als gesonderte Verordnung kann die HOAI betrachtet werden. Diese regelt das Verhältnis von zu erbringenden Leistungen bei entsprechender Vergütung und präzisiert damit ebenfalls den bei Architektenverträgen zu Grunde liegenden allgemeinen Werkvertrag des BGB.⁷³

Die folgende Tabelle fasst die beschriebenen rechtlichen Rahmenbedingungen des öffentlichen und privaten Baurechts in einer Übersicht zusammen.

⁶⁹ Vgl. Wirth, Pfisterer und Schmidt (2011), S. 3–5.

⁷⁰ Vgl. ebd., S. 2–3.

⁷¹ Vgl. Bürgerliches Gesetzbuch (2015), § 631.

⁷² Vgl. DIN 1960 (2012), DIN 1961 (2012) und DIN 18299 (2002).

⁷³ Vgl. Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (2013) und Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2013), S. 5.

Übersicht wesentlicher rechtlicher Rahmenbedingungen der Gebäudeplanung					
Öffentliches Baurecht					
Bauplanungsrecht			Bauordnungsrecht		Baunebenrecht
Raumordnung:	Bauleitplanung:	Fachplanung:	Gefahrenabwehr:	Genehmigungsverfahren:	Weitere Gesetze, Verordnungen, Vorschriften:
- Raumordnungsgesetz	- Baugesetzbuch - Baunutzungsverordnung - Wertermittlungsverordnung - Planzeichenverordnung - Etc.	- Planfeststellungsverfahren - Weitere Fachvorgaben	- Landesbauordnungen*	- Landesbauordnungen*	- Bauproduktengesetz - Energieeinsparungsgesetz - Bundes-Immissionsschutzgesetz - Arbeitsstättenverordnung - Etc.
Privates Baurecht					
Bürgerliches Gesetzbuch:		Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen**:		Honorarordnung für Architekten u. Ingenieure:	
- § 631 Vertragstypische Pflichten beim Werkvertrag - §§ 903 ff. Nachbarrecht		- Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen - Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen - Teil C. Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen		- Regelung des Preis-Leistungs-Verhältnisses eines Architekten-/Werkvertrages	
* In Anlehnung an die Musterbauordnung					
** Keine Ordnung im rechtlichen Sinne und damit nicht verpflichtend anzuwenden					

Tabelle 3: Übersicht wesentlicher rechtlicher Rahmenbedingungen der Gebäudeplanung (Eigene Darstellung in Anlehnung an Wirth, Pfisterer und Schmidt (2011), S. 2-5)

Abschließend lassen sich die **rechtlichen Rahmenbedingungen auch hierarchisch betrachten**, wobei diese Sichtweise das zuvor beschriebene öffentliche und private Baurecht einschließt. Die Rahmenbedingungen der Gebäudeplanung basieren grundsätzlich auf unterschiedlichen, rechtlich verbindlichen als auch freiwilligen Vorgaben verschiedener Ebenen. Die erste übergeordnete Ebene bilden internationale Abkommen und Europäische Richtlinien. Die zweite Ebene repräsentieren die nationalen Gesetze und Gesetzesverordnungen, welche bei den EU Mitgliedsstaaten an die Europäischen Richtlinien gebunden sind. Auf einer dritten Ebene folgen in Deutschland die Landesgesetze und Landesverordnungen, denen sich viertens die internationalen, europäischen und nationalen Richtlinien und Normen unterordnen. Diese sind zunächst nicht bindend, können jedoch durch Verweis aus den übergeordneten Ebenen rechtlich

bindend werden. Die fünfte und letzte Ebene bilden unverbindliche Ratgeber, Leitfäden und Arbeitsblätter.⁷⁴

Somit ergeben sich die rechtlichen Rahmenbedingungen der Gebäudeplanung aus einer Fülle an Vorgaben verschiedener Ebenen (Europäisches Recht, Bundesrecht, Landesrecht, etc.) und unterschiedlicher Zielsetzungen (Öffentliches und privates Baurecht, Normung, Leitfäden, etc.). Zahlreiche Bedingungen werden dabei durch die zuständigen Genehmigungsbehörden im Rahmen der zu erteilenden Baugenehmigung abgefragt und kontrolliert. Andere Aspekte, wie die Ausgestaltung des Bauvertrages, bleiben den beteiligten Akteuren selbst überlassen. Dadurch ergeben sich für diese, projektbezogene individuelle Gestaltungsspielräume.

In welchem Umfang und Detaillierungsgrad die beschriebenen rechtlichen Rahmenbedingungen der Gebäudeplanung die Planung von Aufzugsanlagen erfassen, wird im entsprechenden Kapitel zu Analyse der Aufzugsplanung näher betrachtet. Dabei ist es vor allem von Interesse, in wieweit konkrete Anforderungen des öffentlichen Baurechtes die Aufzugsplanung beeinflussen und in welchem Umfang privatrechtliche Vereinbarungen die gesetzlichen Mindestanforderungen erweitern.

2.6 Ausgewählte Aspekte der Nachhaltigkeitsbewertung

Der Begriff nachhaltige Entwicklung wurde durch die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen eingeführt und geprägt. Eine nachhaltige Entwicklung wurde dabei definiert, als das Bestreben nach einer dauerhaften Entwicklung, welche die gegenwärtigen Bedürfnisse befriedigt ohne zukünftige Generationen in die Gefahr zu versetzen, ihre eigenen Bedürfnisse nicht

⁷⁴ Vgl. Schultmann et al. (2011), S. 27–28.

befriedigen zu können.⁷⁵ Um diese allgemeine Definition für die Baubranche greifbar zu machen, müssen Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung dem Betrachtungsgegenstand, in diesem Fall Bauwerken und Gebäuden, angepasst und durch die beteiligten Akteure integriert werden. Dies trifft in besonderem Maße auf die Baubranche zu, da deren Einfluss auf eine erfolgreiche nachhaltige Entwicklung bedeutend ist.⁷⁶

Die wesentlichen **Nachhaltigkeitsaspekte** können in die drei Qualitäten ökonomisch, ökologisch und sozial unterschieden werden.⁷⁷ Die meisten Produkte und Dienstleistungen, welche für den Bau oder die Nutzung von Bauwerken benötigt werden, verursachen Kosten und haben damit ökonomische Auswirkungen. Manche davon fallen direkt an und sind von kurzer Dauer, andere hingegen sind langfristig und über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerkes vorhanden. Die ökologische Qualität beinhalten alle Bauaktivitäten, welche natürliche Ressourcen verbrauchen und einen Einfluss auf das lokale, regionale oder globale Ökosystem haben. Die Konsequenzen eines Bauwerkes für die Lebensqualität der Menschen, die örtliche Kultur und dort zukünftig lebende Generationen werden durch die soziale Qualität des Nachhaltigen Bauens berücksichtigt. Die sozialen Aspekte haben einen besonderen Bezug zu Personen und Personengruppen und deren Gesundheit und Wohlergehen.⁷⁸ Die ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Qualitäten sind die allgemein anerkannten drei Säulen des Nachhaltigen Bauens. Diese können um die technische Qualität, die Prozessqualität und die Standortqualität erweitert werden. Bauprojekte sind in besonderem Maße abhängig von der Qualität ihres Planungs- und Errichtungsprozesses, der technischen Qualität ihrer Bauprodukte (Siehe Kapitel 2.2) und der passenden Wahl des Standortes. Diese drei zusätzlichen Qualitäten haben

⁷⁵ Vgl. United Nations World Commission on Environment and Development (1987), S. 39.

⁷⁶ Vgl. Meins et al. (2011), S. 8.

⁷⁷ Vgl. ISO 15392 (2008), S. 6 und DIN EN 15643-1 (2010), S. 18.

⁷⁸ Vgl. ISO 15392 (2008), S. 12–13.

einen Einfluss auf den gesamten Bauwerkslebenszyklus und beeinflussen zudem die ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Qualitäten.⁷⁹ Die folgende Abbildung veranschaulicht dieses erweiterte Verständnis des Nachhaltigen Bauens.

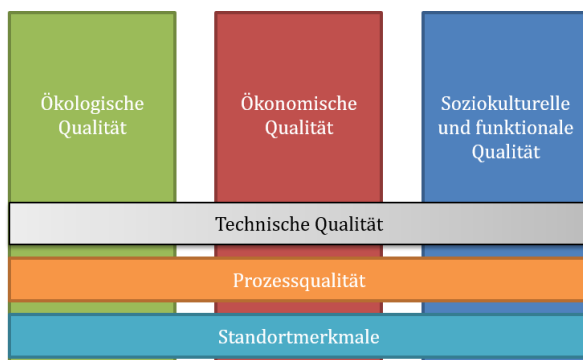


Abbildung 1: Qualitäten des Nachhaltigen Bauens
(Eigene Darstellung in Anlehnung an BMVBS (2013), S. 25)

Für die **Bewertung der Nachhaltigkeit** von Gebäuden stehen in Deutschland unter anderem die Normenreihe DIN EN 15643, das BNB für Bundesgebäude sowie das Zertifizierungssystem der DGNB zur Verfügung.⁸⁰ Die Normung bietet ein Bewertungssystem unter Berücksichtigung des Lebenszykluskonzeptes und betrachtet die ökonomischen, ökologischen und sozialen Auswirkungen von Gebäuden. Dafür sind zunächst eindeutige funktionale und technische Hauptanforderungen zu definieren und durch festgelegte Szenarien auf ihre nachhaltige Eignung hin zu bewerten. Eine frühestmögliche Bewertung während der Entwurfsphasen sowie die regelmäßige Überprüfung im Projektverlauf werden empfohlen, um den Entscheidungsprozess entsprechend zu unterstützen.⁸¹

⁷⁹ Vgl. Schultmann et al. (2011), S. 28–30.

⁸⁰ Vgl. DIN EN 15643-1 (2010) und Schultmann et al. (2011), S. 7.

⁸¹ Vgl. DIN EN 15643-1 (2010), S. 4–5.

Ergänzend zur Normung bieten das BNB als auch die DGNB eine freiwillige Zertifizierung und basieren ebenfalls auf einem nachhaltigen Bewertungsansatz. Die derzeit bestehenden gesetzlichen Anforderungen werden übertroffen, da alle Dimensionen des Nachhaltigen Bauens systematisch Berücksichtigung finden.⁸² Anforderungen und Zielwerte werden kohärent definiert und repräsentieren spätere Qualitätsmerkmale entsprechend zertifizierter Gebäude. Durch ihren ganzheitlichen Ansatz setzen diese Zertifizierungssysteme zudem Bezugs- und Orientierungswerte in zuvor vernachlässigten Teilbereichen der Gebäudeplanung und -realisierung.⁸³

In den folgenden Kapiteln werden ausgewählte Aspekte des Nachhaltigen Bauens, welche die Gebäudeplanung beeinflussen, näher erläutert. Diese zunehmend an Bedeutung gewinnenden Nachhaltigkeitsaspekte, wie der Lebenszyklusansatz, die integrale Planung oder die Lebenszykluskostenrechnung, wirken sich dabei auch auf die Planung der Aufzugstechnik aus. Als Teil der Gebäudeplanung sind entsprechende Informationen und Methoden zur Unterstützung der übergeordneten Nachhaltigkeitsbewertung bereitzustellen. Um auf diese gestiegenen Anforderungen im Rahmen der Aufzugsplanung reagieren zu können, werden zunächst ausgewählte Aspekte der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden in den folgenden Unterkapiteln vorgestellt. Ein Vergleich mit den bisherigen Ansätzen einer Nachhaltigkeitsbewertung von Aufzügen zeigt im weiteren Verlauf dieser Arbeit mögliche Schwachstellen auf und verdeutlicht Ansatzpunkte für die Entwicklung notwendiger Planungshilfsmittel.

⁸² Vgl. Schultmann et al. (2011), S. 48.

⁸³ Vgl. Ebert, Eßig und Hauser (2010), S. 6–7.

2.6.1 Lebenszyklusansatz

Der Lebenszyklusansatz hat verschiedene Ursprünge und wurde insbesondere durch die Wirtschaftswissenschaften in Form des Lebenszyklus-Managements etabliert.⁸⁴ Der daraus abgeleitete **Produktlebenszyklus** beinhaltet den ganzheitlichen Prozess der Produktentwicklung und Markteinführung sowie dessen Wachstum, Sättigung, Rückgang und Ausscheiden aus dem Markt.⁸⁵

Die Bauindustrie nimmt diesen Lebenszyklusgedanken, insbesondere als grundlegendes Element des Nachhaltigen Bauens, zunehmend auf. Das traditionelle Planungsintervall, welches üblicherweise auf die Dauer des Bauprojektes ausgelegt war, verändert sich zugunsten der langfristigen Zyklen der Gebäudenutzung und den dazugehörigen Lebenszyklen der Bauprodukte.⁸⁶ Der Ausdruck „von der Wiege bis zur Bahre“ repräsentiert diesen ganzheitlichen Lebenszyklusansatz. Auch unter Berücksichtigung der Bauprodukte, welche zur Realisierung von Gebäuden benötigt werden, umfasst dieser Ansatz die Phasen der Gewinnung von Rohstoffen, der Herstellung von Baumaterialien und Bauteilen, das Errichten des Gebäudes, dessen Nutzung und Instandhaltung, Modernisierungen sowie den Rückbau und das Recycling.⁸⁷ Somit ergibt sich der **Lebenszyklus von Gebäuden** aus den individuellen Lebens- und Austauschzyklen ihrer Bauprodukte. Diese sind integriert in das Gebäude, werden während dessen Betrieb genutzt und am Ende ihrer individuellen Lebenszyklen ausgetauscht und entsorgt. So erfordern manche Bauprodukte mehrere Austauschzyklen innerhalb eines Gebäudelebenszyklus.⁸⁸

⁸⁴ Vgl. Balck (2012), S. 31.

⁸⁵ Vgl. König et al. (2009), S. 13.

⁸⁶ Vgl. Balck (2012), S. 1.

⁸⁷ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015c).

⁸⁸ Vgl. Balck (2012), S. 44.

Da in jeder Lebenszyklusphase teils unterschiedliche Akteure mit ihren eigenen Prozessen, Optimierungszielen und Kostenstrukturen auftreten, ermöglicht eine klare Unterteilung in mehrere, voneinander abgegrenzte Lebenszyklusphasen eine Vereinfachung der Planung.⁸⁹ Im Sinne der verschiedenen Dimensionen des Nachhaltigen Bauens bildet der Lebenszyklusansatz ein grundlegendes **unterstützendes Model**, um die Komplexität der Gebäudeplanung besser handhaben zu können.⁹⁰ Die in den folgenden Kapiteln beschriebene integrale Planung, Lebenszykluskostenrechnung wie auch die Ökobilanzierung basieren grundlegend auf diesem Lebenszyklusansatz.

2.6.2 Integrale Planung

Von optimierten Planungsprozessen wird gefordert, dass Gebäude bezüglich zahlreicher vielseitiger Aspekte entsprechend ausgewogen optimiert werden. Diese Optimierungen beziehen sich unter anderem auf das allgemeine Komfortniveau für Nutzer, die Akzeptanz durch verschiedene Akteure, die ökonomische Attraktivität des Gebäudes sowie die verursachten Umweltbelastungen und den Energieverbrauch.⁹¹ Die **konventionelle Gebäudeplanung** ist nicht in der Lage diese zahlreichen Aspekte und deren Zusammenhänge angemessen zu berücksichtigen. Durch die sich ergebende Komplexität sind konventionelle Planungsansätze deshalb meist auf ein paar wenige dominante Aspekte reduziert, wie beispielsweise die Bauphase und deren Investitionskosten oder die während der Nutzungsphase zu gewährleistende Energieeffizienz.⁹² Somit entsteht ein Teil der heutigen Gebäude immer noch aus einer Sequenz von Planungsaktivitäten, welche charakterisiert ist durch separate und abgegrenzte Abschnitte der Projektentwicklung, Architektur, Tragwerksplanung,

⁸⁹ Vgl. GEFMA 220-1 (2010), S. 4.

⁹⁰ Vgl. König et al. (2009), S. 78.

⁹¹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011f), A1.

⁹² Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2013), S. 24.

technischen Gebäudeausrüstung und des Facility Management.⁹³ Die zunehmende technische Spezialisierung der Bauindustrie verstärkt zusätzlich die Notwendigkeit einer verbesserten und intensiveren Kooperation und Kommunikation der am Projekt beteiligten Akteure. Ohne diese Entwicklung wird es nur erschwert möglich sein, zukünftige technische Verbesserungen höherer Komplexität in bessere Gebäude zu integrieren.⁹⁴

Die **integrale Gebäudeplanung** konzentriert sich auf das komplexe Zusammenspiel der verschiedenen Akteursrollen. Die Zusammenhänge werden identifiziert und in einem transparenten iterativen Prozess optimiert. Von Projektbeginn an werden Nutzer, zusätzliche Berater, die Öffentliche Hand und andere Akteure aktiv in das Projekt involviert und ermöglichen die zielorientierte Berücksichtigung von mehreren Nachhaltigkeitsaspekten zugleich.⁹⁵ Eine integrale Planung berücksichtigt das gesamte Projektteam und basiert über den Planungsprozess hinweg auf dem Lebenszyklusansatz für Gebäude. Dies ermöglicht eine interdisziplinäre horizontale Integration des benötigten Fach- und Spezialwissens wie auch eine umfassende vertikale Integration über den gesamten Gebäudelebenszyklus.⁹⁶ Zusätzlich wird der Fokus bewusst auf die frühen Planungsstadien gelegt, welche die Möglichkeiten und Freiheiten bieten, eine ganzheitlich optimierte Projektlösung zu entwickeln.⁹⁷ Da die Nutzungsphasen von Gebäuden üblicherweise 10 bis 20 mal größer als deren Planungs- und Erstellungsphasen sind, ist die Beeinflussbarkeit der Lebenszykluskosten sowie der meisten anderen Gebäudeeigenschaften während der Planung von besonderer Bedeutung. Der Einfluss einer integralen Planung ist somit ausschlaggebend für die Gesamtleistungsfähigkeit eines Gebäudes über dessen langjährige Nutzung hinweg.⁹⁸

⁹³ Vgl. Achammer (2009), S. 48.

⁹⁴ Vgl. Löhnert, Dalkowski und Römmling (2011), S. 36.

⁹⁵ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011k), S. 59–60.

⁹⁶ Vgl. König et al. (2009), S. 78.

⁹⁷ Vgl. Both, Koch und Kindsvater (2013), S. 22.

⁹⁸ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011f), A1.

2.6.3 Lebenszykluskosten

Gebäude verursachen während ihrer Herstellung, Nutzung und Entsorgung Kosten. Dennoch ist die konventionelle Gebäudeplanung hauptsächlich auf die Gebäudeherstellungskosten fixiert und vernachlässigt jene anderer Lebenszyklusphasen. Die **Herstellungskosten dominieren den Entscheidungsprozess** und Auswirkungen auf die Gebäudenutzung rücken in den Hintergrund.⁹⁹ Besonders ausgeprägt ist dieses Verhalten bei kommerziellen Bauherren, welche in besonderem Maße daran interessiert sind, ihren Gewinn durch die Minimierung der Herstellungskosten zu maximieren. Potentielle negative Konsequenzen für die Nutzungsphase werden dabei bewusst nicht berücksichtigt.¹⁰⁰ Und obwohl in vielen Projekten bis zu 80 % der gesamten Gebäudelebenszykluskosten erst nach der Fertigstellung des Gebäudes anfallen, besitzen die Herstellungskosten in der Bauindustrie immer noch eine hohe Priorität.¹⁰¹

Bei der **Lebenszykluskostenrechnung (LZKR)** werden alle Kostenelemente des gesamten Gebäudelebenszyklus berücksichtigt und dadurch vor allem der Bewertungs- und Entscheidungsprozess im Planungsablauf unterstützt. Lebenszykluskosten (LZK) werden dabei definiert, als alle Kosten eines Gutes oder dessen Einzelteilen, welches seinen Bestimmungszweck im Rahmen des Lebenszyklus erfüllt.¹⁰² Dabei werden grundsätzlich die internen Kosten verstanden und sonstige externe Effekte ignoriert. Negative Auswirkungen eines Bauwerkes, welche beispielsweise durch die Umweltbelastung während dessen Erstellung oder Rückbau entstehen, werden nur berücksichtigt, wenn diese messbare monetäre Kosten verursachen.¹⁰³ Der Kostenbegriff entspricht somit dem der Betriebswirtschaft, welche Kosten als den sachziel- bzw. leistungsbezogenen, bewerteten Güter-

⁹⁹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011a), A1.

¹⁰⁰ Vgl. Bienert et al. (2010), S. 59.

¹⁰¹ Vgl. Achammer (2009), S. 46 und König et al. (2009), S. 6.

¹⁰² Vgl. ISO 15686-5 (2008), S. 2–5.

¹⁰³ Vgl. Bienert et al. (2010), S. 58.

verzehr einer Periode definiert.¹⁰⁴ Die folgende Abbildung visualisiert die Abgrenzung der internen LZK zu den Erlösen und dem sich daraus ergebenden übergeordneten Begriff des Lebenszykluserfolges.¹⁰⁵

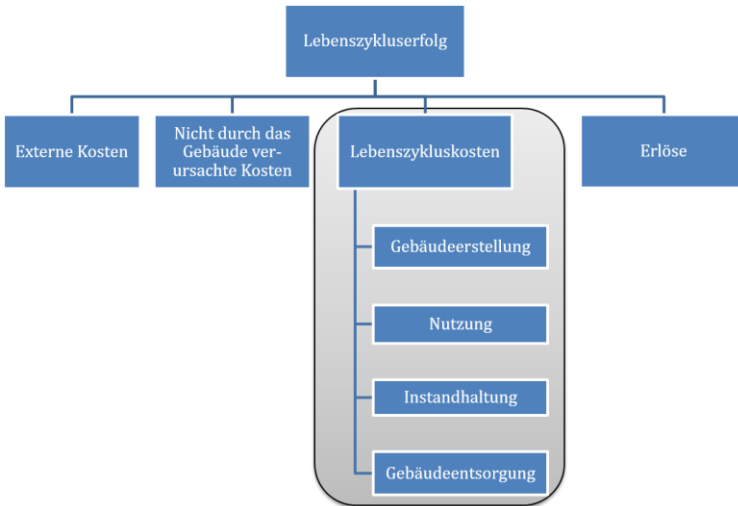


Abbildung 2: Bestandteile des Lebenszykluserfolges von Gebäuden
(Eigene Darstellung in Anlehnung an ISO 15686-5 (2008), S. 6)

Der **Lebenszykluserfolg** wird vor allem dann betrachtet, wenn zu vergleichende Optionen funktional nicht gleichwertig sind und eine reine Betrachtung der LZK zu keinem sinnvollen Ergebnis führen würde. Deshalb werden beim Lebenszykluserfolg die jeweiligen Erlöse mit den entsprechenden Kosten verrechnet und damit verschiedene Optionen vergleichbar gemacht.¹⁰⁶ Da die Art der Analyse von LZK zu Beginn eines Bauprojektes eine andere ist als in späteren Lebenszyklusphasen, variieren der **Betrachtungsgegenstand** und der **Detaillierungsgrad** entsprechend. Bei der Planungsoptimierung

¹⁰⁴ Vgl. GEFMA 220-1 (2010), S. 3.

¹⁰⁵ Vgl. ISO 15686-5 (2008), S. 6.

¹⁰⁶ Vgl. GEFMA 220-1 (2010), S. 3 und DIN EN 15643-4 (2012), S. 17–18.

durch Variantenvergleich können Bauteile oder ganze Gebäude Betrachtungsgegenstand sein. In Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Informationen, in den jeweiligen Lebenszyklusphasen, ergeben sich zudem über die Kostenschätzung, die Kostenberechnung, den Kostenanschlag und die Kostenfeststellung unterschiedliche Detaillierungsgrade mit entsprechenden Prognosegenauigkeiten. Es kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die Quantität und Qualität der verfügbaren Informationen im Laufe des Gebäudelebenszyklus zunehmen.¹⁰⁷

In Bezug auf die statischen und dynamischen **Berechnungsmethoden** zur Ermittlung von LZK wird an dieser Stelle auf die internationale Normung in Form der ISO 15686-5 sowie die Richtlinie 220-1 der German Facility Management Association (GEFMA) verwiesen. Dort werden die verfügbaren Verfahren der betriebswirtschaftlichen Investitionsrechnung, deren Begriffe, zu treffende Annahmen als auch Berechnungsbeispiele ausführlich beschrieben.¹⁰⁸

2.6.4 Ökobilanzierung

Zur Berücksichtigung und Bewertung der ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Eine von diesen ist die Ökobilanzierung.¹⁰⁹ Grundlegend kann die Ökobilanzierung definiert werden, als die Aufstellung und Beurteilung aller Input- und Output-Flüsse und deren **Umweltauswirkungen eines Produktes** über seinen gesamten Lebenszyklus.¹¹⁰ Dabei ist der Lebenszyklusansatz ein Grundbestandteil der Ökobilanzierung und ermöglicht einen systematischen Überblick als auch die Bestimmung von Umweltbelastungen in verschiedenen Lebenszyklusphasen.¹¹¹

¹⁰⁷ Vgl. GEFMA 220-1 (2010), S. 2–3.

¹⁰⁸ Vgl. ISO 15686-5 (2008) und GEFMA 220-1 (2010).

¹⁰⁹ Vgl. DIN EN ISO 14040 (2009), S. 4 und Hischier et al. (2010), S. 23–163.

¹¹⁰ Vgl. DIN EN ISO 14040 (2009), S. 7.

¹¹¹ Vgl. ebd., S. 14.

Die Methode der Ökobilanzierung ist **international genormt** und in vier Phasen unterteilt. Dabei werden das Ziel und der Untersuchungsumfang definiert, die Sachbilanz erstellt, die ökologischen Auswirkungen abgeschätzt und die Ergebnisse in Form einer Auswertung analysiert (Siehe folgende Abbildung).¹¹²

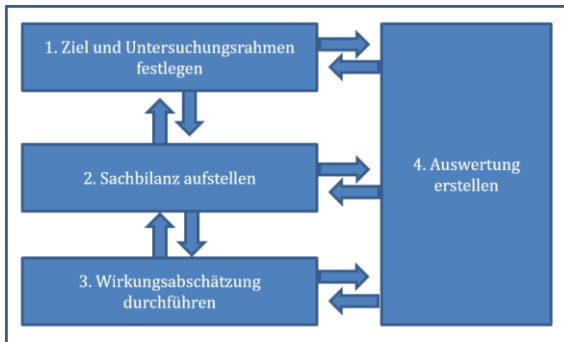


Abbildung 3: Phasen einer Ökobilanz (Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN EN ISO 14040 (2009), S. 20)

Der Bilanzierungsumfang, insbesondere bezüglich der Systemgrenzen und des Detaillierungsgrades, ist abhängig vom betrachteten Objekt und dem beabsichtigten Ziel einer Ökobilanzierung. Die Sachbilanz repräsentiert dabei die Phase der Datensammlung, welche alle relevanten Input- und Output-Flüsse des zu betrachtenden Objektes im erforderlichen Detaillierungsgrad sammelt. Die Auswirkungen und die ökologische Relevanz dieser Input- und Output-Flüsse werden in der Phase der Wirkungsabschätzung ermittelt. Die Ergebnisse der Sachbilanz und Wirkungsabschätzung werden abschließend auf Grundlage der zuvor gesetzten Ziele analysiert und in Form von Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Entscheidungshilfen dokumentiert. Es ist auch möglich eine reine Sachbilanz ohne Wirkungsabschätzung zu erstellen, welche jedoch explizit als solche gekenn-

¹¹² Vgl. ebd., S. 4–5.

zeichnet werden muss. Sowohl die Ökobilanz als auch die Sachbilanz können für übergeordnete Prozesse der Entscheidungsfindung genutzt werden und repräsentieren dabei unter Umständen lediglich einen Teilaspekt.

Werden Ökobilanzergebnisse verschiedener Produkte oder Produktvarianten verglichen, müssen der Umfang und die Annahmen zur Bilanzierung identisch sein. Nur so kann ein sinnvoller Vergleich gewährleistet werden.¹¹³ Aus diesem Grund gibt es **Umweltdeklarationen**. Die durch Umweltdeklarationen bereitgestellten Produktinformationen können auf den Vorgaben und Ergebnissen von Ökobilanzen basieren und werden durch unabhängige Dritte verifiziert. Die grundlegende Intention ist der Austausch von Umweltinformationen verschiedener aber funktional äquivalenter Produkte zwischen den unterschiedlichen Akteuren der Bauindustrie.

Umweltdeklarationen werden von Produktherstellern oder Dienstleistungsanbietern bereitgestellt, welche dabei allgemein anerkannte **Produktkategorieeregeln** (PKR) befolgen. Diese definieren notwendige produktspezifische Annahmen und Verfahren zur Erstellung von Umweltdeklarationen und werden für Produktgruppen, welche gleichwertige Funktionen erfüllen, aufgestellt.¹¹⁴

Die **Deklaration von Bauprodukten** ist international genormt.¹¹⁵ Umweltproduktdeklarationen von Bauprodukten müssen demnach mindestens deren Herstellungsphase einschließlich der Rohmaterialgewinnung, dem Transport und der Herstellung berücksichtigen (Auch „Von der Wiege bis zum Werkstor“ genannt). Die Einbeziehung der darauf folgenden Lebenszyklusphasen erfolgt optional.¹¹⁶ Zudem werden die genauen Inhalte wie Name und Adresse des Herstellers, Name und Beschreibung des Bauproduktes, die berücksichtigten Le-

¹¹³ Vgl. DIN EN ISO 14044 (2006), S. 6.

¹¹⁴ Vgl. DIN EN ISO 14025 (2011), S. 5–11.

¹¹⁵ Vgl. ISO 21930 (2007).

¹¹⁶ Vgl. DIN EN 15804 (2012), S. 12–14.

benszyklusphasen und weitere Angaben im Detail vorgegeben. Insbesondere sind die beschreibenden Parameter der Umweltwirkungen, des Ressourceneinsatzes und des anfallenden Abfalles vorgegeben.¹¹⁷ Entsprechende Datensätze von Ökobilanzen und erstellten Umweltproduktdeklarationen werden für Bauprodukte beispielsweise durch die deutsche Baustoffdatenbank „Ökobau.dat“ oder das „Institut Bauen und Umwelt e.V.“ bereitgestellt. Dabei werden Daten für verschiedenste Kategorien angeboten und bezüglich ihrer ökologischen Wirkung beschrieben.¹¹⁸ Datengrundlage sind sowohl über mehrere Hersteller gemittelte Ökobilanzdaten als auch herstellereigene Angaben und Deklarationen zu deren Produkten.¹¹⁹

Die Ökobilanzierung bietet damit ein umfassendes Werkzeug zur Beurteilung der ökologischen Qualitäten von Bauteilvarianten und Bauprodukten.

2.6.5 Soziale Aspekte

Die sozialen Qualitäten von Gebäuden finden, im Vergleich zu den anderen Qualitäten des Nachhaltigen Bauens, im Bereich der nationalen Gesetze und Gesetzesverordnungen weniger Beachtung. Derzeit dominieren die ökologische Qualität und insbesondere deren energetische Aspekte die gesetzlichen Rahmenbedingungen. Soziale Aspekte werden vor allem durch das Bauordnungsrecht in Form der jeweiligen Landesbauordnungen berücksichtigt. Diese stellen konkrete Anforderungen an Bauprodukte, fordern die Einhaltung entsprechender Gesetze und legen technische und soziokulturelle Mindestanforderungen in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und andere Parameter fest.¹²⁰ Einzelne **soziale Teilaspekte** sind zudem rechtlich geregelt,

¹¹⁷ Vgl. ebd., S. 31–42.

¹¹⁸ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015b) und Institut Bauen und Umwelt e.V. (2015a).

¹¹⁹ Vgl. König et al. (2009), S. 57.

¹²⁰ Vgl. Schultmann et al. (2011), S. 64–65.

wobei hier die Arbeitsstättenverordnung in Bezug auf die Gesundheit oder im weiteren Sinne auch das Raumordnungsgesetz sowie die Baunutzungsverordnung für die Gestaltung angeführt werden können. Weitere Aspekte wie die Raumlufte, die Beleuchtung oder der Schallschutz werden schwerpunktmäßig im Rahmen der Normung und Richtlinien sowie durch unverbindliche Ratgeber und Leitfäden berücksichtigt.¹²¹ Die Bewertung der sozialen Qualität von Gebäuden ist damit, insbesondere während der Planung und im Vergleich zu den etablierten Methoden und vorhandenen Kennwerten ökonomischer und ökologischer Bewertungen, nur eingeschränkt möglich.¹²²

Eine **gezielte Berücksichtigung soziokultureller Aspekte** erfolgt durch das BNB und die DGNB. Durch deren ganzheitliche Bewertungsansätze werden die gesetzlichen soziokulturellen Mindestanforderungen übertroffen.¹²³ Anforderungskriterien und Zielwerte werden definiert und soweit möglich, messbar und vergleichbar gemacht.¹²⁴ Berücksichtigung finden Kriterien wie der thermische, akustische oder auch visuelle Komfort, die Möglichkeiten der Einflussnahme durch den Nutzer sowie die Sicherheit und Störfallrisiken. Zudem werden zu den soeben aufgeführten soziokulturellen Kriterien auch funktionale Kriterien wie Barrierefreiheit, Flächeneffizienz oder Umnutzungsfähigkeit betrachtet.¹²⁵ Dem entgegen werden soziale und funktionale Aspekte in der entsprechenden DIN EN 15643-3 voneinander getrennt erfasst. Soziale Qualität wird dabei verstanden, als die Qualität jeder gesellschaftlichen Veränderung oder die Veränderung der Lebensqualität, welche durch die Eigenschaften von Bauwerken, Bauwerksteilen, Abläufen oder Dienstleistungen innerhalb des Lebenszyklus von Bauwerken verursacht werden. Diese, die Ver-

¹²¹ Vgl. ebd., S. 122–125.

¹²² Vgl. Schakib-Ekbatan, Wagner und Lützkendorf (2012), S. 3.

¹²³ Vgl. Schultmann et al. (2011), S. 48.

¹²⁴ Vgl. Ebert, Eßig und Hauser (2010), S. 6–7.

¹²⁵ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015a) und Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (2009), Teil 3 Kriterien 18-32.

änderung verursachenden Eigenschaften, können als soziale Aspekte verstanden werden, welche sowohl positive als auch negative soziale Auswirkungen haben können. Die soziale Qualität bildet somit gemeinsam mit den ökonomischen und ökologischen Gebäudequalitäten einen Teilbereich der Nachhaltigkeitsbewertung. Funktionale wie auch technische Gebäudequalitäten werden separat betrachtet, wobei die Wechselbeziehungen beider Teilbereiche Berücksichtigung finden.¹²⁶ Für eine Bewertung der sozialen Qualität von Gebäuden werden verschiedene Kategorien und Aspekte unterschieden, welche in der folgenden Tabelle aufgeführt werden.¹²⁷

Beschreibung der sozialen Qualität von Gebäuden gemäß DIN EN 15643-3:2012	
Kategorie	Aspekte
Zugänglichkeit	Barrierefreiheit, Zugang zu haustechnischen Anlagen
Anpassungsfähigkeit	Berücksichtigung einzelner Nutzeranforderungen, geänderter Nutzeranforderungen, technischer Änderungen, geänderter Nutzung
Gesundheit und Behaglichkeit	Akustische Eigenschaften, Qualität der Innenraumluft, visuelle Behaglichkeit, Qualität des Wassers, elektromagnetische Eigenschaften, räumliche Eigenschaften, wärmetechnisches Verhalten
Belastungen für die benachbarten Bereiche	Lärm, Emissionen an die Außenluft, den Boden und das Wasser, grelles Licht und Verschattung, Stöße und Erschütterungen, lokalisierte Windeffekte
Instandhaltung	Instandhaltungsarbeiten einschließlich Aspekten von Gesundheit und Behaglichkeit für die Nutzer von Gebäuden und der Belastungen für die Nachbarschaft
Sicherheit/Schutz	Regenbeständigkeit, Windbeständigkeit, Beständigkeit gegen Schnee, Überflutungen, Sonnenstrahlung, Temperaturbeständigkeit, Beständigkeit gegen außergewöhnliche Einwirkungen (Erdbeben, Explosionen, Feuer, Anprall von Fahrzeugen)
Herkunft der Baustoffe und Dienstleistungen	Verantwortungsvolle Beschaffung und Rückverfolgbarkeit von Produkten und Dienstleistungen
Einbeziehung der Beteiligten	Die Möglichkeit der interessierten Parteien am Entscheidungsprozess zur Realisierung eines Gebäudes teilzunehmen

Tabelle 4: Kategorien und Aspekte zur Beschreibung der sozialen Qualität von Gebäuden (Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN EN 15643-3 (2012), S. 22-24)

¹²⁶ Vgl. DIN EN 15643-3 (2012), S. 5 und 12-13.

¹²⁷ Vgl. ebd., S. 22–24.

Die derzeitige Normung und die zur Verfügung stehenden Zertifizierungssysteme des Bundes wie auch der DGNB unterscheiden sich bezüglich ihrer Aspekte und Kriterien zur Bewertung der sozialen Qualitäten von Gebäuden. Die Normung trennt dabei funktionale von sozialen Anforderungen und Qualitäten.¹²⁸ Das BNB und die DGNB erfassen diese gemeinsam in Form ihrer soziokulturellen/funktionalen Kriterien. Zudem werden dort als funktional ausgewiesenen Qualitäten, wie Barrierefreiheit oder Umnutzungsfähigkeit, durch die Normung als soziale Aspekte der Kategorien Zugänglichkeit und Anpassungsfähigkeit erfasst.¹²⁹ Die Bewertung sozialer Qualitäten von Gebäuden erfolgt daher, in Abhängigkeit zur genutzten Methodik, unterschiedlich und erscheint weniger abgestimmt, als die verfügbaren ökonomischen und ökologischen Methoden.

¹²⁸ Vgl. ebd., S. 5.

¹²⁹ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015a) und DIN EN 15643-3 (2012), S. 22–23.

3 Analyse der Aufzugsplanung

Im Jahr 2013 waren in Deutschland etwa 690.000 Aufzugsanlagen installiert, wobei allein in diesem Jahr 18.450 neue Anlagen hinzukamen.¹ Die Hälfte der bestehenden deutschen Aufzugsanlagen ist in Wohngebäuden und circa 23 % in Bürogebäuden verbaut.² Aufzugsanlagen haben somit einen großen Einfluss auf die grundlegende Funktionalität und den täglichen Betrieb von zahlreichen Gebäuden. Gleichzeitig werden sie von der Art der jeweiligen Gebäudenutzung in ihrer Anzahl und technischen Konfiguration bestimmt. Die **projektbezogene und funktionsorientierte Planung** von Aufzügen ist daher eine grundlegende Voraussetzung für ein optimiertes Zusammenspiel von Gebäude und Aufzugsanlagen. Überdimensionierte Anlagen sind in vielerlei Hinsicht ineffizient, wohingegen unterdimensionierte Aufzüge ernsthafte Probleme zu Verkehrsspitzenzeiten verursachen können.³

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Aspekte der Aufzugsplanung in Analogie zur bereits vorgestellten Gebäudeplanung vorgestellt. Schwerpunktmäßig geht es dabei zunächst um die **Schnittmengen mit der Gebäudeplanung**. In der zweiten Hälfte dieses Kapitels werden die Positionierung von Aufzügen in Gebäude, die Bestimmung ihrer Leistungsfähigkeit sowie die technische Auslegung und Spezifizierung näher betrachtet.

Vorab ist es erforderlich, den im allgemeinen Sprachgebrauch verwendeten **Begriff Aufzug**, welcher umgangssprachlich auch als Fahrstuhl bezeichnet wird, kurz für das weitere Vorgehen zu definieren und zu anderen Anwendungen abzugrenzen. Aufzüge bedienen dauerhaft definierte Ebenen von Gebäuden und Bauten, wobei

¹ Vgl. Gemici-Loukas (2014), S. 59–60.

² Vgl. Hirzel, Fleiter und Rosende (2010), S. 6.

³ Vgl. Küntscher und Fiedler (1989), S. 28–29.

sie eine Aufzugskabine nutzen, welche mit Bedienelementen in Reichweite der Nutzer ausgestattet ist. Die Aufzugskabine bewegt sich entlang starrer Führungen, welche in einem Winkel von mehr als 15 Grad gegenüber der Horizontalen geneigt sind. Aufzüge können für die Beförderung von Passagieren, Passagieren und Gütern und ausschließlich Gütern vorgesehen werden.⁴ Damit werden im Rahmen dieser Arbeit die typischen Anwendungsfälle von Aufzügen im allgemein verbreiteten Verständnis behandelt. Spezialanwendungen wie Aufzüge mit Geschwindigkeiten von weniger als 0,16 m/s, Baustellenaufzüge, Zahnstangenaufzüge, Aufzüge in Beförderungsmitteln, Zahnradbahnen, Fahrtreppen oder Fahrsteige werden in den folgenden Kapiteln nicht betrachtet.⁵

3.1 Grundlegende Eigenschaften von Aufzugsanlagen

Vor der Erfindung und Etablierung sicherer Personenaufzüge existierten lediglich verschiedene einfache Hebezeuge für Güter und Waren. Dadurch waren die meisten damaligen Gebäude auf vier bis fünf Geschosse über dem Erdboden begrenzt.⁶ Durch das Nichtvorhandensein adäquater Aufzugstechnologie waren obere Gebäudeetagen schlecht zu erreichen und für viele Jahrzehnte unattraktiv. Die ersten Aufzüge, welche um 1850 in New York aufkamen, bildeten die **Grundlage für die Entwicklung und Realisierung höherer Gebäude** und stellten die damals existierende vertikale Rangordnung auf den Kopf. Als Konsequenz der neuen Leichtigkeit vertikaler Beförderung wurden die zuvor unattraktiven höheren Etagen begehrt und das Penthouse entstand.⁷ Parallel zur Aufzugstechnologie entwickelten sich moderne Konstruktionsverfahren wie der Stahl-

⁴ Vgl. Directive 95/16/EC (1995), S. 3–4.

⁵ Vgl. ebd., S. 4.

⁶ Vgl. Bernard (2006), S. 7–30.

⁷ Vgl. ebd., S. 72–161 und Seidl (2012), S. 405–406.

skelettbau, welche die Entwicklung der bis dahin unbekanntem Hochhäuser erstmals ermöglichten.⁸ Die Gebäudekerne dieser ersten Hochhäuser wurden schnell durch die Aufzugsschächte dominiert. Seither bestimmt in hohen Gebäuden primär die Aufzugstechnik die Konfiguration und Aufteilung des Gebäudekerns.⁹ Dies ist auch ein Grund dafür, dass die ersten Hochhäuser als sogenannte Aufzugsgebäude („Elevator Buildings“) bekannt wurden, welches nicht zuletzt den Einfluss und die Bedeutung der Aufzugstechnik für diese Art von Gebäude widerspiegelte.¹⁰

Auch, wenn sich Passagiere heutzutage an die Bedeutung, Funktion und Nutzung von Aufzügen gewöhnt haben, repräsentieren Aufzugssysteme die **Hauptverkehrsadern von Gebäuden**, ohne die ein effektiver und effizienter Tagesbetrieb nicht möglich wäre.¹¹ Durch ihre hohe Bedeutung für den täglichen Gebäudebetrieb müssen Aufzugsanlagen die von ihnen geforderte Funktionalität und Leistungsfähigkeit zuverlässig bereitstellen. Zudem gilt es, die Aufzugstechnik, welche wertvolle Flächen im Gebäudekern beansprucht und hohe Investitions- sowie Nutzungskosten verursacht, durch Planung und Konstruktion gezielt zu optimieren. Aufzüge die ihrer Funktion nicht gerecht werden, haben einen negativen Einfluss auf die Attraktivität eines Gebäudes und verbrauchen unnötig die Zeit ihrer Nutzer.¹²

Die folgenden beiden Unterkapitel gehen auf die verschiedenen Arten von Funktionen heutiger Aufzugsanlagen ein und behandeln die dafür zur Verfügung stehende Technik in der notwendigen Tiefe.

⁸ Vgl. o.V. (2010), S. 29.

⁹ Vgl. Bernard (2006), S. 10–11 und Frick, Neumann und Weinbrenner (2013), S. 347.

¹⁰ Vgl. Grohmann und Kloft (2002), S. 97–98.

¹¹ Vgl. Lampugnani (1994), S. 6–7.

¹² Vgl. Strakosch (1967), S. 25.

3.1.1 Funktionalität

Aus der historisch zunehmenden Bedeutung von Aufzügen haben sich verschiedene **grundlegende Funktionen** entwickelt, welche Aufzüge in heutigen Gebäuden übernehmen. Die am weitest verbreiteten Anwendungsfällen sind dabei der Personenaufzug, der Lastenaufzug und der Güteraufzug. Während Personenaufzüge primär für die Beförderung von Personen vorgesehen sind, zielen Lastenaufzüge auf den Transport von Lasten wie auch Personen ab. Daher sind die meisten Lastenaufzüge mit breiteren Türen, verstärkten Bodenschwellen, hölzernen Stoßleisten und speziellen Steuerungsfunktionen ausgestattet. Güteraufzüge sind hingegen ausschließlich für den Transport von Gütern und Objekten ausgelegt. Die Personen- und Lastenaufzüge sind die typischen und am meisten verbreiteten Anwendungsfälle, welche wiederum in zahlreichen Varianten und Modifikation ausgeführt werden können.¹³

Die meisten Aufzüge müssen zu ihrer Funktion als Personen- oder Lastenaufzug weitere **Zusatzfunktionen** erfüllen, von denen die Wichtigsten in der folgenden Tabelle gelistet und kurz beschrieben werden.

¹³ Vgl. Küntscher und Fiedler (1989), S. 17–23.

Zusatzfunktionen von Personen- und Lastenaufzügen		
Zusätzliche Funktion als	Personen-/ Lastenaufzug	Beschreibung
Feuerwehraufzug	P/L	Genormte technische Anforderungen (Geschützt gegen Feuer/Löschwasser, spezielle Steuerungsfunktionen für Rettungskräfte, etc.)
Evakuierungsaufzug	P/L	Spezielle technische Anforderungen (Geschützt gegen Feuer u. Löschwasser, spezielle Steuerungsfunktionen, evtl. zusätzliche Haltestellen, spezielle Anzeigeelemente, etc.)
Behinderten-aufzug	P	Genormte technische Anforderungen (Behindertengerechte Fahrkorbabmessungen/-ausstattung, spezielle Steuerungsfunktionen, spezielle Anzeigeelemente, etc.)
VIP-Aufzug	P	Individuelle Steuerungsfunktionen, erhöhte Fahrgeschwindigkeit, exklusive Fahrkorbausstattung, zusätzliche Haltestellen, etc.
Express-/ Transfer-aufzug	P	Erhöhte Fahrgeschwindigkeiten für lange Fahrstrecken, aerodynamische Fahrkorbverkleidung, Geräuschdämmung, Unterhaltungsmedien im Fahrkorb, etc.
Autoaufzug	L	Spezielle Fahrkorbabmessungen, erhöhte Tragfähigkeit, spezielle Sicherheitseinrichtungen, breite Türen, individuelle Steuerungsfunktionen sowie Bedien- und Anzeigeelemente, etc.
Bettenaufzug	P/L	Genormte technische Anforderungen (Spezielle Fahrkorbabmessungen und Türbreiten, individuelle Steuerungsoptionen sowie Bedien- und Anzeigeelemente, etc.)
Vandalen-resistenter Aufzug	P/L	Genormte technische Anforderungen (Spezielle Fahrkorbausstattung und Oberflächen für Pflege, Hygiene, Reinigung und gegen Beschädigung, verstärkte Türen, Videoüberwachung, etc.)
Erdbeben-resistenter Aufzug	P/L	Genormte technische Spezifikation (Mechanische und elektrische Vorkehrungen für Aufzüge unter Erdbebenbedingungen, zusätzliche Überwachungs- und Sicherheitseinrichtungen, etc.)

Tabelle 5: Zusatzfunktionen von Personen- und Lastenaufzügen
(Eigene Darstellung in Anlehnung an Barney (2003), S. 201-202)

Die meisten der oben aufgeführten zusätzlichen Funktionen, wie die VIP-Funktion oder der Autoaufzug, können entsprechend der individuellen Kundenwünsche und den technischen Möglichkeiten realisiert werden. Andere hingegen, wie Feuerwehr- oder Behindertenfunktionen, sind durch die Normung standardisiert. Dabei werden Feuerwehraufzüge häufig als klassische Personen- oder Lastenaufzüge für den alltäglichen Gebrauch ausgeführt, jedoch um die zusätzlichen technischen Anforderungen für deren Einsatz durch Rettungskräfte im Brandfall erweitert. Die entsprechende Norm spezifiziert die zusätzlich notwendigen Schutzniveaus, Steuerungsoptionen und Anzeigeelemente, welche den Betrieb durch Rettungskräfte ermöglichen. Diese Änderungen sind weder für Passagiere direkt erkennbar,

noch beeinflussen sie die Nutzung im Alltag.¹⁴ Gleiches gilt für die behindertengerechte Ausführung von Aufzügen, welche eine sichere und komfortable Nutzung durch Personen mit unterschiedlichen Arten von Behinderungen ermöglichen soll. Dazu werden minimale Fahrkorbabmessungen, Türbreiten und angepasste Bedien- und Anzeigeelemente definiert, wobei auch diese Aufzüge im alltäglichen Gebrauch durch nicht behinderte Passagiere genutzt werden.¹⁵ Jegliche Arten von zusätzlicher Funktionalität erfordern in den meisten Fällen technische Anpassungen seitens der Aufzugstechnik wie auch am Gebäude selbst. Somit ist es nicht ausreichend, dass Aufzüge lediglich nach ihrer Grundfunktionalität (Personen- oder Lastenaufzug) unterschieden werden. Der beabsichtigte vollständige Funktionsumfang muss frühestmöglich spezifiziert werden, um spätere notwendige Umplanungen oder nicht mehr vermeidbare Funktionseinschränkungen im Voraus zu umgehen.

Zusätzlich zu ihrer primären Aufgabe der vertikalen Beförderung werden Aufzüge aktiv als **Designelement in Gebäuden** genutzt. Grundsätzlich muss jegliche Art von Aufzügen mit dem äußeren und vor allem inneren Erscheinungsbild von Gebäuden harmonisieren. Dabei stellen der Aufzugsvorraum, die Aufzugstüren, der Fahrkorb und die Bedien- und Anzeigeelemente die wesentlichen wahrnehmbaren Berührungspunkte bei der Aufzugsnutzung dar. Diese können in verschiedensten Materialien realisiert und kundenindividuell angepasst werden.¹⁶ Bis heute sind verglaste Aufzugskabinen mit speziellen Abmessungen und Formen bei Passagieren beliebt und kommen trotz ihrer erhöhten Kosten regelmäßig zur Anwendung. Derartige Installationen in offenen Atrien wirken repräsentativ und vermitteln eine gewisse Dynamik und Image. Technische Komponenten werden dabei bewusst in Szene gesetzt oder verborgen.¹⁷ Personen außerhalb des Aufzuges beobachten die Bewegung der sichtbaren Kabinen,

¹⁴ Vgl. DIN EN 81-72 (2003).

¹⁵ Vgl. DIN EN 81-70 (2005).

¹⁶ Vgl. Adler (1970), S. 172–175.

¹⁷ Vgl. Bachmann (1992), S. 55–58.

während die Passagiere den Ausblick auf dem Weg zu ihrer Zieletage genießen.¹⁸ Somit erfüllen Panoramaaufzüge nicht nur eine zusätzliche Funktion als Designelement im Gebäude, sondern machen die Nutzung angenehm und komfortabel sowie teilweise außergewöhnlich.¹⁹

Die dritte wesentliche Funktion erfüllen Aufzüge, insbesondere in Hochhäusern, durch die Nutzung der Fahrschächte zur **Aussteifung des Tragwerkes**. Da Aufzugsschächte meist symmetrisch im Gebäudekern angeordnet werden und massive Fahrschachtwände zur Installation der Aufzugskomponenten und aus brandschutztechnischen Gründen benötigen, werden sie aktiv in die Tragwerksstrukturen einbezogen.²⁰ Besonders Skelettbauweisen wie der Stahlskelettbau werden durch den Gebäudekern und damit auch durch die Fahrschächte für Aufzüge ausgesteift.²¹ Im Umkehrschluss bedeutet dies jedoch auch, dass eine ausgereifte Tragwerksplanung die Aufzugstechnik in klare Grenzen weist und die Freiheitsgrade einer womöglich noch folgenden Aufzugsplanung reduziert.²²

Die folgende Tabelle fasst die grundlegenden Funktionen von Aufzügen abschließend zusammen und teilt diese, in Anlehnung an die bereits vorgestellten grundlegenden Gebäudefunktionen, ebenfalls in **Sach- und Formalziele** ein. Der Bedarf an einer vertikalen Beförderung von Personen, Lasten und Gütern begründet jegliche Aktivitäten einer Aufzugsplanung und repräsentiert dabei das klassische Sachziel. Darüber hinausgehende Anforderungen an ein herausragendes Aufzugsdesign und die Funktion als aussteifendes Element des Tragwerkes ordnen sich als Formalziele dem Sachziel unter. Wie auch bei der Gebäudeplanung müssen Formalziele nicht zwangsläufig Teil einer Aufzugsplanung sein und sind zudem nicht erforderlich, um das übergeordnete Sachziel zu gewährleisten.

¹⁸ Vgl. Adler (1970), S. 182–184.

¹⁹ Vgl. Patton (2003), S. 105–124 und John Portman & Associates (2013).

²⁰ Vgl. Grohmann und Kloft (2002), S. 102–106.

²¹ Vgl. Eisele (2002), S. 120.

²² Vgl. Groot (2014a), S. 98.

	Sachziel	Formalziel
Ausprägung bei Aufzügen	<ul style="list-style-type: none"> - Vertikale Beförderung/Transport von Personen, Lasten und Gütern - Zusatzfunktionen 	<ul style="list-style-type: none"> - Designelement des Gebäudes - Aussteifendes Element des Tragwerkes
Beschreibung	Das Sachziel begründet die Aufzugsplanung und wird durch die benötigte Funktion der vertikalen Beförderung sowie Zusatzfunktionen in Art, Menge und Qualität spezifiziert.	Die Formalziele definieren weitere Anforderungen an das zu erfüllende Sachziel, ordnen sich diesem aber unter.
Beispiel	Ein Bürogebäude für 240 Mitarbeiter benötigt zwei Personenaufzüge und einen Lastenaufzug. Ein Personenaufzug ist behindertengerecht auszuführen.	Die Fahrkorbausstattung der Personenaufzüge ist dem Designkonzept der Gebäudeinneneinrichtung anzupassen. Die Fahrschächte sind in die Tragwerkskonstruktion aktiv einzubinden.

Tabelle 6: Sach- und Formalziele von Aufzügen
(Eigene Darstellung in Anlehnung an Busse (2012), S. 53)

3.1.2 Technik

Die Erfindung der Fangvorrichtung zur Verhinderung von Aufzugsabstürzen, durch Elisha Graves Otis im Jahr 1853, repräsentiert den Anfang der sicheren Nutzung von Aufzügen.²³ In den folgenden Jahrzehnten standen neben der weiteren Erhöhung der Betriebssicherheit vor allem die Verbesserung der Anlagenzuverlässigkeit, der Fahrkomfort und die Optimierung der Einzelkomponenten im Fokus der Aufzugshersteller.²⁴ Insbesondere die rasante Weiterentwicklung der Elektrotechnik ermöglichte einen zunehmend sichereren und komfortableren Aufzugsbetrieb.²⁵

Heutzutage sind grundsätzlich zwei wesentliche Typen von Aufzugsanlagen am Markt erhältlich. Diese sind zum einen konstruktiv vorgefertigte **Standardanlagen** und zum anderen anwendungsspezifische **Sonderanlagen**. Standardanlagen werden in definierten Abmessungen und gängigen Kombinationen aus Fahrkorbgrößen, Türtypen,

²³ Vgl. Strakosch (2010c), S. 1.

²⁴ Vgl. Almeida et al. (2010), S. 7.

²⁵ Vgl. Swerrie (1986), S. 236–243.

Fahrgeschwindigkeiten und Innenausstattungen angeboten. Diese Anlagen sind kostengünstig und zu kurzen Lieferzeiten am Markt verfügbar. Dennoch gibt es technische Unterschiede zwischen verschiedenen Aufzugsherstellern, welche ihre Produktpaletten regelmäßig aktualisieren und modifizieren. Bei Sonderanlagen bestehen hingegen mehr Freiheiten und das System kann individuell an die jeweiligen Projektbedürfnisse angepasst werden. Für Sonderanlagen sollten jedoch spezialisierte Aufzugsberater in den Planungsprozess involviert werden. Deren Kompetenzen garantieren, dass beabsichtigte Funktionen erfüllt und die Rahmenbedingungen des Projektes eingehalten werden.²⁶

Doch ob Standardaufzug oder Sonderanlage, deren grundsätzliche technische Funktionsweisen sind meist identisch. Historisch entstand zunächst der mit Dampf betriebene Trommelaufzug, welcher dann von hydraulischen Systemen abgelöst wurde. Um 1900 folgten die ersten elektrischen Aufzüge mit Treibscheibentechnologie.²⁷ Seitdem sind der **elektrische Treibscheibenaufzug** und der **elektrische Hydraulikaufzug** die beiden grundlegenden Funktionsweisen und stellen die Mehrheit der bestehenden und neuen Installationen. Seit einigen Jahren werden vor allem Treibscheibenaufzüge bevorzugt installiert.²⁸ Bei Treibscheiben- und Hydraulikaufzügen wird ein Fahrkorb vertikal durch ein Paar Führungsschienen geführt. Der Fahrkorb ist mit Fahrkorbstüren sowie Anzeige- und Bedienelementen in jeder Haltestelle ausgerüstet. Der Unterschied beider Funktionsweisen liegt in der Antriebsart. Der elektrische Treibscheibenaufzug arbeitet mit Tragseilen. Diese sind an einem Ende am Tragrahmen (auch Fangrahmen) des Fahrkorbes befestigt, werden über eine Treibscheibe mit Antrieb geleitet und sind an ihrem anderen Ende mit einem Gegengewicht verbunden. Das Gegengewicht wird vertikal durch seine eigenen Führungsschienen geführt

²⁶ Vgl. Montesano (2010), S. 526.

²⁷ Vgl. Strakosch (1967), S. 1–4.

²⁸ Vgl. Dispan (2007), S. 40 und Dispan (2015), S. 12.

und kann hinter oder neben dem Fahrkorb angeordnet werden. Im Gegensatz dazu ist der Fangrahmen eines hydraulischen Aufzugs an einen Hydraulikzylinder gekoppelt, welcher durch eine Ölpumpe betrieben wird.²⁹

Beide Systeme können in **unterschiedlichen Anordnungen** realisiert werden. Bei Treibscheibenaufzügen sind der Antrieb, das Getriebe (falls vorhanden), die Treibscheibe und die Steuerung standardmäßig in einem Maschinenraum über dem Fahrkorb angeordnet. Der Maschinenraum kann jedoch auch oben neben, unten unter oder unten neben dem Fahrkorb positioniert werden. Für die Mehrheit der Anwendungen stellt der Maschinenraum oben über dem Schacht die beste Variante in Bezug auf Installations- und Betriebskosten, Betriebsgeräusche und Fahrqualität dar. Die Anordnung des hydraulischen Pumpenraumes ist ebenfalls flexibel, da die Hydraulikleitungen und elektrischen Kabel unkompliziert mit dem Hydraulikzylinder und der elektrischen Schachtausrüstung verbunden werden können. Dennoch gilt es, die Distanz zwischen der Hydraulikpumpe und dem Hydraulikzylinder so kurz wie möglich zu gestalten.³⁰

Wenn ein Maschinenraum nicht realisierbar ist oder bewusst vermieden werden soll, stellen **maschinenraumlose (MRL) Aufzüge** eine platzsparende Lösung dar. Deren Funktionsweise ist identisch mit der von Treibscheibenaufzügen mit Maschinenraum. Der Antrieb, Frequenzumrichter und andere Komponenten werden dabei im Schachtkopf und an den Endhaltestellen untergebracht, wodurch ein separater Maschinenraum überflüssig wird.³¹

Für Treibscheibenaufzüge mit und ohne Maschinenraum existieren **verschiedene Aufhängungsarten**. Welche Art zum Einsatz kommt, ist abhängig von der Lage des Maschinenraumes, der Förderhöhe und Fahrgeschwindigkeit, der Tragfähigkeit des Fahrkorbs, der Antriebs-

²⁹ Vgl. Smith (2010), S. 7-1 - 7-33.

³⁰ Vgl. ebd..

³¹ Vgl. ebd..

art und weiteren technischen Details. Grundsätzlich sind einfache Aufhängungsarten die effizienteren, da deren benötigte Anzahl und Länge an Seilen sowie Seilumlenkungen und weitere mechanische Ausrüstung im Fahrschacht minimal sind. Ausfälle einfacher Aufhängungen sind seltener und die Wartungskosten geringer. Die folgende Abbildung veranschaulicht typische Aufhängungsarten von Treibscheibenaufzügen.³² Für Hydraulikaufzüge existieren entsprechende Anordnungen einer direkten oder indirekten Kraftübertragung zwischen Hydraulikzylinder und Fahrkorb.³³

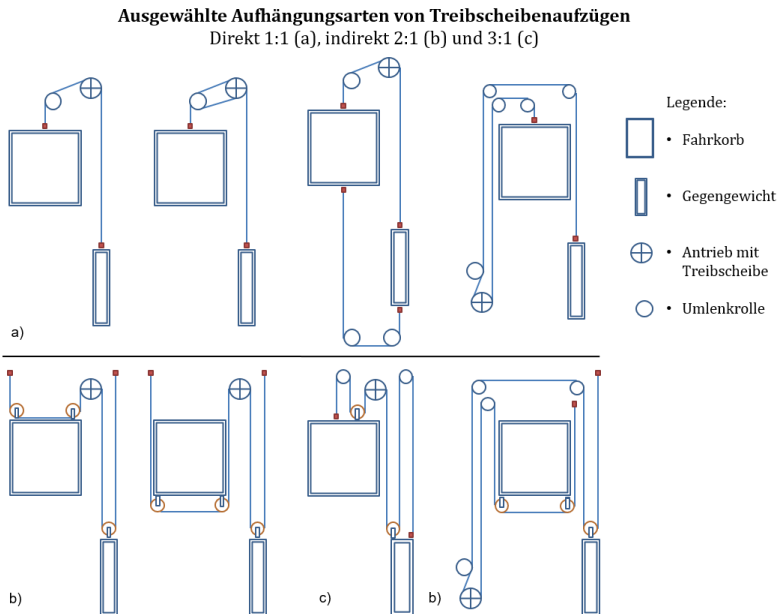


Abbildung 4: Überblick typischer Aufhängungsarten von Treibscheibenaufzügen (Eigene Darstellung in Anlehnung an CIBSE Guide D (2010), S. 7-29)

³² Vgl. ebd..

³³ Vgl. ebd., S. 7–10.

Neben den grundlegenden mechanischen Wirkprinzipien wird die **elektrische Steuerung** ebenfalls kurz betrachtet. Bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts wurden Aufzüge durch sogenannte Aufzugsführer bedient, welche eine komfortable und sichere Aufzugsfahrt zu gewährleisten hatten. Heutige Aufzugsnutzer sind an einen automatisierten Aufzugsbetrieb gewöhnt, welcher vor allem durch eine kontinuierliche Weiterentwicklung der elektronischen Bauteile ermöglicht wurde.³⁴ In den siebziger Jahren wurden die damals im Aufzugsbau üblichen Relaissteuerungen durch digitale Computer ersetzt. Durch die neu gewonnene Freiheit der Programmierung entstand komplexere Steuerungssoftware mit zusätzlichen Funktionalitäten. Zudem stand bald auch Simulationssoftware zur Verfügung, mit welcher Neuentwicklungen nun vor dem realen Einsatz getestet werden konnten.³⁵ Heutzutage existieren verschiedene Arten von Steuerungsalgorithmen, welche auf die Förderleistung der Aufzugsanlage, die Wartezeiten der Passagiere und andere Parameter hin optimiert sind. Spezielle Funktionen für einen morgendlichen Aufwärtsverkehr, eine erhöhte Verfügbarkeit auf stark frequentierten Geschossen, Vorzugsfahrten von besonderen Personengruppen oder Brandfall- und Evakuierungsroutinen sind heute standardmäßig verfügbar.³⁶

Dennoch sind alle Steuerungsalgorithmen abhängig von der **Art des installierten Bediensystems**. Systeme mit einem Bedientaster pro Haltestellen versorgen die Steuerung mit der geringsten Menge an Informationen, da die vom Passagier gewünschte Fahrtrichtung zunächst nicht bekannt ist. Deshalb arbeiten die meisten Bediensysteme heute mit zwei Bedientastern, einem für aufwärts und einem für abwärts. Die Steuerung kann die eingehenden Rufe je Fahrtrichtung und entsprechend der Fahrtrichtung des Fahrkorbes zuordnen. Bei mehreren Aufzügen in einer gemeinsamen Aufzugsgruppe sind die einzelnen Aufzugssteuerungen über eine übergeordnete Kontrolllogik mit-

³⁴ Vgl. Bernard (2006), S. 162–167.

³⁵ Vgl. Barney (2003), S. 272–273.

³⁶ Vgl. Peters (2010b), S. 9-3 - 9-10.

einander verbunden, welche die einzelnen Aufzugsaktivitäten im Sinne einer optimierten Gruppenleistung koordiniert. Für größere Gebäude mit hohem Passagieraufkommen werden Zielwahlsteuerungen als ein weiteres Bediensystem eingesetzt. Passagiere geben dabei ihre gewünschte Zielhaltestelle an einem Eingabeterminal vor den Aufzügen ab. Dadurch erhält die Aufzugssteuerung bereits vor der Beladung des Fahrkorbes die gewünschte Zielhaltestelle jedes Fahrgastes und kann dadurch Passagiere mit gleichen oder ähnlichen Zielhaltestellen in gemeinsamen Aufzugskabinen gruppieren. Dies optimiert die Förderleistungsfähigkeit der Aufzugsgruppe und ermöglicht verschiedenste Optimierungen in Bezug auf Wartezeiten, Fahrzeiten und andere Parameter.³⁷

Auf Komponentenebene konnten in den vergangenen Jahrzehnten die verschiedensten **technischen Weiterentwicklungen** erreicht werden. Die Einführung der variablen Spannungs- und Frequenzregelung in Kombination mit permanent erregten Synchronmotoren hat vor allem kleinere getriebelose Antriebe ermöglicht. Diese sind von besonderem Nutzen für die MRL Aufzugsanlagen. Im Steuerungsbe-
reich wurden die Zielwahlsteuerungen verbessert, welche heute zunehmend mit Zugangskontrollsystemen von Gebäuden kombiniert werden. Mechanische Komponenten wurden kontinuierlich weiterentwickelt und ermöglichen reduzierte Fahrschachtabmessungen. Glaskabinen sowie Glastüren, bedruckte Wandoberflächen, Touchscreens zur Aufzugsbedienung und Aufzugs-TV sind heute Standardoptionen.³⁸ Zudem fokussiert die Aufzugsindustrie gegenwärtig besonders den Energieverbrauch ihrer Systeme und Komponenten. Dies ist hauptsächlich durch die Immobilienwirtschaft verursacht, deren Gebäude und Bauteile zunehmend kritisch auf ihre Energieverbräuche hin untersucht werden.³⁹

³⁷ Vgl. Unger (2013), S. 79–87.

³⁸ Vgl. Dispan (2007), S. 38–39.

³⁹ Vgl. Almeida et al. (2010), S. 18 und Simmen (2013), S. 33.

Der technische Schwerpunkt der Aufzugsbranche liegt diesbezüglich in der Optimierung des Standby-Verbrauches, der Entwicklung von effizienteren Antrieben wie auch Rückspeiseeinrichtungen und sparsameren Fahrkorbbeleuchtungen.⁴⁰

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Aufzugsplanung umfangreiches Detail- und Spezialwissen zur Auswahl geeigneter Anlagentechnik erfordert. Grundsätzlich stehen dafür zunehmend flexiblere Standardanlagen sowie projektspezifisch anzupassende Sonderanlagen zur Verfügung. Die grundlegenden technischen Funktionsweisen von Treibscheiben- und Hydraulikaufzügen lassen sich in unterschiedlichen Anordnungen, Aufhängungsarten und Maschinenraumvarianten realisieren. Die elektrischen Komponenten, die Aufzugssteuerung und das Bediensystem sind dabei unter Berücksichtigung technischer Weiterentwicklungen auf ihre Eignung für das jeweilige Projekt hin zu überprüfen. Eine optimierte und vor allem projektspezifische Planung und Auswahl der Aufzugstechnik ist somit, sowohl auf Bauteil- als auch auf Bauproduktebene, primär durch fachkundige Akteure sicherzustellen.

3.2 Konstellationen von Akteursrollen

Dieses Kapitel behandelt, aufbauend auf den bereits vorgestellten wesentlichen Akteursrollen der Gebäudeplanung, mögliche für die Aufzugsplanung relevante Akteurs-Konstellationen. Dabei werden weiterhin der Bauherr, der Architekt, der Bauunternehmer und die öffentliche Hand unterschieden. Ergänzend müssen jedoch die bereits eingeführten Akteursrollen Bauprodukthersteller und Berater in Form des Aufzugsherstellers und des Aufzugsberaters konkretisiert werden.

Die **Aufzugshersteller** decken als Bauprodukthersteller ein breites Aufgabenspektrum ab. Dieses umfasst sowohl die Entwicklung, die

⁴⁰ Vgl. o.V. (2011a), S. 9.

Produktion und den technisch-planenden Vertrieb ihrer Produkte als auch deren Installation, Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Modernisierung.⁴¹ Dabei bieten die meisten Aufzugshersteller umfangreiche Beratungsleistungen für die Planung ihrer Anlagen an und nutzen ihre gesammelten Produkterfahrungen und zunehmend hochentwickelten Softwareanwendungen.⁴²

Demgegenüber steht die Akteursrolle der **Aufzugsberater**, welche Mitte der sechziger Jahre entstand und ihre Dienstleistungen Architekten, Bauherren und Projektentwicklern anboten. Anfängliche Schwerpunkte waren die Bestimmung einer angemessenen Anzahl von Aufzugsanlagen, die Spezifizierung von Fahrschächten, die Bewertung von bestehenden Anlagen und die Überwachung von Installationen oder Modernisierungen. Die seitdem steigende Anzahl an Aufzugsberatern verdeutlicht deren Bedeutung für die sie in Anspruch nehmenden Akteure.⁴³ Heutzutage sind Aufzugsberater ein neutrales Bindeglied zwischen Architekten, anderen Beratern, der öffentlichen Hand und den Aufzugsherstellern. Als Teil des Planungsteams nehmen sie idealerweise am Entwurfsprozess teil, ermitteln die Leistungsfähigkeit von Aufzugsanlagen, koordinieren die öffentlichen Behörden, bereiten Spezifikationen und Ausschreibungen vor, bewerten die Angebote von Aufzugsherstellern und führen Inspektionen und Begutachtungen durch.⁴⁴ Besonders bei komplexen und großen Gebäuden sind Aufzugsberater in der Lage, einen wertvollen Beitrag in Form von umfangreichem Planungswissen, detaillierten Spezifikationen oder professionellen Angebotsvergleichen zu leisten.⁴⁵ Aufgrund dessen wird deren grundsätzliche und frühe Einbeziehung in Projekte vielfach empfohlen und gefordert.⁴⁶

⁴¹ Vgl. Babu (2014), S. 112.

⁴² Vgl. Markon (2010), S. 32.

⁴³ Vgl. Caporale (2011), S. 6 und Dispan (2015), S. 37.

⁴⁴ Vgl. Montesano (2010), S. 537–538.

⁴⁵ Vgl. Sachs (2005), S. 6.

⁴⁶ Vgl. Laasch (2009), S. 865, Montesano (2010), S. 526 und AMEV (2014), S. 20.

Wie bei der Gebäudeplanung können die an der Aufzugsplanung beteiligten Akteure in **unterschiedlichen Akteursrollen und Konstellationen** auftreten.⁴⁷ Die sich daraus ergebenden Kombinationen sind zahlreich und verändern sich im Laufe des Lebenszyklus von Immobilien. Dabei scheiden manche Akteure im Zeitablauf aus, während andere hinzukommen. Zudem können sich die fachliche Aufgabenteilung sowie der Einfluss von Akteuren im Projektverlauf ändern. Deren Handlungsspielräume und individuelles Verhalten wird zusätzlich durch die gegenseitigen projektbezogenen Vertragsverhältnisse bestimmt.⁴⁸ Die folgende Tabelle zeigt vier mögliche Konstellationen von an der Aufzugsplanung beteiligten Akteursrollen, unabhängig von deren Besetzung durch konkrete Akteure und deren Beziehungen untereinander.

Grad der Beteiligung von Akteursrollen an der Aufzugsplanung				
Akteursrolle	Konstellation I	Konstellation II	Konstellation III	Konstellation IV
	Architekt mit Unterstützung von: -	Architekt mit Unterstützung von: - Aufzugshersteller	Architekt mit Unterstützung von: - Aufzugsberater	Architekt mit Unterstützung von: - Aufzugsberater - Aufzugshersteller
Bauherr	Passiv	Passiv	Passiv	Passiv
Architekt	Aktiv	Aktiv	Aktiv	Aktiv
Aufzugshersteller	-	Aktiv	-	Aktiv
Aufzugsberater	-	-	Aktiv	Aktiv
Bauunternehmer	Passiv	Passiv	Passiv	Passiv
Öffentliche Hand	Indirekt	Indirekt	Indirekt	Indirekt
→ Zunehmende Projektgröße und Komplexität der Aufzugsplanung →				
Aktiv Passiv Indirekt -	Grad der Beteiligung: Aktiv an der Planung beteiligt Passiv an der Planung beteiligt Indirekt an der Planung beteiligt, vor allem durch zu beachtende Richtlinien und Vorgaben In der Regel nicht an der Planung beteiligt			

Tabelle 7: Grad der Beteiligung von Akteursrollen der Aufzugsplanung (Eigene Darstellung in Anlehnung an Almeida (2010), S. 96)

⁴⁷ Vgl. Bello (2012), S. 19–20.

⁴⁸ Vgl. Busse (2012), S. 57–58 und Almeida et al. (2010), S. 96.

Konstellation I stellt den fachkundigen Architekten dar, welcher ohne die Unterstützung eines Aufzugsherstellers oder Aufzugsberaters vorgeht. Fehlt es an Fachwissen oder Erfahrung wird oftmals die direkte Planungsunterstützung durch die Aufzugshersteller gesucht. Da diese ihre Dienste teilweise kostenlos anbieten und sowohl über umfangreiche Planungs- wie auch Produktkenntnisse verfügen, stellen sie eine attraktive Planungskonstellation II dar. Ab einer gewissen Projektgröße und technischen Komplexität werden Aufzugsberater in die Planung involviert, hier durch Konstellation III dargestellt. Bei sehr umfangreichen oder technisch anspruchsvollen Projekten wird häufig zu einer gemeinsamen Planung von Architekten, Aufzugsberatern und Aufzugsherstellern übergegangen, um die Anzahl an Schnittstellen und Besonderheiten im Planungsprozess gemeinsam zu identifizieren (Konstellation IV). Die letztendliche Entscheidung über die Aufzugstechnik wird, wenn auch unter Empfehlung des Architekten oder Aufzugsberaters, durch den Bauherrn oder je nach Projektkonstellation durch den Bauunternehmer getroffen. Somit sind die am wenigsten in die Planung involvierten Akteursrollen oftmals die Entscheider und diejenigen mit der größten fachlichen Kompetenz (In der Regel sind dies die Aufzugshersteller und Aufzugsberater) weder zur Entscheidung autorisiert, noch in allen Konstellationen an der Planung beteiligt.

Eine Konstellation von Akteursrollen der Aufzugsplanung ist somit charakterisiert durch deren grundsätzliche Projektbeteiligung, deren Autorisierung für Entscheidungen sowie deren Motivation und Kompetenz. Insbesondere die Motivation und Kompetenz sind abhängig von der jeweiligen Besetzung der einzelnen Akteursrollen durch konkrete Akteure. Die sich daraus ergebene Vielfalt an möglichen Kombinationen ermöglicht keine allgemeingültige Darstellung, jedoch eine Sensibilisierung für die Thematik. Es gilt, jeweils projektbezogen eine dem Planungsfortschritt angepasste Beteiligung notwendiger Akteursrollen zu gewährleisten und deren Kompetenz, Motivation und Autorisierung durch die passende Auswahl konkreter Akteure

und die geeignete Gestaltung ihrer Beziehungen und Verträge untereinander im Sinne einer optimierten Aufzugsplanung zu gestalten.

3.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

In Europa werden Aufzüge durch die **Europäische Aufzugsrichtlinie** reguliert, welche das Verfahren zur Konformitätsbewertung von Aufzugsanlagen und sicherheitsrelevanten Komponenten definiert. Neue für den Europäischen Markt bestimmte Aufzüge müssen gemäß diesen Sicherheitsanforderungen entwickelt, konstruiert und installiert werden und sind mit einem CE-Kennzeichen für die erfolgte EG-Baumusterprüfung zu versehen.⁴⁹ Die Umsetzung in deutsches Recht erfolgt durch die Zwölfte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Aufzugsverordnung).⁵⁰ Da die Europäische Aufzugsrichtlinie und die deutsche Aufzugsverordnung die grundsätzlichen Rahmenbedingungen vorgeben, jedoch für deren praktische Umsetzung zu wenige technische Details und Hilfestellungen bereitstellen, existieren entsprechende **Europäische Sicherheitsnormen**.⁵¹ In Europa ist dabei die Normenreihe 81 und insbesondere die EN 81-1 und EN 81-2 (Ab September 2017 überführt in die EN 81-20 und EN 81-50) mit ihren Sicherheitsregeln für die Konstruktion und Installation von Aufzügen von Bedeutung. Deren wesentliche Intention ist die Erhöhung der öffentlichen Sicherheit und die Vermeidung von Unfällen bei der Benutzung oder Durchführung von Arbeiten an Aufzugsanlagen. Zudem soll ein gleichmäßiges Sicherheitsniveau von Aufzugsinstallationen in Europa garantiert werden.⁵² In der folgenden Tabelle werden ausgewählte Normen der Normenreihe 81 mit direktem Einfluss auf die Gebäude- und Aufzugsplanung beschrieben.

⁴⁹ Vgl. Directive 95/16/EC (1995), S. 3.

⁵⁰ Vgl. Zwölfte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (2011).

⁵¹ Vgl. ISO/TR 11071-1 (2004), S. 1.

⁵² Vgl. DIN EN 81-1 (2010), DIN EN 81-2 (2010) und Jones (2013), S. 62–70.

Ausgewählte DIN EN 81 Normen	Exemplarische Details mit Auswirkungen auf die Gebäudeplanung
<p>DIN EN 81-70 Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen - Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge - Teil 70: Zugänglichkeit von Aufzügen für Personen einschließlich Personen mit Behinderungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aufzugstyp 1: Min. Kabinenbreite 1000 mm, Kabinennennlast 450 kg; Nutzung durch Rollstuhlfahrer - Aufzugstyp 2: Minimale Kabinenbreite 1100 mm, Kabinentiefe 1400 mm, Kabinennennlast 630 kg; Nutzung durch Rollstuhlfahrer und Begleitperson - Aufzugstyp 3: Minimale Kabinenbreite 2000 mm, Kabinentiefe 1400 mm, Kabinennennlast 1275 kg; Nutzung durch Rollstuhlfahrer und weitere Personen - Minimale Aufzugstürbreite 800 mm - Behindertengerechte Bedien- und Anzeigeelemente
<p>DIN EN 81-71 Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen - Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge - Teil 71: Schutzmaßnahmen gegen mutwillige Zerstörung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz spezieller Materialien für Fahrkorb, Türen, Bedien- u. Anzeigeelemente - Das Vandalismus Risiko ist abhängig vom Aufzugsnutzer (Eingeschränkter oder öffentlicher Nutzerkreis) - Leistungsfähige Aufzüge vermeiden Frustration und Vandalismus - Steigrohre, Feuerlöschschläuche, elektrische Verteilkästen sowie Abfall- und Flüssigkeitsbehälter in der Nähe von Aufzügen sind zu vermeiden
<p>DIN EN 81-72 Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen - Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge - Teil 72: Feuerwehraufzüge</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vorräume von Feuerwehraufzügen müssen brandgeschützt sein - Notstromversorgungen müssen brandgeschützt sein und den Aufzugsbetrieb mit angegebener Nennkabinenlast und Fahrgeschwindigkeit ermöglichen - Feuerwehraufzüge müssen alle Gebäudegeschosse anfahren - Minimale Kabinenbreite 1100 mm, Kabinentiefe 1400 mm, Kabinennennlast 630 kg, Aufzugstürbreite 800 mm - Minimale Kabinenbreite 1100 mm, Kabinentiefe 2100 mm, Kabinennennlast 1000 kg bei beabsichtigter Funktion als Evakuierungs- / Rettungsaufzug (Liegend Transport) - Feuerwehraufzüge müssen das höchste Geschoss vom Rettungszugangsgeschoss aus in 60 s erreichen können - Feuerwehraufzüge können außerhalb des Brandfalls als konventionelle Personenaufzüge betrieben werden - Deren Anzahl in Hochhäusern ergibt sich aus nat. Vorschriften - Fahrschächte von Feuerwehraufzügen müssen durch eine Brandschutzwand abgetrennt werden, ansonsten sind andere Aufzüge in einem gemeinsamen Fahrschacht ebenfalls als Feuerwehraufzüge auszuführen
<p>DIN EN 81-77 Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen - Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge - Teil 77: Aufzüge unter Erdbebenbedingungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Der Gebäudestandort und die zugeordnete Erdbebenregion entscheiden, welche Erdbebenkategorie berücksichtigt werden muss - Entsprechende Schutzmaßnahmen erfordern größere Schachtabmessungen und müssen von Aufzugsexperten analysiert werden - Erdbebedetektoren und -sensoren können erforderlich sein und sind entsprechend einzuplanen

Tabelle 8: Ausgewählte Normen der DIN EN 81 Reihe mit Auswirkungen auf die Gebäudeplanung (Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN EN 81 Reihe)

Die **DIN EN 81-70** spezifiziert die Anforderungen an Aufzüge für Personen mit Behinderungen. Unter anderem müssen minimale Fahrkorbabmessungen und Aufzugstürbreiten erfüllt werden, welche direkt die Fahrschachtmaße und dadurch die Dimensionen des Gebäudekerns beeinflussen und im Prozess der Gebäudeplanung frühzeitig zu berücksichtigen sind.⁵³ Zudem haben Aufzüge in öffentlich zugänglichen Gebäuden, welche barrierefrei zu gestalten sind, mindestens Aufzugtyp 2 der DIN EN 81-70 zu entsprechen.⁵⁴

Maßnahmen für vandalenresistente Aufzüge werden durch die **DIN EN 81-71** vorgegeben. Die Tatsache, dass sowohl die Art der Aufzugsnutzer (Eingeschränkter oder öffentlicher Nutzerkreis) als auch die Möglichkeiten diese zu beobachten, die Gefahr und Intensität von Vandalismus beeinflussen, ist insbesondere für die Gebäude- und Aufzugsplanung von Bedeutung. Demnach kann das potentielle Vandalismus Risiko gegenüber Aufzügen reduziert werden, indem die Positionierung im Gebäude und die Zugänglichkeit durch Nutzer entsprechend berücksichtigt werden.⁵⁵

Die **DIN EN 81-72** behandelt die notwendigen Eigenschaften von Feuerwehraufzügen. Die aufgeführten Anforderungen haben direkte Auswirkungen auf die Gebäudeplanung und müssen dementsprechend frühzeitig beachtet werden. Feuerwehraufzüge müssen alle Geschosse eines Gebäudes bedienen und das höchste Geschoss innerhalb von 60 s erreichen können. Die Aufzugsvorräume sind brandgeschützt auszuführen und minimale Fahrkorbabmessungen werden vorgegeben. Außer im Brandfall dürfen Feuerwehraufzüge als konventionelle Personenaufzüge genutzt werden und deren Anzahl hat in Hochhäusern den nationalen Vorschriften, insbesondere den Landesbauordnungen, Hochhausrichtlinien und Brandschutzvorschriften, zu entsprechen.⁵⁶

⁵³ Vgl. DIN EN 81-70 (2005).

⁵⁴ Vgl. DIN 18040-1 (2010) und DIN 18040-2 (2011), S. 15.

⁵⁵ Vgl. DIN EN 81-71 (2007), Anhang A.

⁵⁶ Vgl. DIN EN 81-72 (2003).

Stehen Gebäude in erdbebengefährdeten Regionen kommt die **DIN EN 81-77** zur Anwendung, welche zusätzliche Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen unter Erdbebenbedingungen vorgibt. Dabei werden zusätzliche mechanische wie auch elektrische Schutzmaßnahmen gefordert, welche vor allem zusätzlichen Bauraum in Fahrschächten und Maschinenräumen benötigen. Eine verspätete Berücksichtigung dieser Norm kann zu deutlichen baulichen Änderungen oder Einschränkungen bei der Funktionalität von Aufzügen führen.⁵⁷

Zusätzlich zu diesen exemplarisch aufgeführten Normen der Aufzugsplanung, mit direkten Auswirkungen auf die Gebäudeplanung, existieren ebenso Verordnungen, Richtlinien und Normen, welche von Seiten des Gebäudes Anforderungen an die einzuplanenden Aufzugsanlagen stellen. Die wesentlichen werden ebenfalls beschrieben, um auch deren Einfluss auf die Planung zu erfassen.

Zunächst ist hier die **Musterbauordnung** zu nennen. Diese umfasst grundlegende Anforderungen an Bauausführungen, die Bauprodukte und -techniken, die technische Gebäudeausstattung und behördliche Genehmigungsaufgaben. Bezüglich der Aufzugstechnik werden insbesondere Anforderungen an die Fahrschächte, die Brandschutzmaßnahmen sowie die Zugänglichkeit und die Abmessungen der Aufzugskabinen gestellt. Auffallend ist dabei die Forderung, dass Gebäude von mehr als 13,0 m Höhe eine ausreichende Anzahl an Aufzügen bereitzustellen haben. Wie diese Anzahl zu bestimmen ist, wird jedoch weder beschrieben noch durch Verweise auf entsprechende Quellen definiert.⁵⁸

⁵⁷ Vgl. DIN EN 81-77 (2014).

⁵⁸ Vgl. Musterbauordnung (2002), § 39.

Die Musterbauordnung wird durch die Bundesländer in Form der **Landesbauordnungen** übernommen und stellenweise modifiziert. Die grundsätzlichen Parameter für Aufzüge, wie die Feuerbeständigkeit des Fahrschachtes, Kabinenabmessungen für den Transport von Rollstühlen und Krankentragen oder die Begrenzung von maximal drei Aufzugsanlagen in einem gemeinsamen Fahrschacht, finden sich in der Mehrzahl der 16 LBO wieder und werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst.⁵⁹

⁵⁹ Vgl. Landesbauordnung für Baden-Württemberg (2010).

Landesbauordnungen (LBO)	Baden-Württemberg	Bayern	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen
Ausgewählte wesentliche Anforderungen an Aufzüge																
Entsprechend unterschiedlicher Gebäudehöhen muss eine ausreichende Anzahl an Aufzügen bereitgestellt werden	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Das höchste Geschoss muss nicht bedient werden, wenn es keinen Aufzug benötigt			X	X	X					X	X					
Geschosse müssen nicht bedient werden, wenn Haltestellen nur mit überproportionalem Aufwand herzustellen sind		X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eine Aufzugsanlage muss für den Transport von Rollstühlen, Bahren und Lasten ausgelegt sein	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aufzugskabinen für Bahren müssen Mindestmaße von 1100 mm x 2100 mm aufweisen		X	X			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Aufzugskabinen für Rollstühle müssen Mindestmaße von 1100 mm x 1400 mm aufweisen		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Aufzüge im Gebäudeinneren müssen in ihren eigenen feuerbeständigen Fahr-schächten betrieben werden und dabei maximal drei Aufzüge in einem gemeinsamen Fahr-schacht		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aufzüge können innerhalb eines Treppenauges installiert werden, wenn diese sicher umschlossen sind	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Zusätzliche Verweise für die Zugänglichkeit und Barrierefreiheit des Bauwerkes für Personen mit Behinderungen müssen berücksichtigt werden	§ 39	Art 48	§ 51	§ 45	§ 50	§ 52	§ 46	§ 50	§ 49	§ 55	§ 51	§ 50	§ 50	§ 49	§ 52	§ 50

Tabelle 9: Landesbauordnungen und deren Forderungen bezüglich Aufzugsanlagen (Eigene Darstellung in Anlehnung an Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (2010), S. 36)

Für Gebäude von mehr als 22,0 m Höhe gilt in Deutschland ergänzend die **Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern** (MHHR), welche ebenfalls durch die Bundesländer entsprechend modifiziert werden kann. Die MHHR fordert mindestens zwei Aufzüge, welche alle Geschosse anfahren, Vorräume vor allen Fahrschachttüren und entsprechende Hinweise die Aufzüge im Brandfall nicht zu benutzen. Somit setzt die MHHR Minimalstandards bezüglich der Anlagenanzahl, bietet jedoch ebenfalls keine Methodik oder entsprechende Verweise, wie eine optimale Anzahl bestimmt werden könnte.⁶⁰ Zusätzlich stellt die MHHR technische Anforderungen an Feuerwehraufzüge. Deren Position muss eine maximale Wegstrecke von 50 m zu jedem Punkt im Gebäude ermöglichen. Fahrschächte und Aufzugsvorräume müssen feuer- und brandgeschützt ausgeführt werden, wobei Vorräume mindestens sechs m² groß und in der Nähe von Treppenhäusern anzuordnen sind. Feuerwehraufzüge sind für den liegenden Transport von Personen auszulegen und mit einem Bedienpanel für den Notbetrieb auszustatten. Diese Maßnahmen repräsentieren Mindestanforderungen und können durch die lokal zuständigen Behörden erweitert oder geändert werden.⁶¹

Grundsätzlich gilt es, die zuvor genannten und je Anwendungsfall weitere Verordnungen, Richtlinien und Normen seitens des Gebäudes und der Aufzugstechnik frühzeitig im Planungsprozess zu beachten. Primäre Ziele sind dabei die Gewährleistung der Sicherheit, die Genehmigungsfähigkeit und die Effektivität wie auch Effizienz der geplanten Aufzugsanlagen.⁶²

⁶⁰ Vgl. Muster-Hochhaus-Richtlinie (2008), S. 1–9.

⁶¹ Vgl. ebd., S. 6–7.

⁶² Vgl. Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (2010), S. 13.

3.4 Ausgewählte Aspekte der Aufzugsdimensionierung

Da der Gebäudekern teilweise durch die Anordnung und Aufteilung von Aufzügen definiert wird, beeinflussen diese zu einem nicht unbedeutenden Maß die Gebäudeplanung. Ein vertikales Erschließungskonzept sollte so früh wie möglich im Planungsprozess zur Verfügung stehen. Ist dies nicht gegeben, kann eine spätere sinnvolle Integration der Aufzugstechnik Anpassungen der Gebäudeplanung erfordern und funktionale Einschränkungen, höhere Kosten oder Verzögerungen im Planungs- oder Baufortschritt verursachen.⁶³

Ein erstes Ungleichgewicht der Gebäude- und Aufzugsplanung entsteht häufig durch die geringe **Berücksichtigung der Aufzugstechnik** während der frühen Planungsphasen. Architekten sind zunächst an den wesentlichen Schnittstellen von Gebäude und Aufzügen interessiert. Den Details der Aufzugsanlagen kann zu diesem Zeitpunkt nur wenig Beachtung geschenkt werden.⁶⁴ Vereinzelt werden Dimensionen eines Gebäudekerns fixiert und sogar die Anzahl von Fahrschächten und deren Abmessungen festgelegt, bevor ein vertikales Erschließungskonzept durch spezialisierte Berater erstellt werden konnte.⁶⁵ Um dies zu umgehen und suboptimale Lösungsvarianten sowie zeit- und kostenaufwendige Neuplanungen zu vermeiden, sollten Aufzüge durch entsprechend kompetente und erfahrene Berater geplant werden und diese bereits in frühen Phasen der Gebäudeplanung in das Projekt integriert werden.⁶⁶ Dadurch wird eine Optimierung des grundsätzlichen Problems, den erwarteten vertikalen Verkehrsfluss mit minimaler Verzögerung, zu geringsten Kosten und kleinstem Flächenbedarf zu ermöglichen, sichergestellt.

⁶³ Vgl. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 20.

⁶⁴ Vgl. Adler (1970), S. 24.

⁶⁵ Vgl. Barney und dos Santos (1977), S. 1–2 und Barney (2003), S. 83.

⁶⁶ Vgl. Adler (1970), S. 212–213.

Berater und Experten balancieren diese in Konflikt zueinander stehenden Forderungen entsprechend den Nutzungsanforderungen und Projektgegebenheiten.⁶⁷

Die wesentlichen zu berücksichtigenden Aspekte dieser Balancierung und der damit verbundenen Dimensionierung von Aufzugsanlagen werden in den folgenden Kapiteln behandelt. Obwohl es sich bei diesem Vorgehen um einen iterativen Prozess handelt, folgen die Kapitel dem groben Ablauf und zunehmenden Detaillierungsgrad typischer Aufzugsplanungen. Dabei gilt es, zunächst die richtige Position und Anordnung im Gebäude zu wählen, die benötigte Leistungsfähigkeit der Aufzugsanlagen zu bestimmen und diese daraufhin technisch auszulegen. Die daraus resultierenden technischen Eigenschaften werden anschließend für Ausschreibungen und Verträge spezifiziert. Innerhalb dieses Prozesses finden Ansätze der Nachhaltigkeitsbewertung von Aufzugsanlagen vermehrt Berücksichtigung, welche abschließend ebenfalls betrachtet werden.

3.4.1 Positionierung im Gebäude

Die Positionierung und Anordnung von Beförderungseinrichtungen in Gebäuden basiert zunächst auf drei einfachen **Grundregeln**, welche jedoch von großer Bedeutung für eine effektive vertikale Beförderung sind. Als Erstes gilt es, die Bewegung von Personen und Gütern im Gebäude auf ein Minimum zu reduzieren. Zweitens, ist das Aufeinandertreffen von Personen und Gütern zu vermeiden. Drittens, sind Engpässe während der Planung zu identifizieren und entsprechend neu zu gestalten.⁶⁸

Nach Möglichkeit sind Einzelaufzüge nicht über den gesamten Gebäudegrundriss zu verteilen, sondern (soweit sinnvoll) in einer Aufzugs-

⁶⁷ Vgl. Markon (2010), S. 32, Lenzner und Böhm (2011), S. 267 und Strakosch (2010c), S. 5.

⁶⁸ Vgl. Barney (2010a), S. 2-10 - 2-12.

gruppe zusammenzufassen. **Aufzugsgruppen** verfügen über eine erhöhte Leistungsfähigkeit gegenüber einer gleichen Anzahl an Einzelanlagen, da Fahrwünsche von Passagieren zusammengefasst werden können. Zudem kann eine optimierende Gruppensteuerung eingesetzt werden und ein Ausfall einzelner Anlagen verursacht keinen Totalausfall.⁶⁹ Bis zu vier Aufzüge können in Reihe angeordnet werden. Die maximale Anzahl von Aufzügen einer Aufzugsgruppe sollte acht nicht überschreiten, wenn diese jeweils mit vier einander gegenüberliegenden Anlagen realisiert werden.⁷⁰ Die folgende Abbildung zeigt typische Anordnungen von Aufzügen einer Aufzugsgruppe, welche in Bezug auf eine vereinfachte Nutzung und minimale Laufwege optimiert sind.

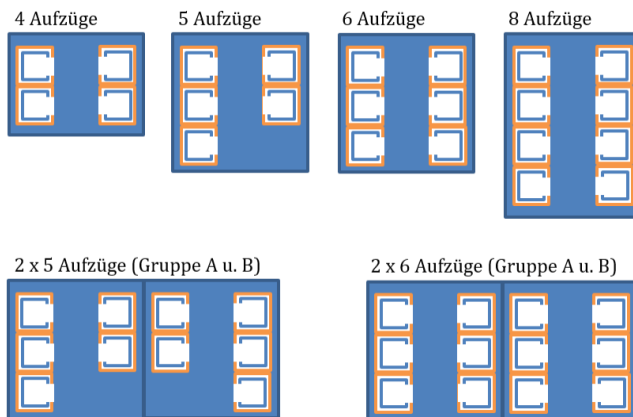


Abbildung 5: Optimierte Anordnungen von Aufzugsgruppen (Eigene Darstellung in Anlehnung an British Standard 5655-6 (2011), S. 33)

Die Fläche für einen entsprechenden **Aufzugsvorraum** ergibt sich für Personenaufzüge in Wohngebäuden als Produkt der 1,0fachen Fahrkorbtiefe (Mindestens 1500 mm) und der Fahrschachtbreite (Min-

⁶⁹ Vgl. ebd. und Markon (2010), S. 11.

⁷⁰ Vgl. ISO 4190-1 (2010), S. 11–12.

destens 1500 mm).⁷¹ Für Personenaufzüge in anderen als Wohngebäuden (Ausgenommen Bettenaufzüge) wird die Vorraumfläche durch das Produkt aus 1,5facher Fahrkorbtiefe und Fahrschachtbreite errechnet. Bei nebeneinander liegenden Aufzügen werden mindestens 2400 mm Vorraumtiefe empfohlen, wohingegen gegenüberliegende Aufzüge einen Vorraum aus 2,0facher Fahrkorbtiefe (Höchstens 4500 mm) über die gesamte Fahrschachtbreite benötigen.⁷² Diese Mindestabmessungen repräsentieren Richtwerte, garantieren jedoch gerade zu Verkehrsspitzenzeiten ausreichende Platzverhältnisse für wartende und ankommende Passagiere.

Als weitere Konsequenz aus den drei Grundregeln werden Aufzüge soweit möglich im **Zentrum von Gebäuden** und typischerweise im Gebäudekern positioniert. Dies optimiert den täglichen Fluss von Personen und Gütern. Die maximale Entfernung zu einem Raum, Büro oder anderen regelmäßig frequentierten Gebäudeeinrichtungen sollte in jede Richtung 60,0 m nicht überschreiten. Anderenfalls werden Laufwege aufgrund ihrer Länge ineffizient.⁷³ Bei manchen Gebäudegrundrissen kann diese maximal zulässige Entfernung jedoch nicht realisiert werden. In diesen Fällen, aber auch aufgrund von Design- und ästhetischen Aspekten (Symmetrie offener Atrien, zwei Haupteingänge, etc.) können zwei getrennte Aufzugsgruppen notwendig oder gewünscht sein. Die sich daraus ergebende Problematik liegt im Verkehrsstrom der Aufzugsnutzer begründet, welche in den seltensten Fällen beide Aufzugsgruppen gleichermaßen nutzen werden. Eine eventuelle Verteilung zugunsten oder Ungunsten einer von beiden Aufzugsgruppen ist zu erwarten, jedoch in ihrer Intensität nur schwer abschätzbar. Sogenannte Attraktionen wie Restaurants, Kaffeebars oder Einkaufsläden beeinflussen den Verkehrsstrom im Gebäude zum Nachteil der jeweils nähergelegenen Aufzugsgruppe. Aus Gründen der Planungssicherheit wird daher zusätzliche Förderleis-

⁷¹ Vgl. DIN 15306 (2002), S. 4–5.

⁷² Vgl. DIN 15309 (2002), S. 5.

⁷³ Vgl. Barney (2010a), S. 2-10 - 2-12 und Groot (2014a), S. 98.

tungskapazität in Form von leistungsfähigerer Anlagentechnik oder zusätzlichen Aufzügen bereitgestellt werden müssen.⁷⁴

Das wesentliche Element bei der Positionierung von Aufzügen ist aus Gebäudesicht der **Fahrschacht**. Aufzugsanlagen werden hauptsächlich in geschlossenen Fahrschächten installiert, da deren Fahrbahnen aus Sicherheitsgründen zu allen Seiten hin umschlossen sind. Ausnahmen für nur teilweise geschlossene Fahrschächte, insbesondere bei der Installation von Glaskabinen, Panoramaaufzügen oder Sonderanlagen, sind unter Einhaltung der geltenden Sicherheitsvorschriften und einer eventuellen Sonderprüfung möglich. Typische Schachtmaterialien sind Beton, Mauerwerk, Stahl und Glas. Die wesentlichen technischen Merkmale sind die Fahrschachtbreite und -tiefe, die Schachtgrubentiefe und Schachtkopfhöhe, die statischen und dynamischen aufzunehmenden Lasten, die notwendigen Verankerungspunkte für Aufzugskomponenten im Fahrschacht und die zulässigen Bauleranzen.⁷⁵ Aufzugsschächte werden anwendungsspezifisch konstruiert und erfüllen dabei die Anforderungen des entsprechenden Aufzugssystems. Deshalb müssen Schachtdimensionen und -spezifikationen mit dem Aufzugshersteller abgestimmt werden, bevor die Fahrschächte errichtet werden. Diese werden typischerweise durch den Bauunternehmer und nicht durch den Aufzugshersteller errichtet.⁷⁶ Wie bereits im Kapitel zur Gebäudetechnik angedeutet, haben die Fahrschächte insbesondere eine Schnittmenge mit den bauphysikalischen Gebäudeeigenschaften Akustik und Brandschutz. Bezüglich des Brandschutzes müssen Schachtwände feuerbeständig sein und der benötigten Feuerwiderstandsklasse entsprechen. Im Sinne der Gebäudeakustik gilt es, Fahrschächte von den übrigen Gebäudekonstruktionen zu isolieren oder vollständig freistehend zu realisieren.⁷⁷

⁷⁴ Vgl. Strakosch (2010b), S. 43.

⁷⁵ Vgl. Küntscher und Fiedler (1989), S. 47–57, DIN 15309 (2002), S. 3 und DIN 15306 (2002), S. 3.

⁷⁶ Vgl. Unger (2013), S. 35–37.

⁷⁷ Vgl. ebd., S. 29–37.

Die Positionierung von Aufzugsanlagen und deren Fahrschächten in Gebäuden erfordert einige, insbesondere bei deren Planung zu berücksichtigende, technische Kenntnisse. Der Verkehrsfluss sollte getrennt nach Personen und Gütern minimiert und optimiert werden. Zentrale Aufzugsgruppen in idealtypischer Anordnung und ausreichend große Aufzugsvorräume ermöglichen einen idealen Verkehrsfluss im Gebäude und sind Grundlage für effektive und effiziente Aufzugsanlagen. Zudem gilt es, bei den Fahrschächten die grundlegenden technischen Eigenschaften, wie Abmessungen und Traglasten, die Fahrschachttoleranzen sowie die bauphysikalischen Auswirkungen auf das Gebäude, zu beachten.

3.4.2 Bestimmung der Leistungsfähigkeit

Die Analyse der Leistungsfähigkeit von Aufzügen erlangte, trotz dessen Einfluss auf den Erfolg oder Misserfolg von Gebäuden, erst in den frühen siebziger Jahren an Bedeutung.⁷⁸ Die übergeordnete Zielsetzung ist die Bestimmung einer **quantitativen und qualitativen Leistungsfähigkeit** von Aufzügen. Die Förderleistung repräsentiert die quantitative Leistungsfähigkeit eines Aufzuges und gibt an, wie viele Passagiere innerhalb einer Periode (Üblicherweise innerhalb von fünf Minuten) transportiert werden können (FL5). Die qualitative Leistungsfähigkeit wird primär an der durchschnittlichen Wartezeit der Passagiere (DWZ) gemessen. Da beide Parameter voneinander abhängig sind, gilt es, eine ausreichende FL5 und angemessene DWZ zu gewährleisten.⁷⁹ Sind Gebäude unzureichend mit Aufzugsanlagen ausgestattet, ist die DWZ von Passagieren zu Verkehrsspitzenzeiten hoch und die Aufzugskabinen stark beladen. Diese Beladung verursacht zahlreiche Stopps während eines Kabinenumlaufes und verlängert damit die durchschnittliche Fahrzeit eines Passagiers (DFZ). Dem gegenüber wäre die Bereitstellung von Auf-

⁷⁸ Vgl. Barney (2003), S. 83.

⁷⁹ Vgl. ebd., S. 127, Schindler Elevator Corporation (2015), S. 11 und Strakosch (2010b), S. 31–32.

zügen mit zu viel Leistungsfähigkeit eine Verschwendung von Ressourcen. Sowohl die einmaligen Investitionen als auch die laufenden Nutzungskosten wären unnötig hoch. Zugleich würde wertvolle Geschossfläche durch zusätzliche Fahrschächte und größere Aufzugsvorräume verloren gehen. Daher repräsentiert die Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Aufzugsanlagen eine eigenständige Disziplin der Aufzugsplanung und spezifiziert die Anlagenanzahl sowie deren technische Konfiguration.

Die am weitesten verbreiteten **Methoden zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit** von Aufzügen sind die Umlaufzeitkalkulation (UZK) und die Simulation, welche in den folgenden Unterkapiteln beschrieben werden.⁸⁰ Die Ergebnisse von UZK und Simulation können nicht miteinander verglichen werden, da deren grundlegende Konzepte unterschiedlich sind. Dabei unterliegt vor allem der berücksichtigte Passagierverkehr unterschiedlichen Annahmen und Anpassungen. Jegliche Ergebnisse der Leistungsfähigkeit von Aufzügen müssen daher unter Beachtung der zugrundeliegenden Methode bewertet und verglichen werden.⁸¹

Es folgt ein **Überblick einiger vereinfachter Methoden** und Werkzeuge. Diese basieren ebenfalls auf den Methoden der UZK oder Simulation. Die Anforderungen an eine detaillierte Analyse der Leistungsfähigkeit von Aufzugsanlagen werden jedoch durch diese vereinfachten Methoden und Werkzeuge nicht erfüllt.

Eine Möglichkeit die angemessene Anzahl, Größe und Fahrgeschwindigkeit von Aufzügen in Wohngebäuden zu bestimmen, bietet die internationale Normung in Form der ISO 4190-6. In Form von sechs Diagrammen kann in Abhängigkeit von der Gesamtpersonenbelegung und der Geschossanzahl oberhalb der Zugangsebene aus vordefinierten Kombinationen von Aufzugsanzahl, Nenntraglast und Geschwin-

⁸⁰ Vgl. Peters (1998), S. 0-4 - 0-7 und So und Al-Sharif (2015), S. 98-101.

⁸¹ Vgl. Sharma (2013), S. 52 und Schindler Elevator Corporation, S. 12-13.

digkeit die passende Anlagenkombination ausgewählt werden.⁸² Die Einfachheit dieser Methode ergibt sich aus einigen Annahmen und Vereinfachungen. Die aufbereiteten Ergebnisse beruhen auf einem reinen Aufwärtsverkehr (Passagiere kommen auf der Zugangsebene an und möchten aufwärts befördert werden), einer Kabinenauslastung von 80 % der Kabinennennlast und maximal einem Parkgeschoss unterhalb der Gebäudezugangsebene. Projektspezifische Anforderungen wie beispielsweise größere Aufzugskabinen oder die Berücksichtigung von Einzelfahrten für Bewohner exklusiver Apartments können nicht berücksichtigt werden. Zudem ist diese Norm auf Wohngebäude begrenzt und bietet keine Hilfestellung für andere Gebäudetypen.⁸³ Derzeit befindet sich die Norm in Überarbeitung, wobei eine Ausweitung auf andere Gebäudetypen erwartet wird und auch die Methode der Simulation Berücksichtigung finden soll.⁸⁴

Die Aufzughersteller bieten ihren Kunden ebenfalls vereinfachte Ergebnistabellen für eine erste Einschätzung der benötigten Aufzugsanlagen in Wohn- und Bürogebäuden an. Dabei handelt es sich meist um unverbindliche Empfehlungen. Die Aufzugskombinationen für Wohngebäude sind überwiegend nicht so detailliert wie jene der ISO 4190-6, jedoch werden beispielsweise Empfehlungen für Bürogebäude mit bis zu 20 Geschossen und weniger als 1200 Personen Gesamtbelegung gegeben. Diese Ergebnistabellen bleiben jedoch in der Regel auf ein paar ausgewählte Anwendungsfälle beschränkt.⁸⁵

Es existieren darüber hinaus Online-Anwendungen für eine erste Abschätzung benötigter Aufzugsanlagen. Dafür sind der Gebäudetyp, dessen Nutzung, die Anzahl der bedienten Haltestellen oder die Gesamtbelegung des Gebäudes einzugeben. Bei manchen Anwendungen werden die daraufhin generierten Ergebnisse in die quantitative und die qualitative Leistungsfähigkeit der Aufzugsanlage unterschieden.

⁸² Vgl. ISO 4190-6 (1984).

⁸³ Vgl. ebd., S. 1–3.

⁸⁴ Vgl. o.V. (2015), S. 64.

⁸⁵ Vgl. Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (2010), S. 18–19.

Ein Ergebnisausdruck ist vereinzelt möglich und professionelle Unterstützung wird, insbesondere bei den Onlineanwendungen der größeren Aufzugshersteller, angeboten. Dennoch erfolgt die Nutzung stets unter Ausschluss jeglicher Verantwortung seitens der Anbieter, was die Anwendbarkeit für die Planungspraxis einschränkt.⁸⁶

Professionelle Aufzugskonzepte sind das Ergebnis einer detaillierten Analyse der Leistungsfähigkeit von Aufzugsanlagen und berücksichtigen zahlreiche anwendungs- und gebäudespezifische Aspekte. Parameter wie die Gebäudebelegung, typische Betriebszeiten, Auswirkungen flexibler Arbeitszeiten, ein potentieller öffentlicher Besucherverkehr, die Nutzung durch behinderte Personen oder der Einfluss von Restaurants und anderen Einrichtung auf die Aufzugsnutzung werden mit untersucht.⁸⁷ Eine Anwendung der in den folgenden Kapiteln beschriebenen Methoden stellt daher eine systematische Planung sicher und vermeidet die Gefahr der Unter- wie auch Überdimensionierung von Aufzügen in Gebäuden. Dabei repräsentieren sowohl die UZK als auch die Simulation anspruchsvolle Methoden der Aufzugsplanung und werden schwerpunktmäßig durch Aufzugshersteller, Aufzugsberater und andere Experten angewandt.⁸⁸

3.4.2.1 Wesentliche technische Einflussfaktoren

In diesem Kapitel werden die wesentlichen technischen Einflussfaktoren vorgestellt, welche die Leistungsfähigkeit von Aufzügen, neben deren Anzahl und Fahrkorbgröße, grundlegend beeinflussen.

Die Art der **Aufzugssteuerung** und deren Algorithmus bestimmen, wie ein Passagierverkehr abgearbeitet werden kann.⁸⁹ Wie bereits im Kapitel zur Aufzugstechnik beschrieben, lassen sich Aufzugssteu-

⁸⁶ Vgl. KONE Corporation (2015b).

⁸⁷ Vgl. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 20 und Schittich, Christian (2013), S. 26.

⁸⁸ Vgl. BS 5655-6 (2011), S. 29.

⁸⁹ Vgl. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 42–44.

erungen und ihre Bediensysteme in konventionelle Sammelsteuerungen und Zielwahlsteuerungen unterteilen. Da bei der Zielwahlsteuerung Passagiere mit identischen oder ähnlichen Zielhaltestellen gruppiert werden, kann die Leistungsfähigkeit mancher Aufzugsgruppen um etwa 10 bis 20 % im Vergleich zu konventionellen Steuerungen gesteigert werden. In Grenzfällen ist damit die Einsparung einer Aufzugsanlage möglich.⁹⁰ Das Optimierungspotential von Zielwahlsteuerungen ist jedoch begrenzt und kann keine Probleme grundsätzlich unterdimensionierter Aufzugsgruppen lösen.⁹¹

Der nächste Parameter ist die **Fahrgeschwindigkeit**, dessen Wert mit Hilfe der theoretischen Fahrzeit ermittelt werden kann. Diese errechnet sich durch Division der Gesamtförderhöhe in Metern durch eine zunächst geschätzte angemessene Fahrgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde. Exzellente Ergebnisse liegen bei circa 20 s, gute Werte bei 25 s und zufriedenstellende Ergebnisse bei etwa 32 s theoretischer Fahrzeit. Da dieses Vorgehen nicht die Zeitverluste für Beschleunigung und Ruck berücksichtigt, gilt es lediglich als anerkannte Praxisregel für die anfängliche Bestimmung der Fahrgeschwindigkeit von Aufzügen.⁹² Für eine vollständige Bestimmung und mathematisch korrekte Berechnung der auszuwählenden Fahrgeschwindigkeit siehe Al-Sharif 2014.⁹³

Neben der Aufzugsgeschwindigkeit sind vor allem die **Beschleunigungs- und Ruckwerte** von Bedeutung. Da Passagiere unempfindlich gegenüber der maximalen Geschwindigkeit sind, jedoch nicht gegenüber der maximalen Beschleunigung und dem Ruck, sollten deren Werte $1,5 \text{ m/s}^2$ für das Beschleunigen und Bremsen und $2,0 \text{ m/s}^3$ für den Ruck nicht übersteigen. Höhere Werte würden von Passagieren als unangenehm wahrgenommen.⁹⁴ Da Aufzüge insbesondere zu Ver-

⁹⁰ Vgl. Japsen und Rieke (2012), S. 91 und Strakosch (2010a), S. 63.

⁹¹ Vgl. Barney (2003), S. 275.

⁹² Vgl. Sharma (2013), S. 50, Nipkow (2005), S. 37 und BS 5655-6 (2011), S. 28.

⁹³ Vgl. Al-Sharif (2014c), S. 14.

⁹⁴ Vgl. Barney (2003), S. 84–85 und Peters (2012), S. 54.

kehrspitzenzeiten zahlreiche Stopps in den von Passagieren gewünschten Haltestellen durchführen, haben die Beschleunigung und der Ruck einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Aufzugsanlage.

Die **Startverzögerung** ist der nächste Parameter mit Einfluss auf die Leistungsfähigkeit. Je länger es dauert, bis die Aufzugskabine nach dem Schließen und Verriegeln der Aufzugstüren starten kann, je weniger Förderleistung kann bereitgestellt werden. Zugleich verlängert sich die DWZ der noch wartenden Passagiere und die Fahrzeit in der Kabine erhöht sich.⁹⁵

Ähnliche Auswirkungen wie die Startverzögerung haben die **Laufzeiten von Aufzugstüren**. Schnelle zentralöffnende Aufzugstüren minimieren Zeitverluste, welche durch den Betrieb der Türen entstehen und ermöglichen gleichzeitig ein schnelles Be- und Entladen der Passagiere. Langsamere, einseitig öffnende Teleskoptüren sollten daher lediglich Verwendung finden, wenn zentralöffnende Varianten aus Platzgründen nicht vorgesehen werden können. Zusätzlich kann die Leistungsfähigkeit von Aufzugsanlagen durch das vorzeitige teilweise Öffnen der Türen beim Einfahren in die Haltestelle erhöht werden.⁹⁶

Das Be- und Entladen der Passagiere, die sogenannte **Transferzeit**, wird primär durch die Türbreiten beeinflusst und ist zudem abhängig von der Fahrkorbgröße und dessen Form, dem aktuellen Fahrkorbfüllgrad und der Art von Passagieren. Die einfache Transferzeit für einen einzelnen Passagier, bei einer Aufzugskabine von 1000 kg Nenntraglast in einem Bürogebäude, liegt bei circa 1 s, kann jedoch auch 2 s für ältere Passagiere oder Aufzüge in anderen Gebäudetypen betragen.⁹⁷

⁹⁵ Vgl. ebd., S. 62–64.

⁹⁶ Vgl. Unger (2013), S. 107, Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 37 und Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (2010), S. 25.

⁹⁷ Vgl. Barney (2010b), S. 3–6.

Nachdem die wesentlichen technischen Faktoren mit ihrem Einfluss auf die Leistungsfähigkeit von Aufzugsanlagen behandelt wurden, wird in den folgenden zwei Kapiteln nun beschrieben, wie diese zu einer für ein Gebäude passenden Aufzugsanlage kombiniert werden können. Wie bereits erwähnt, existieren hierfür die zwei grundlegenden Methoden der UZK und der Simulation.

3.4.2.2 Umlaufzeitkalkulation

Die Umlaufzeitkalkulation ist eine allgemein anerkannte Methode zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Aufzügen. Die Grundidee wurde erstmals durch Bassett Jones im Jahr 1923 veröffentlicht.⁹⁸ Da die technischen Aufzugseigenschaften konstant sind und die Ankunftsrate der Passagiere als zufällig angenommen werden kann, ergibt sich die Umlaufzeit (UZ; Zeit für eine Auf- und Abwärtsfahrt des Fahrkorbes mit Stopps in den gewünschten Haltestellen) durch die zurückgelegte Fahrstrecke und die Anzahl der durchgeführten Stopps. Die Fahrstrecke wie auch die Anzahl und Dauer der Stopps je Umlauf werden wiederum beeinflusst von der Anzahl der Passagiere im Fahrkorb und der Anzahl der bedienten Haltestellen. Diese Überlegungen ergaben die folgende Formel zur Bestimmung der statistisch wahrscheinlichen **Anzahl an Stopps (S)** je Umlauf (Siehe Abbildung 6).⁹⁹

$$S = N \left\{ 1 - \left(\frac{N-1}{N} \right)^P \right\}$$

S = Wahrscheinliche Anzahl an Stopps

N = Anzahl bedienter Haltestellen

P = Anzahl der Passagiere in der Aufzugskabine

Abbildung 6: Berechnung der wahrscheinlichen Anzahl an Stopps
(Eigene Darstellung in Anlehnung an Jones (1923), S. 585)

⁹⁸ Vgl. Bates (1986), S. 165.

⁹⁹ Vgl. Jones (1923), S. 583–587.

Der Ausdruck in runden Klammern repräsentiert die Wahrscheinlichkeit nicht in einer Haltestelle zu stoppen. Diese Wahrscheinlichkeit nimmt bei einer zunehmenden Anzahl an Passagieren (P) im Fahrkorb ab. Daher steht der gesamte Ausdruck in geschweiften Klammern für die Wahrscheinlichkeit eines Stopps unter Berücksichtigung der Anzahl von Passagieren in der Aufzugskabine. Diese Wahrscheinlichkeit gilt für jede Haltestelle und wird daher mit der Anzahl bedienter Haltestellen (N) multipliziert.

Da die wahrscheinliche Anzahl an Stopps aufgrund dieser Formel berechnet werden konnte, konzentrierten sich weitere Überlegungen auf die durchschnittlich zurückgelegte Distanz während eines Umlaufes. Dazu lieferte Schroeder eine Formel, mit der er die **durchschnittlich höchste angefahrene Haltestelle (H)** bis zur Fahrtrichtungsumkehr während eines aufwärts gerichteten Passagierverkehrs errechnete (Siehe hierzu Abbildung 7).¹⁰⁰

$$H = N - \sum_{i=1}^{N-1} \left(\frac{i}{N}\right)^P$$

H = Durchschnittlich höchste Umkehrhaltestelle

N = Anzahl bedienter Haltestellen

P = Anzahl der Passagiere in der Aufzugskabine

Abbildung 7: Berechnung der durchschnittlich höchsten Umkehrhaltestelle (Eigene Darstellung in Anlehnung an Barney und dos Santos (1977), S. 20)

Zudem stellte Schroeder, wie auch Barney und Dos Santos, eine grundlegende Formel für die vollständige UZK auf, welche bis heute zur Berechnung genutzt wird.¹⁰¹ Diese **klassische Umlaufzeitkalkulation** ist dreigeteilt und in der folgenden Abbildung dargestellt. Der erste Teil ergibt sich aus der zweifachen Fahrzeit (Auf- und Abwärtsfahrt) zur durchschnittlich höchsten Umkehrhaltestelle (H).

¹⁰⁰ Vgl. Barney (2003), S. 128.

¹⁰¹ Vgl. Barney (2003), S. 128.

Der mittlere Teil besteht aus der wahrscheinlichen Anzahl an Stopps (S), zuzüglich einem Stopp für den Hauptzugang, multipliziert mit der Haltezeit je Stopp. Der dritte Teil repräsentiert die zweifache Transferzeit je Passagier (Betreten und Verlassen der Aufzugskabine), multipliziert mit der Anzahl der Passagiere (P) in der Aufzugskabine. Wie zuvor beschrieben, können S und H berechnet werden. P entspricht typischerweise 80 % der Fahrkorbnennlast, da ein Nutzungsfaktor von 100 % für reale Anwendungen als unrealistisch einzustufen ist. Eine hundertprozentige Auslastung würde zudem implizieren, dass stets ausreichend viele Passagiere auf einen leeren Fahrkorb warten, was wiederum keinem guten Serviceniveau entspräche. Die „t-Werte“ der Formel können durch die technischen Eigenschaften des Aufzuges und das Nutzerverhalten der Passagiere bestimmt werden.¹⁰² Somit kann die UZ als die Zeit definiert werden, welche vergeht, während der Aufzug einen vollständigen Umlauf durch das Gebäude macht, währenddessen er Passagiere vom Hauptzugang aufnimmt, diese zu ihren Zielhaltestellen im Gebäude befördert und wieder zur Haupthaltestelle zurückkehrt.¹⁰³ Als sichtbarer Vorgang in der Haupthaltestelle ist die UZ die Zeit, welche zwischen dem Öffnen der Fahr-schachttüren und deren erneutem Öffnen nach Durchführung eines Umlaufes vergeht.¹⁰⁴

$$UZ = 2Ht_f + (S + 1)t_h + 2Pt_t$$

UZ	= Umlaufzeit
H	= Durchschnittlich höchste Umkehrhaltestelle
S	= Wahrscheinliche Anzahl an Stopps
P	= Anzahl der Passagiere in der Aufzugskabine
t_f	= Fahrzeit für eine Haltestelle
t_h	= Haltezeit für eine Haltestelle/ einen Stopp
t_t	= Transferzeit für einen Passagier

Abbildung 8: Berechnung der Umlaufzeit (Eigene Darstellung in Anlehnung an Barney und dos Santos (1977), S. 18)

¹⁰² Vgl. ebd., S. 104–105.

¹⁰³ Vgl. Al-Sharif, Algzawi und Hammoudeh (2014), S. 90.

¹⁰⁴ Vgl. Barney (2003), S. 95–96.

Wenn die UZ bekannt ist, können das **Intervall** (INT) und die **Förderleistung** (FL5) eines Aufzugssystems berechnet werden (Siehe Abbildung 9). Das INT ist die durchschnittliche Zeit zwischen der Ankunft zweier aufeinander folgender Aufzugskabinen in der Haupthaltestelle. Ein Aufwärtsintervall ist ein INT während aufwärts gerichtetem Verkehr und einer durchschnittlichen Fahrkorbbeladung von 80 %. Die Aufwärtsförderleistung repräsentiert die Anzahl an Personen, welche ein Aufzugssystem innerhalb eines fünf minütigen Aufwärtsverkehrs transportieren kann.¹⁰⁵

$$INT = \frac{UZ}{K} \quad FL5 = \frac{300}{INT} \times P$$

INT	= Intervall
UZ	= Umlaufzeit
K	= Anzahl der Aufzugskabinen
FL5	= Förderleistung in Personen je 5 Minuten
300	= 5 Minuten in Sekunden
P	= Anzahl der Passagiere in der Aufzugskabine

Abbildung 9: Berechnung von Intervall und Förderleistung (Eigene Darstellung in Anlehnung an Barney (2003), S. 95-97)

Die grundlegenden Elemente der UZK wie S, H und P basieren statistisch auf der Annahme eines reinen Aufwärtsverkehrs. Passagiere kommen dabei in der Haupthaltestelle an, um aufwärts befördert zu werden.¹⁰⁶ Somit werden Aufzugssysteme durch Anwendung der UZK entsprechend dieses Verkehrsflusses geplant, auch wenn dieser für das entsprechende Gebäude nicht zu erwarten ist.¹⁰⁷ Neben dieser Einschränkung gibt es noch einige zusätzliche Annahmen, welche die **Aussagekraft der Umlaufzeitkalkulation** weiter einschränken. Da die Wahrscheinlichkeitsrechnung als theoretische Grundlage dient, müssten zunächst alle Geschosse gleich hoch sein, dieselbe Anzahl

¹⁰⁵ Vgl. Barney (2003), S. 94–97.

¹⁰⁶ Vgl. ebd., S. 128.

¹⁰⁷ Vgl. Peters (1998), S. 0–6.

von Personen aufweisen und die maximale Fahrgeschwindigkeit auch bei einer Fahrt von einem Geschoss zum nächsten erreicht werden. Diese Parameter sind jedoch bei den seltensten Gebäuden und Aufzugsanlagen erfüllt. Zudem können weder spezielle Steuerungsfunktionen noch verschiedene Steuerungsalgorithmen berücksichtigt werden und das individuelle menschliche Verhalten von Passagieren bleibt unbeachtet.¹⁰⁸ Hinzu kommt, dass die UZK lediglich Durchschnittswerte bereitstellt, jedoch keine Häufigkeiten des Auftretens.¹⁰⁹ Dennoch hat sich die UZK als Industriestandard durchgesetzt und ermöglicht den Vergleich von Ergebnissen sowie eine einfache Abschätzung der zu erwartenden Förderleistungsfähigkeiten von Aufzugsanlagen, insbesondere in frühen Planungsstadien.¹¹⁰ Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Einschränkungen fokussiert die UZK primär die quantitative Leistungsfähigkeit und beantwortet damit die Frage, wie viele Passagiere innerhalb einer bestimmten Periode transportiert werden können. Die Frage nach der Qualität und damit, wie lange Passagiere auf eine Beförderung warten, bleibt weitestgehend unbeantwortet.¹¹¹

Um die klassische UZK auch für andere Verkehrsflüsse als den Aufwärtsverkehr anwenden zu können, wurden **verschiedene Erweiterungen** entwickelt. Grundsätzlich gilt, dass je mehr Modifikationen berücksichtigt werden, das mathematische Model an Komplexität gewinnt.¹¹² Zusätzlich existieren erweiterte Formen der UZK, welche eine Berechnung von Aufzügen in Gebäuden mit unterschiedlichen Etagenhöhen, verschiedenen Belegungsdichten je Etage und mehreren Zugangsebenen ermöglichen.¹¹³ Darüber hinaus wurden graphische Methoden entwickelt, wie der „HARint Plan“ und der „HARint Space“, welche eine differenziertere Vorgehensweise zur Dimensio-

¹⁰⁸ Vgl. Barney und dos Santos (1977), S. 25.

¹⁰⁹ Vgl. Powell (2012), S. 76.

¹¹⁰ Vgl. Peters (1998), S. 0–6 und Al-Sharif (2015), S. 32.

¹¹¹ Vgl. Barney (2003), S. 134.

¹¹² Vgl. ebd., S. 353–354.

¹¹³ Vgl. Khaleel, Al-Sharif und Salahat (2013b), S. 80–98.

nierung von Aufzugssystemen ermöglichen. Dabei werden unter anderem die Anzahl, Geschwindigkeiten und Nenntaglasten von Aufzugssystemen graphisch optimiert. Dennoch basieren diese Methoden weiterhin auf dem Prinzip der UZK und aufwärts gerichtetem Verkehr.¹¹⁴ Dies gilt auch für die Beurteilung der UZ im Aufwärtsspitzenverkehr durch die Anwendung der Monte Carlo Simulation (MCS). Die MCS reduziert die Einschränkungen der UZK wie eine ungleiche Personenbelegung und Geschosshöhe je Geschoss, das Nichterreichen der Nenngeschwindigkeit bei Fahrten von einem zum nächsten Geschoss und ermöglicht es mehrere Zugangsebenen zu berücksichtigen.¹¹⁵ Dabei werden jene Variablen der UZK simuliert, welche von einer zufälligen Eingangsgröße abhängen und einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilung folgen. Beispiele hierfür sind die Anzahl an Passagieren in der Aufzugskabine wie auch deren individuelle Start- und Zielhaltestellen.¹¹⁶ Weiterführende komplexere Methoden wie beispielsweise die Markow-Ketten Monte Carlo Methode zielen vor allem darauf ab, diese zufälligen Eingangsgrößen mathematisch, in Form stochastischer Prozesse, besser zu beschreiben oder zu prognostizieren. Zur Komplexitätsreduzierung sind diese jedoch häufig auf vereinfachte Anwendungsbedingungen, wie den reinen Aufwärtsverkehr und der Berücksichtigung von nur einem Hauptzugang, reduziert.¹¹⁷

In der Planungspraxis bleibt, trotz aller wissenschaftlichen Aktivitäten zur Erweiterung und Optimierung, die klassische UZK die am häufigsten angewandte Methode zur Dimensionierung von Aufzugssystemen.¹¹⁸ Dies ist jedoch, in Anbetracht der angesprochenen Annahmen und Vereinfachungen, fraglich, da heutige typische Ver-

¹¹⁴ Vgl. Al-Sharif, Alqumsan und Aal (2012), S. 6 und Al-Sharif et al. (2013), S. 1–9.

¹¹⁵ Vgl. Al-Sharif et al. (2012), S. 166.

¹¹⁶ Vgl. Al-Sharif, Aal und Alqumsan (2011), S. 1 und Xiaoliang, Liangqun und Jianru (2015), S. 136–137.

¹¹⁷ Vgl. Al-Sharif, Algzawi und Hammoudeh (2014), S. 90 und Al-Sharif (2014b), S. 4.

¹¹⁸ Vgl. Khaleel, Al-Sharif und Salahat (2013a), S. 17–29 und Al-Sharif, Alqumsan und Hammoudeh (2014), S. 62.

kehrsströme, wie ein abwärts gerichteter Verkehr, ein gemischter Mittagsverkehr oder Aufzugssysteme mit modernen Zielwahlsteuerungen, mit dieser Methode nicht hinreichend analysiert und bewertet werden können. Die Leistungsfähigkeit eines Aufzugssystems kann in diesen Fällen nicht vollständig und mit Gewissheit durch die UZK bestimmt werden und erfordert daher eine Analyse auf Basis von Simulationen.¹¹⁹

3.4.2.3 Simulation

Die in den siebziger Jahren aufkommende Computertechnologie ermöglichte erstmals die Simulation digitaler Aufzugsmodelle. Die wesentlichen **Elemente digitaler Aufzugssimulation** sind in der folgenden Abbildung dargestellt und seit Jahrzehnten grundsätzlich unverändert. Die einzelnen Parameter eines Gebäudes, dessen Personen und dessen Aufzüge werden mit ihren notwendigen Eigenschaften in ein digitales Computermodell überführt und anschließend in ihren Abläufen simuliert. Die ausgegebenen Ergebnisse ermöglichen eine detaillierte Analyse und eventuelle Anpassung der Aufzugsparameter mit erneuter Simulation (Siehe Abbildung 10). Dieses Iterationsverfahren unterstützt die Entwurfsoptimierung eines Aufzugssystems. Weitere Vorteile von Simulationen liegen in der realistischen und umfassenden Beurteilung zahlreicher Detailergebnisse und der Möglichkeit verschiedene Varianten effizient testen zu können.¹²⁰

¹¹⁹ Vgl. Siikonen, Susi und Hakonen (2000), S. 2, Markon (2010), S. 39–40 und Al-Sharif (2015), S. 22–24.

¹²⁰ Vgl. Adler (1970), S. 218–220.

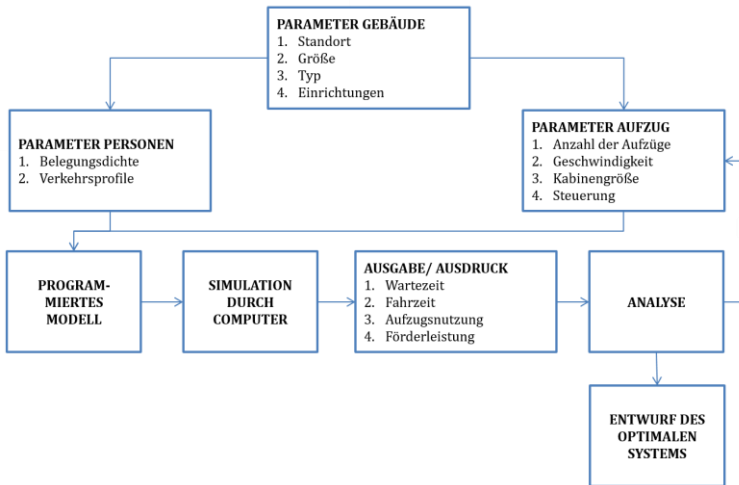


Abbildung 10: Elemente digitaler Aufzugssimulation
(Eigene Darstellung in Anlehnung an Adler (1970), S. 219)

Wie im vorangegangenen Kapitel zur UZK diskutiert, ist eine vollständig mathematische oder statistische Beschreibung eines sich in Betrieb befindlichen Aufzugssystems nicht ohne Einschränkungen und Vereinfachungen möglich. Ein Aufzugssystem kann jedoch in logischen Ausdrücken definiert werden, welche wiederum in ein Computerprogramm implementiert, simuliert und analysiert werden können. Dynamische Ereignisse, wie Anlagenstörungen oder Fehlbedienungen, können berücksichtigt werden und machen Aufzugssimulationen realistisch und präzise. Derartig dynamische Ereignisse in mathematischen Gleichungen abzubilden, wäre von höherer Komplexität oder in manchen Fällen unmöglich.¹²¹

Dynamische Simulationen können grundsätzlich in diskret oder kontinuierlich unterschieden werden, wobei die diskrete Simulation zeit- oder ereignisgesteuert sein kann. Diskrete zeitgesteuerte Simu-

¹²¹ Vgl. Barney und dos Santos (1977), S. 151.

lationsmodelle werden dabei Schritt für Schritt ausgeführt. Zukünftige Zustände des Simulationsmodells oder einzelner Modellelemente sind abhängig von ihrem derzeitigen Zustand und ihren derzeitigen Umfeld-Einflüssen (Input). Die Zeitintervalle können in Form von Sekunden, Minuten aber auch Jahren definiert werden. Basierend auf den einzelnen Modellelementen und deren Korrelationen kann eine Zustandsänderungsfunktion und eine Output-Funktion aufgestellt werden. Somit sind der zukünftige Zustand wie auch der gegenwärtige Output eines Elementes abhängig von dessen aktuellen Zustand und Input.¹²² Die diskrete ereignisgesteuerte Simulationsmethode betrachtet ausschließlich sogenannte „interessante“ Ereignisse im Zeitablauf. Der Zustand eines Elements wird nicht automatisch im Laufe der Zeit aktualisiert, sondern lediglich, wenn ein geplantes Ereignis stattfindet. Für ereignisgesteuerte Simulationen ist es notwendig, diese Ereignisse im Voraus zu kennen und entsprechend zu spezifizieren.¹²³ Kontinuierliche Simulationen basieren auf Differentialgleichungen und spezifizieren nicht den nächsten Elementzustand, wie es bei diskreten Simulationen der Fall ist. Es wird eine abgeleitete Funktion genutzt, welche die Zustandsänderungsrate eines Elementes beschreibt. Somit muss ein aktueller Zustand oder zukünftige Zustände berechnet werden.¹²⁴ Aufzugssysteme werden vor allem aus zwei Gründen überwiegend mit Hilfe der diskreten zeitgesteuerten Simulationsmethode analysiert. Zum einen sind Aufzüge diskrete Systeme. Der Zu- und Abgang von einzelnen Passagieren ist diskret, jeder Aufzug und jedes Geschoss sind diskrete Elemente und jede Fahrkorb- oder Türbewegung stellt einen diskreten Prozess dar. Zum anderen verursacht der Betrieb oder die Simulation von Aufzugssystemen zahlreiche für den weiteren Ablauf marginale wie auch bedeutende Ereignisse, wodurch eine ereignisgesteuerte Simulation nur bedingt anwendbar ist.¹²⁵

¹²² Vgl. Zeigler, Praehofer und Kim (2000), S. 37–38.

¹²³ Vgl. ebd., S. 72–73.

¹²⁴ Vgl. ebd., S. 49–50.

¹²⁵ Vgl. Barney (2003), S. 355–368.

Wenn Aufzugssysteme mit Hilfe diskreter Simulation analysiert werden, sind die möglichen Fehlerquellen gering. Da die mechanischen Eigenschaften und der Steuerungsalgorithmus der Anlage technisch bestimmt, konstant und bekannt sind, stellt der angenommene **Verkehrsfluss der Passagiere** die zunächst einzige offensichtliche Fehlerquelle dar.¹²⁶ Dieser Verkehrsfluss ist charakterisiert durch die individuellen, voneinander unabhängigen Passagierankünfte. Diese werden meist in Form einer oder mehrerer Poisson-Verteilungen beschrieben, welche die Wahrscheinlichkeitsdichte der Passagierankünfte definieren.¹²⁷ Dabei ist die Anwendung der Poisson-Verteilung für Ankünfte von Aufzugspassagieren nicht wissenschaftlich belegt, wird jedoch von vielen unabhängigen Experten als die am wahrscheinlichste Verteilung angesehen.¹²⁸ Neben der Verteilung der Ankunftszeiten von Passagieren gilt es, deren Richtung in Aufwärts-, Abwärts- und Zwischengeschossverkehr zu unterscheiden. Beim Aufwärtsverkehr kommen Passagiere in der Hauptzugangsebene an und möchten aufwärts befördert werden. Ein Abwärtsverkehr geht dementsprechend von den Geschossen aus und ist zur Haupthaltestelle gerichtet. Zwischengeschossverkehr findet zwischen allen anderen Geschossen als der Hauptzugangsebene oder auch Haupthaltestelle statt.¹²⁹

Neben der Art des Verkehrsflusses stellt sich die Frage, wie dieser in Bezug auf **Intensität und Dauer** simuliert werden soll. Dafür existieren drei grundsätzliche Ansätze, welche kontrovers von Fachleuten und Experten diskutiert werden. Alle drei Ansätze basieren auf unterschiedlichen Passagierankunftsrate (PAR). Der Ansatz der konstanten Ankunftsrate ist dabei der einfachste, da die PAR über die gesamte Simulationsdauer konstant gehalten wird. Mit der Absicht ausreichend viele Datenpunkte zu generieren und dem Gesetz der großen

¹²⁶ Vgl. Markon (2010), S. 40–41.

¹²⁷ Vgl. ebd., S. 30 und Barney (2003), S. 109–110.

¹²⁸ Vgl. Peters et al. (2015), S. 171–174, Barney und dos Santos (1977), S. 192 und Al-Sharif (2014a), S. 14.

¹²⁹ Vgl. Markon (2010), S. 30.

Zahlen zu entsprechen, wird üblicherweise eine Simulationsdauer von mindestens zwei Stunden empfohlen. Der zweite Ansatz ist charakterisiert durch eine kontinuierliche oder stufenweise Erhöhung der PAR. Damit wird das Aufzugssystem einem zunehmenden Stressfaktor in Form des ansteigenden Passagierstroms ausgesetzt, bis es seine Sättigungsgrenze erreicht. Der dritte Ansatz basiert auf Spitzenlastzeit- und Tagesprofilen, welche aus ansteigenden und abfallenden PAR bestehen. Dieser Ansatz zielt darauf ab, eine möglichst realistische Simulation zu gewährleisten.¹³⁰ Alle drei Ansätze sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

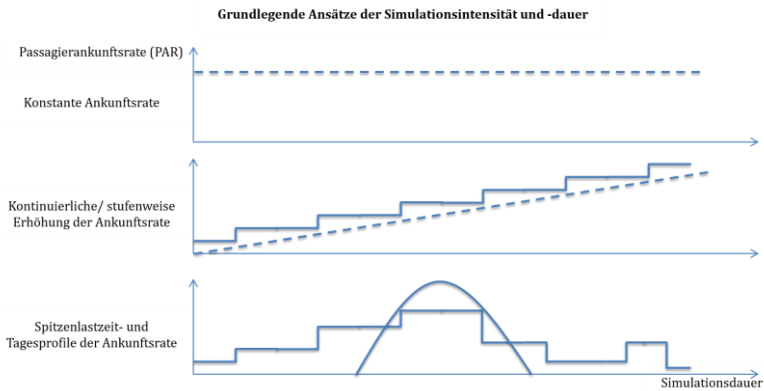


Abbildung 11: Grundlegende Ansätze der Simulationsintensität und -dauer
(Eigene Darstellung in Anlehnung an Finschi (2011), S. 92-94)

Um diese drei Ansätze bewerten zu können, ist es sinnvoll die primären Ziele der Aufzugssimulation zu betrachten. Zunächst gilt es, die maximale Förderleistung innerhalb einer fünf Minutenperiode (FL5) zu bestimmen. Diese ergibt sich aus der maximalen PAR, welche die Sättigungsgrenze des Aufzugssystems nicht übersteigt. Sättigung tritt auf, wenn die erste ankommende Aufzugskabine nicht in der Lage ist

¹³⁰ Vgl. Finschi (2011), S. 84–96.

alle wartenden Passagiere für die beabsichtigte Weiterfahrtrichtung oder die ihr zugewiesenen Haltestellen aufzunehmen. Diese Sättigungsgrenze ist abhängig vom simulierten Verkehrsfluss, weshalb die FL5 im morgendlichen Füllverkehr eine andere als im Mittagsverkehr ist. Die FL5 gibt damit die maximale quantitative Leistungsfähigkeit einer Aufzugsanlage für einen bestimmten Verkehrsfluss an. Das zweite wesentliche Ziel ist es, die qualitative Leistungsfähigkeit, meist in Form der durchschnittlichen Passagierwartezeit (DWZ), zu ermitteln. Dies erfolgt anhand der für das Gebäude erwarteten PAR. Liegt diese PAR unterhalb oder auf Niveau der FL5, kann die Aufzugsanlage rein technisch den Passagierstrom befördern, wobei die sich einstellende DWZ das zugehörige Qualitätsniveau beschreibt. Um ein ausreichendes quantitatives wie auch qualitatives Leistungsniveau sicherzustellen, sollte die PAR unterhalb der FL5 liegen. Die Anlage wird damit nicht im Sättigungsbereich betrieben und erzeugt zudem entsprechend gute DWZ. Für die exakte Bestimmung dieser beiden zuvor beschriebenen Leistungsmerkmale wird der Ansatz der konstanten Ankunftsrate als am geeignetsten angesehen. Wenn dieser über eine Simulationsdauer von zwei Stunden oder länger angewandt wird, werden statistisch stabile Ergebnisse für die FL5 und DWZ erzeugt. Beide anderen Simulationsansätze basieren auf kürzeren Simulationsschritten, da deren PAR variiert. Besonders die kontinuierliche oder stufenweise Erhöhung der PAR ist diesbezüglich fehlerbehaftet, da vorherige Stufen auf geringeren PAR beruhen und die Simulationsdauer der jeweiligen Stufen gering ist. Werte in der Nähe der Sättigungsgrenze sind nicht zuverlässig genug, um die FL5 und DWZ exakt bestimmen zu können. Gleiches gilt für den Simulationsansatz der Spitzenlastzeiten- und Tagesprofile.¹³¹ Dennoch werden die Spitzenlastzeiten- und Tagesprofile häufig für Aufzugssimulationen genutzt. Tagesprofile werden durch Verkehrsaufnahmen in gleichartigen Gebäuden ermittelt und gegenüber der jeweiligen unterschiedlichen Gebäudebelegungsdichte normalisiert. Ein Verkehrsfluss ist jedoch von vielen Faktoren wie der Gesamtanzahl an Perso-

¹³¹ Vgl. ebd., S. 84–96 und Markon (2010), S. 49.

nen im Gebäude, der Gebäudenutzung, dem Personenverhalten und speziellen Gebäudeeinrichtungen, wie Restaurants, Kaffeebars oder Raucherecken, abhängig. Aber auch der Gebäudestandort, die Nähe zum öffentlichen Personennahverkehr und andere Randbedingungen beeinflussen den sich im Gebäude einstellenden individuellen Verkehrsfluss. Diese möglichen Kombinationen und Korrelationen sind für Neubauten im Voraus nicht mit ausreichend großer Sicherheit und Detaillierung abschätzbar. Die Anwendbarkeit von gemittelten Spitzenverkehrs- und Tagesprofilen unterschiedlicher Bestandsgebäude ist damit beschränkt. Simulationen im Rahmen von Modernisierungen können jedoch von einem zuvor im Gebäude ermittelten Verkehrsprofil profitieren und an Genauigkeit gewinnen.¹³²

Im Anschluss an den Simulationsansatz ist ein sinnvoller Wert oder Wertebereich für die **Passagierankunftsrate** zu bestimmen. Die Höhe der PAR ist von besonderer Bedeutung, da die Aussagekraft der Simulationsergebnisse von diesem Parameter abhängt.¹³³ Dennoch stehen diesbezüglich nicht viele Forschungsergebnisse, welche sich mit dem Personenverkehr und dessen Ankunftsrate in Gebäuden beschäftigen, zur Verfügung.¹³⁴ Die bekanntesten Veröffentlichungen von Zählungen zum Aufzugs-Personenverkehr in Bürogebäuden, Parkhäusern, Einkaufszentren, Krankenhäusern, Schulen, Hotels und Wohngebäuden stammen aus dem Jahr 1976. Seitdem wurden außer für Bürogebäude, welche am meisten Beachtung in diesem Forschungsgebiet finden, kaum neue Verkehrsprofile veröffentlicht. Lediglich einzelne Veröffentlichungen analysieren die 1976 aufgenommenen Verkehrsströme des Amerikaners Georg R. Strakosch auf ihre heutige Gültigkeit.¹³⁵ Zudem werden exemplarisch immer wieder spezielle Gebäudetypen, wie Hotel- oder Wohngebäude, in verschiedensten Ländern auf ihr Verkehrsaufkommen hin untersucht. Die daraus gewonnenen Ergebnisse sind zwar von großem Wert für die Pla-

¹³² Vgl. Jappsen und Rieke (2012), S. 92–94 und Barney (2011), S. 27.

¹³³ Vgl. Peters (1998), S. 0–4.

¹³⁴ Vgl. Markon (2010), S. 51.

¹³⁵ Vgl. Siikonen et al. (2014), S. 83.

nungspraxis, erlauben jedoch aufgrund ihrer statistisch begrenzten Aussagekraft nur eine eingeschränkte Anwendung oder gar Standardisierung.¹³⁶

Eine derzeitige **Problematik von Aufzugssimulationen** ist die fehlende Vergleichbarkeit, wenn diese von unterschiedlichen Experten durchgeführt werden.¹³⁷ Zwar werden auf wissenschaftlicher Ebene verstärkt allgemeine Fragen möglicher Simulationsansätze und der grundsätzlichen Softwarearchitektur diskutiert, modifiziert und erweitert.¹³⁸ Doch aktuell gibt es keinen nationalen Standard zur Durchführung von Förderleistungssimulationen für Aufzüge, wodurch die praktischen Vorgehensweisen und Ergebnisse beträchtlich voneinander abweichen. Dies ist sogleich der größte Vorteil der UZK, deren Theorie und Formeln allgemein anerkannt sind und entsprechend angewendet werden. Zudem nutzen und entwickeln die Aufzugsindustrie und Aufzugsberater unterschiedliche Simulationsprogramme, welche individuelle Steuerungsalgorithmen und Parameter enthalten.¹³⁹ Die Software steht teilweise nicht der Öffentlichkeit zum Kauf oder Nutzung zur Verfügung.¹⁴⁰ Um jedoch verschiedene Simulationsergebnisse miteinander vergleichen zu können, müssen die gleiche Software wie auch dieselben Annahmen und Eingabeparameter genutzt werden. Die Ergebnisse müssen zudem reproduzierbar sein.¹⁴¹ In Bezug auf öffentlich zugängliche Simulationssoftware hat sich die Anwendung „Elevate™“ seit der Jahrtausendwende zu einem weltweiten Industriestandard entwickelt. Die Software wird in über 60 Ländern genutzt und ist damit die am meisten genutzte Anwendung zur professionellen Planung von Aufzugsanlagen.¹⁴²

¹³⁶ Vgl. Siikonen (2013), S. 142–144.

¹³⁷ Vgl. Jappsen und Rieke (2012), S. 90.

¹³⁸ Vgl. Aladem, Al-Sharif (2014), S. 18–29.

¹³⁹ Vgl. Jappsen und Rieke (2012), S. 90, Al-Sharif (2015), S. 32, Hakonen und Siikonen (2009), S. 78 ff und Powell (2012), S. 75.

¹⁴⁰ Vgl. Godwin et al. (2012), S. 27–38 und Lafuente (2013), S. 168.

¹⁴¹ Vgl. Jappsen und Rieke (2012), S. 92.

¹⁴² Vgl. Peters Research Ltd.(2015).

Grundsätzlich repräsentieren Simulationen eine praktische und flexible Methode die Leistungsfähigkeit von Aufzügen zu bestimmen. Die wesentliche Aufgabe besteht darin ein theoretisches Aufzugsmodell zu entwickeln, welches möglichst umfassend die realen Einsatzbedingungen widerspiegelt. Eine realistische PAR ist dabei grundlegend, jedoch derzeit in Abhängigkeit von Gebäudetyp und Verkehrsfluss noch nicht vollständig erforscht.¹⁴³ Die Simulation ermöglicht dem Anwender einen komplexen realen Prozess, mit im Vergleich zur Realität überschaubarem Aufwand und Kosten, zu analysieren, zu manipulieren und zu optimieren.¹⁴⁴ Im Vergleich zur UZK repräsentiert die Simulation die präzisere und detailliertere Methode zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Aufzügen. In manchen Projekten mag es möglich sein, durch dessen Anwendung weniger Aufzüge zu benötigen.¹⁴⁵ Ein weiterer Vorteil der Simulation stellt deren Möglichkeit zur Animation dar. Aufzugskabinen können im simulierten Betrieb beobachtet werden und bieten die Chance, das erstellte Modell auf die korrekte Implementierung der getroffenen Annahmen und genutzten Parameter zu überprüfen. Die Leistungsfähigkeit des Systems kann beobachtet werden.¹⁴⁶ Es handelt sich bei Simulationen jedoch stets um ein experimentelles Annäherungsverfahren, welches nicht zwangsläufig eine optimale Lösung liefert und dessen Ergebnisqualität im Vergleich zum theoretischen Optimum meist unbekannt bleibt.¹⁴⁷ Da jedoch die analytischen Methoden der Aufzugsplanung, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, an ihre Grenzen stoßen, erscheint die Simulation als geeignete Methode zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Aufzügen. Dabei gilt es, wie bei allen Simulations- und auch Modellierungstechniken, deren Annahmen und Aussagekraft stets kritisch zu hinterfragen.¹⁴⁸

¹⁴³ Vgl. Markon (2010), S. 64.

¹⁴⁴ Vgl. Hompel, Schmidt und Nagel (2007), S. 354.

¹⁴⁵ Vgl. Smith (2011), S. 77, Peters (2013), S. 139 und Peters (2010c), S. 555.

¹⁴⁶ Vgl. Siikonen, Susi und Hakonen, S. 11–12 und Al-Sharif, Alqumsan und Hammoudeh (2014), S. 65.

¹⁴⁷ Vgl. Hompel, Schmidt und Nagel (2007), S. 354.

¹⁴⁸ Vgl. Barney und dos Santos (1977), S. 192.

3.4.3 Technische Auslegung

Entsprechend der zuvor diskutierten Optionen zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Aufzugsanlagen kann die technische Auslegung ebenfalls auf verschiedene Arten erfolgen, wobei deren Allgemeingültigkeit und Detaillierungsgrad variieren.

Die **internationale und nationale Normung** stellt herstellerneutrale standardisierte Planungsdaten für Anlagen bis zu 6,0 m/s Fahrgeschwindigkeit zur Verfügung. Es werden grundsätzliche Aufzugsklassen, standardisierte Fahrkorbnennlasten und Fahrgeschwindigkeiten vorgegeben. Die entsprechenden Abmessungen für den Fahrkorb, den Fahrschacht, die Aufzugstüren und die Maschinenräume werden tabellarisch aufgeführt und bieten eine erste Planungsgrundlage für Standardanlagen.¹⁴⁹

Zusätzlich zu diesen Normen stellen die **Aufzugsindustrie** und insbesondere die Aufzugshersteller detaillierte Planungsinformationen bereit. Diese sind jedoch herstellerepezifisch und daher stets untereinander zu vergleichen. Der klassische Weg des Informationsaustausches sind sowohl gedruckte als auch digitale Verkaufs- und Planungsunterlagen. Für unterschiedliche Fahrkorbnennlasten, Fahrgeschwindigkeiten und Förderhöhen werden die entsprechenden technischen Parameter angegeben. Diese umfassen die grundlegenden Abmessungen für Fahrkorb und Fahrschacht, Angaben zum maximal zulässigen Fahrkorbgewicht, elektrische Anschlusswerte oder die in den Fahrschacht einzuleitenden Kräfte.¹⁵⁰ Zusätzlich zu diesen Verkaufs- und Planungsunterlagen wird ein breites Spektrum an Onlineanwendungen zur vereinfachten Informationsbeschaffung angeboten. Diese Anwendungen empfehlen, aufgrund einiger wesentlicher Projektparameter, geeignete Produkte, unterstützen bei der Auswahl von Fahrkorbausstattungen oder helfen bei der Ermittlung der benö-

¹⁴⁹ Vgl. ISO 4190-1 (2010), DIN 15306 (2002) und DIN 15309 (2002).

¹⁵⁰ Vgl. ThyssenKrupp Aufzüge GmbH (2013a) und KONE GmbH (2013b).

tigten Baumaße. Dabei können technische Anlagenzeichnungen erzeugt, in den üblichen CAD-Dateiformaten gespeichert und durch den planenden Anwender direkt in aktuelle Gebäudezeichnungen übernommen werden.¹⁵¹

Zudem sind herstellerunabhängige **Zusatzanwendungen** verfügbar, welche in Form von umfangreichen Bibliotheken die technischen Parameter mehrere Aufzugshersteller bündeln und bereitstellen. Es können einzelne Aufzugsanlagen oder Aufzugsgruppen in ein bestehendes CAD-Modell übernommen werden. Der Vergleich oder Austausch zwischen Komponenten verschiedener Hersteller ist möglich.¹⁵²

Die, für die Auslegung von Aufzugsanlagen notwendigen, technischen Daten sind in unterschiedlicher Güte und Detaillierung verfügbar. Die Normung versorgt den Planenden zunächst mit standardisierten Grunddaten, wohingegen die Aufzugsindustrie herstellereigene Detailinformationen in Form vielseitiger Planungsunterlagen, Softwareanwendungen und persönlicher Beratung bereitstellt. Insbesondere die selbsterklärenden und einfach zu bedienenden Softwareanwendungen ermöglichen es, Aufzugsanlagen in ihren Grundeigenschaften technisch auszulegen.

3.4.4 Anlagenspezifizierung

Eine technische Spezifikation kann für die Baubranche definiert werden, als die Beschreibung aller technischen Eigenschaften, welche eine Bauleistung, ein Material, ein Erzeugnis oder eine Lieferung erfüllen muss, um durch dessen Anwender genutzt werden zu können.

¹⁵¹ Vgl. ThyssenKrupp Aufzüge GmbH (2015), KONE Corporation (2015a), KONE GmbH (2013a), S. 93 und Schmitt+Sohn Aufzüge (2015).

¹⁵² Vgl. DigiPara GmbH (2014).

Dies schließt unter anderem die allgemeine Brauchbarkeit, das Qualitätsniveau, die Sicherheit, die Konformität mit geltenden Vorschriften sowie die Konstruktionsmethoden ein.¹⁵³

Für Aufzugsanlagen stehen **allgemeine technische Vertragsbedingungen** des DIN zur Verfügung. Diese berücksichtigen die wesentlichen Vertragsbestandteile aus Sicht des Gebäudes (Gebäudetyp, Fahrschachtmaße, etc.) und der Aufzugsanlagen (Fahrkorbnennlast, Fahrgeschwindigkeit, Anzahl der Haltestellen, etc.). Zusätzlich werden umfangreiche technische Details wie die notwendige Energieversorgung zum Betrieb der Anlage, deren elektrische Schutzklasse, der zugesagte Korrosionsschutz von Aufzugskomponenten oder der vereinbarte Umfang eines Wartungsvertrages erfasst. Dadurch können das Gewerk Aufzug und die dafür notwendigen Bauwerkseigenschaften spezifiziert werden. Die Norm enthält jedoch keine quantitativen oder qualitativen Empfehlungen, sondern dient primär als Sammlung der zu beschreibenden technischen Eigenschaften.¹⁵⁴

Weiterführende Inhalte werden durch Anbieter wie den Gemeinsamen Ausschuss Elektronik im Bauwesen und dessen Standardleistungsbuch Bau, das Bauportal Heinze oder sirAdos® Baudaten in Form von **Ausschreibungstexten für Aufzugsanlagen** bereitgestellt. Verschiedene Textbausteine stehen dabei für die Spezifikation von Personen- und Lastenaufzügen, Aufzugsgruppen, Fahrschächten, Steuerungen, Türen oder der elektrischen Installation zur Verfügung. Alle Texte entsprechen den Anforderungen der DIN 18385 und zugehörigen weiteren Normen.¹⁵⁵

Diese standardisierten Vertragsbedingungen und Ausschreibungstexte werden von **Aufzugsberatern** bei Bedarf angepasst und erweitert, um eine möglichst projektbezogene Spezifikation sicherzustellen. Da-

¹⁵³ Vgl. DIN 1960 (2012), S. 38.

¹⁵⁴ Vgl. DIN 18385 (2012).

¹⁵⁵ Vgl. Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (2014), WEKA MEDIA GmbH & Co. KG (2015b) und Heinze GmbH (2015b).

bei fließen vor allem deren praktische Erfahrungswerte mit ein und ermöglichen die gezielte Optimierung bekannter Schwachstellen.¹⁵⁶

Neben der Spezifikation einzelner technischer Komponenten gibt es Ansätze, übergeordnete Eigenschaften von Aufzugsanlagen, wie deren Fahrqualität, Energieeffizienz oder Leistungsfähigkeit zur Passagierbeförderung, zu spezifizieren.

Insbesondere die **Fahrqualität** und das damit verbundene Empfinden der Fahreigenschaften von Aufzügen sind zwar subjektiv, werden jedoch seit einigen Jahren zunehmend berücksichtigt.¹⁵⁷ Die Fahrqualität ergibt sich aus der Kombination zahlreicher Faktoren wie der Qualität von Anlagenkonstruktion und Installation, dem Abstand der Fahrkorbführungen, der Balancierung des Fahrkorbes sowie der Steifigkeit, Oberflächenqualität und Ausrichtung der Fahrkorbführungsschienen und deren Übergängen und Befestigungen.¹⁵⁸ Manche dieser Eigenschaften werden bereits auf Ebene der Komponenten technisch spezifiziert. Die Vereinbarung einer definierten, messbaren Fahrqualität stellt jedoch zusätzlich das Zusammenspiel der Einzelkomponenten sicher.¹⁵⁹ Die Überprüfung nach abgeschlossener Anlageninstallation ist durch eine international genormte Methode zur Ermittlung der Fahrqualität von Aufzügen möglich. Dabei werden der Schalldruckpegel und die Vibrationen in der Aufzugskabine während der Beschleunigung und konstanter Fahrt gemessen. Anlagenparameter wie die maximal erreichte Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigungs- und Bremswerte sowie der Ruck werden zusammen mit den Messergebnissen im Ergebnisbericht dokumentiert.¹⁶⁰

Eine weitere Methode zur Spezifizierung von Anlageneigenschaften ist die Vorgabe einer entsprechenden **Energieeffizienzklasse**, welche

¹⁵⁶ Vgl. Deppenmeier (2011), S. 39–40.

¹⁵⁷ Vgl. Peters (2012), S. 56.

¹⁵⁸ Vgl. Gibson (2010), S. 423 und Smith (2010), S. 7–13.

¹⁵⁹ Vgl. Rousoudis, Asvestopoulos und Spyrooulos (2012), S. 274–280.

¹⁶⁰ Vgl. ISO 18738-1 (2012).

vielfach gemäß der VDI 4707 Blatt 1 erfolgt. Dazu wird die Anlage einer von fünf Nutzungskategorien zugeordnet, der Energieverbrauch des Aufzuges während einer Referenzfahrt berechnet und die Energieverbrauchskennzahlen für den Fahrtbedarf und Standby-Bedarf ermittelt. Durch diese wird die Aufzugsanlage einer Energieeffizienzklasse A bis G zugeordnet und ein entsprechendes Energieverbrauchszertifikat erstellt. Diese Methodik ermöglicht die Bewertung und den Vergleich der Energieeffizienz unterschiedlicher Aufzugsanlagen gleicher Nutzungskategorien.¹⁶¹ Eine methodisch ähnliche Berechnung und Klassifizierung wird für Aufzüge durch die DIN EN ISO 25745-2 bereitgestellt.¹⁶² Ein zusätzlicher Bewertungsvorteil ergibt sich aus der Abhängigkeit des Energieverbrauches einer Aufzugsanlage von dessen Installationsqualität. Die Spezifizierung von Energieeffizienzklassen fordert die Aufzugshersteller damit indirekt auch auf, ein entsprechendes Qualitätsniveau bei der Anlageninstallation sicherzustellen, um die zugesicherten Verbrauchswerte auch im realen Betrieb erfüllen zu können.¹⁶³

Die dritte, auf die übergeordneten Anlageneigenschaften abzielende Methode ist die Spezifikation von **Leistungswerten für die Passagierbeförderung**. Dazu ist es notwendig, dass die Annahmen zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit sowie die zur Planung genutzten Methoden und ermittelten Ergebnisse im Detail in Ausschreibungs- und Vertragsunterlagen dokumentiert werden.¹⁶⁴ Typische Leistungswerte sind neben der DWZ, der durchschnittliche Fahrkorbfüllgrad bei Abfahrt in der Haupthaltestelle und Aufwärtsspitzenverkehr sowie die Anzahl an Stopps während eines Umlaufes.¹⁶⁵ Da sich jedoch der im Gebäude einstellende Verkehrsstrom in der Regel von dem theoretisch angenommenen Passagierverkehr unterscheidet, sind diese Parameter nur begrenzt an realen Anlagen nachzuweisen.

¹⁶¹ Vgl. VDI 4707 Blatt 1 (2009).

¹⁶² Vgl. DIN EN ISO 25745-2 (2015).

¹⁶³ Vgl. Almeida et al. (2010), S. 105 und VDI 4707 Blatt 2 (2013), S. 4.

¹⁶⁴ Vgl. Peters (2012), S. 53.

¹⁶⁵ Vgl. Jappsen und Rieke (2012), S. 96.

Zudem sind individuelle Wartezeiten von Passagieren nur mit erhöhtem Aufwand in aussagekräftigem Umfang für eine Leistungskontrolle zu ermitteln.¹⁶⁶ Einen alternativen Ansatz bietet dafür die zusätzliche Spezifikation einer sogenannten „Halteverlustzeit“. Diese Kennzahl gibt die Zeitdifferenz einer Aufzugsfahrt von A nach B mit und ohne Zwischenhalt in C an. Der Zeitverlust für den Stopp in C wird dabei Halteverlustzeit genannt, welche im Wesentlichen von den technischen Eigenschaften des Antriebes und der Antriebssteuerung, den Beschleunigungs- und Ruckwerten, der Startverzögerung und den Türlaufzeiten abhängt. Die Halteverlustzeit fasst mehrere technische Anlageneigenschaften in einer Kennzahl zusammen und lässt sich an realen Anlagen zuverlässig überprüfen.¹⁶⁷

Über die Möglichkeiten der zuvor beschriebenen Spezifikation von Aufzugsanlagen hinaus, gilt es, deren Eigenschaften im Laufe ihrer langjährigen Nutzungsphasen zu erhalten. Im Rahmen der Anlagenspezifikation kann dies durch sogenannte **Vollwartungsverträge** erfolgen. Der Begriff Vollwartungsvertrag ist jedoch nicht immer zutreffend, da diese Verträge in der Praxis zusätzlich zum vereinbarten Wartungsumfang auch typische Inspektions- und Instandsetzungstätigkeiten umfassen können. Vollwartungsverträge stellen eine Möglichkeit dar, die Wartungsangebote verschiedener Hersteller zu vergleichen und bieten für die angebotene Vertragsdauer Planungssicherheit und Kostenkontrolle. Zusätzlich wird ein definiertes Verfügbarkeitsniveau der Aufzugsanlagen, über die Vertragslaufzeit hinweg, durch den beauftragten Betrieb gewährleistet und der Verwaltungsaufwand für den Aufzugbetreiber reduziert.¹⁶⁸

Die Spezifikation von Aufzugsanlagen kann grundsätzlich durch die Beschreibung einzelner technischer Komponenten und die Bestimmung übergeordneter Anlageneigenschaften wie die Fahrqualität, die Energieeffizienz oder die Leistungsfähigkeit zur Passagierbeförderung

¹⁶⁶ Vgl. ebd., S. 90.

¹⁶⁷ Vgl. Jappsen (2002), S. 236.

¹⁶⁸ Vgl. Bachmann (1992), S. 48–49.

erfolgen. Für beide Ansätze stehen entsprechende Normen und unterstützende Methoden zur Verfügung und ermöglichen eine umfangreiche Spezifikation der beabsichtigten Anlageneigenschaften. Darüber hinaus können der Leistungsumfang und die Kosten für Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten durch Vollwartungsverträge langfristig festgesetzt werden, was insbesondere die Planungssicherheit erhöht. Grundsätzlich sollten Aufzugspezifikationen, soweit im Rahmen eines Bauprojektes möglich, daraufhin optimiert werden, dass ihre Anforderungen durch Standardprodukte der Aufzugshersteller erfüllt werden können. Dadurch werden Sonderlösungen vermieden, der Anlagenvergleich vereinfacht und die Kosten wie auch die Lieferzeiten für Aufzüge gesenkt.¹⁶⁹

3.4.5 Ansätze der Nachhaltigkeitsbewertung

Wie in der Immobilienwirtschaft sind auch in der Aufzugsbranche die Themen der Nachhaltigkeitsbewertung Gegenstand wissenschaftlicher Forschung und praktischer Anwendung. Dabei werden einzelne Aspekte unterschiedlich intensiv von Experten diskutiert und umgesetzt. Dieses Kapitel bietet einen Überblick über die wesentlichen Entwicklungen und verfügbaren Methoden.

Die Mehrzahl der Aufzugsplanungen konzentriert sich, in Bezug auf deren Kosten, auf die anfänglichen Herstellungskosten und nicht auf die gesamten Lebenszykluskosten im Sinne einer **ökonomischen Nachhaltigkeitsbewertung**. Der Energieverbrauch beeinflusst, obwohl er den größten Teil der Nutzungskosten von Aufzügen darstellt, nicht wesentlich den Entscheidungsprozess.¹⁷⁰ Die weiteren Bestandteile der Nutzungskosten, wie Inspektion, Wartung und Instandsetzung, werden vereinzelt in Form von Angeboten für Vollwartungsverträge während der Planung bewertet. Dabei gilt es, eine jährliche Betrachtungsweise zu vermeiden und die anfallenden Kosten über den

¹⁶⁹ Vgl. Barney und dos Santos (1977), S. 306.

¹⁷⁰ Vgl. Almeida et al. (2010), S. 95 und Dispan (2015), S. 40.

gesamten zu erwartenden Lebenszyklus der Aufzugsanlage zu berücksichtigen.¹⁷¹ Für eine angemessene Wirtschaftlichkeitsberechnung existieren entsprechende Planungshinweise, welche die Berücksichtigung von Herstellungskosten, Nutzungskosten und durch Aufzüge verursachte Bauwerkskosten empfehlen sowie Vertragsmuster für die Instandhaltung und andere Leistungen bereitstellen.¹⁷² Eine Methode zur Bewertung der Lebenszykluskosten von Aufzugsanlagen wurde durch Deppenmeier in 2011 veröffentlicht. Diese berücksichtigt die klassischen Elemente der Lebenszykluskostenrechnung und basiert auf einem Simulationsansatz zur Abschätzung der, im Wesentlichen von der Intensität der Aufzugsnutzung abhängigen Nutzungskosten. Jedoch wurde die entwickelte Methodik bis jetzt nicht von der Aufzugsindustrie aufgegriffen und um die notwendigen realen Kostendatensätze erweitert. Für eine praktische Anwendung sind diese jedoch in Form von detaillierten Herstellungs- und Nutzungskosten, insbesondere in Form von Austauschzyklen von Aufzugskomponenten und Energieverbrauchswerten, unabdingbar.¹⁷³

Da eine zunehmende Anzahl von Neubauprojekten eine Zertifizierung durch Gütesiegel des Nachhaltigen Bauens anstrebt, beschäftigen sich die an der Planung beteiligten Akteure zunehmend auch mit den Umweltauswirkungen von Aufzügen. Die Ökobilanzierung repräsentiert dafür eine mögliche Methodik zur **Bewertung der ökologischen Dimension**. Für Entscheider sind Ökobilanzen von Aufzugsanlagen ein weiteres zusätzliches Instrument, um verschiedene am Markt verfügbare Anlagen zu vergleichen und sich für das ökologisch vorteilhafteste Produkt zu entscheiden. Doch auch die Aufzugshersteller selbst haben ein Interesse daran, die ökologischen Auswirkungen

¹⁷¹ Vgl. Bachmann (1992), S. 48–49 und Deppenmeier (2011), S. 44.

¹⁷² Vgl. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 50–51, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011a), A9 und C7 und Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2010).

¹⁷³ Vgl. Deppenmeier (2011).

ihrer Produkte zu erkennen und zu optimieren.¹⁷⁴ Einige wenige Datensätze sind in öffentlich zugänglichen Baustoffdatenbanken verfügbar. Diese Datensätze unterliegen jedoch einigen Einschränkungen, welche ihre allgemeine Gültigkeit und uneingeschränkte Nutzbarkeit begrenzen.¹⁷⁵ Zusätzlich stellen die Aufzugshersteller zahlreiche ökologische Informationen für ihre Produkte zur Verfügung. Diese nutzen jedoch verschiedene Methoden zur Bestimmung der Umweltauswirkungen und basieren auf Produkten unterschiedlicher Leistungsfähigkeit. Zudem werden nicht alle Annahmen, Einschränkungen und Vereinfachungen zu den jeweiligen Lebenszyklen im Detail ausgewiesen.¹⁷⁶ Die Ergebnisse der Aufzugshersteller sind daher nicht mit einander vergleichbar und die Aussagekraft sowie Nutzbarkeit für Kunden und Entscheider eingeschränkt.¹⁷⁷ Es ist jedoch zu erwarten, dass sich diese Situation durch die vor kurzem veröffentlichten einheitlichen Produktkategorieregeln für die Umweltdeklaration von Aufzügen verbessern wird. Durch die gemeinsame Erarbeitung dieser Regeln innerhalb der Branche, die Beachtung der entsprechenden internationalen Normung und umfangreiche Forschungsergebnisse zu diesem Thema werden vor allem die Vergleichbarkeit der Bilanzierungsergebnisse und deren Akzeptanz in der Praxis sichergestellt.¹⁷⁸ Grundsätzlich kann die Ökobilanzierung von Aufzügen als komplex und umfangreich eingestuft werden. Grund dafür sind die hohe Anzahl an Komponenten und Einzelteilen, die Anpassungen an projektspezifische Gebäudeeigenschaften und der anwendungsbezogene Ressourcenverbrauch der Aufzugsanlagen.¹⁷⁹ Für stark frequentierte, konventionelle Aufzüge kann davon ausgegangen werden,

¹⁷⁴ Vgl. Dinkel (2014), S. 19, Thumm (2014), S. 6 – 8 und Canepa (2011), S. 62.

¹⁷⁵ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015b).

¹⁷⁶ Vgl. Lafuente (2013), S. 55, KONE Corporation und Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (2011).

¹⁷⁷ Vgl. Horny (2014), S. 44.

¹⁷⁸ Vgl. The International EPD® System (2015), König (2015), S. 14–16 und Lafuente (2013), S. 279–298.

¹⁷⁹ Vgl. ebd., S. 56.

dass deren Nutzungsphase den größten Einfluss auf die Umweltauswirkungen und Ressourceninanspruchnahme während der gesamten Produktlebensdauer hat. Für die Ermittlung der Nutzungsintensität und des damit verbundenen Energiebedarfes sind somit die zu erwartende Fahrtenanzahl, die zurückgelegte Fahrstrecke und die durchschnittliche Beladung von grundlegender Bedeutung.¹⁸⁰ Diese Nutzungsparameter lassen sich jedoch nur schwer abschätzen. Die im Rahmen von Forschungstätigkeiten aufgestellten Ökobilanzen von Aufzügen bestätigen jedoch die Abhängigkeit des Energieverbrauches von der Nutzungsintensität und damit vom jeweiligen Verkehrsaufkommen unterschiedlicher Gebäudetypen. Die Methoden zur Berechnung des Energieverbrauches von Aufzügen haben somit einen starken Einfluss auf die Ergebnisse der Ökobilanzen und sollten die Art und Intensität des zu erwartenden Verkehrsaufkommens entsprechend exakt berücksichtigen.¹⁸¹

Es lässt sich festhalten, dass sowohl für die Ökobilanzierung von Aufzügen als auch für die Ermittlung von LZK Kennwerte für den anwendungsspezifischen und nutzungsabhängigen **Energieverbrauch von wesentlicher Bedeutung** sind. Dadurch und aufgrund der zunehmenden Bedeutung des Gesamtenergiebedarfes von Gebäuden ist ein steigendes Interesse an der Energieeffizienz von Aufzügen in den vergangenen Jahren zu beobachten. Seitens der Aufzugshersteller wird das Thema zudem aus Wettbewerbsgründen intensiv fokussiert und umworben.¹⁸² Zur Bestimmung der Energieeffizienz von Aufzugsanlagen wurde die VDI 4707 Blatt 1 entwickelt, welche sowohl für Bestandsanlagen als auch für Neuplanungen angewendet werden kann.¹⁸³ Da die Energieeffizienz durch eine standardisierte Referenzfahrt mit leerer Aufzugskabine ermittelt wird, ist die Richtlinie für Vergleichszwecke verschiedener Anlagen unter einander gut geeignet, ermöglicht jedoch keine Abschätzung eines zu erwartenden

¹⁸⁰ Vgl. ebd., S. 100.

¹⁸¹ Vgl. ebd., S. 68.

¹⁸² Vgl. Almeida et al. (2010), S. 7.

¹⁸³ Vgl. VDI 4707 Blatt 1 (2009).

jährlichen Energieverbrauches.¹⁸⁴ Abgesehen von wenigen Anpassungen wird das Verfahren und die Klassifizierung der VDI 4707 Blatt 1 durch die Normung übernommen.¹⁸⁵ Im Unterschied zur VDI wird jedoch eine detaillierte Berechnungsmethode zur Ermittlung des zu erwartenden täglichen und jährlichen Energieverbrauches bereitgestellt. Die Norm standardisiert die Nutzungsintensität (Anzahl Startvorgänge, Fahrweg, Kabinenbeladung je Nutzungskategorie) und ermöglicht dadurch einen Vergleich unterschiedlicher Aufzugsanlagen in Abhängigkeit zu ihrer Beanspruchung.¹⁸⁶ Eine Betrachtung der zahlreichen weiteren Berechnungsmethoden für den Energiebedarf von Aufzügen zeigt, dass die Berücksichtigung des Verkehrsaufkommens entscheidend für Qualität der Berechnungsergebnisse ist. Insbesondere stark vereinfachende Methoden ermöglichen keine aussagekräftigen Vergleiche, da sie die entscheidenden Parameter wie die Aufzugstechnik, die Fahrkorbbeladung oder die durchschnittliche Fahrtenanzahl fest vorgeben.¹⁸⁷ Des Weiteren besteht die Möglichkeit, den Energieverbrauch von Aufzugsanlagen zu simulieren. Aufbauend auf einem Simulationsmodell zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit, kann mithilfe eines zusätzlichen Energiemoduls zeitgleich der Energiebedarf über die Simulationsdauer ermittelt werden. Dessen Genauigkeit unterliegt dabei den für das Simulationsmodell getroffenen Annahmen und Vereinfachungen.¹⁸⁸ Aufzugsspezifische Simulationssoftware mit integrierten Energiemodellen erfordert jedoch umfangreiches Fachwissen bei deren Anwendung als auch der Interpretation ausgegebener Ergebnisse und ist für eine öffentlich nutzbare Anwendung als zu komplex einzustufen.¹⁸⁹

¹⁸⁴ Vgl. Lafuente (2013), S. 125.

¹⁸⁵ Vgl. DIN EN ISO 25745-1 (2013).

¹⁸⁶ Vgl. DIN EN ISO 25745-2 (2015), S. 5–17.

¹⁸⁷ Vgl. Lafuente (2013), S. 113–139 und 145, Barney und Lafuente (2013), S. 10 und SIA 380-4 (2006), S. 58–62.

¹⁸⁸ Vgl. Al-Sharif, Peters und Smith (2015), S. 4–7, Barney (2011), S. 27–28 und Lafuente (2013), S. 119.

¹⁸⁹ Vgl. ebd., S. 139, 145.

Neben diesen vorhandenen Methoden zur Ermittlung der Energieeffizienz und des Energieverbrauches von Aufzugsanlagen, gab es in der Vergangenheit mehrere Ansätze zur systematischen Messung von realen Energieverbrauchswerten. Dabei wurden im Jahr 2005 in der Schweiz an 33 Aufzugsanlagen die Leistungsaufnahme während einer Leerfahrt in Aufwärts- und Abwärtsrichtung über die gesamte Förderhöhe gemessen. Zudem wurde der Verbrauch für den Standby sowie für Hilfseinrichtungen wie das Fahrkorblicht ermittelt.¹⁹⁰ Durch die Messungen wurde deutlich, dass die zahlreichen Einflussfaktoren und insbesondere die Kombinationen aus Gebäudenutzung und eingesetzter Aufzugstechnik nur begrenzt allgemeingültige Rückschlüsse auf den Energieverbrauch anderer Aufzüge zulassen.¹⁹¹ Erste umfangreiche Langzeitmessungen wurden im Jahr 2009 von Beier in 17 deutschen Krankenhäusern in Form von Wochenmessungen durchgeführt. Doch auch in diesem Projekt wird die Ableitung allgemeingültiger Verbrauchsdaten durch die unterschiedlichen Gebäudehöhen und Auslastungen der Aufzüge sowie deren unterschiedliche Technik (Baujahr, Fahrkorbnennlast, Antriebsart, etc.) erschwert. Zwar werden Unterschiede in Abhängigkeit zum Baujahr und zwischen Standby-Betrieb und Fahrtbetrieb deutlich, ermöglichen jedoch keine Ableitung von Verbrauchskennwerten für die Planung. Zudem bleiben die Erkenntnisse beschränkt auf die Anwendung in Krankenhäusern.¹⁹² Im Rahmen des europäischen Intelligent Energy Europe Programms wurden im Jahr 2010 weitere 71 Aufzugsanlagen in Europa erneut mit der Methode der Referenzfahrt gemessen. Deren eingeschränkte Nutzbarkeit gilt, wie auch für die Messungen von Nipkow in 2005, entsprechend.¹⁹³ Ein weiteres Projekt zur Ermittlung von realen Energieverbrauchswerten wurde im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau im Zeitraum 2012 bis 2015 gefördert. Planer sollten erstmalig in die Lage versetzt werden, aus verschiedenen in Deutsch-

¹⁹⁰ Vgl. Nipkow (2005), S. 13–19.

¹⁹¹ Vgl. ebd., S. 9.

¹⁹² Vgl. Beier (2009), S. 47–53.

¹⁹³ Vgl. Almeida et al. (2010), S. 61–62.

land vorkommenden Kombinationen von Gebäude- und Aufzugstypen, entsprechende Energiekennwerte für ihre Planung bestimmen zu können. Jedoch konnte auch dieses Forschungsprojekt keine umfassenden und allgemein gültigen Planungskennwerte aus den unterschiedlichen Gebäude- Anlagenkombinationen ableiten.¹⁹⁴ Somit stehen, trotz der Notwendigkeit von Energieverbrauchswerten für eine frühzeitige ökonomische wie auch ökologische Bewertung von Aufzügen, bislang keine entsprechenden allgemeingültigen Planungskennwerte zur Verfügung.

Für die **Bewertung der sozialen Qualitäten** von Aufzügen steht im Gegensatz zu den ökonomischen und ökologischen Qualitäten derzeit noch kein eigenständiger Ansatz zur Verfügung. Der Entscheidungsprozess wird diesbezüglich vor allem durch Aspekte wie den Fahrkomfort oder die Fahrkorbausstattung beeinflusst. Sicherheitsaspekte werden aufgrund des bereits hohen Schutzniveaus bestehender und neuer Anlagen nicht mehr explizit in den Entscheidungsprozess einbezogen, sondern vielmehr als gegebene Grundeigenschaft vorausgesetzt.¹⁹⁵ Einzelne soziale Aspekte werden zudem durch die jeweiligen Landesbauordnungen gefordert, welche in Abhängigkeit zu den Gebäudeeigenschaften eine entsprechende Barrierefreiheit der Aufzugstechnik fordern.¹⁹⁶

¹⁹⁴ Vgl. Unholzer, Lützkendorf und Michl (2015), S. 52–56.

¹⁹⁵ Vgl. Almeida et al. (2010), S. 95.

¹⁹⁶ Vgl. Landesbauordnung Baden-Württemberg (2010), §§ 29 und 39.

Die folgende Tabelle fasst die diskutierten Ansätze zur Nachhaltigkeitsbewertung von Aufzugsanlagen abschließend zusammen.

	Ökonomische Qualität	Ökologische Qualität	Soziale Qualität
Theoretischer Ansatz	- Lebenszykluskostenrechnung	- Ökobilanzierung	- -
Vorhandene Methoden u. Hilfsmittel	- Methode zur Bewertung von LZK von Aufzugsanlagen (Deppenmeier, 2011) - Beurteilung und Kennzeichnung der Energieeffizienz von Aufzügen (VDI 4707 Blatt1)	- Methode zur Ökobilanzierung von Aufzugsanlagen (Lafuente, 2013) - Produktkategorie-regeln für Aufzüge (Seit 2015-10) - Umweltprodukt-deklarationen (DIN EN 15804)	- Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen (DIN EN 81 Reihe) - Landesbauordnungen - Messung der Fahrqualität (ISO 18738-1)
Praktisches Vorgehen	- Berücksichtigung der Herstellungskosten - Vergleich der Energieeffizienz - Vergleich von Angeboten für Vollwartungsverträge	- Nutzung vorhandener Ökobilanzdaten ausgewählter Systeme (Ökobau.dat) - Nutzung allgemeiner Umweltinformationen der Aufzugshersteller - Nutzung der ausgewiesenen Energieeffizienzklasse	- Beachtung der Normung (DIN EN 81 Reihe) - Beachtung der Landesbauordnungen und Brandschutzanforderungen - Messung der Fahrqualität - Vergleich von Kabinenausstattungen

Tabelle 10: Ansätze, Methoden und praktisches Vorgehen zur ökonomischen, ökologischen und sozialen Bewertung von Aufzügen (Eigene Darstellung)

Zusammenfassend existieren somit erste Ansätze zur Bewertung einzelner Aspekte der Nachhaltigkeit von Aufzügen, insbesondere für deren LZK und Umweltauswirkungen. Für eine allgemeingültige und praktische Anwendung fehlen derzeit jedoch reale Datensätze, insbesondere für den Energieverbrauch von Aufzügen, welche sowohl für die LZKR wie auch für die Ökobilanzierung von übergeordneter Bedeutung sind. Das Zertifikat zur Energieeffizienz von Aufzugsanlagen (VDI 4707 Blatt 1) findet zunehmend Anwendung und Akzeptanz in der Branche. Eine genormte Methode zur Berechnung des jährlichen Energieverbrauches von Aufzügen, unter Berücksichtigung der zu erwartenden Nutzungsintensität, existiert bereits.¹⁹⁷ Für ein-

¹⁹⁷ Vgl. DIN EN ISO 25745-2 (2015).

heitliche Umweltproduktdeklarationen stehen entsprechende PKR seit Kurzem zur Verfügung. Die soziale Qualität wird durch Einzelaspekte abgebildet und in Form der Fahrqualität, Kabinenausstattung oder Barrierefreiheit der Anlage bewertet. Eine zunehmende Beachtung und Weiterentwicklung ökonomischer, ökologischer und sozialer Eigenschaften von Aufzügen ist somit zu erkennen, wobei die ökonomischen und ökologischen Qualitäten dominieren.

4 Zwischenfazit der Gebäude- und Aufzugsplanung

Die anhaltende Urbanisierung erfordert eine Verdichtung der städtischen Lebensformen, welche unter anderem durch höhere Gebäude und Hochhäuser erreicht werden kann.¹ Deren vertikale Erschließung durch Aufzüge ist heute eine grundlegende technische Voraussetzung.² Zugleich stehen die beträchtlichen Umweltauswirkungen von Gebäuden und ihren Bauteilen, sowohl in Form der natürlichen Ressourceninanspruchnahme als auch ihrer umweltschädlichen Emissionen, zunehmend in der Kritik.³ Dabei setzt sich der Gedanke des Nachhaltigen Bauens unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und soziokultureller Aspekte durch. Dies führt auf tieferen Betrachtungsebenen zu einer stärkeren Berücksichtigung der einzelnen Bauteile und Bauprodukte eines Gebäudes.⁴ Die Planung von Aufzügen wurde bislang von dieser Entwicklung nur in Ansätzen erfasst und berücksichtigt lediglich ausgewählte Teilaspekte.

4.1 Anforderungen an die Gebäudeplanung

Die klassischen Ziele der Gebäudeplanung und Errichtung sind auf die Einhaltung der vereinbarten Herstellungskosten, Termine und Qualitäten ausgerichtet. Als typischer Dreiklang des Projektmanagements ist diese Zielkombination in der Praxis etabliert und wird durch ausgereifte Hilfsmittel sichergestellt. Das **Nachhaltige Bauen** erweitert dieses Zielsystem, unter anderem durch seinen grundle-

¹ Vgl. Busenkell (2010), S. 36–38.

² Vgl. Kloft (2002), S. 11.

³ Vgl. European Commission (2015).

⁴ Vgl. ISO 15392 (2008), S. 7–8.

genden Lebenszyklusansatz. Die Herstellungskosten werden im Sinne der Lebenszykluskosten um die Nutzungskosten erweitert. Das Terminziel bleibt nicht mehr auf die Gebäudeübergabe nach Fertigstellung beschränkt, sondern wird um weitere zeitliche Aspekte wie die Verfügbarkeit oder Ausfallzeiten einzelner Bauteile während ihrer Nutzung erweitert. Die klassische Abnahmequalität erstreckt sich zusätzlich auf eine während der Nutzung zu erbringende Qualität, Zuverlässigkeit oder Sicherheit.⁵ Für eine Bewertung der Umweltauswirkungen während der Gebäudenutzung sind die Instandsetzungszyklen und energieverbrauchende Prozesse für Wärmeerzeugung, Warmwasserbereitung, Klimatisierung und auch Förderanlagen zu berücksichtigen.⁶ Zusätzlich gilt es, das dem Nachhaltigen Bauen zugrunde liegende Konzept der integralen Planung umzusetzen. Dieses konzentriert sich auf das komplexe Zusammenspiel der verschiedenen Akteure und deren fachliche Zusammenhänge, welche zu identifizieren, zu optimieren und entsprechend frühzeitig in die Planung einzubeziehen sind.⁷

Als Hilfestellung zur Berücksichtigung dieser Grundsätze und Qualitäten entstanden in den vergangenen Jahren zahlreiche **Werkzeuge und Hilfsmittel**. Diese richten sich an unterschiedliche Zielgruppen und berücksichtigen verschiedene Bewertungsinhalte sowie Lebenszyklusphasen. Beispielhafte Hilfsmittel zur Berücksichtigung der ökologischen Qualität sind die verfügbaren Umweltdeklarationen von Bauprodukten, Bauteilkataloge, ökologisch orientierte Leistungsbeschreibungen, der Energieausweis, diverse Checklisten und Leitfäden sowie die Kriterien des BNB oder der DGNB.⁸

Die Anwendung dieser Hilfsmittel und Werkzeuge wird dabei zunehmend verpflichtend und hält durch den politischen und wirtschaftlichen Wandel **Einzug in das öffentliche und private Baurecht**.

⁵ Vgl. Balck (2012), S. 55–56.

⁶ Vgl. König et al. (2009), S. 54.

⁷ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011k), S. 59–60.

⁸ Vgl. Ebert, Eßig und Hauser (2010), S. 23–24.

Durch internationale Abkommen und europäische Verpflichtungen zum Klimaschutz entstehen zunehmend rechtlich verpflichtende Anforderungen verschiedener Art wie beispielsweise jene der Europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Zudem hat die Bauwirtschaft die Vorteile der Planung und Vermarktung nachhaltiger Gebäude erkannt und fordert diese zunehmend aktiv ein.⁹

Das Konzept des Nachhaltigen Bauens und die ihm zugrunde liegenden, zusätzlich zu beachtenden Aspekte steigern somit die ohnehin hohe Komplexität der Gebäudeplanung und dessen Anforderungen.

4.2 Anforderungen an Bauteile und Bauprodukte

Die **Betrachtung tieferer Bauteilebenen** führt zu der Erkenntnis, dass sich die Gesamtleistungsfähigkeit von Gebäuden zu einem wesentlichen Anteil aus der Leistungsfähigkeit der einzelnen Bauteile und deren Qualitätseigenschaften ergibt. Diese Qualitätseigenschaften werden wiederum durch die Wahl des spezifischen Bauproduktes bestimmt. Deren nachhaltige Eigenschaften gewinnen an Bedeutung und werden zunehmend abgefragt sowie kritisch hinterfragt.¹⁰

Eine rein techno-ökonomische Beschreibung von Bauteilen und Bauprodukten ist somit um zusätzliche Angaben zu deren Lebens- und Nutzungsdauern, ökologischen Auswirkungen, zu erwartenden Lebenszykluskosten und soziokulturellen sowie funktionalen Eigenschaften zu erweitern. Die steigenden Anforderungen der Gebäudeplanung übertragen sich damit auf die verschiedenen Ebenen der Bauteile und Bauprodukte. Dabei gilt es, den dadurch **zunehmenden Informationsbedarf** der nachfragenden Akteure zu bedienen und die jeweiligen Bauprodukte an die zusätzlichen nachhaltigen Anfor-

⁹ Vgl. ebd., S. 17–20.

¹⁰ Vgl. Balck (2010).

derungen anzupassen. In Bezug auf die Aufzugsplanung stehen insbesondere diese bauteil- und bauproduktspezifischen Informationen derzeit nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung, was vor allem die praktische Anwendung der bereits vorhandenen Planungsmethoden und -hilfsmittel erschwert. Für eine Betrachtung der LZK von Aufzügen sind, neben den zu ermittelnden Herstellungskosten, vor allem bauteil- wie auch bauproduktspezifische Nutzungskosten in Form der Austauschzyklen von Komponenten, der zu erwartenden Kosten für Inspektion, Wartung und Instandsetzung sowie dem nutzungsabhängigen Energieverbrauch notwendig.¹¹ Insbesondere die nur eingeschränkt vorhandenen Energiekennwerte erschweren die Ermittlung von LZK und Umweltauswirkungen von Aufzügen. Dabei erscheint dieser Mangel unbegründet, da die Aufzugsindustrie die Themen der Energieeffizienz ihrer Produkte seit Jahren intensiv fokussiert und umwirbt. Umfangreiche Kennwerte für die Planung existieren jedoch bisweilen nicht.¹²

Die eingangs beschriebenen, gestiegenen Anforderungen an Bauteile und Bauprodukte, insbesondere in Bezug auf den zusätzlichen Informationsbedarf, betreffen somit auch die Aufzugsplanung. Für frühe Planungsphasen auf Bauteilebene fehlen bislang neutrale anwendungsbezogene Kennwerte. Doch auch auf Bauproduktebene stehen noch nicht alle notwendigen Informationen für eine ganzheitliche Bewertung von Varianten zur Verfügung.

¹¹ Vgl. Deppenmeier (2011), S. 146–147.

¹² Vgl. Almeida et al. (2010), S. 100.

4.3 Die Aufzugsplanung als Teil der Gebäudeplanung

Trotz der steten Bedeutungszunahme von Aufzügen als zentrales Mittel der vertikalen Beförderung in Gebäuden und den zugleich steigenden Anforderungen an die Gebäudeplanung und dessen Bauteile, fehlt es bislang an entsprechenden **Hilfsmitteln für die Aufzugsplanung**. Allein die Positionierung und Anordnung von Aufzügen im Gebäudekern hat einen direkten und wesentlichen Einfluss auf die Gebäudeplanung. Diese beeinflusst, durch die zu gewährleistenden Gebäudefunktionen und Gebrauchseigenschaften, wiederum die Planung der Aufzugsanlagen. Die sich daraus ergebenden Wechselbeziehungen verleihen der Aufzugsplanung eine Komplexität, welche ein gemeinsames iteratives Vorgehen kompetenter Akteure erfordert.¹³

Die Praxis zeigt jedoch, dass **fachkundige spezialisierte Aufzugsberater** nur in wenigen Bauprojekten hinzugezogen werden, obwohl die sonstigen beteiligten Akteure häufig nur geringe Kenntnisse der Aufzugsplanung besitzen.¹⁴ Sind Aufzugsberater an der Planung beteiligt, ist deren Einfluss auf die Entscheidung für Aufzüge meist dennoch begrenzt. In Abhängigkeit zur jeweiligen Projektkonstellation entscheidet meist der Architekt und dessen Team, der Bauherr oder der Bauunternehmer über die Ausgestaltung der Aufzugstechnik.¹⁵

Die sich daraus ergebende Unschärfe im Planungsablauf sowie die teilweise begrenzte Kompetenz der beteiligten Akteure begründen auch den oftmals **ingeschränkten Entscheidungsumfang** bei der Planung von Aufzugsanlagen. Dieser umfasst primär die klassischen Herstellungskosten sowie den Umfang der Wartungs- und Instandsetzungsangebote verschiedener Aufzugshersteller. Für Architekten

¹³ Vgl. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 20 und Adler (1970), S. 23.

¹⁴ Vgl. Almeida et al. (2010), S. 103.

¹⁵ Vgl. ebd., S. 96.

ist zusätzlich der benötigte Raum für Aufzugsanlagen ein weiteres mögliches Entscheidungskriterium.¹⁶ Entscheidende Kriterien, welche zunächst die funktionale Eignung einer Aufzugsanlage sowie deren quantitative und qualitative Leistungsfähigkeit beschreiben, rücken oftmals in den Hintergrund oder bleiben gänzlich unberücksichtigt.

Dieser Effekt wird zusätzlich durch die **Komplexität der zur Leistungsbestimmung notwendigen Methoden** verstärkt. In der Praxis finden diesbezüglich sowohl die vorgestellte UZK als auch die Simulation ihre Anwendung. Dabei kommt es vor, dass insbesondere die grundlegenden Begriffe und Konzepte dieser Methoden missverstanden, verwechselt und falsch angewandt werden.¹⁷ Zudem täuschen Ergebnisausdrucke und Grafiken der verfügbaren Softwareanwendungen über die getroffenen Annahmen und Unsicherheiten hinweg und erzeugen ein Gefühl der Planungssicherheit, deren Qualität jedoch von den vorgenommenen Eingaben und gesetzten Bedingungen abhängt.¹⁸ Seit der umfassenden Einführung und Anwendung von Simulationssoftware steht die Aufzugsbranche vor der grundsätzlichen Herausforderung deren Anwendung zu vereinheitlichen und zu standardisieren.¹⁹ Erschwerend kommt hinzu, dass eine Überprüfung der durch Simulation ermittelten Leistungsdaten an realen Aufzugsanlagen nicht ohne weiteres möglich ist. Da sowohl der reale Verkehrsfluss stets von den theoretischen Annahmen abweicht und die realen Wartezeiten von Passagieren häufig nicht in ausreichendem Umfang ermittelt werden können, steht derzeit kein geeignetes Werkzeug zur Überprüfung der tatsächlichen Leistungsfähigkeit von Aufzügen zur Verfügung.²⁰

¹⁶ Vgl. ebd., S. 95.

¹⁷ Vgl. Christy (2014), S. 61 und Finschi (2011), S. 84.

¹⁸ Vgl. Barney und dos Santos (1977), S. 192.

¹⁹ Vgl. Peters (2010a), S. 4–5.

²⁰ Vgl. Jappsen und Rieke (2012), S. 90.

Das gegenwärtige Bild der Aufzugsplanung ist somit gekennzeichnet durch eine nur begrenzt überprüfbare Leistungsfähigkeit von realen Aufzugsanlagen, der fragwürdigen Anwendung der zur Verfügung stehenden Planungsmethoden und den eingeschränkten Kenntnisse einer Aufzugskundschaft.²¹ Grundlegende funktionale Eigenschaften wie auch ökonomische, ökologische und soziale Qualitäten werden dadurch nicht systematisch berücksichtigt und fließen nur teilweise sowie in Abhängigkeit vom jeweiligen Projekt in die Aufzugsplanung mit ein. Die Planung von Aufzügen entspricht somit nur begrenzt den steigenden Anforderungen der ihr übergeordneten Gebäudeplanung und der zunehmenden Bedeutung von Bauteil- und Bauproduktebenen.

²¹ Vgl. Powell (2012), S. 74.

5 Entwicklung von Hilfsmitteln für die Aufzugsplanung

Um eine Anpassung an die beschriebenen Entwicklungen der übergeordneten Gebäudeplanung und die steigenden Anforderungen an die Planung von Bauteilen und Bauprodukten zu ermöglichen, werden in den folgenden Kapiteln verschiedene Hilfsmittel für die identifizierten Schwachstellen der Aufzugsplanung entwickelt.

Zunächst erfolgt eine systemtheoretische und **erweiterte Betrachtung des Bauteils Aufzug**. Es wird dabei deutlich, dass die klassische Betrachtung der reinen Aufzugstechnik im Kontext der steigenden Planungsanforderungen keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefern kann. Im Sinne der übergeordneten Gebäudeplanung ist vielmehr eine ganzheitliche Betrachtung der vertikalen Beförderung von Personen und Lasten notwendig. Dafür sind sowohl die Aufzugstechnik als auch die dafür notwendige Baukonstruktion in Form von Fahrschächten, Vorräumen und Maschinenräumen zu berücksichtigen. Werden diese als Einheit betrachtet, können Aspekte wie die funktionale Nutzbarkeit, der Flächenbedarf oder die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben frühzeitig und vollständig im Planungsablauf berücksichtigt werden. Eine erweiterte Betrachtung verbindet dabei die aufeinander angewiesenen Bestandteile Aufzugstechnik und Baukonstruktion zu einem gemeinsamen Beförderungssystem (BFS) und ermöglicht die eindeutige Abgrenzung zu anderen Bauteilen und Bauteilplanungen.

Aufbauend auf diesem erweiterten Systemverständnis ist es erforderlich, einen Kriterienkatalog zu entwickeln, welcher die Planenden in die Lage versetzt, die **funktionalen Grundeigenschaften des BFS** vollständig erfassen zu können. Dabei steht die Fragestellung im Vordergrund, wann die vertikale Beförderung von Personen und Lasten

als hinreichend erfüllt angesehen werden kann und in welcher Art und Weise mögliche Qualitätsunterschiede erfasst und bewertet werden können. Dafür wurden drei funktionale Hauptkriterien identifiziert, welche jeweils über mehrere Einzelkriterien und deren Parameter eine vollständige funktionale Bewertung von BFS ermöglichen. Der bis dato eingeschränkte Entscheidungsumfang bei der Planung von Aufzugsanlagen und die in der Praxis oftmals dominierende durchschnittliche Wartezeit der Passagiere werden somit um weitere funktionale Kriterien und einen abgestimmten Kriterienkatalog erweitert. Dieser ermöglicht erstmalig eine differenzierte und systematische Berücksichtigung der funktionalen Äquivalenz verschiedener Planungsvarianten in frühen Planungsphasen.

Im vorgestellten Verständnis des Nachhaltigen Bauens sind neben funktionalen Qualitäten auch die ökonomischen, ökologischen und sozialen Eigenschaften von Gebäuden und ihren Bauteilen zu berücksichtigen. Für die Ermittlung ökonomischer und ökologischer Qualitäten von Aufzugsanlagen lassen sich die bereits vorhandenen und vorgestellten Methoden der LZKR und Ökobilanzierung entsprechend anwenden. Für eine Bewertung der **sozialen Qualität von BFS** stehen derartige Methoden und Kriterien noch nicht zur Verfügung. Der daraufhin zusammengestellte Kriterienkatalog umfasst jene, bislang nur vereinzelt berücksichtigten Aspekte der Barrierefreiheit, Anpassungsfähigkeit an geänderte Nutzungsbedingungen oder die Herkunft der angebotenen Bauteile und Dienstleistungen. Die sozialen Kriterien vervollständigen damit eine, an den Kriterien des Nachhaltigen Bauens orientierte Planung von BFS und erweitern den bisherigen Entscheidungsumfang.

Die bis dahin für die Planung von Aufzugsanlagen typischen technischen, ökonomischen und ökologischen Kriterien werden somit um funktionale und soziale Kriterienkataloge erweitert und erlauben dadurch eine umfassendere und vollständigere Bewertung der Aufzugstechnik in ihren erweiterten Systemgrenzen. Um zusätzlich in die Lage versetzt zu werden, unterschiedliche Entwurflösungen von BFS

frühzeitig entwickeln und bewerten zu können, ist es erforderlich, spezifische Anforderungen an diese zu formulieren. Dafür wird zunächst analysiert, welche Rahmenbedingungen und Anforderungen des Gebäudes und seiner Nutzung für das BFS relevant sind und wann diese im Planungsverlauf erstmalig zur Verfügung stehen. Das daraufhin entwickelte **Anforderungsprofil für BFS** leitet, aus seinem jeweiligen Projektumfeld heraus, spezifische Anforderungen an das BFS ab und ist bereits in frühen Planungsphasen anwendbar.

Da nun bereits zu Planungsbeginn Anforderungsprofile für BFS aufgestellt werden können, wird in einem nächsten Schritt untersucht, in wie weit eine entsprechend frühzeitige und integrale **Planung von BFS auf Bauteilebene** möglich ist. Dabei zeigt sich, dass sich durch die zuvor entwickelten funktionalen Kriterien äquivalente Planungsvarianten ohne herstellerepezifische Angaben bilden lassen und ein erster Variantenvergleich bereits auf Bauteilebene möglich ist. Dessen Genauigkeit ist in Anbetracht der frühen Planungsphase als hinreichend exakt zu bewerten und lässt sich zudem im weiteren Planungsverlauf sukzessive präzisieren. Zudem wird ein mögliches Vorgehen zur Leistungsbestimmung der Anlagentechnik vorgestellt, welches vor allem einen Vergleich verschiedener Entwurfslösungen untereinander erlaubt.

Aus dieser herstellerunabhängigen Bauteilplanung lassen sich spezifische Bauproduktanforderungen an die Aufzugstechnik und die dafür notwendige Baukonstruktion ableiten. Für die Aufzugstechnik geschieht dies durch ein weiteres Anforderungsprofil, welches die bisherigen Planungsergebnisse in spezifischere Anforderungen an die jeweiligen Aufzugshersteller und deren Produkte überführt. Dadurch werden der **Übergang von der Bauteil- zur Bauproduktplanung** sowie die funktionale Äquivalenz der daraufhin angebotenen Aufzugstechnik sichergestellt.

Eindeutige Anforderungsprofile für die Aufzugstechnik schränken die Vielfalt an möglichen Produktvariationen ein, fokussieren die Bieter auf die bislang geplanten Bauteilvarianten und ermöglichen einen detaillierten Vergleich funktional äquivalenter Anlagentechnik.

Als abschließendes Planungshilfsmittel wird eine Checkliste für die **Realisierung der geplanten Bauteil- und Bauprodukteigenschaften** bereitgestellt, welche primär für eine regelmäßige Kontrolle während der Nutzungsdauer ausgelegt ist. Diese sichert die langfristigen Leistungseigenschaften des BFS im Rahmen seiner Nutzung und orientiert sich am übergeordneten Lebenszyklusgedanken.

Mit den vorgestellten Planungshilfsmitteln wird sowohl der bislang vorhandene Betrachtungsgegenstand als auch der Entscheidungsumfang der Aufzugsplanung erweitert. Zudem werden Hilfsmittel angeboten, welche eine frühzeitige Integration in die Gebäudeplanung, einen Variantenvergleich von BFS auf Bauteilebene sowie die systematische Überführung in die Bauproduktebene bis hin zum langfristigen Betrieb gewährleisten. Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht der entwickelten Hilfsmittel für die Aufzugsplanung, welche in den folgenden Kapiteln im Detail beschrieben werden.

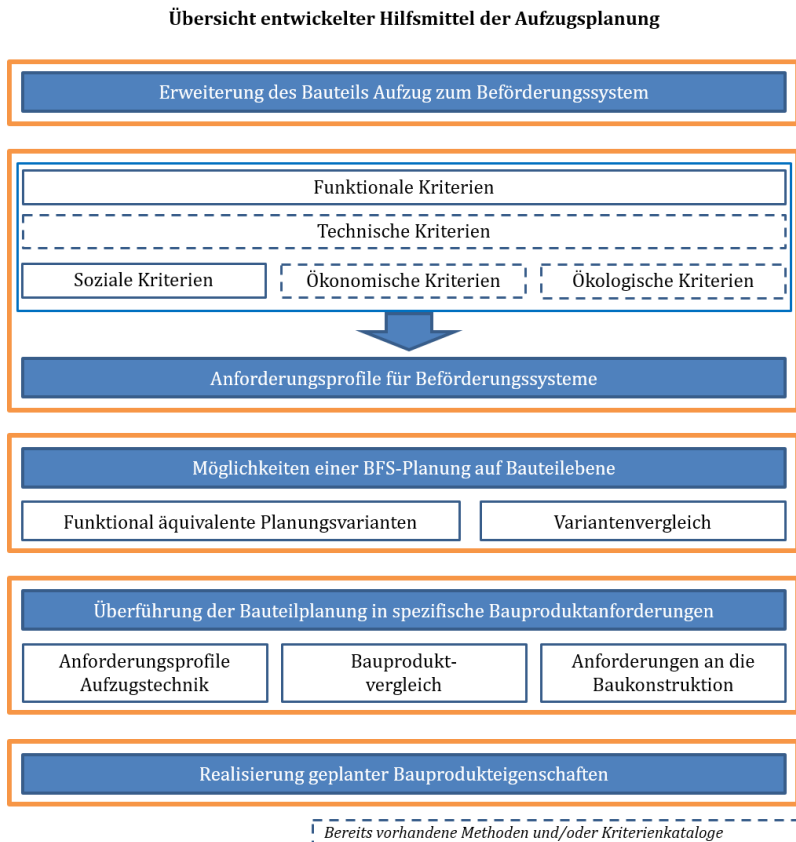


Abbildung 12: Übersicht entwickelter Hilfsmittel der Aufzugsplanung
(Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN EN 15643-1 (2010), S. 5)

5.1 Systemtheoretische Betrachtung des Bauteils Aufzug

In diesem Kapitel erfolgt, im Verständnis der allgemeinen Systemtheorie, eine erweiterte Betrachtung des klassischen Bauteils Aufzug. Dafür werden zunächst die Grundlagen der allgemeinen Systemtheorie

vorgestellt. Anschließend wird das gegenwärtige Verständnis des Bauteils Aufzug in Form seiner klassischen Systemgrenze beschrieben, um darauf aufbauend eine erweiterte Systemgrenze zu entwickeln. Diese erweitert den bisherigen Betrachtungsumfang der Aufzugsplanung und verlässt die typische Bauproduktebene Aufzug. Abschließend werden die Schnittstellen der vertikalen Beförderungen von Personen und Lasten mit dem Gebäude identifiziert und ein erweitertes Systemverständnis als Hilfsmittel für die Aufzugsplanung abgeleitet.

5.1.1 Grundlagen der allgemeinen Systemtheorie

Die **allgemeine Systemtheorie** hat sich aus mehreren Ursprüngen entwickelt, wobei die Erkenntnisse von Ludwig von Bertalanffy als Grundlage und Ursprung der ihm folgenden modernen Systemtheorie und dessen Weiterentwicklungen angesehen werden können.¹ Die Systemtheorie versteht ein System grundsätzlich als eine Gesamtheit von Elementen. Diese Elemente verfügen über bestehende oder herstellbare Beziehungen untereinander.² Die Gesamtheit von Elementen oder auch Ganzheit von Systemen bezieht sich auf den jeweiligen Betrachtungsgegenstand und ergibt sich aus der beabsichtigten Untersuchung. Dabei kann ein System in ein übergeordnetes Supersystem eingeordnet sein, wie auch aus weiteren Subsystemen bestehen. Jedes System besteht jedoch aus Elementen, welche die kleinste zu unterteilende Betrachtungsebene bilden. So kann ein Untersuchungsgegenstand je nach Intention der Untersuchung sowohl System als auch Element eines Systems sein. Die Verbindungen zwischen Elementen werden als Beziehungen bezeichnet, welche das Verhalten der einzelnen Elemente und des übergeordneten Systems bestimmen.

¹ Vgl. Bleicher (1972), S. 18, Ropohl (2009), S. 72 und Grass (2003), S. 67.

² Vgl. Flechtner (1966), S. 353.

Die ein System beschreibende Systemstruktur ergibt sich somit aus der Lage der Elemente im System und den jeweiligen Elementbeziehungen untereinander.³

Grundsätzlich können drei **wesentliche Systemkonzepte** unterschieden werden. Diese unterteilen sich in das funktionale, das strukturelle und das hierarchische Systemkonzept und sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Dabei werden auch die bereits eingeführten Begriffe Element, Beziehung, Supersystem und Subsystem veranschaulicht.⁴

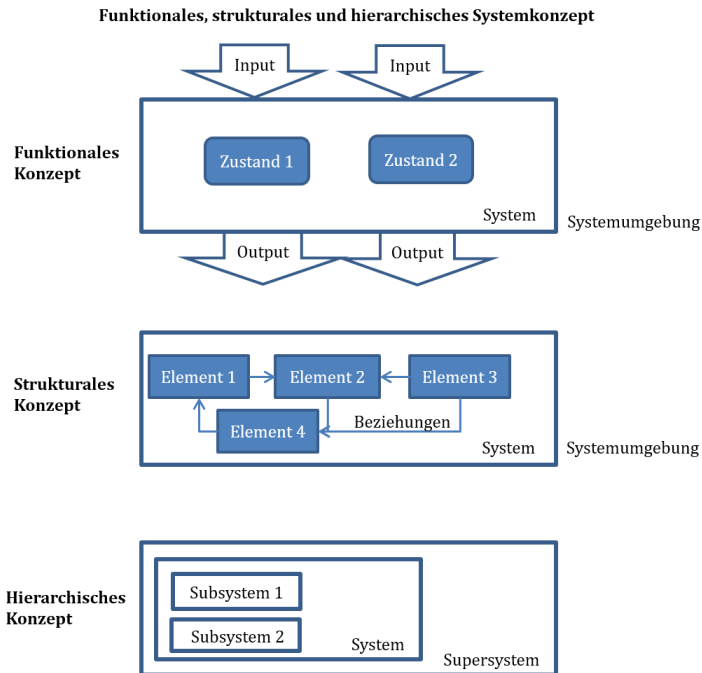


Abbildung 13: Funktionales, strukturelles und hierarchisches Systemkonzept
(Eigene Darstellung in Anlehnung an Ropohl (2009), S. 76)

³ Vgl. Ulrich (1970), S. 105–111 und Grass (2003), S. 67–68.

⁴ Vgl. Ropohl (2009), S. 75–77.

Das funktionale Konzept betrachtet das System von außen, ohne dessen innere Abläufe in Form der Elemente und deren Beziehungen zu kennen. Ein funktionales System erhält einen oder mehrere Eingangsgrößen (Input), ändert daraufhin teilweise seinen Zustand und erzeugt einen oder mehrere Ausgangsgrößen (Output). Dabei rücken vor allem die zuvor beschriebene Ganzheit und das Verhalten des Systems in den Vordergrund der Betrachtung. Das strukturelle Konzept versucht die einzelnen Systemelemente und deren Beziehungen untereinander zu analysieren und zu verstehen. Systemeigenschaften werden durch das Zusammenspiel der Systemelemente erklärt, wohingegen deren einzelne Zustände und Beziehungen in einen Gesamtzusammenhang gebracht werden. Das hierarchische Systemkonzept ordnet ein System in ein übergeordnetes Supersystem ein. Subsysteme bilden untergeordnete Einheiten eines Systems. Somit ermöglichen Supersysteme ein Verständnis der übergeordneten Bedeutung eines Systems, wohingegen Subsysteme tieferliegende Details offenbaren.⁵

5.1.2 Klassische Systemgrenze

Aufbauend auf den Analysen zur Aufzugsplanung und den Erkenntnissen möglicher Planungsschwachstellen wird im Rahmen dieses Kapitels und im Sinne der allgemeinen Systemtheorie der Versuch unternommen, die klassische Grenze des Systems Aufzug zu skizzieren. Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, variieren die Systemgrenzen in Abhängigkeit zum untersuchten Betrachtungsgegenstand, wodurch ein Aufzug sowohl ein System als auch ein Systemelement darstellen kann.⁶ Zudem entscheidet das genutzte Systemkonzept über die Art und den Umfang der betrachteten Systemdetails.⁷ Daher erscheint es sinnvoll, mögliche Systemgrenzen zunächst aus den unterschiedlichen Blickwinkeln der an der Aufzugsplanung primär beteiligten Akteursrollen zu betrachten. Aus den vorangegangenen

⁵ Vgl. ebd., S. 75–77.

⁶ Vgl. Ulrich (1970), S. 105–111.

⁷ Vgl. Ropohl (2009), S. 75–77.

Überlegungen zu möglichen Akteurs-Konstellationen sind dafür vorrangig der Architekt, der Aufzugsberater und der Aufzugshersteller von Bedeutung.

Architekten haben entsprechend ihres Aufgabengebietes die gestalterische, technische und wirtschaftliche Planung von Gebäuden sicherzustellen. Zudem lenken und überwachen sie die Planung sowie die Ausführung des Bauprojektes und beraten, betreuen und vertreten den Bauherrn.⁸ Aufgrund dieser umfangreichen Tätigkeiten und der grundlegenden Komplexität der Gebäudeplanung sind Architekten, in Abhängigkeit vom jeweiligen Bauprojekt, auf spezialisierte Berater angewiesen.⁹ Daraus ergibt sich, dass ein Architekt sich nicht im Detail mit sämtlichen technischen Funktionsweisen und Besonderheiten aller Bauteile beschäftigt. Er überlässt die fachliche Planung dem Aufzugsberater und abstrahiert das Bauteil Aufzug auf für ihn wesentliche Schnittstellen mit dem Gebäude. Aus systemtheoretischer Sicht entspricht dieses Verhalten dem funktionalen Systemkonzept (Siehe Abbildung 14). Der Aufzug wird seitens des Architekten als eine Art „Black-Box“ gesehen, welche aus bestimmten Eingangsgrößen entsprechende Ausgangsgrößen generiert. Die inneren Elemente und deren Beziehungen, als Zusammenspiel von Antrieb, Tragseilen, Aufzugskabine, Steuerung und anderen Teilen, treten dabei in den Hintergrund. Der Aufzug wird vor allem auf seine technischen Grenzen in Form der benötigten Abmessungen für den Fahrschacht reduziert. In späteren Planungsstadien kommen dann die bereits vorgestellten weiteren Entscheidungsparameter wie die Herstellungskosten oder das Kabinendesign hinzu.

⁸ Vgl. Architektenkammer Baden-Württemberg (2012), § 1.

⁹ Vgl. Hornung (2002), S. 253.

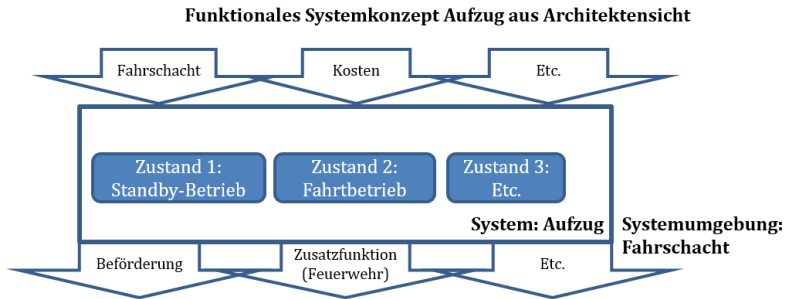


Abbildung 14: Funktionales Systemkonzept Aufzug aus Architektensicht
(Eigene Darstellung in Anlehnung an Ropohl (2009), S. 76)

Aufbauend auf diesem funktionalen Systemkonzept des Architekten besteht die Aufgabe von **Aufzugsberatern** oftmals darin, eine technische Lösung unter Berücksichtigung der bereits aufgestellten Ein- und Ausgangsgrößen zu entwickeln. Der Aufzugsberater platziert entsprechende Aufzugstechnik und analysiert das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten, um eine optimierte Anlage zusammenzustellen. Dafür stehen die Methoden der UZK, Simulation und technischen Auslegung zur Verfügung. Das zugrundeliegende Systemkonzept ist dabei als struktural zu charakterisieren.

Ähnlich wie der Aufzugsberater folgt der **Aufzugshersteller** ebenfalls einem strukturalen Systemkonzept, da er die Möglichkeit zur technischen Realisierbarkeit durch seine Produkte prüfen und bestätigen muss (Siehe Abbildung 15). Die typischen Systemgrenzen sind jedoch auch beim Aufzugshersteller durch den Fahrtschacht gegeben. Dies wird eindrücklich durch die verfügbaren Planungshilfen und Planungsunterlagen der Hersteller dokumentiert, welche sich hauptsächlich auf die technischen Abmessungen des Aufzugs im Fahrtschacht und das Kabinendesign konzentrieren. Deutlich wird dabei auch, wie zielgerichtet die Aufzugsindustrie die primären Planungs-

bedürfnisse der Architekten und Aufzugsberater bedient.¹⁰ Dabei repräsentiert der Fahrschacht vor allem eine technisch begründete Systemgrenze im Systemdenken des Aufzugsherstellers. Dieser ist nicht für die Errichtung des Fahrschachtes verantwortlich. Der Fahrschacht ist durch den Bauherrn und damit durch den von ihm beauftragten Bauunternehmer zu errichten, welcher die Anforderungen des Aufzugsherstellers an erforderliche Maße, Toleranzen und Ausparungen zu berücksichtigen hat. Damit stellt der Fahrschacht eine praktikable gedankliche Systemgrenze für den Aufzugshersteller dar und entspricht zudem der realen Anschlussstelle seiner Bauteile.¹¹

Struktureles Systemkonzept Aufzug aus Sicht des Aufzugsberaters und Aufzugsherstellers

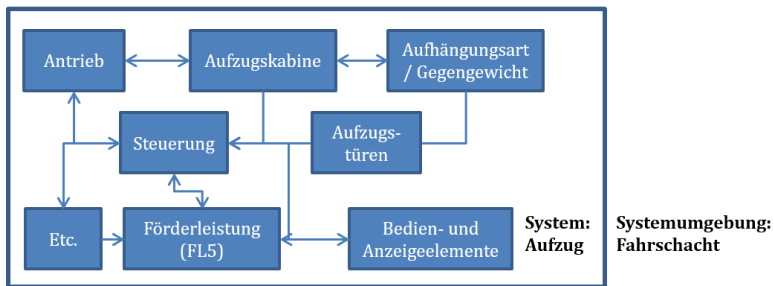


Abbildung 15: Struktureles Systemkonzept Aufzug aus Sicht des Aufzugsberaters und -herstellers (Eigene Darstellung in Anlehnung an Ropohl (2009), S. 76)

Bei der Systemgrenze Fahrschacht kommt insbesondere der **Grundgedanke der arbeitsteilig organisierten Bauwirtschaft** zum Tragen und zieht eine aufgabenbezogene Systemgrenze (Vergleiche Kapitel 2.3). Der Aufzugshersteller verantwortet das Bauprodukt Aufzug, welches er an der Innenseite des Fahrschachtes an den Bauunternehmer übergibt. Dieser konzentriert sich auf die ordnungs-

¹⁰ Vgl. KONE GmbH (2013b), Schindler Elevator Corporation (2013) und ThyssenKrupp Aufzüge GmbH (2013a).

¹¹ Vgl. Unger (2013), S. 35.

gemäße Ausführung des Fahrschachtes und damit auf die Systemumgebung des Aufzugs. Für eine klare Abgrenzung während der Planung gibt der Aufzugshersteller entsprechende Planungsmaße und –anforderungen in Form von Anlagenzeichnungen vor.

Das derzeitige **sequenzielle Vorgehen der Gebäudeplanung** orientiert sich an dieser klassisch technischen Systemgrenze. Architekten schreiten mit der Gebäudeplanung soweit voran, bis sie über die Tragwerksplanung auf die notwendigen Fahrschächte und damit an die Grenze von Gebäude und Aufzugstechnik stoßen.¹² In diesem fortgeschrittenen Planungsstadium erfolgt die Übergabe an fachkundige Aufzugsberater, welche meist nur noch geringen Einfluss auf Position und Abmaß der Fahrschächte nehmen können und sich dadurch fast automatisch auf das System Aufzug und seine technischen Details im strukturalen Sinn konzentrieren. Innerhalb dieser Systemgrenzen werden Aufzugshersteller hinzugezogen, um technische Angaben zu konkretisieren und verbindliche Angebote zu unterbreiten. Als letzte Instanz wird der Fahrschacht durch den beauftragten Bauunternehmer errichtet, wobei dieser lediglich die Forderungen des Aufzugsherstellers umsetzt. In dieser sequenziellen Planung bildet der Fahrschacht, als ohnehin klassisch technische Systemgrenze, eine zusätzliche gedankliche Abgrenzungsmöglichkeit der Tätigkeiten aller an der Aufzugsplanung beteiligten Akteure. Eine übergeordnete Optimierung im Sinne des Gebäudes wird dadurch jedoch in Teilen verhindert.

Abschließend visualisiert die folgende Abbildung das Verständnis der hier diskutierten klassischen Systemgrenze.

¹² Vgl. Achammer (2009), S. 48.

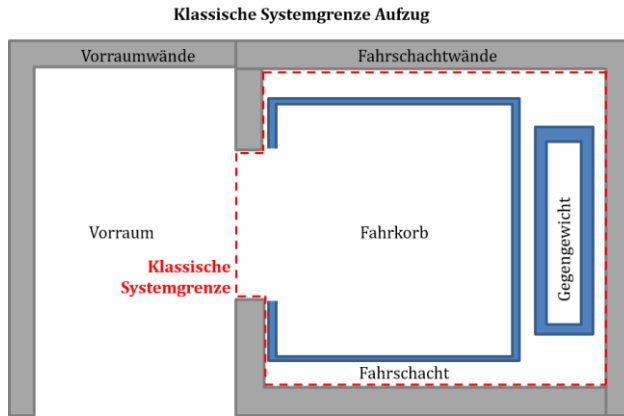


Abbildung 16: Klassische Systemgrenze Aufzug (Eigene Darstellung)

5.1.3 Erweiterte Systemgrenze

Die vorangegangenen Überlegungen zur klassischen Systemgrenze der Aufzugsplanung haben gezeigt, dass die Innenmaße des Fahrkorbes die gegenwärtig dominierende Systemgrenze darstellen. Dieses Kapitel zeigt auf, welche Vorteile eine Erweiterung dieser Systemgrenze für die Aufzugs- wie auch Gebäudeplanung hat. Dazu ist es erforderlich einen Blick auf die direkte Umgebung des Fahrkorbes zu werfen.

Grundlegend für die Funktion von Aufzugsanlagen ist der **Aufzugsvorraum**. Unter Einhaltung empfohlener Mindestabmessungen stellt der Vorraum eine Art Pufferzone für Passagiere dar. Diese geben dort ihren Fahrtruf ab und warten auf die Ankunft einer entsprechenden Aufzugskabine. Ankommenden Passagieren wird das sichere Verlassen der Aufzugskabine ermöglicht. Die Größe, Form und Gestaltung des Aufzugsvorraumes ist dabei grundlegend für eine optimale Aufzugsnutzung und abhängig von der Anordnung der Aufzugsanlagen zuei-

ander.¹³ Rein formal wird jedoch der Aufzugsvorraum, in Bezug auf die Grundflächen und Rauminhalte von Gebäuden, zu den Fluren und Hallen gezählt, wohingegen die Fahrschächte für Förderanlagen separat aufgeführt werden.¹⁴ Die sich daraus ergebende getrennte Betrachtung dieser Flächen entspricht der bereits vorgestellten klassischen Systemgrenze der Aufzugsplanung. Aufzugshersteller sehen Vorräume als eine bauseitige Leistung, an die sie rein technisch keine besonderen Anforderungen stellen. Architekten können aufgrund der erforderlichen Kenntnisse nur erschwert eine optimierte Planung der Vorräume gewährleisten. Soweit involviert, liegt hier ein typischer Aufgabenbereich des Aufzugsberaters.

Doch unabhängig von der Planungsverantwortung erscheint es in Anbetracht der vorherigen Ausführungen und im Sinne der übergeordneten Gebäudeplanung angemessen, Aufzugsvorräume in Form einer **erweiterten Systemgrenze** bewusst in die Aufzugsplanung zu integrieren. Fahrschächte, Vorräume und deren Wände verbrauchen Grundflächen und Rauminhalte in Gebäuden und verursachen Kosten für ihre Herstellung sowie Nutzung.¹⁵ Sie ermöglichen den Betrieb von Aufzügen, werden durch deren Anforderungen in ihren Eigenschaften definiert und sind damit Teil der vertikalen Gebäudeerschließung. Somit wird die klassische Systemgrenze der Aufzugsplanung erweitert und begrifflich nun als Beförderungssystem (BFS) verstanden. Dabei wird der Begriff Aufzugssystem bewusst vermieden, da er im Sprachgebrauch meist im Sinne des reinen Bauproduktes Aufzug verstanden und genutzt wird.

Der **Begriff Beförderungssystem** umfasst, neben der Aufzugstechnik mit ihren benötigten Fahrschachtflächen, die Fahrschachtwände, den Aufzugsvorraum samt Vorraumwänden sowie die notwendigen Maschinenräume. Die folgende Abbildung verdeutlicht dieses erweiterte Systemverständnis. Für die optimale Funktion des BFS sind

¹³ Vgl. Barney (2010a), S. 2-11 - 2-12.

¹⁴ Vgl. DIN 277-2 (2005), S. 7.

¹⁵ Vgl. ebd. und DIN 276-1 (2006), S. 14.

somit die im Fahrstuhl installierte Aufzugstechnik und ein entsprechend gestalteter Aufzugsvorraum entscheidend. Dadurch wird sowohl die klassisch-technische als auch bauproduktbezogene Betrachtungsweise verlassen und eine für die Gebäudeplanung umfassendere Abgrenzung in Form des BFS genutzt.

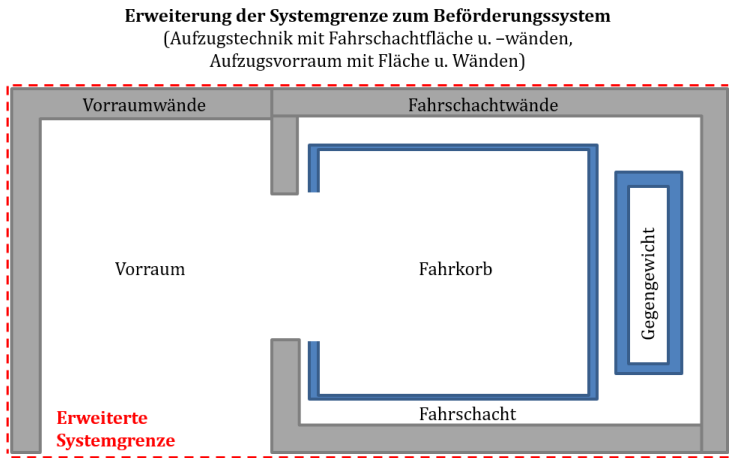


Abbildung 17: Erweiterte Systemgrenze des Beförderungssystems
(Eigene Darstellung)

5.1.4 Erweitertes Systemverständnis

Im Rahmen eines erweiterten Systemverständnisses ist es erforderlich, die Bedeutung von BFS für Gebäude und deren wesentliche Schnittstellen zueinander zu identifizieren. Grundsätzlich ergibt sich die **Notwendigkeit für den Einsatz von BFS** aus der gesetzlichen Systemumgebung der Gebäudeplanung, welche ab einer bestimmten Gebäudehöhe eine entsprechende Anzahl an Aufzügen fordert und zugleich Anforderungen an die Fahrstuhlwände, erforderliche Brandschutzmaßnahmen sowie die Zugänglichkeit und Abmessungen der

Aufzugskabinen stellt.¹⁶ Zudem werden BFS aus rein funktionalen Gesichtspunkten für einen effektiven täglichen Gebäudebetrieb benötigt und haben den von ihnen geforderten vertikalen Transport von Personen und Lasten zuverlässig bereitzustellen.¹⁷

Dabei stellt sich die Frage, in wie weit das bereits vorgestellte Zielsystem der Gebäudeplanung in seinen **Sach- und Formalzielen** von den Eigenschaften eines BFS beeinflusst wird. Als primäre Sachziele wurden die bereitzustellende Gebäudefunktion und deren Gebrauchseigenschaften vorgestellt, welche durch optionale Formalziele in Form von Signalwirkung und Marktwert erweitert werden können.¹⁸ Zunächst bestimmt die bereitzustellende Gebäudefunktion und der daraufhin ausgewählte funktionale Bauwerkstypus die Intensität und Art des sich im Gebäude einstellenden vertikalen Verkehrsflusses. Dieser hat einen direkten Einfluss auf die notwendige Konfiguration und Leistungsfähigkeit des BFS, welches wiederum durch die Beförderung von Personen und Lasten die grundsätzliche Funktionsfähigkeit des Gebäudes sicherstellt. Die Qualität der vertikalen Beförderung, sei es in Form von Wartezeiten, Fahrkorbausstattung oder Fahrkomfort, beeinflusst zudem die Gebrauchseigenschaften des Gebäudes und die Zufriedenheit seiner Nutzer. Ähnlich verhält es sich mit dem Ziel eine spezielle Signalwirkung von Gebäuden zu erreichen, was in der Regel Auswirkungen auf die Gestaltung des BFS hat. Dabei reichen die Optionen von gehobenen Fahrkorbausstattungen bis hin zu Panoramaaufzügen in eigens errichteten, einsehbaren Fahrschächten. Bei derartigen Anwendungen haben Aufzüge einen nicht unbedeutenden Anteil an dem Gesamterscheinungsbild des Gebäudes.¹⁹ Als viertes übergeordnetes Gebäudeziel, neben Funktion, Gebrauchseigenschaften und Signalwirkung, wird auch der Marktwert von den Eigenschaften eines BFS beeinflusst. Für erstklassige Büro-

¹⁶ Vgl. Musterbauordnung (2002), § 39, Landesbauordnung Baden-Württemberg (2010), § 29 und Muster-Hochhaus-Richtlinie (2008), S. 6–9.

¹⁷ Vgl. Strakosch (1967), S. 25.

¹⁸ Vgl. Busse (2012), S. 43–54.

¹⁹ Vgl. John Portman & Associates (2013).

gebäude sind kurze Wartezeiten bei der Benutzung von Aufzügen sowie entsprechend gestaltete Vorräume und Aufzugskabinen selbstverständliche Gebrauchseigenschaften. Werden diese nicht erfüllt oder sogar die Funktion des Gebäudes durch unterdimensionierte BFS beeinträchtigt, hat dies negative Auswirkungen auf den Gesamterfolg der Immobilie.²⁰ Sind diese Nachteile offensichtlich und bekannt, sinkt die Reputation eines Gebäudes am Markt und schränkt dessen Vermiet- oder Veräußerbarkeit ein.²¹ BFS haben somit einen nicht zu vernachlässigen Einfluss auf das übergeordnete Zielsystem von Gebäuden und leisten einen grundlegenden Beitrag zu dessen Erfüllung. Mögliche Zielkonflikte auf Ebene der Sach- und Formalziele sind zu identifizieren und entsprechend abzustimmen, bevor diese die Eigenschaften des BFS im Planungsverlauf unkoordiniert beeinflussen. Das BFS befindet sich damit in einem zweiseitigen Anforderungskonflikt. Zum einen gilt es, das übergeordnete Zielsystem des Gebäudes zu unterstützen. Zum anderen ist eine Abstimmung und Optimierung mit der Baukonstruktion, Bauphysik und der sonstigen technischen Gebäudeausstattung notwendig. Dabei wird erneut deutlich, dass es sich nicht ausschließlich um die Aufzugstechnik in ihrer klassischen Systemgrenze, sondern um ein erweitertes Systemverständnis der vertikalen Beförderung in Gebäuden handeln muss, ohne welches grundlegende Gebäudeziele nicht erreicht werden können.

Die folgende Abbildung ordnet das BFS abschließend in das ihm übergeordnete Gebäudesystem ein und verdeutlicht die unterschiedlichen und dennoch voneinander abhängigen Zielsysteme. Zudem wird der notwendige Abstimmungsbedarf mit der Baukonstruktion, der sonstigen technischen Gebäudeausstattung und der Bauphysik dargestellt. Flankiert werden sämtliche Beziehungen von der rechtlichen Systemumgebung des Gebäudes, welche zusätzliche zu erfüllende Mindestanforderungen an Gebäude und BFS stellt.

²⁰ Vgl. Barney (2003), S. 83 und Strakosch (1967), S. 25.

²¹ Vgl. Halsey (2013), S. 57.

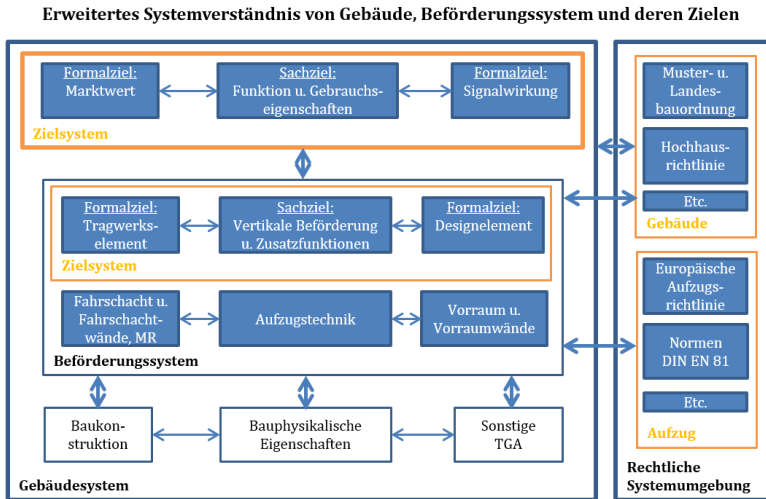


Abbildung 18: Erweitertes Systemverständnis von Gebäude, Beförderungssystem und deren Zielen (Eigene Darstellung in Anlehnung an Ropohl (2009), S. 76)

5.2 Funktionale Kriterien für Beförderungssysteme

Die Entwicklung funktionaler Kriterien für BFS ist erforderlich, da bislang diesbezüglich kein abgestimmter Kriterienkatalog existiert. Zwar werden Einzelkriterien wie die Fahrkorbgröße, die ermittelte DWZ der Passagiere oder die Abmessungen des Fahrschachtes in Abhängigkeit zum jeweiligen Projekt und den beteiligten Akteuren berücksichtigt. Ein abgestimmter und auf die erweiterte Systemgrenze des BFS hin ausgelegter Kriterienkatalog steht jedoch nicht zur Verfügung und verhindert dadurch eine systematische und vollständige Beschreibung der **funktionalen Äquivalenz** von BFS. Die funktionale Äquivalenz verschiedener Planungsvarianten repräsentiert jedoch die Grundlage einer entsprechenden Nachhaltigkeitsbewertung im Planungsprozess. Nur bei funktional vergleichbaren

Eigenschaften können ökonomische, ökologische und soziale Qualitäten der jeweiligen Entwurflösungen miteinander verglichen und bewertet werden.²² Für Aufzüge und BFS stellt sich somit die Frage, welche Kriterien die funktionale Gesamteignung für die beabsichtigte Nutzung in geeignetem Maß beschreiben.

Die grundlegendste funktionale Anforderung an BFS ist die vertikale Beförderung von Personen und Lasten, wobei diese Grundanforderung durch die vorgestellten Zusatzfunktionen stark spezialisiert werden kann (Siehe Kapitel 3.1.1). Die beispielhafte Zusatzfunktion Autoaufzug hat grundlegende Auswirkungen auf die notwendigen Eigenschaften des BFS, insbesondere auf die Fahrkorbabmessungen, Vorraumgrößen sowie die Art und Anordnung der Fahrschacht- und Fahrkorbtüren. Allein die Türbreite kann bei Zusatzfunktionen wie dem Autoaufzug oder einer behindertengerechten Ausführung in öffentlich zugänglichen Gebäuden entscheidend für die alltägliche Nutzbarkeit sein. Die funktionale Grundeignung eines BFS wird somit wesentlich durch die Abmessungen von Fahrkorb, Türen und Vorraum bestimmt, welche deshalb durch einen **Formfaktor** im Planungsprozess zu berücksichtigen sind.

Wann der vertikale Transport eines Autos oder die Beförderung von Passagieren als ausreichend erfüllt angesehen werden kann, bleibt derzeit ebenfalls weitestgehend undefiniert. Die Ankunft in der Ziel- etage kann nicht als ausreichendes Kriterium gelten und die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben gewährleistet lediglich eine sicherheitstechnische sowie funktionale Mindestausführung (Siehe Kapitel 3.3). Die DWZ der Passagiere repräsentiert ein häufig genutztes Bewertungskriterium für die Qualität der vertikalen Beförderung, obwohl weder die dafür notwendigen Simulationsverfahren noch entsprechende Kennwerte durch den Gesetzgeber oder die Normung vorgegeben werden. Somit sind ein nachvollziehbares und vergleichbares

²² Vgl. DIN EN 15643-1 (2010), S. 20.

Verfahren sowie geeignete Bewertungskriterien zur Bestimmung der **Leistungsfähigkeit** von BFS zu entwickeln.

Ebenso fehlt es an einer entsprechenden Berücksichtigung des Flächenbedarfes von BFS in ihren erweiterten Systemgrenzen. Überdimensionierte Anlagen bieten ihren Nutzern komfortable Vorraum-, Tür- und Fahrkorbabmessungen (Formfaktor) sowie kurze Wartezeiten (Leistungsfähigkeit), benötigen jedoch überproportional viel Gebäudefläche. Für kompaktere Entwurflösungen sind hingegen Kompromisse zu Lasten des Formfaktors und der Leistungsfähigkeit einzugehen. Um einseitige Optimierungen zugunsten der funktionalen Eignung und der Leistungsfähigkeit von BFS zu vermeiden, ist das Kriterium **Flächenbedarf** systematisch in die Planung von BFS einzubeziehen.

In den folgenden drei Unterkapiteln werden die vorgestellten funktionalen Kriterien Formfaktor, Leistungsfähigkeit und Flächenbedarf im Detail beschrieben. Deren Berücksichtigung im Planungsprozess gewährleistet zum einen die funktionale Äquivalenz der zu entwickelnden Planungsvarianten und zum anderen eine Balance zwischen funktionaler Eignung, Leistungsfähigkeit und Flächenbedarf des jeweiligen BFS.

5.2.1 Formfaktor

Betrachtet man das BFS in seiner erweiterten Systemgrenze, fallen zunächst die Abmessungen für den Fahrkorb, die Fahrschacht- und Fahrkorbtür sowie den Vorraum auf. Diese Abmessungen entscheiden im Wesentlichen über die Nutzbarkeit im Alltag und die **funktionale Eignung** des BFS. Der Be- und Entladeprozess wird durch Vorraum, Türbreite und Fahrkorbform beeinflusst, dessen Maße wiederum die Förderkapazität je Fahrt bestimmen. Während die Kombination aus einer Nenntaglast von 2000 kg, einer Fahrkorbtiefe von 2700 mm und einer Türbreite von 1300 mm für den Bettentransport

eines Krankenhauses ideal sein kann, wäre die gleiche Kombination für ein Bürogebäude womöglich ungeeignet.²³ Die Fahrkorbnennlast wäre unnötig hoch, die Fahrkorbtiefe würde einen schnellen Be- und Entladeprozess sowie eine optimale Auslastung verhindern und die Türbreite unverhältnismäßig lange Türöffnungs- und Türschließzeiten verursachen. Der auf den Bettentransport hin optimierte Vorraum würde zudem übermäßig viel Verkehrsfläche in Anspruch nehmen. Die Kombination dieser grundlegenden Abmessungen ist somit entscheidend für die zu gewährleistenden Funktionseigenschaften und ist projektbezogen zu prüfen. Um insbesondere in frühen Planungsphasen Fehlplanungen zu vermeiden, sind für den Formfaktor vor allem die Fahrkorbbreite, -tiefe und -höhe, die Türbreite und -höhe sowie die Vorraumbreite und -tiefe auf ihre funktionale Eignung hin zu überprüfen.

Dies kann sowohl in Bezug auf die Fahrkorbabmessungen als auch die entsprechenden Tür- und Vorraumaße in Anlehnung an die **standardisierten Planungsmaße** der DIN 15309 und DIN 15306 erfolgen. Es werden Personenaufzüge für Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude unterschieden und die Anlagen in eine normale und intensive Nutzung sowie den Bettentransport unterteilt. Die folgende Tabelle listet ausgewählte Vorgaben beider Normen auf und zeigt den Grad der Standardisierung in Bezug auf die Nenntaglasten, Nenngeschwindigkeiten, Türbreiten und weitere Planungsparameter.²⁴

²³ Vgl. DIN 15309 (2002), S. 14.

²⁴ Vgl. ebd. und DIN 15306 (2002).

Ausgewählte standardisierte Planungsparameter	
DIN 15309: Personenaufzüge für andere als Wohngebäude sowie Bettenaufzüge – Bau- maße, Fahrkorb- maße, Türmaße	<ul style="list-style-type: none"> – Nutzungsbezogene Unterteilung in: <ul style="list-style-type: none"> – Personenaufzüge für normale Nutzung (Bis 15 Etagen) – Personenaufzüge für intensive Nutzung (Mehr als 15 Etagen) – Bettenaufzüge in Altenheimen, Pflegeheimen und Krankenhäusern – Nutzungsbezogene Tragfähigkeiten für: <ul style="list-style-type: none"> – Normal/intensiv(630; 800; 1000; 1275; 1600; 1800; 2000 kg) – Bettenaufzüge (1275; 1600; 2000; 2500 kg) – Nenngeschwindigkeiten (0,63; 1,00; 1,60; 2,00; 2,50; 3,00; 3,50; 4,00; 5,00; 6,00 m/s) – Türbreiten (800; 900; 1100; 1200; 1300; 1400 mm) – Vorraumtiefe für (Nicht gültig für Bettenaufzüge): <ul style="list-style-type: none"> – Einzelaufzüge (Mind. das 1,5fache der Fahrkorbtiefe) – Nebeneinander liegend (1,5fache der Fahrkorbtiefe, mind. 2400 mm) – Gegenüberliegend (Summe der Fahrkorbtiefen, max. 4500 mm)
DIN 15306: Personenaufzüge für Wohngebäude – Bau- maße, Fahrkorb- maße, Türmaße	<ul style="list-style-type: none"> – Tragfähigkeiten (320; 450; 630; 1000 kg) – Nenngeschwindigkeiten (0,40; 0,63; 1,00; 1,60; 2,00; 2,50 m/s) – Türbreiten (700; 800; 900 mm) – Vorraumtiefe für: <ul style="list-style-type: none"> – Einzelaufzüge (1,0fache der Fahrkorbtiefe, mind. 1500 mm) – Nebeneinander liegend (1,0fache der größten Fahrkorbtiefe, mindestens 1500 mm)

Tabelle 11: Übersicht standardisierter Planungsparameter für Personenaufzüge (Eigene Darstellung in Anl. an DIN 15309 (2002) und DIN 15306 (2002))

Diese standardisierten Parameter vereinfachen den Planungsprozess, gewährleisten die grundlegende Eignung des BFS für die beabsichtigte Nutzung und ermöglichen den Aufzugsherstellern mit standardisierten Produkten verkürzte Lieferzeiten zu realisieren.²⁵ Die standardisierten Fahrkorbabmessungen, Fahrgeschwindigkeiten und Türbreiten haben sich in der Planungspraxis etabliert und die empfohlenen Mindestmaße für Aufzugsvorräume dienen als hilfreiche Anhaltspunkte. Eine Planung in Konformität zur Normung kann somit für den Formfaktor positiv gewertet werden.

Als Ergänzung zur vertikalen Beförderung von Personen und Lasten können BFS im Rahmen ihrer Formalziele auch als **Designelement des Gebäudes** eingesetzt werden. Dabei garantiert ebenfalls der Formfaktor die notwendige funktionale Eignung, da Vorraum, Fahr- schachttür und Fahrkorb die wesentlichen wahrnehmbaren Berüh-

²⁵ Vgl. BS 5655-6 (2011), S. 28 und Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 15.

rungspunkte bei der Aufzugsnutzung darstellen. Diese können durch verschiedenste Formen und Materialien projektspezifisch angepasst werden und integrieren das BFS in das übergeordnete Designkonzept des Gebäudes. Aufwendig gestaltete Glasfahrkörbe, verglaste Fahr-schachttüren und entsprechende Vorräume repräsentieren eine häufig genutzte Möglichkeit, BFS bewusst als Designelement einzusetzen.²⁶

Unter Berücksichtigung der grundlegenden Abmessungen von Vorraum, Tür und Fahrkorb sichert der Formfaktor zunächst die grundlegende funktionale Eignung des BFS für dessen primäre Nutzung und orientiert sich dabei an den zur Verfügung stehenden, genormten Planungsmaßen. Darüber hinaus wird eine Nutzung des BFS als Designelement des Gebäudes durch den Formfaktor sichergestellt, wobei die funktionale Eignung zur vertikalen Beförderung mit den Designanforderungen abzustimmen ist. Die folgende Tabelle fasst die zu berücksichtigenden Einzelkriterien und Parameter des Formfaktors abschließend zusammen.

²⁶ Vgl. Adler (1970), S. 172–189.

Funktionales Kriterium Formfaktor		
Einzelkriterien	Parameter	Zu erfüllende Voraussetzungen
Funktionale Eignung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fahrkorb (Breite, Tiefe, Höhe) ▪ Fahrschacht-/Kabinentür (Breite, Höhe) ▪ Vorraum (Breite, Tiefe) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Abmessungen des Fahrkorbes ermöglichen die primäre Funktion sowie eventuell zu erfüllende Zusatzfunktionen ▪ Die Abmessungen der Türen sind auf die primäre Funktion, eventuelle Zusatzfunktionen und die Fahrkorbmaße abgestimmt ▪ Der Vorraum ermöglichen einen sicheren Be- und Entladeprozess, wartenden und ankommenden Passagieren oder Lasten steht eine ausreichende Fläche zur Verfügung
Standardisierte Planungsmaße	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nutzungsbezogene Abmessungen von Fahrkorb, Türen und Vorraum 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die nutzungsbezogenen Abmessungen entsprechen den standardisierten Vorgaben der DIN 15309 oder 15306
Designelement des Gebäudes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestaltung von Fahrkorb, Fahrschacht-/Kabinentür u. Vorraum 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Das Design (Form, Material, Wertigkeit, etc.) integriert sich in das übergeordnete Gebäude-design

Tabelle 12: Funktionales Kriterium Formfaktor (Eigene Darstellung)

5.2.2 Leistungsfähigkeit

Als zweites funktionales Kriterium gilt es, die Leistungsfähigkeit des BFS zu berücksichtigen. Das Kriterium dokumentiert den zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit gewählten Simulationsansatz sowie die getroffenen Annahmen und Ergebnisse. Dadurch wird, wie auch durch den Formfaktor, die funktionale Eignung während der Planung sichergestellt. Formfaktor und Leistungsfähigkeit sind in einem iterativen Planungsprozess aufeinander abzustimmen und können nicht sequenziell abgearbeitet werden, da die ausgewählten Fahrkorbmaße und Türbreiten einen direkten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des BFS haben (Siehe Kapitel 3.4.2.1).

Die, für die **Bestimmung der Leistungsfähigkeit** zur Verfügung stehenden Methoden wurden bereits vorgestellt. Dabei wurde deutlich, dass sowohl die derzeitige Normung sowie vorgefertigte Ergebnistabellen als auch verfügbare Online-Anwendungen noch nicht detail-

liert genug an projektspezifische Besonderheiten angepasst werden können. Zudem beruhen vereinfachte Werkzeuge zum Großteil auf der UZK, welche zwar in der Praxis weit verbreitet ist, jedoch zahlreichen Annahmen, Vereinfachungen und Einschränkungen unterliegt. Deren Planungsergebnisse sind somit in manchen Anwendungsfällen durchaus kritisch zu hinterfragen. Es zeigte sich auch, dass die Simulation als die präzisere und vor allem flexiblere Methode zur Leistungsbestimmung von Aufzugsanlagen eingestuft werden kann. Deren wesentlicher Nachteil ist die bisherige fehlende Standardisierung und damit einhergehende schwierige Vergleichbarkeit von genutzten Simulationsansätzen, getroffenen Annahmen und ausgewiesenen Ergebniswerten. Im Rahmen der funktionalen Leistungsfähigkeit werden insbesondere diese drei Parameter (Simulationsansatz, -annahmen und -ergebnisse) entsprechend erfasst und dokumentiert, wodurch ein Vergleich verschiedener Planungsvarianten ermöglicht wird.

Bezüglich des **Simulationsansatzes** liegt ein oftmals ignoriertes Problem in einer zu kurzen Simulationsdauer. Die ausgewiesenen Simulationsergebnisse sind statistisch irrelevant und nicht aussagekräftig, da die ihnen zugrunde liegenden Durchschnittswerte aus einer ungenügenden Anzahl von Datenpunkten generiert wurden.²⁷ Insbesondere bei Simulationsdauern von wenigen Minuten werden Ergebnisse zudem durch die Anfangs- und Endphase der Simulation verfälscht. Anfangs befindet sich die Aufzugsanlage in einem Ruhezustand und kann problemlos die ankommenden Passagiere zu ausgezeichneten Wartezeiten befördern. Dies ist auch zum Ende der Simulation der Fall, wenn die PAR auf null zurückgefahren wird. Je länger die Simulationsdauer zwischen Anfang und Ende, desto geringer ist dieser Effekt auf die Ergebnisse. Als Alternative können Anfangs- und Endwerte auch aus der Ergebnisbetrachtung ausgeschnitten werden.²⁸ Für die hier vorzunehmende Ermittlung der funktionalen Leis-

²⁷ Vgl. Finschi (2011), S. 84.

²⁸ Vgl. Hakonen und Siikonen (2009), S. 78 ff.

tungsfähigkeit von BFS wird eine Simulationsdauer von mindestens 120 Minuten und konstanter PAR empfohlen. Das Anlagenverhalten für unterschiedliche PAR ist durch mehrere derartige Simulationen zu ermitteln. Für den Ausweis von Ergebnissen sind die ersten 15 und die letzten fünf Minuten der Simulationsdauer, aus den zuvor beschriebenen Gründen, nicht zu berücksichtigen. Zudem darf die den Ergebniswerten zugrunde liegende Simulation keine Anlagensättigung herbeigeführt haben, da dessen Ergebnisse instabil und in ihrer Aussagekraft ebenfalls eingeschränkt sind.²⁹ Andere Simulationsansätze mit abweichender Simulationsdauer, variabler PAR sowie Tagesprofilen können bei Bedarf durchaus zur Analyse der Leistungsfähigkeit genutzt werden, sollten jedoch nicht Grundlage der hier auszuweisenden Leistungsfähigkeit von Varianten sein. Da Aufzugssimulationen mithilfe verschiedener Softwareanwendungen durchgeführt werden können, sind ergänzend die genutzte Simulationssoftware und deren Version im Simulationsansatz anzugeben (Siehe Tabelle 13).

Simulationsansatz			
Simulationsdauer, Ankunftsrate, Ergebnisabschnitt und Software	Beispielhafte Werte	Variante 1	Variante 2
- Simulationsdauer	120 min.		
- Passagierankunftsrate (PAR) über die gesamte Simulationsdauer	Konstant		
- Für die auszuweisenden Simulationsergebnisse nicht zu berücksichtigende Abschnitte:	20 min.:		
- Simulationsanfang	15 min.		
- Simulationsende	5 min.		
- Abweichende, weitere Simulationsansätze:			
- Simulationsdauer	-		
- Passagierankunftsrate	-		
- Verwendete Simulationssoftware, Version	SimuLift, 1.0		

Tabelle 13: Simulationsansatz (Eigene Darstellung)

²⁹ Vgl. Finschi (2011), S. 96.

Neben diesen Angaben zum gewählten Simulationsansatz werden alle weiteren Parameter in der folgenden Zusammenfassung der **Simulationsannahmen** erfasst. Aufbauend auf den bereits vorgestellten Elementen digitaler Aufzugssimulation werden die getroffenen Annahmen zum Gebäude, das erwartete Verkehrsaufkommen sowie die technischen Details der Aufzugsconfiguration dokumentiert. Die Auflistung dieser wesentlichen Parameter erlaubt einen systematischen Vergleich unterschiedlicher Planungsvarianten und sichert die Nachvollziehbarkeit über den gesamten Planungsprozess hinweg (Siehe Tabelle 14).

Simulationsannahmen			
Gebäude, Verkehr, Aufzugstechnik	Beispielhafte Werte	Variante 1	Variante 2
Gebäudedaten:			
- Gebäudetyp	<i>Bürogebäude</i>		
- Angefahrene Etagenanzahl	<i>8</i>		
- Etagenhöhe(n)	<i>3,0 m</i>		
- Hauptzugang/-zugänge	<i>EG</i>		
Verkehrsaufkommen:			
- Personenbelegung/Etage	<i>82</i>		
- Gesamtbelegung	<i>574 Personen</i>		
- Abwesenheitsfaktor	<i>10 %</i>		
- Passagierankunftsrate (PAR)	<i>12,0 %</i>		
- Verkehrsrichtung (Auf/Ab/Zwischengesch.)	<i>85/10/5 %</i>		
- Transferzeit je Passagier (Betreten u. Verl.)	<i>2,0 s</i>		
- Passagiergewicht	<i>75 kg</i>		
- Treppenfaktor	<i>0 %</i>		
- Hauptzugang/-zugänge und Verteilung	<i>EG/100 %</i>		
Aufzugskonfiguration:			
- Anzahl Aufzüge je Aufzugsgruppe	<i>3 Aufzüge</i>		
- Förderhöhe	<i>21,0 m</i>		
- Art der Aufzugssteuerung	<i>Zwei-Knopf-Steuer.</i>		
- Fahrkorbnennlast	<i>1275 kg</i>		
- Fahrkorbbreite/-tiefe/-höhe	<i>2000/1400/2300 mm</i>		
- Maximal zulässiger Fahrkorbfüllgrad	<i>80 %</i>		
- Türart/-breite/-höhe (Seitlich oder zentral)	<i>Z/1100/2100 mm</i>		
- Türöffnungs-/Türschließzeit	<i>2,0/2,5 s</i>		
- Türoffenzeit	<i>1,0 s</i>		
- Einfahren mit öffnender Tür	<i>0,5 s</i>		
- Nenngeschwindigkeit	<i>1,0 m/s</i>		
- Nennbeschleunigung	<i>1,0 m/s²</i>		
- Nennruck	<i>1,2 m/s³</i>		
- Startverzögerung	<i>1,0 s</i>		
- Verzögerung bis zum Haltestellenniveau	<i>0,0 s</i>		
- Haupthaltestelle(n)	<i>EG</i>		

Tabelle 14: Simulationsannahmen (Eigene Darstellung in Anlehnung an Adler (1970), S. 218-220)

Zunächst sind die der Planung zugrunde liegenden Gebäudedaten anzugeben. Hier kann bereits zwischen verschiedenen Planungsvarianten unterschieden werden, wenn beispielsweise unterschiedliche Etagenhöhen oder verschiedene Gebäudezugänge mit ihren Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des BFS untersucht werden sollen.

Aufbauend auf den Gebäudedaten wird das Verkehrsaufkommen spezifiziert. Hier ist vor allem die Wahl einer realistischen PAR als auch Verkehrsrichtung entscheidend für die Aussagekraft der späteren Ergebnisse. Insbesondere die maximal zu erwartende PAR und die sich dabei einstellende Verkehrsrichtung sind abhängig vom Gebäudetyp sowie dessen Nutzung, Belegung je Etage und zahlreichen weiteren, den Personenverkehr beeinflussenden Bedingungen. Die zu treffenden projektbezogenen Annahmen sind daher meist nur mit dem Fachwissen und der Erfahrung spezialisierter Aufzugsberater zu ermitteln.³⁰ Wird eine PAR dabei unterschätzt, können trotz theoretisch ausreichender Leistungsfähigkeit die Aufzugsanlagen nicht in der Lage sein, das reale Verkehrsaufkommen zu bedienen. In Extremfällen werden Gebäude dadurch für ihre beabsichtigte Nutzungsart unbrauchbar oder können nur mit reduzierter Personenbelegung betrieben werden. Somit besteht die Schwierigkeit des Planungsschrittes nicht in der eigentlichen Simulation der Leistungsfähigkeit, sondern in der Abschätzung des wahrscheinlich zu erwartenden Verkehrsaufkommens.³¹ Im Umkehrschluss ist für den Vergleich von Ergebnismerten verschiedener Varianten stets das zugrundeliegende Verkehrsaufkommen mit anzugeben und zu berücksichtigen. Eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Aufzugsanlagen ist ohne Kenntnis der zum Verkehr getroffenen Annahmen nicht möglich.³² Zusätzlich ist zu beachten, dass sich die Personenanzahl und deren Verteilung in größeren Gebäuden regelmäßig ändern. Anlagenkonfigurationen ohne entsprechenden Leistungspuffer können sich

³⁰ Vgl. Markon (2010), S. 32, Strakosch (1998), S. 33–34 und Sorsa, Kuusinen und Siikonen (2012), S. 272.

³¹ Vgl. Barney (2003), S. 127 und Scott (2014), S. 184.

³² Vgl. Finschi (2011), S. 88.

dadurch im realen Betrieb als unzureichend erweisen. Um dies zu vermeiden, sollten sämtliche Annahmen zum Verkehrsaufkommen mögliche Belegungsänderungen bereits berücksichtigen. Zudem sind die getroffenen Annahmen eindeutig zu dokumentieren und bei Änderungen im Planungsverlauf auf ihre weitere Gültigkeit hin zu überprüfen.³³ Gleiches gilt für die Berücksichtigung eines durch Störung oder notwendige Instandsetzungsarbeiten hervorgerufenen Anlagenausfalls. Die Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der gesamten Aufzugsgruppe können im Rahmen der Simulation ermittelt werden und sensibilisieren für dieses realitätsnahe Szenario. Grundsätzlich sollte der Gebäudebetrieb nicht durch den Ausfall einzelner Anlagen gefährdet sein. Die Ergebnisse einer entsprechenden Überprüfung sind bei Bedarf als eigenständige Variante für den weiteren Planungsverlauf zu dokumentieren.³⁴

Die technische Aufzugskonfiguration ergibt sich im Wesentlichen aus dem Formfaktor und den dort gewählten Parametern sowie den zuvor aufgeführten Gebäudedaten (Siehe Tabelle 14). Bezüglich der Aufzugssteuerung können grundsätzliche Steuerungsarten in den allgemein verfügbaren Softwareanwendungen ausgewählt werden. Herstellerspezifische Entwicklungen und optimierte Algorithmen werden jedoch in diesen Anwendungen nicht berücksichtigt. Damit basieren die Ergebnisse unterschiedlicher Softwareanwendungen auf unterschiedlichen Steuerungsalgorithmen und werden sich auch von der späteren realen Steuerung des jeweiligen Aufzugsherstellers unterscheiden.³⁵ Dies ist eine bisweilen nicht zu umgehende Ungenauigkeit einer herstellerneutralen Bestimmung der Leistungsfähigkeit von BFS, garantiert jedoch im Umkehrschluss eine für frühe Planungsphasen vorteilhafte Herstellerunabhängigkeit.

³³ Vgl. Barney (2003), S. 127.

³⁴ Vgl. Küntschner und Fiedler (1989), S. 30, Strakosch (2010b), S. 45 und Scott (2014), S. 187.

³⁵ Vgl. Japps und Rieke (2012), S. 98.

Die Zusammenfassung der **Simulationsergebnisse** erfolgt in Form der dafür üblichen DWZ sowie der DFZ.³⁶ Wie bereits erwähnt, sind beide Werte stets unter Berücksichtigung der gewählten PAR zu beurteilen und technische Varianten nur bei gleichem Verkehrsaufkommen zu vergleichen.³⁷ Die DWZ repräsentiert üblicherweise den dominierenden Indikator für die qualitative Leistungsfähigkeit von BFS.³⁸ Da es sich bei der DWZ und DFZ um Durchschnittswerte handelt, wird ergänzend deren Verteilung für typische Referenzwerte (Verteilung < 30 s DWZ und < 90 s DFZ) mit angegeben. Dadurch wird ersichtlich, wie viele Passagiere zu maximal diesen Referenzzeiten befördert werden konnten.³⁹ Als drittes Ergebniskriterium wird der durchschnittliche Fahrkorbfüllgrad bei Abfahrt im Hauptzugang ausgewiesen. Dieser repräsentiert ein weiteres Bewertungskriterium für die qualitative Leistungsfähigkeit der geplanten Anlagen, da zu Spitzenlastzeiten neben kurzen Warte- und Fahrzeiten auch ein angemessener Fahrkorbfüllgrad zu gewährleisten ist.⁴⁰ Als vierter Ergebniswert ist die Halteverlustzeit der Aufzugstechnik zu ermitteln. Diese dient einerseits dem Vergleich unterschiedlicher Anlagentechnik und andererseits der Überprüfung der späteren technischen Leistungsfähigkeit realer Anlagen. Die HVZ lässt sich dafür, unabhängig vom Verkehrsaufkommen, durch einfache Zeitmessung ermitteln (Siehe Kapitel 3.4.4). Der fünfte und letzte Ergebnisparameter ist optional für Feuerwehraufzüge zu prüfen. Diese haben in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit die oberste Haltestelle innerhalb von 60 Sekunden zu erreichen. Dies ist unter Berücksichtigung von Zeitverlusten für Beschleunigung und Ruck nachzuweisen und entsprechend zu dokumentieren. Die folgende Tabelle fasst sämtliche Ergebniswerte für mehrere Varianten zusammen.

³⁶ Vgl. Hakonen und Siikonen (2009), S. 78 ff.

³⁷ Vgl. Markon (2010), S. 32.

³⁸ Vgl. BS 5655-6 (2011), S. 31 und Markon (2010), S. 70.

³⁹ Vgl. Hakonen und Siikonen (2009), S. 78 ff.

⁴⁰ Vgl. Jappsen und Rieke (2012), S. 101.

Simulationsergebnisse			
Durchschnittliche Ergebniswerte gemäß Simulationsansatz und -annahmen	Beispielhafte Werte, keine Empfehlungen	Variante 1	Variante 2
- Durchschnittliche Wartezeit / Verteilung < 30 s	27,0 s / 78 %		
- Durchschnittliche Fahrzeit / Verteilung < 90 s	41,0 s / 81 %		
- Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad bei Abfahrt im Hauptzugang/-zugängen	55,0 %		
- Ermittelte Halteverlustzeit	9,5 s		
- Fahrzeit zur höchsten Etage (Gemäß DIN EN 81-70 Feuerwehraufzüge)	31,0 s		

Tabelle 15: Simulationsergebnisse (Eigene Darstellung in Anlehnung an Jappsen und Rieke (2012), S. 104)

Die hier vorgestellten Parameter ermöglichen einen systematischen Vergleich von Planungsvarianten und bieten eine nachvollziehbare und vollständige Dokumentation der ermittelten Leistungsfähigkeit von BFS. Dafür werden der gewählte Simulationsansatz (Tabelle 13), die getroffenen Annahmen zu Gebäude, Verkehrsaufkommen und Aufzugskonfiguration (Tabelle 14) sowie die ermittelten Simulationsergebnisse (Tabelle 15) im Detail ausgewiesen. Diese Parameter dienen als Diskussions- und Entscheidungsgrundlage und können im Laufe des Planungsprozesses entsprechend überprüft und bei Bedarf angepasst werden. Die folgende Tabelle fasst die beschriebenen Einzelkriterien und deren Parameter abschließend zusammen und dient im Planungsprozess als Checkliste für eine entsprechend vollständige Berücksichtigung des entwickelten funktionalen Kriteriums Leistungsfähigkeit.

Funktionales Kriterium Leistungsfähigkeit		
Einzelkriterien	Parameter	Zu erfüllende Voraussetzungen
Simulationsansatz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simulationsdauer ▪ Passagierankunftsrate ▪ Unberücksichtigte Simulationsabschnitte ▪ Simulationssoftware 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Simulationsdauer beträgt mind. 120 Minuten ▪ Die Passagierankunftsrate wird über die gesamte Simulationsdauer konstant gehalten ▪ Die ersten 15 Minuten und die letzten fünf Minuten der Simulationsdauer werden aus der Ergebnisbetrachtung ausgeschnitten ▪ Die genutzte Simulationssoftware und deren Version sind angegeben
Simulationsannahmen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gebäudedaten ▪ Verkehrsaufkommen ▪ Aufzugskonfiguration 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Gebäudedaten entsprechen den bislang geplanten Gebäudeeigenschaften, evtl. Varianten sind berücksichtigt ▪ Der Personen-/Lastenverkehr wurde aus den Gebäudedaten abgeleitet, die Passagierankunftsrate und Verkehrsrichtung wurde realistisch abgeschätzt ▪ Die Aufzugskonfiguration ist auf das Gebäude und den Personenverkehr hin abgestimmt, die technischen Parameter sind herstellernerneutral und vollständig angegeben
Simulationsergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchschnittliche Wartezeit ▪ Durchschnittliche Fahrzeit ▪ Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad ▪ Halteverlustzeit ▪ Fahrzeit zur höchsten Etage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die durchschnittliche Wartezeit ist ausgewiesen, die Verteilung < 30 s ist angegeben ▪ Die durchschnittliche Fahrzeit ist ausgewiesen, die Verteilung < 90 s ist angegeben ▪ Der durchschnittliche Fahrkorbfüllgrad ist ausgewiesen ▪ Die Halteverlustzeit ist ausgewiesen ▪ Die Fahrzeit zur höchsten Etage ist für Feuerwehraufüge ausgewiesen

Tabelle 16: Funktionales Kriterium Leistungsfähigkeit (Eigene Darstellung)

5.2.3 Flächenbedarf

Das Kriterium Flächenbedarf verdeutlicht den direkten Einfluss von BFS auf die Flächeneffizienz von Gebäuden. Diese ergibt sich aus dem Verhältnis von Nutzfläche (NF) zu Brutto-Grundfläche (BGF). Vorteile einer hohen Flächeneffizienz werden bei Gebäuden hauptsächlich in Bezug auf geringere Kosten und Umweltauswirkungen gesehen. Die Flächeneffizienz ist jedoch nicht uneingeschränkt zu optimieren, da funktionale und gesetzliche Mindestmaße wie beispielsweise für

Arbeitsstätten oder Verkehrsflächen einzuhalten sind.⁴¹ Die Flächeninanspruchnahme durch BFS setzt sich unter Beachtung der erweiterten Systemgrenze aus deren Verkehrsfläche (VF), technischer Funktionsfläche (TF) und Konstruktions-Grundfläche (KGF) zusammen. Als Teil der Nettogrundfläche (NGF) verringern die in Anspruch genommenen VF für Fahrschächte und Vorräume und die TF für Maschinenräume die zur Verfügung stehende NF und beeinflussen damit direkt die Flächeneffizienz eines Gebäudes. Zusätzlich erhöht sich, durch die notwendigen Fahrschacht- und Vorraumwände, die KGF und damit die BGF.⁴²

Die **Konstruktions-Grundfläche** für Fahrschacht- und Vorraumwände wird im Wesentlichen durch die Anforderungen der Musterbauordnung und der jeweiligen Landesbauordnungen bestimmt. Demnach haben Aufzüge im Inneren von Gebäuden eigene Fahrschächte zu nutzen, um eine Brandausbreitung ausreichend lange zu verhindern. Im Sinne eines ausreichenden Brandschutzes sind entsprechende Wandstärken und Güteklassen für Brandwände vorzusehen.⁴³ Zusätzlich sind für die zu installierende Aufzugstechnik notwendige mechanische Eigenschaften zu gewährleisten. Flächeneinsparungen über die KGF von BFS sind daher nur begrenzt realisierbar. Jedoch sollte die Möglichkeit, Fahrschacht- und Vorraumwände als Tragwerkselement des Gebäudes nutzen zu können, geprüft werden. Da Fahrschächte meist symmetrisch im Gebäudekern angeordnet sind und massive Wände für die zuvor beschriebene Installation der Aufzugstechnik und die brandschutztechnischen Anforderungen besitzen, werden sie aktiv in die Tragwerksstrukturen einbezogen.⁴⁴ Besonders Hochhäuser in Skelettbauweise werden durch den Gebäudekern und damit auch durch die Fahrschächte von BFS ausgesteift.

⁴¹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011c), A1-A3 und Schakib-Ekbatan, Wagner und Lützkendorf (2012), S. 19.

⁴² Vgl. DIN 277-1 (2005), S. 3-4 und DIN 277-2 (2005), S. 7.

⁴³ Vgl. Musterbauordnung (2002), § 39.

⁴⁴ Vgl. Grohmann und Kloft (2002), S. 102-106.

Deren KGF kann eine Doppelfunktion wahrnehmen und indirekt zur Flächeneffizienz des Gebäudes beitragen.⁴⁵

Die **Technische Funktionsfläche** umfasst vor allem die Maschinenräume. Deren Mindestmaße werden, insbesondere unter Berücksichtigung der zu gewährleistenden Sicherheit bei der Inspektion und Wartung von Anlagenteilen, durch die Normung vorgegeben und sind zwingend zu erfüllen. Abweichungen bedürfen einer gesonderten Gefahrenprüfung und Freigabe.⁴⁶ Eine Flächenoptimierung im Rahmen der TF kann somit vor allem durch den vollständigen Verzicht auf einen Maschinenraum erfolgen. Diese Möglichkeit ist unter Berücksichtigung der Leistungsdaten geeigneter maschinenraumloser Anlagentechnik zu prüfen.

Als wesentlicher Faktor zur Flächenoptimierung je Haltestelle bleibt die **Verkehrsfläche**, welche die Grundflächen für den Fahrschacht und Vorraum beinhaltet. Die folgende Tabelle zeigt einen beispielhaften Vergleich des Flächenbedarfs von Personenaufzügen in Wohngebäuden, welcher in Anlehnung an die Planungsmaße der DIN 15306 erstellt wurde. Es werden vier Einzelaufzüge mit Fahrkorbennlasten von jeweils 320, 450, 630 und 1000 kg sowie entsprechenden Vorräumen verglichen. Dabei fällt auf, dass die VF rund zweidrittel der Gesamtfläche je Haltestelle einnimmt, wobei deren Anteil mit steigender Fahrkorbennlast zunimmt. Zudem wird deutlich, dass der Vorraum circa ein Drittel der Gesamtfläche je Haltestelle benötigt und die im Planungsprozess häufig diskutierte, herstellereinspezifische Fläche für die Aufzugstechnik (Fahrschachtfläche Technik) lediglich circa 20 % des Flächenverbrauches darstellt.

⁴⁵ Vgl. Eisele (2002), S. 120.

⁴⁶ Vgl. DIN EN 81-1 (2010), S. 28.

Flächenbedarf je Haltestelle gemäß DIN 15306 Personenaufzüge für Wohngebäude								
Fahrkorbnennlast kg	320		450		630		1000	
Fahrkorbbreite mm	900		1000		1100		1100	
Fahrkorbtiefe mm	1000		1200		1400		2100	
Türbreite mm	700		800		900		900	
Fahrschachtbreite mm	1500		1600		1700		1700	
Fahrschachttiefe mm	1500		1700		1900		2600	
Vorraumbreite mm*	1500		1600		1700		1700	
Vorraumtiefe mm*	1500		1500		1500		2100	
Wandstärke mm**	200		200		200		200	
Fahrschachtfläche Fahrkorb m ²	0,90	13,2 %	1,20	15,8 %	1,54	18,3 %	2,31	20,8 %
Fahrschachtfläche Technik m ²	1,35	19,7 %	1,52	20,0 %	1,69	20,1 %	2,11	19,0 %
Fahrschachtfläche m²	2,25	32,9 %	2,72	35,8 %	3,23	38,5 %	4,42	39,7 %
Vorraumfläche m ²	2,25	32,9 %	2,40	31,6 %	2,55	30,4 %	3,57	32,1 %
Verkehrsfläche m²	4,50	65,8 %	5,12	67,4 %	5,78	68,8 %	7,99	71,8 %
Konstruktions-Grundfläche m ²	2,34	34,2 %	2,48	32,6 %	2,62	31,2 %	3,14	28,2 %
Gesamtfläche je Haltestelle m²	6,84	100 %	7,60	100 %	8,40	100 %	11,13	100 %

*Empfohlene Vorraum-Abmessungen gem. DIN 15306: Für Personenaufzüge in Wohngebäuden gilt das Produkt aus 1,0facher Kabinentiefe (mindestens jedoch 1500 mm) und Fahrschachtbreite.
** Wandstärken gem. Massiv-Wände/Brandwände F90 aus unbewehrtem Normalbeton (Raumabschließend, tragend oder nicht tragend) und gem. DIN 15306 für Konstruktionen (Traversen) zwischen zwei Teilschächten.

Tabelle 17: Flächenbedarf von Personenaufzügen in Wohngebäuden
(Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN 15306 (2002))

Im Planungsverlauf von BFS sind für eine minimale VF damit folgende drei Bedingungen jeweils projektspezifisch zu prüfen. Erstens, ob die grundlegende Anzahl an Aufzugsanlagen eines BFS reduziert werden kann. Zweitens, ob die gewählten Fahrkorbnennlasten verkleinert werden können. Und drittens, ob die Vorraumflächen verkleinert oder durch anderweitige Anordnung der Aufzugsanlagen optimiert werden können. Unter Beachtung der funktionalen Anforderungen aus dem Formfaktor und der Leistungsfähigkeit kann daraufhin eine flächenoptimierte Variante ermittelt werden. Die folgende Tabelle fasst die identifizierten Optimierungsparameter und Einzelkriterien des Flächenbedarfs von BFS abschließend zusammen.

Funktionales Kriterium Flächenbedarf		
Einzelkriterien	Parameter	Zu erfüllende Voraussetzungen
Verkehrsfläche (VF)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlagenanzahl ▪ Fahrkorbgröße ▪ Abmessungen des Vorraums 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eine Reduzierung ist aufgrund von Anforderungen aus dem Formfaktor und/oder der Leistungsfähigkeit nicht möglich ▪ Die Fahrkorbgröße ist aufgrund von Anforderungen aus dem Formfaktor und/oder der Leistungsfähigkeit notwendig ▪ Die Vorraummaße ergeben sich aus den Anforderungen des Formfaktors und wurden auf einen minimalen Flächenbedarf hin optimiert
Technische Funktionsfläche (TF)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsatz maschinenraumloser Aufzugstechnik (MRL) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Einsatz maschinenraumloser Aufzugstechnik ist vorgesehen oder aus technischen Gründen nicht möglich
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nutzung der Fahrschacht- u. Vorraumwände als Tragwerkelement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Fahrschacht- und Vorraumwände wurden bei der Tragwerksplanung berücksichtigt und dienen dem Tragwerk und dessen Aussteifung

Tabelle 18: Funktionales Kriterium Flächenbedarf (Eigene Darstellung)

5.3 Soziale Kriterien für Beförderungssysteme

Als Ergänzung zu den entwickelten funktionalen Kriterien werden in diesem Kapitel soziale Kriterien für BFS zusammengestellt, um diese derzeitig nur schwach vertretenen Planungsaspekte besser berücksichtigen zu können. Dazu wurden die, für eine Bewertung der sozialen Qualitäten von Gebäuden verfügbaren Kriterien auf ihre Anwendbarkeit und Relevanz für BFS hin untersucht. Die folgenden Kriterien leiten sich somit aus der DIN EN 15643-3, dem BNB sowie dem Zertifizierungssystem der DGNB ab.⁴⁷

Als erstes soziales Kriterium gilt es, die **Barrierefreiheit** des BFS zu berücksichtigen, welche als entscheidender Faktor für die Nutzbar-

⁴⁷ Vgl. DIN EN 15643-3 (2012), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015a) und Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (2009), Teil 3 Kriterien 18-32.

keit von Gebäuden angesehen wird. Barrierefreiheit soll jedem Menschen die gebaute Umwelt ohne fremde Hilfe oder Erschwernisse zugänglich machen, wofür insbesondere öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten barrierefrei zu gestalten sind.⁴⁸ Entsprechende Forderungen an BFS werden durch die Landesbauordnungen und die DIN 18040-1 „Barrierefreies Bauen“ aufgestellt, welche beispielsweise eine Mindestbreite von 900 mm für Fahrschacht- und Kabinentüren oder eine minimale Fahrkorbnennlast von 630 kg fordern. Zudem wird auf den entsprechenden Aufzugstyp zwei der bereits vorgestellten DIN EN 81-70 („Zugänglichkeit von Aufzügen für Personen einschließlich Personen mit Behinderungen“) verwiesen.⁴⁹ Die Barrierefreiheit lässt sich somit eindeutig anhand der gesetzlichen Vorgaben und entsprechenden Normung für BFS prüfen. Wird eine Barrierefreiheit nicht zwingend durch diese Vorgaben gefordert, ist eine freiwillige Erfüllung der Anforderungen, im Sinne der sozialen Qualitäten des zu planenden BFS, positiv zu werten.

Gebäude unterliegen einem steten Wandel, welcher die **Anpassungsfähigkeit** ihrer BFS zu einem zentralen Planungsaspekt macht.⁵⁰ In Anbetracht der langen Gebäudelebensdauern können veränderte Nutzerbedürfnisse und Nutzerwechsel erwartet werden. Eine vorhandene Umnutzungsfähigkeit ermöglicht es, flexibel auf die geänderten Bedingungen zu reagieren, die Auslastung und Wirtschaftlichkeit zu sichern und dabei die für Anpassungen notwendigen Kosten und Stoffströme zu minimieren.⁵¹ Das vertikale Erschließungskonzept und dessen Layout sollten verschiedene zukünftige Nutzungsarten berücksichtigen und dürfen einen derartigen Wandel nicht verhindern.⁵² Das Kriterium Anpassungsfähigkeit prüft daher die Flexibilität des BFS auf geänderte Nutzungsbedingungen reagieren

⁴⁸ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011b), A1-A3.

⁴⁹ Vgl. Landesbauordnung Baden-Württemberg (2010), § 29 und DIN 18040-1 (2010), S. 14.

⁵⁰ Vgl. Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (2010), S. 13.

⁵¹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011d), A1-A3.

⁵² Vgl. Groot (2012), S. 76 und Halsey (2013), S. 55–57.

zu können. Dazu werden der Formfaktor und die Leistungsfähigkeit entweder für eine Variation der bestehenden Nutzungsanforderungen oder für eine gänzlich andere Nutzungsart erneut überprüft.⁵³ Der Formfaktor stellt die Eignung der bisherigen Planungsmaße für die Nutzungsänderung sicher, wobei erneut die Fahrkorbmaße, Türbreiten und die Vorraumgestaltung im Hinblick auf die neuen Anforderungen zu prüfen sind. Zudem ist eine angemessene Leistungsfähigkeit erneut festzustellen, da sich der Personenverkehr in Intensität und Richtung grundlegend unterscheiden kann. Daraufhin notwendige Anpassungen des BFS werden meist nicht ohne Kompromisse zwischen Formfaktor, Leistungsfähigkeit und Flächenbedarf im Sinne der eigentlichen Primärnutzung möglich sein. Zur Bestimmung der Anpassungsfähigkeit bedarf es daher möglichst exakter und realistischer Nutzungsszenarien. Ein optimales Ergebnis für alle Szenarien wird sich nur in Einzelfällen realisieren lassen.

Die gestalterische Einbindung des BFS in das übergeordnete Designkonzept des Gebäudes und die Bewertung der **gestalterischen Qualität** von Fahrkorbkabinen, Fahrschacht- und Fahrkorbtüren sowie Vorräumen ist für Bauherren und Architekten von nicht zu unterschätzender Bedeutung.⁵⁴ Insbesondere die Fahrschachtüren und Türportale repräsentieren den sichtbaren Übergang vom Gebäude zum BFS und sollten, neben den rein technischen Anforderungen, vor allem dem architektonischen Gebäudekonzept entsprechen. Gleiches gilt für den Fahrkorb.⁵⁵ Da die Bewertung von gestalterischen Aspekten stark dem subjektiven Empfinden der einzelnen Akteure unterliegt, wird keine Gewichtung der einzelnen Systemkomponenten vorgegeben. Es bleibt dem Planungsteam überlassen, Schwerpunkte für die Bewertung der gestalterischen Qualität zu legen und das gesamte Erscheinungsbild entsprechend zu beurteilen. Die Tabelle am Ende dieses Kapitels bietet dazu eine Auflistung möglicher, zu beachtender

⁵³ Vgl. DIN EN 15643-3 (2012), S. 23.

⁵⁴ Vgl. Bello (2012), S. 20–21 und Halsey (2013), S. 54.

⁵⁵ Vgl. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 23.

Aspekte. Eine besondere Bedeutung bekommt die gestalterische Qualität von BFS, wenn diese bewusst als Designelement des Gebäudes eingesetzt werden (Vergleiche Kapitel 3.1.1). Für derartige Anwendungsfälle ist eine angemessene Berücksichtigung der gestalterischen Qualität im Planungsverlauf sicherzustellen und die getroffenen Annahmen und Ergebnisse in besonderem Maße zu dokumentieren.

Die **Fahrqualität** und das damit verbundene Empfinden der Fahreigenschaften von Aufzügen werden seit einigen Jahren zunehmend bei der Planung von BFS berücksichtigt.⁵⁶ Insbesondere der Schalldruckpegel repräsentiert dabei ein Maß des Komforts für den Benutzer.⁵⁷ Die entsprechende internationale Norm standardisiert den dafür notwendigen Messablauf und die zu dokumentierenden Messwerte.⁵⁸ Für das Wohlempfinden der Passagiere während der Fahrt sind, neben dem Schalldruckpegel, die Vibrationen und die maximale Fahrkorbbeschleunigung sowie dessen Ruck entscheidend. Bei einer Überschreitung entsprechender Grenzwerte wird die Aufzugsfahrt, insbesondere das Anfahren und Halten des Fahrkorbes, von der Mehrzahl an Passagieren als unangenehm und hart empfunden.⁵⁹ Die Fahrkorbbeschleunigung und dessen Ruck stehen dabei in Konflikt mit der Leistungsfähigkeit des BFS, da deren Werte sich direkt auf die Fahrkorbumlaufzeit und damit auf die DWZ und DFZ auswirken (Vergleiche Kapitel 3.4.2.1). Im Sinne der Fahrqualität sind jedoch die in Tabelle 19 gelisteten Grenzwerte einzuhalten und ein Kompromiss aus Fahrqualität und Leistungsfähigkeit zu finden. Die aufgeführten Werte dienen als Orientierungshilfe bei der Bewertung von Schalldruckpegel, Vibrationen, vertikaler Beschleunigung sowie dem Ruck und repräsentieren branchenübliche Kennwerte.⁶⁰

⁵⁶ Vgl. Peters (2012), S. 56.

⁵⁷ Vgl. VDI 2566 Blatt1 (2011), S. 7.

⁵⁸ Vgl. ISO 18738-1 (2012).

⁵⁹ Vgl. Barney (2003), S. 84–85.

⁶⁰ Vgl. Deppenmeier (2011), S. 94–98.

Die **Zugänglichkeit** der Aufzugstechnik eines BFS ist als weiteres soziales Kriterium zu berücksichtigen.⁶¹ Dabei stehen vor allem der schnelle Zugriff im Störfall und die Sicherheit bei Inspektion, Wartung und Instandsetzung im Vordergrund. Maschinenraumlose Aufzugsanlagen schränken diese Zugänglichkeit durch die größtenteils im Fahrtschacht installierte Aufzugstechnik teilweise ein. Dies kann zu einem erhöhten Aufwand bei der Inspektion, Wartung und Instandsetzung aber auch bei notwendigen Personenbefreiungen im Störfall führen.⁶² BFS mit Maschinenraum bieten dafür einen schnellen und vor allem sicheren Zugriff auf wesentliche Bauteile. Die Zugänglichkeit zu Bedien- und Steuereinheiten ist für beide Systeme gebäudeseitig entsprechend sicherzustellen und zu bewerten.

Als abschließendes Kriterium ist die verantwortungsvolle **Beschaffung von Bauteilen und Dienstleistungen** zu berücksichtigen.⁶³ Dafür können im Rahmen der Aufzugstechnik Parameter wie die Herstellung der Bauteile, die dortigen Arbeitsbedingungen, die Lieferentfernungen zum Projektstandort aber auch die Art und Weise der Anlageninstallation genutzt werden. Vereinzelt werden, über die gesetzlichen Forderungen hinausgehende, Garantien auf Bauprodukt- und Installationsqualität gegeben. Im Sinne einer verantwortungsvollen Beschaffung ist zudem auf die Rückverfolgbarkeit der gelieferten Bauprodukte und erbrachten Dienstleistungen im Sinne einer langfristigen Qualitätssicherung zu achten. Die Verfügbarkeit von typischen Ersatzteilen und wesentlichen Bauteilen ist für den gesamten Lebenszyklus der Aufzugstechnik sicherzustellen.

⁶¹ Vgl. DIN EN 15643-3 (2012), S. 22.

⁶² Vgl. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 32.

⁶³ Vgl. DIN EN 15643-3 (2012), S. 24.

Die folgende Tabelle fasst abschließend den hier zusammengestellten Kriterienkatalog für eine Bewertung sozialer Qualitäten von BFS zusammen. Dieser Katalog dient als erste Orientierungshilfe in frühen Planungsphasen sowie als konkrete Checkliste beim Vergleich von Planungsvarianten auf Bauteil- und Bauproduktebene. Soziale Qualitäten von BFS lassen sich damit nun umfassend und systematisch im Planungsprozess berücksichtigen.

Soziale Kriterien für Beförderungssysteme		
Einzelkriterien	Parameter	Zu erfüllende Voraussetzungen
Barrierefreiheit	<ul style="list-style-type: none"> Abmessungen und Ausstattung (Fahrkorb, Türen, Vorraum, Bedien- und Anzeigeelemente, sonstige Ausstattung) 	<ul style="list-style-type: none"> Die Parameter erfüllen die Forderungen der jeweiligen Landesbauordnung, DIN 18040-1 und/oder DIN EN 81-70
Anpassungsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> Formfaktor (Funktionale Eignung und Normkonformität) Leistungsfähigkeit (Simulationsannahmen und Simulationsergebnisse) 	<ul style="list-style-type: none"> Die Abmessungen von Fahrkorb, Türen und Vorraum entsprechen der geplanten Nutzungsänderung und nach Möglichkeit den standardisierten Planungsmaßen der DIN 15309/15306 Die Simulationsannahmen zu Gebäude, Personenverkehr und Aufzugskonfiguration entsprechen der geplanten Nutzungsänderung Die Simulationsergebnisse erfüllen die Anforderungen der geplanten Nutzungsänderung
Gestalterische Qualität	<ul style="list-style-type: none"> Fahrkorbkabine, Türen, Portale, Bedien- und Anzeigeelemente, sonstige Ausstattung Vorraumgestaltung 	<ul style="list-style-type: none"> Größe, Proportionen, Materialien, Wertigkeit und Farbwahl entsprechen den Nutzeranforderungen Größe, Proportionen, Materialien, Wertigkeit und Farbwahl entsprechen dem Gebäudekonzept/Fahrkorb
Fahrqualität	<ul style="list-style-type: none"> Vertikale Beschleunigung Vertikaler Ruck Vibrationen Schalldruckpegel 	<ul style="list-style-type: none"> Sehr gut < 1,2 m/s², zufriedenstellend < 1,5 m/s², nicht mehr akzeptabel > 1,5 m/s² Sehr gut < 1,5 m/s³, zufriedenstellend < 2,0 m/s³, nicht mehr akzeptabel > 2,0 m/s³ Sehr gut X/Y < 0,10 m/s² und Z < 0,15 m/s², zufriedenstellend X/Y < 0,20 m/s² und Z < 0,25 m/s², nicht mehr akzeptabel X/Y > 0,20 m/s² und Z > 0,25 m/s² (X = Fahrschachtbreite, Y = Fahrschachttiefe, Z = Fahrschachthöhe) Sehr gut < 50 dB(A), zufriedenstellend < 60 dB(A), nicht mehr akzeptabel > 60 dB(A) (Schalldruckpegel im Fahrkorb und vor der Fahrschachttür)
Zugänglichkeit der Aufzugstechnik	<ul style="list-style-type: none"> Maschinenraum Bedien- und Steuereinheiten 	<ul style="list-style-type: none"> Das BFS verfügt über einen Maschinenraum entsprechend den Anforderungen der DIN EN 81-1 Die Zugänglichkeit im Betrieb ist sichergestellt
Herkunft der Bauteile und Dienstleistungen	<ul style="list-style-type: none"> Verantwortungsvolle Beschaffung Rückverfolgbarkeit der Bauteile und Dienstleistungen 	<ul style="list-style-type: none"> Herstellungsverfahren, Arbeitsbedingungen, Lieferentfernung zum Gebäudestandort, Installationsbedingungen, Garantien, Verfügbarkeit von Ersatz- u. Bauteilen, etc. Entsprechende Zertifizierung oder Dokumentationssysteme des Herstellers, etc.

Tabelle 19: Soziale Kriterien für Beförderungssysteme (Eigene Darstellung bzgl. der Fahrqualität in Anlehnung an Deppenmeier (2011), S. 95-97, Fortune (2013), S. 108 und Barney (2003), S. 84-85)

5.4 Anforderungsprofile für Beförderungssysteme

Für die Gebäudeplanung wird, im Sinne der zu gewährleistenden Prozessqualität, eine Projektvorbereitung noch vor der eigentlichen Leistungsphase 1 der HOAI empfohlen. Wie bereits vorgestellt, eignet sich dafür die Bedarfsplanung nach DIN 18205, das frühe Aufstellen von konkreten Zielvereinbarungen und die Vorbereitung von Planungswettbewerben. Durch die Ermittlung der Bedürfnisse und einschränkenden Rahmenbedingungen des Bauherrn und konkrete Planungsziele werden sowohl der gesamte Prozess als auch die spätere Zufriedenheit des Bauherrn verbessert.⁶⁴

Als erster Schritt bei der Planung von BFS ist eine einheitliche Vorstellung aller an der Planung beteiligten Akteure zu den Rahmenbedingungen, Anforderungen und **Zielvorgaben der vertikalen Gebäudeerschließung** erforderlich.⁶⁵ Dafür wurden die Inhalte der DIN 18205 auf ihre Eignung und Relevanz für die Planung von BFS hin untersucht. Diese Untersuchung zeigte eine ausreichend große Schnittmenge, da insbesondere die zur Bestimmung der funktionalen und technischen Kriterien notwendigen Rahmenbedingungen bereits durch die Bedarfsplanung erfasst werden. Beispielhaft können hier, die für das BFS relevanten Angaben zur Gebäudehöhe, Stockwerksanzahl, zu beachtende Baugesetzgebung aber auch die Art und Anzahl der Nutzer sowie die Häufigkeit, Dauer und Stetigkeit der Gebäudenutzung angeführt werden.⁶⁶ Um diese Vorgaben möglichst vollständig und systematisch für die Planung von BFS nutzen zu können, werden sie in Form eines Anforderungsprofils erfasst.

⁶⁴ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011e), A1-A2 und Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (2009), TEIL 3 – Kriterium 43 Seite 1-6.

⁶⁵ Vgl. Barney (2003), S. 127, Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 19, 21 und Almeida et al. (2010), S. 95.

⁶⁶ Vgl. DIN 18205 (1996), S. 4–13.

Dazu werden zunächst die **Anforderungen des Gebäudes** und dessen **Nutzungsszenarien** zusammengestellt. Die Gebäudeanforderungen ergeben sich unter anderem aus den zu Beginn dieser Arbeit vorgestellten, funktionalen Bauwerkstypen, der Art des Gebäudezugangs, einer erwarteten Nutzungsdauer und der zu berücksichtigenden Baugesetzgebung. Ist die beabsichtigte Nutzung zu Planungsbeginn noch nicht vollständig bekannt oder eine mögliche Umnutzung bereits zu berücksichtigen, sind mehrere entsprechende Nutzungsszenarien aufzustellen.⁶⁷ Dieses ist vor allem notwendig, da bereits geringe Änderungen in der Anzahl der Nutzer, deren Aktivitäten und Abläufen grundlegende Auswirkungen auf die notwendigen Eigenschaften des BFS haben können. Zudem sind für verschiedene Szenarien oftmals unterschiedliche Zielvorgaben vorzugeben. In Abhängigkeit zum jeweiligen Projekt sind somit mehrere Anforderungsprofile für BFS möglich, welche im Planungsverlauf entsprechend zu berücksichtigen sind.

Anschließend lässt sich auf Grundlage der entwickelten funktionalen Kriterien ein erstes **funktionales Äquivalent** für das zu planende BFS aufstellen. Für dieses sind die beabsichtigte Nutzung und die hauptsächlich funktionalen sowie technischen Anforderungen zu beschreiben. Darauf folgende Vergleiche verschiedener Planungsvarianten von BFS sind auf der Grundlage dieser funktionalen Äquivalenz zu erstellen.⁶⁸ Funktionale Anforderungen an den Formfaktor lassen sich durch die Art der benötigten vertikalen Beförderungen (Personenbeförderung oder Lastentransport) sowie die zu erfüllenden Zusatzfunktionen beschreiben. Für manche dieser zusätzlichen Funktionen wie den Feuerwehraufzüge, eine behindertengerechte Ausführung, vandalenresistente Anlagen oder Aufzüge unter Erdbebenbedingungen stehen entsprechende Normen zur Verfügung, welche die funktionalen aber auch technischen Anforderungen im Detail

⁶⁷ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011e), A2.

⁶⁸ Vgl. DIN EN 15643-1 (2010), S. 20.

beschreiben.⁶⁹ Andere Zusatzfunktionen wie Bettentransporte, VIP- oder Autoaufzüge sind den projektspezifischen Bedingungen entsprechend zu erfassen. Ebenso können die Berücksichtigung standardisierter Bau-, Fahrkorb- und Türmaße sowie die Absicht, das BFS als Designelement des Gebäudes zu nutzen, bereits im Anforderungsprofil gefordert werden. Die Leistungsfähigkeit wird durch eindeutige Zielvorgaben bezüglich der Servicequalität und der damit verbundenen Warte- und Fahrzeiten sowie des zulässigen Fahrkorbfüllgrades zu Spitzenverkehrszeiten vorgegeben. Im Vergleich zu Formfaktor und Leistungsfähigkeit lässt sich der Flächenbedarf nur eingeschränkt mit absoluten Kennwerten für das funktionale Äquivalent formulieren. Zwar kann der Flächenverbrauch von BFS zu in der Gebäudeplanung üblichen Bezugsgrößen wie die BGF oder die NF ins Verhältnis gesetzt werden.⁷⁰ Doch sind diese, sich daraus ergebenden Kennwerte aufgrund der zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten von BFS und Gebäuden nur von eingeschränktem praktischem Nutzen. Gebäudetypen verschiedenster Größen, unterschiedlichster Grundrisse, räumlicher Unterteilungen und vertikaler Erschließung erzeugen aufgrund ihrer jeweiligen individuellen Nutzungsarten, Belegungsdichten, Etagenzahlen und weiteren Einflussfaktoren unterschiedlichste Anforderungen an BFS. Diese werden zudem individuell angepasst und unterscheiden sich bezüglich ihres Formfaktors, ihrer Leistungsfähigkeit wie auch der zur Anwendung kommenden Aufzugstechnik voneinander. Allgemeingültige Flächenkennwerte für BFS verschiedener Nutzungsintensitäten konnten sich in Abhängigkeit zum Gebäudetypus bislang nicht etablieren. Ein Vergleich der in Anspruch genommenen Flächen, funktional äquivalenter Planungsvarianten, ist daher für BFS ein geeigneterer Indikator für deren jeweilige Flächeneffizienz.⁷¹ Als weiterer Aspekt des funktionalen Äquivalents sind dessen technische Anforderungen zu erfassen, welche sich

⁶⁹ Vgl. DIN EN 81-72 (2003), DIN EN 81-70 (2005), DIN EN 81-71 (2007) und DIN EN 81-77 (2014).

⁷⁰ Vgl. Deppenmeier (2011), S. 101–103.

⁷¹ Vgl. Groot (2014b), S. 119.

im Wesentlichen aus den gesetzlichen Vorgaben, der entsprechenden Normung, individuellen Anforderungen des Bauherrn und einer zu erwartenden Nutzungsdauer der Aufzugstechnik ergeben.

Ergänzend können bereits zu Planungsbeginn weitere **optionale Anforderungen** in Form von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten an das BFS gestellt werden. Für die ökonomischen und ökologischen Qualitäten gelten die bereits beschriebenen Einschränkungen in Bezug auf die Verfügbarkeit von Kennwerten in frühen Planungsphasen. Soziale Vorgaben können in Form der zuvor erarbeiteten Kriterien berücksichtigt werden.

Das in der folgenden Tabelle dargestellte Anforderungsprofil für BFS leitet sich somit aus den verfügbaren Informationen der Gebäudebedarfsplanung ab. Der jeweilige Bezug zu den Einzelkriterien der DIN 18205 ist entsprechend ausgewiesen. Es werden alle für BFS relevanten Rahmenbedingungen des Gebäudes und seiner Nutzung erfasst, sowie ein funktionales Äquivalent für die weitere Planung aufgestellt. Dieses berücksichtigt die funktionalen und technischen Grundanforderungen. Zudem können ökonomische, ökologische und soziale Anforderungen an das BFS ergänzt werden. Das Anforderungsprofil überführt dabei die übergeordneten Rahmenbedingungen des Gebäudes und seiner Nutzung in spezifische Anforderungen an das BFS und ermöglicht erstmals das systematische Aufstellen eines funktionalen Äquivalentes der vertikalen Gebäudeerschließung durch Aufzüge (Siehe Tabelle 20).

5 Entwicklung von Hilfsmitteln für die Aufzugsplanung

Anforderungsprofil für Beförderungssysteme						
Anforderungen und Rahmenbedingungen des Gebäudes						DIN 18205
Gebäudeforderungen	Gebäudeart, Nutzungsart	Einfamilienhaus	Sonderfälle Wohnen	Einkauf		A.1.3
		Reihenwohnhhaus	Bildung	Sport		
		Mehrfamilienhaus	Büro und Verwaltung	Kultur		
		Großes Mehrfamilienhaus	Produktion/Werkstatt	Beherb./Gastro.		
		Wohnhochhaus	Heilbehandlung	Sonstige		
	Eigenschaften des Baukörpers:					C.2.1
	- Abmessungen	Breite m	Tiefe m	Höhe m		
	- Angefahrene Etagen	Anzahl	Höhe m	Förderhöhe m		
	- Flexibilität für zukünftige Nutzungen	Beschreibung				
	Gebäudezugang, vertikaler Verkehr:					C.2.2
	- Personen	Beschreibung				
	- Personen mit Behinderungen	Beschreibung				
	- Güter und Lasten	Beschreibung				
	Infrastruktur:					B.5.4
	- Einrichtungen in direkter Umgebung	Beschreibung				
- Verkehrsanbindung, Parkplätze	Beschreibung					
Gefährdung durch Erdbeben	Beschreibung				B.5.3	
Nutzungsdauer der Baukonstruktion	Jahre				B.3.5	
Baugesetzgebung, Normen, etc.	Beschreibung				B.2.5	
Umweltgesetzgebung, Normen, etc.	Beschreibung				B.2.6	
Anforderungen durch die Nutzung/die Nutzer des Gebäudes						DIN 18205
Nutzungsszenario	Liste der Aktivitäten und Abläufe:					B.7.1
	- Art und Zweck	Beschreibung				
	- Häufigkeit, Dauer, Stetigkeit	Beschreibung				
	Nutzer:					B.7.2
	- Art, Anzahl	Beschreibung				
	- Nutzer je Etage	Beschreibung				
	- Erwarteter Abwesenheitsfaktor in %	Prozent				
	- Generelle Organisation	Beschreibung				B.7.3
	Beziehungen:					
	- Personen	Beschreibung				
- Güter und Lasten	Beschreibung					
- Kommunikation bzw. Transport	Beschreibung					
- Organisatorische Verpflichtungen	Beschreibung					
Funktionale und technische Anforderungen an das Beförderungssystem						
Funktionales Äquivalent	Anforderungen an den Formfaktor:					B.7.1
	- Vertikale Beförderung/Transport	Personenbeförderung	Lastentransport			
	- Zusatzfunktionen	Feuerwehraufzug	VIP-Aufzug	Bettenaufzug		
		Evakuierungsaufzug	Express-/Transferaufzug	Vandalenresistenter Aufzug		
		Behindertenaufzug	Autoaufzug	Erdbebenbedingungen		
	- Standardisierte Planungsmaße	Berücksichtigung von Bau-, Fahrkorb- und Türmaßen der DIN 15306/15309				
	- Designelement des Gebäudes	Besonderes Design	Panorama-/Glasaufzug	Sonstiges		
	Anforderungen an d. Leistungsfähigkeit:					
	- Durchschnittliche Wartezeit	< 20s	20 - < 30s	30 - < 40s	40 - < 60s	
	- Durchschnittliche Fahrzeit	< 80s	80 - < 100s	100 - < 120s	120 - < 150s	
	- Durchschnittlicher Fahrkorbüllgrad	< 40%	40 - < 50%	50 - < 60%	60 - < 70%	
	Anforderungen an den Flächenbedarf:					
	- Absoluter/relativer Flächenverbrauch	Beschreibung				
	- Tragwerkelement des Gebäudes	Fahrschacht- und Vorraumwände sind in die Tragwerksplanung zu integrieren				
	Technische Anforderungen:					
- Gesetzgebung, Vorschriften, Normen	Beschreibung					
- Sonstige technische Vorgaben	Beschreibung					
- Nutzungsdauer (Aufzugstechnik)	Jahre					
Ökonomische, ökologische und soziale Anforderungen an das Beförderungssystem						
Optionale Anforderungen	Lebenszykluskosten:					B.7.1
	- Baukonstruktion*	Beschreibung				
	- Aufzugstechnik	Beschreibung				
	Umweltauswirkungen:					
	- Baukonstruktion*	Beschreibung				
	- Aufzugstechnik	Beschreibung				
	Ressourceninanspruchnahme:					
	- Baukonstruktion*	Beschreibung				
	- Aufzugstechnik	Beschreibung				
	Wirkungen auf die Nutzer/Öffentlichkeit:					
	- Barrierefreiheit	Beschreibung				
	- Anpassungsfähigkeit	Beschreibung				
	- Gestalterische Qualität	Beschreibung				
	- Fahrqualität	Sehr Gut	Zufriedenstellend			
	- Zugänglichkeit der Aufzugstechnik	Beschreibung				
- Herkunft Bauteile u. Dienstleistungen	Beschreibung					

* Die Baukonstruktion umfasst, für die Aufzugstechnik notwendige, Fahrschächte, Maschinenräume und Vorräume

Tabelle 20: Anforderungsprofil für Beförderungssysteme (Eigene Darstellung)

5.5 Möglichkeiten einer frühzeitigen Planung von Beförderungssystemen auf Bauteilebene

Die meist zentrale Lage von BFS erfordert deren frühzeitige Berücksichtigung und Einbindung in die Gebäudeplanung. Dies ermöglicht optimierte vertikale Erschließungskonzepte und vermeidet kostenintensive Umplanungen der Aufzugstechnik, falls erforderliche Baumaße oder Flächen in späteren Planungsphasen nicht mehr bereitgestellt werden können. Zudem werden Umplanungen anderer, an das BFS angrenzender Gewerke, vermieden.⁷²

Die für frühe Planungsphasen notwendigen wesentlichen Baumaße und Flächen von BFS ergeben sich aus deren Fahrschächten und Maschinenräumen, welche von der dort installierten Aufzugstechnik bestimmt werden. Zudem sind entsprechende Abmessungen für die Vorräume je Haltestelle zu berücksichtigen, welche den gesetzlichen Vorgaben und der durch die Normung empfohlenen Mindestmaße unterliegen. Fahrschächte, Maschinenräume und Vorräume sind dabei **Teil der Baukonstruktion von Gebäuden** und nach ihrer Errichtung kaum noch veränderbar. Deren Wände und Decken werden aus Mauerwerk, Beton, Stahlbeton oder Stahlgerüsten mit Nutzungsdauern von 50 Jahren erstellt, welche der Nutzungsdauer des Gebäudes entsprechen.⁷³ Für die in den Fahrschächten installierte Aufzugstechnik werden derzeit 25 Jahre Nutzungsdauer veranschlagt, wodurch diese theoretisch einmalig innerhalb des Gebäudelebenszyklus ersetzt wird.⁷⁴

Für die frühzeitige Planung von BFS auf Bauteilebene ergeben sich damit **zwei wesentliche Zielkonflikte**. Zum einen ist die, für das BFS

⁷² Vgl. Strakosch (1967), S. 201, Barney (2003), S. 127, Groot (2014a), S. 98 und Tenkhoff (2002), S. 42.

⁷³ Vgl. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2011), S. 7.

⁷⁴ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011a), C11.

notwendige Baukonstruktion auf den gesamten Gebäudelebenszyklus hin auszulegen und hat, aufgrund ihrer nur eingeschränkten Anpassungsfähigkeit, mögliche Nutzungsänderungen bereits zu berücksichtigen. Eine entsprechende Dimensionierung des vertikalen Erschließungskernes repräsentiert dabei eine grundlegende Voraussetzung für die Fähigkeit von Gebäuden, auf geänderte Nutzungsbedingungen adäquat reagieren zu können. Zum anderen werden die Baumaße dieser notwendigen Fahrschächte und Maschinenräume von einer nur halb so langlebigen und herstellerepezifischen Aufzugstechnik bestimmt. Ein direkter Herstellerbezug ist jedoch in frühen Planungsphasen auf Bauteilebene nach Möglichkeit zu vermeiden.

Daher sind erste Planungsvarianten von BFS auf Grundlage standardisierter, herstellerunabhängiger Baumaße für Fahrschächte und Maschinenräume sowie herstellerneutraler Leistungskennwerte der Aufzugstechnik zu erstellen. Für eine frühzeitige Planung stehen somit nicht konkrete Komponenten und deren technische Detaillösungen im Vordergrund, sondern vielmehr die Frage, wie viele Aufzugsanlagen in welcher Kombination aus Fahrkorbnennlast, Türart und Fahrgeschwindigkeit für das zu erwartende Verkehrsaufkommen am besten geeignet sind. Es sind zunächst herstellerunabhängige Entwurfslösungen zu ermitteln, welche das zu Beginn der Planung aufgestellte Anforderungsprofil für BFS bestmöglich erfüllen.

Durch die entwickelten funktionalen Kriterien Formfaktor, Leistungsfähigkeit und Flächenbedarf ist es möglich, BFS gezielt und frühzeitig auf Bauteilebene zu planen. Unter Berücksichtigung des zuvor aufgestellten Anforderungsprofils können Entwurfslösungen frühzeitig und anhand mehrerer Kriterien miteinander verglichen, bewertet und für die weitere Planung ausgewählt werden. Der Entscheidungsumfang wird bereits auf Bauteilebene erweitert und die Qualität wie auch die Nachvollziehbarkeit getroffener Planungsentscheidungen verbessert. Die beiden folgenden Unterkapitel zeigen Möglichkeiten, aber auch Grenzen einer derartig frühzeitigen Integration in die Gebäudeplanung auf.

5.5.1 Aufstellen funktional äquivalenter Planungsvarianten

Durch die in den vorherigen Kapiteln entwickelten funktionalen Kriterien ist es möglich, die grundlegende funktionale Eignung von BFS mit Hilfe des Formfaktors, der Leistungsfähigkeit und des Flächenbedarfs zu bestimmen. Die dafür notwendigen Anforderungen werden durch das entwickelte Anforderungsprofil für BFS bereitgestellt. Dadurch stehen spezifische Anforderungen an den Formfaktor, die Leistungsfähigkeit, den Flächenbedarf und die technischen Eigenschaften des BFS frühzeitig im Planungsprozess zur Verfügung. Sämtliche daraufhin zu entwickelnde Planungsvarianten haben diese Anforderungen im Sinne ihrer funktionalen Äquivalenz zu erfüllen, um einen sinnvollen Vergleich untereinander zu ermöglichen.⁷⁵ Dies gilt in besonderem Maße für die hier betrachteten frühen Planungsphasen, welche noch die Freiheit für gänzlich unterschiedliche und dennoch funktional äquivalente Entwurfslösungen von BFS bieten. Inwieweit und mit welcher Genauigkeit sich diese Entwurfslösungen auf Bauteilebene herstellerunabhängig ermittelt lassen, wird im Folgenden näher betrachtet.

Die ersten funktionalen Anforderungen ergeben sich aus der Art der notwendigen vertikalen Beförderung (Personenbeförderung oder Lastentransport) sowie möglicher Zusatzfunktionen und sind durch einen entsprechenden **Formfaktor** sicherzustellen. Die dafür möglichen Kombinationen aus Planungsmaßen für Fahrkorb, Fahr-schacht- und Fahrkorbtüren sowie Vorräumen sind zahlreich und erlauben unterschiedlichste Entwurfslösungen. Unter Beachtung standardisierter und branchenüblicher Planungsmaße lässt sich der Formfaktor jedoch herstellerunabhängig auf Bauteilebene bestimmen. Ausnahmen bilden technische Sonderlösungen, welche bereits in frühen Planungsphasen mit geeigneten Aufzugsherstellern auf ihre technische Realisierbarkeit hin zu überprüfen sind. Dies gilt in be-

⁷⁵ Vgl. DIN EN 15643-1 (2010), S. 20.

sonderem Maße, wenn nicht auf standardisierte Baumaße zurückgegriffen werden kann und projektspezifische Gebäudeanforderungen, Zusatzfunktionen oder besondere Designvorstellungen individuelle Abmessungen erfordern.

Durch die Vorgaben des Anforderungsprofils und die im Rahmen des Formfaktors gewählten Abmessungen werden die, für eine Bestimmung der funktionalen **Leistungsfähigkeit** wesentlichen Parameter weitestgehend vorgegeben. Im Rahmen der zu treffenden Simulationsannahmen werden die Gebäudedaten aus dem Anforderungsprofil übernommen und das zu erwartende Verkehrsaufkommen entsprechend abgeleitet. Die Aufzugskonfiguration ergibt sich aus den übernommenen Gebäudedaten, dem gewählten Formfaktor und Durchschnittswerten für die technischen Anlagenparameter. Dabei stehen insbesondere für die Türöffnungs- und Türschließzeiten, das Einfahren mit öffnender Tür und die anzunehmende Startverzögerung entsprechende Werte im Rahmen der verfügbaren Planungsliteratur zur Verfügung und ermöglichen es, herstellerunabhängige Annahmen zu diesen Simulationsparametern treffen zu können.⁷⁶ Entsprechendes gilt für realistische und maximal anzunehmende Beschleunigungs- und Ruckwerte der Aufzugstechnik, welche sich innerhalb der Branche weitestgehend etabliert haben.⁷⁷ Nicht zu berücksichtigen sind die individuellen Steuerungsalgorithmen der jeweiligen Aufzugshersteller (Vergleiche Kapitel 5.2.2). Diesbezüglich liegt allen herstellerunabhängigen Simulationsergebnissen der Algorithmus der jeweiligen Simulationsanwendung zu Grunde. In Anbetracht der Tatsache, dass jedoch zahlreiche Planungen von BFS mit herstellerunabhängiger Simulationssoftware durchgeführt werden, scheint diese Unschärfe, zumindest für die Planungspraxis, vernachlässigbar. Die folgende Tabelle weist die zur Verfügung stehenden Informationsquellen für die notwendigen Simulationsparameter der

⁷⁶ Vgl. Barney (2010b), S. 3–6, Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 80 und Francesco (2015), S. 160.

⁷⁷ Vgl. Deppenmeier (2011), S. 95–97, Fortune (2013), S. 108 und Barney (2003), S. 84–85.

Aufzugskonfiguration aus. Die Bestimmung der Leistungsfähigkeit von BFS ist somit in frühen Planungsphasen ohne herstellerebene spezifische Angaben durch Simulation möglich.

Informationsquellen für Simulationsannahmen auf Bauteilebene		
Aufzugskonfiguration	Beispielhafte Werte	Informationsquelle
- Anzahl Aufzüge je Aufzugsgruppe	3 Aufzüge	Zunächst Schätzung, dann Bestimmung aufgrund von Simulationsergebnissen
- Förderhöhe	21,0 m	Gebäudedaten
- Art der Aufzugssteuerung	Zwei-Knopf-Sammelsteuerung	Gebäudedaten, Nutzungsart, erwarteter Personenverkehr
- Kabinennennlast	1275 kg	Abmessungen des Formfaktors, nach erster Simulation evtl. Anpassung erforderlich
- Kabinenbreite/-tiefe/-höhe	2000/1400/2300 mm	Abmessungen des Formfaktors, nach erster Simulation evtl. Anpassung erforderlich
- Maximal zulässiger Kabinenfüllgrad	80 %	Gebäudedaten, Nutzungsart, erwarteter Personenverkehr
- Türart/-breite/-höhe	Zentral/1100/2100 mm	Abmessungen des Formfaktors, nach erster Simulation evtl. Anpassung erforderlich
- Türöffnungs-/Türschließzeit	2,0/2,5 s	Standardwerte gem. Planungsliteratur
- Türoffenzeit	1,0 s	Gebäudetyp, Nutzungsart, Personenverkehr
- Einfahren mit öffnen. Tür	0,5 s	Standardwerte gem. Planungsliteratur
- Nenngeschwindigkeit	1,0 m/s	Standardisierte Werte gemäß Normung und entsprechend der Förderhöhe
- Nennbeschleunigung	1,0 m/s ²	Standardwerte gem. Planungsliteratur, insbesondere max. zulässige Beschleunigung
- Nennruck	1,2 m/s ³	Standardwerte gem. Planungsliteratur, insbesondere max. zulässiger Ruck
- Startverzögerung	1,0 s	Standardwerte gem. Planungsliteratur
- Verzögerung bis Haltestellenniveau	0,0 s	Standardwerte gem. Planungsliteratur
- Hauptaltestelle(n)	EG	Gebäudedaten

Tabelle 21: Informationsquellen für Simulationsannahmen auf Bauteilebene (Eigene Darstellung)

Die sich aus der Abstimmung von Formfaktor und Leistungsfähigkeit ergebenden Konfigurationen der Aufzugstechnik sind nun um die notwendigen Baumaße für deren Fahrschächte und Maschinenräume zu erweitern, um den **Flächenbedarf** je BFS ermitteln zu können. Diese Baumaße sind jedoch von den Abmessungen der verwendeten Anlagenkomponenten und damit von herstellereigenen Eigenschaften abhängig. Im Sinne einer neutralen Bauteilplanung werden jedoch herstellerunabhängige Baumaße benötigt. Der sich daraus ergebende Planungskonflikt führt im Rahmen dieses Kapitels zu einer genaueren Betrachtung der Baumaße für Fahrschächte verschiedener Aufzugshersteller und einem Vergleich mit den standardisierten Vorgaben der Normung. Dazu wurden, in Anlehnung an die Planungsmaße der DIN 15306 und 15309, 15 beispielhafte Konfigurationen von Treibscheibenaufzügen zusammengestellt und für deren Fahrschächte die Baumaße von insgesamt 14 Aufzugsherstellern verglichen. Zudem wurde der Flächenbedarf für einen entsprechenden Aufzugsvorraum und für das gesamte BFS je Etage ermittelt, um den herstellerabhängigen Einfluss auf den Gesamtflächenbedarf eines BFS identifizieren zu können. Insgesamt wurden 1.130 Planungsmaße dafür zusammengetragen und verglichen. Die Auswahl der Aufzugshersteller berücksichtigt die in Deutschland vorhandene Branchenstruktur, welche durch vier große Konzernunternehmen und zahlreiche mittelständische Hersteller geprägt ist. Im vorliegenden Vergleich werden deshalb die in Deutschland aktivsten vier Konzernunternehmen, die zwei größten Mittelständler wie auch zahlreiche kleinere Aufzugshersteller berücksichtigt. Dadurch entsteht ein repräsentativer Branchenquerschnitt in Bezug auf die zusammengetragenen Planungsmaße.⁷⁸ Die folgende Tabelle zeigt die ausgewählten Aufzugskonfigurationen, welche von jedem Aufzugshersteller zu erfüllen waren.

⁷⁸ Vgl. Dispan (2015), S. 5–6.

Anlagenkonfigurationen gemäß Personenaufzüge für Wohngebäude (DIN 15306)							
Bezeichnung/ Technische Parameter	320- S700-1.0	450- S800-1.0	630- S900-1.0	1000- S900-1.0	450- S800-1.6	630- S900-1.6	1000- S900-1.6
Fahrkorbnennlast kg	320	450	630	1000	450	630	1000
Fahrkorbbreite mm	900	1000	1100	1100	1000	1100	1100
Fahrkorbtiefe mm	1000	1200	1400	2100	1200	1400	2100
Fahrkorbhöhe mm	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200
Türart (seitlich/zentral)	Seitlich	Seitlich	Seitlich	Seitlich	Seitlich	Seitlich	Seitlich
Türbreite mm	700	800	900	900	800	900	900
Türhöhe mm	2000	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Nenngeschwindigkeit m/s	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6	1,6	1,6

Anlagenkonfigurationen gemäß Personenaufzüge für andere als Wohngebäude (DIN 15309)								
Bezeichnung/ Technische Parameter	630- Z900- 1.0	800- Z900- 1.0	1000- Z900- 1.0	1275- Z1100- 1.0	630- Z900- 1.6	800- Z900- 1.6	1000- Z900- 1.6	1275- Z1100- 1.6
Fahrkorbnennlast kg	630	800	1000	1275	630	800	1000	1275
Fahrkorbbreite mm	1100	1350	1600	2000	1100	1350	1600	2000
Fahrkorbtiefe mm	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Fahrkorbhöhe mm	2200	2200	2300	2300	2200	2200	2300	2300
Türart (seitlich/zentral)	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral
Türbreite mm	900	900	900	1100	900	900	900	1100
Türhöhe mm	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Nenngeschwindigkeit m/s	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6	1,6	1,6	1,6

Tabelle 22: Anlagenkonfigurationen für den Herstellervergleich (Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN 15306 (2002), S. 10 und DIN 15309 (2002), S. 12)

In Abweichung zur Normung wird davon ausgegangen, dass die ausgewählten Konfigurationen durch maschinenraumlose elektrische Treibscheibenaufzüge realisiert werden, was dem heutigen Stand der Technik sowie der Planungspraxis in dem gewählten Anwendungsbereich entspricht.⁷⁹ Es sind dadurch keine Flächen für einen separaten Maschinenraum vorzusehen. Der Flächenbedarf des BFS ergibt sich je Etage aus dessen Fahrschachtf lächen, Vorraumflächen und Konstruktionsgrundflächen der notwendigen Wände. Für die Wände von Fahrschacht und Vorraum wird eine einheitliche Wandstärke von 200 mm angenommen. Alle 15 Aufzugskonfigurationen werden zudem als Einzelanlagen mit entsprechendem Vorraum und Wänden

⁷⁹ Vgl. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 32.

für Fahrschacht und Vorraum ausgelegt. Für die Vorraumabmessungen wurden die von der Normung empfohlenen Mindestmaße für Einzelanlagen genutzt, wodurch sich unterschiedliche Flächenverbräuche des jeweiligen BFS allein auf die herstellerbezogenen, notwendigen Fahrschachtflächen zurückführen lassen. Weitere technische Annahmen sind die Installation der Fahrschachttüren im Fahrschacht (Ohne Nische), keine Fangvorrichtung am Gegengewicht (Notwendig bei betretbaren Räumen unterhalb des Fahrschachtes) und keine Durchladung (Aufzugstüren an Vorder- und Rückseite). Zudem wurden die Standardangaben der Hersteller gemäß deren aktuellen Planungsunterlagen genutzt und soweit vorhanden, auch mehrere Produktlinien eines Herstellers berücksichtigt. Aus den 14 Aufzugsherstellern ergaben sich dadurch 20 mögliche maschinenraumlose Aufzugsanlagen. Es konnten jedoch nicht alle Hersteller sämtliche vorgegebenen Anlagenkonfigurationen durch ihre standardisierten Produkte bedienen. Um Verzerrung im beabsichtigten Vergleich der Baumaße zu vermeiden, wurde davon abgesehen, mögliche Abwandlungen und Sonderlösungen bei den Herstellern anzufragen. Die verfügbaren 113 Datensätze entsprechen daher typischen Standardanlagen ohne projektspezifische Änderungen oder Sondermaßnahmen zur Reduzierung ihrer Baumaße.

Bei der Auswertung der Planungsmaße wird deutlich, dass der Flächenbedarf der BFS um weniger als 10 % durch die Wahl des Aufzugsherstellers beeinflusst wird. Dies lässt sich zum einen auf den relativ geringen Anteil der technischen Fahrschachtfläche (Fahr-schachtfläche weniger Fahrkorbfläche) an der Gesamtfläche zurückführen und zum anderen durch die sehr ähnlichen Baumaße der Hersteller begründen. Die für die vorgegebenen Anlagenkonfigurationen benötigte Gesamtfläche schwankt für die aufgeführten Hersteller im Durchschnitt lediglich um 7,8 %. Die maximale herstellerbezogene Flächenabweichung tritt dabei bei der Anlagenkonfiguration drei (Kabinennennlast 630 kg, seitlich öffnende Tür mit 900 mm Türbreite, Nenngeschwindigkeit 1,0 m/s) auf und beträgt 9,2 % oder 0,7 m² je Etage. Von besonderem Interesse für die Konfiguration der Fahr-

schächte auf Bauteilebene ist jedoch die Abweichung der Aufzugshersteller zu den standardisierten Planungsmaßen der Normung. Die folgende Tabelle zeigt den absoluten Flächenbedarf der Anlagenkonfigurationen für Wohngebäude je Aufzugshersteller sowie deren relative Abweichung von den genormten Baumaßen.

Flächenbedarf je Haltestelle für Beförderungssysteme in Wohngebäuden in m ² / %							
Bezeichnung Anlage/ DIN 15306 und Aufzugshersteller	320- S700-1.0	450- S800-1.0	630- S900-1.0	1000- S900-1.0	450- S800-1.6	630- S900-1.6	1000- S900-1.6
DIN 15306	6,84/100,0	7,60/100,0	8,40/100,0	11,13/100,0	7,60/100,0	8,40/100,0	11,13/100,0
Hersteller 1, Produkt A	-/-	7,13/93,8	7,77/92,5	10,37/93,2	-/-	-/-	-/-
Hersteller 1, Produkt B	6,61/96,7	7,16/94,2	7,84/93,3	10,45/93,9	7,19/94,6	7,87/93,6	10,49/94,2
Hersteller 2, Produkt A	-/-	7,03/92,5	7,70/91,7	-/-	-/-	-/-	-/-
Hersteller 2, Produkt B	-/-	-/-	7,94/94,6	10,61/95,3	-/-	7,94/94,6	10,61/95,3
Hersteller 3, Produkt A	6,47/94,6	7,03/92,5	7,90/94,0	10,66/95,8	-/-	-/-	-/-
Hersteller 3, Produkt B	6,50/95,1	6,97/91,7	7,80/92,9	10,40/93,4	6,92/91,0	7,80/92,9	10,40/93,4
Hersteller 4, Produkt A	-/-	7,22/95,0	8,05/95,9	10,74/96,5	-/-	-/-	-/-
Hersteller 4, Produkt B	-/-	-/-	8,09/96,4	10,83/97,3	-/-	8,09/96,4	10,83/97,3
Hersteller 5, Produkt A	-/-	-/-	7,74/92,1	10,34/92,9	-/-	-/-	-/-
Hersteller 5, Produkt B	-/-	-/-	7,80/92,9	10,40/93,4	-/-	-/-	-/-
Hersteller 6	-/-	7,31/96,2	8,00/95,2	10,66/95,8	7,31/96,2	8,00/95,2	10,66/95,8
Hersteller 7	6,29/92,0	6,94/91,3	7,60/90,5	10,20/91,6	6,94/91,3	7,60/90,5	10,20/91,6
Hersteller 8	-/-	6,94/91,3	7,60/90,5	10,20/91,6	6,94/91,3	7,60/90,5	10,20/91,6
Hersteller 9	-/-	-/-	8,00/95,2	10,66/95,8	-/-	8,00/95,2	10,66/95,8
Hersteller 10	-/-	7,31/96,2	8,00/95,2	10,66/95,8	-/-	-/-	-/-
Hersteller 11, Produkt A	-/-	6,84/90,0	7,50/89,3	-/-	-/-	-/-	-/-
Hersteller 11, Produkt B	-/-	6,75/88,8	7,55/89,9	-/-	6,75/88,8	7,64/91,0	-/-
Hersteller 12	-/-	-/-	8,19/97,5	10,92/98,1	-/-	8,19/97,5	10,92/98,1
Hersteller 13	-/-	-/-	7,51/89,4	10,04/90,2	-/-	-/-	-/-
Hersteller 14	6,43/94,1	7,09/93,3	7,95/94,7	10,62/95,4	7,09/93,3	7,95/94,7	10,62/95,4
Durchschn. Flächen- bedarf der Aufzugs- hersteller im Vergleich zur DIN 15306	94,5%	92,8%	93,2%	94,5%	92,3%	93,8%	94,9%

Tabelle 23: Flächenbedarf der Beförderungssysteme verschiedener Aufzugshersteller (Eigene Darstellung)

Grundsätzlich können die genormten Baumaße in Bezug auf die Fahr-schachtbreite und -tiefe von allen Herstellern erfüllt werden. Bezogen auf den gesamten Flächenverbrauch eines BFS benötigen die Hersteller im Durchschnitt 94 % des gemäß Norm ermittelten Flächenbedarfs. Mit durchschnittlichen 91,0 % konnte ein ähnlicher Wert für den Flächenverbrauch der Anlagenkonfigurationen für Nicht-

Wohngebäude ermittelt werden. Für sämtliche Planungsmaße und Auswertungen zum Flächenbedarf der Hersteller siehe Anhang 2.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass in frühen Planungsphasen eine erste herstellerunabhängige Planung der Fahrschächte von BFS möglich ist und insbesondere bei der Ermittlung des zu erwartenden Flächenbedarfs verschiedener Varianten ausreichend genaue Ergebnisse liefert. In dem zuvor beschriebenen Anwendungsbereich Wohngebäude betrug der, durch eine neutrale Planung der Fahrschächte zu erwartende durchschnittliche Flächenmehrbedarf 6 %. Durch eine herstellernerneutrale Bauteilplanung kann vor allem eine frühzeitige Einschränkung des Wettbewerbs durch zu eng bemessene Baumaße vermieden werden.⁸⁰ Zudem sind neutrale Baumaße bei einer langfristigen Betrachtung als vorteilhaft zu bewerten, da sie über den gesamten Gebäudelebenszyklus hinweg herstellerunabhängige Lösungen für notwendige Anpassungen, Modernisierungen sowie den Ersatz der Aufzugstechnik gewährleisten.⁸¹ Erkauft wird diese Flexibilität durch einen erhöhten Flächenbedarf herstellernerneutral geplanter Fahrschächte, wobei sich dieser in den hier aufgeführten Grenzen bewegt.

Herstellerunabhängige Planungsvarianten von BFS lassen sich durch die funktionalen Kriterien Formfaktor, Leistungsfähigkeit und Flächenbedarf bereits in frühen Planungsphasen hinreichend exakt bestimmen. Unter Berücksichtigung der Vorgaben eines zuvor aufgestellten Anforderungsprofils wird dadurch ein erster Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene ermöglicht, ohne für die weitere Planung an spezifische Produkte entsprechender Aufzugshersteller gebunden zu sein. Die Möglichkeiten eines derartigen Vergleiches werden in dem folgenden Kapitel näher beschrieben.

⁸⁰ Vgl. ebd., S. 23.

⁸¹ Vgl. Popp (2014), S. 68 und Balck (2012), S. 77.

5.5.2 Variantenvergleich

Durch die im vorherigen Kapitel beschriebenen Möglichkeiten funktional äquivalente Planungsvarianten bereits auf Bauteilebene bilden zu können, sind diese Varianten nun entsprechend miteinander zu vergleichen. Dazu werden zunächst die Ausprägungen der einzelnen **funktionalen und technischen Qualitäten** im Rahmen des Formfaktors, der Leistungsfähigkeit, des Flächenbedarfs und der technischen Anforderungen einander gegenübergestellt. Eine eindeutige Gewichtung und quantitative Bewertung dieser Qualitäten ist dabei nicht möglich. Die Gewichtung des Formfaktor, der Leistungsfähigkeit oder des Flächenbedarfs variiert in Abhängigkeit von den jeweiligen Rahmenbedingungen und Anforderungen des Projektes und den daran beteiligten Akteuren. Für den Bettentransport eines Krankenhauses kann die Leistungsfähigkeit der Anlage sowie die funktionale Eignung von Fahrkorb, Türen und Vorräumen oberste Priorität besitzen, wohingegen dem Flächenbedarf eine untergeordnete Rolle zukommen kann. Bei einfachen Wohngebäuden dominiert hingegen oftmals der Flächenbedarf den Planungsprozess von BFS, insbesondere wenn diesen eine nur unterstützende Funktion bei der vertikalen Erschließung des Gebäudes zukommt. Von einer pauschalen Gewichtung der funktionalen Qualitäten von BFS wird daher abgesehen. Zudem lassen sich nicht alle Kriterien gleichermaßen bewerten. Die Leistungsfähigkeit und der Flächenbedarf können in quantitativer Form durch Wartezeiten, Fahrzeiten und Quadratmeter ausgewiesen werden. Die funktionale Eignung von gewählten Abmessungen oder die mögliche Integration der Fahrschächte und Vorräume in die Tragwerksplanung des Gebäudes lassen sich hingegen nur qualitativ bewerten. Somit nutzt die folgende Tabelle einen ungewichteten Bewertungsmix für einen ersten Vergleich der funktionalen Qualitäten unterschiedlicher Entwurfslösungen. Dabei ist zu beachten, dass sämtliche Entwurfslösungen durch ihre funktionale Äquivalenz bereits die grundlegenden Forderungen des aufgestellten Anforderungsprofils erfüllen. In welcher Güte dies für die einzelnen Kriterien

geschieht, verdeutlicht die folgende Gegenüberstellung der aufgestellten Planungsvarianten. Durch einen frühzeitigen und gezielten Vergleich von Entwurflösungen wird deren Planungsqualität auf Bauteilebene erhöht.⁸²

Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene (Teil 1)					
Kriterium	Funktionale und technische Qualitäten	Variante 1		Variante 2	
		Bewertung*	Ausprägung	Bewertung*	Ausprägung
Formfaktor	Fahrkorb, Fahrschacht-/Fahrkorbtür, Vorraum:				
	- Funktionale Eignung	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Standardisierte Planungsmaße	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Designelement des Gebäudes	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
Leistungsfähigkeit	Servicequalität:				
	- Durchschnittliche Wartezeit in s	● ● ●	-	● ● ●	-
	- Durchschnittliche Fahrzeit in s	● ● ●	-	● ● ●	-
	- Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad in %	● ● ●	-	● ● ●	-
Flächenbedarf	Flächenbedarf:				
	- Gesamtfläche Beförderungssystem in m ²	● ● ●	-	● ● ●	-
	- Nutzung als Tragwerkselement	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
Techn. Anford.	Einhaltung der technischen Anforderungen:				
	- Gesetzgebung, Normen, etc.	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Sonstige technische Anforderungen	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung

* Kein Punkt (Keine Anforderungen vorgegeben), 1 Punkt (Entspricht den Anforderungen), 2 Punkte (Übertrifft die Anforderungen), 3 Punkte (Übertrifft deutlich die Anford.)

Tabelle 24: Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene – Teil 1 (Eigene Darstellung)

Wurden im Rahmen des Anforderungsprofils keine Anforderungen an einzelne funktionale und technische Qualitäten des BFS gestellt, werden diese im dargestellten Vergleich nicht bewertet. Deren Ausprägung ist dennoch zu erfassen und in einen Vergleich der Varianten untereinander mit einzubeziehen. Für die geforderten funktionalen und technischen Qualitäten erfolgt eine entsprechende Bewertung durch ein drei Punkteschema. Bei diesem können die Anforderungen erfüllt, übertroffen oder deutlich übertroffen werden. Ein Vergleich der funktionalen und technischen Qualitäten von Planungsvarianten ist damit bereits auf Bauteilebene möglich. Entscheidungen zugunsten vorteilhafter Entwurflösungen lassen sich frühestmöglich im Planungsprozess treffen.

Als zusätzliche Kriterien, für den frühen Vergleich von Planungsvarianten, lassen sich die im Anforderungsprofil optional aufgestellten

⁸² Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011g), A4.

Anforderungen an die ökonomischen, ökologischen und sozialen Qualitäten des BFS nutzen.

Für die **ökonomische Qualität** ist dafür eine Kostenschätzung für die Gebäudelebensdauer vorzunehmen, welche getrennt nach Baukonstruktion (Fahrschächte, Maschinenräume und Vorräume) und Aufzugstechnik des BFS erfolgt. In Anbetracht der derzeitigen begrenzten Verfügbarkeit notwendiger Bauteilinformationen können jedoch nicht alle Bestandteile entsprechend exakt berücksichtigt werden. Dies gilt für BFS wie auch andere Gebäudebauteile gleichermaßen. Deren beispielhafte Nutzungsdauern sind, für eine frühzeitige Abschätzung der zu erwartenden Instandsetzungskosten oder Ersatzinvestitionen, größtenteils unbekannt.⁸³ Bezüglich der Aufzugstechnik sind vor allem die während der Nutzung zu erwartenden Energiekosten in frühen Planungsphasen bislang nicht umfassend genug verfügbar. Die klassische Fokussierung auf die reinen Herstellungskosten ist dennoch zu vermeiden und die weiteren Kostenbestandteile im Rahmen der Möglichkeiten entsprechend abzuschätzen.⁸⁴ Dafür lassen sich die empfohlenen Nutzungsdauern und pauschalen Prozentsätze für Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungskosten des BNB oder der VDI 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“ nutzen. Das BNB betrachtet, über den Lebenszyklus hinweg, die gebäudebezogenen Kosten (KG 300 und 400 der DIN 276) in Form der Herstellkosten und den Barwert der Nutzungskosten über 50 Jahre. Ersatzinvestitionen von Bauteilen mit geringerer Nutzungsdauer werden berücksichtigt.⁸⁵ Als weitere Orientierungshilfe können Kostendatenbanken wie beispielsweise das „Baukosteninformationssystem“ der Architektenkammern, der „GEFMA Benchmarking-Report“ für Kosten der Nutzungsphase oder verschiedene Baupreishandbücher genutzt werden. Diese weisen teilweise auch ausgewählte

⁸³ Vgl. Balck (2012), S. 80.

⁸⁴ Vgl. ebd., S. 49.

⁸⁵ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011a), A9 und C 11, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2011), S. 7-12 und VDI 2067-1 Blatt1 (2012), S. 28.

Kostenbestandteile von BFS aus.⁸⁶ Zusätzlich besteht die Möglichkeit, in Abhängigkeit zur jeweiligen Projektkonstellation, auf Datenbestände und Erfahrungswerte der beteiligten Akteure zurückzugreifen.⁸⁷ Hierbei sind insbesondere die Erfahrungen der spezialisierten Aufzugsberater von Bedeutung, um projektspezifische Kosten für Herstellung, Betrieb oder Instandsetzung realistisch abschätzen zu können. Der jeweilige Detaillierungsgrad bleibt jedoch abhängig von der Verfügbarkeit der Informationen, der angestrebten Aussagegenauigkeit und dem projektspezifischen Anspruch auf Vollständigkeit. Für eine vereinfachte Kostenschätzung in frühen Planungsphasen und für die Berücksichtigung aller wesentlichen Kostenbestandteile wurde in Anlehnung an das BNB die folgende Berechnungshilfe zur Abschätzung der Lebenszykluskosten von BFS zusammengestellt (Tabelle 25). Für das BFS relevante Kostenbestandteile werden in Anlehnung an die entsprechenden Kostengruppen der DIN 276 und DIN 18960 gemeinsam mit den getroffenen Annahmen zu Preisstand, Betrachtungszeitraum und Zinssatz erfasst.⁸⁸ Sämtliche Kostenbestandteile werden getrennt nach Aufzugstechnik und Baukonstruktion abgeschätzt, mit einer jährlichen Preissteigerungsrate versehen und mit Hilfe der Kapitalwertmethode auf ihren heutigen Barwert diskontiert.⁸⁹ Dies vereinfacht den Vergleich verschiedener Planungsvarianten mit ihren über die Gebäudenutzungsdauer in Zeitpunkt und Höhe unterschiedlich anfallenden Kosten. Zudem kann diese erste Kostenschätzung im weiteren Planungsverlauf, insbesondere auf Bauproduktebene, durch herstellereinspezifische Angaben weiter präzisiert werden. Die vollständige Berechnungshilfe ist im Anhang drei zu dieser Arbeit hinterlegt.

⁸⁶ Vgl. GEFMA 220-1 (2010), S. 9, WEKA MEDIA GmbH & Co. KG (2015a) und Heinze GmbH (2015a).

⁸⁷ Vgl. GEFMA 220-1 (2010), S. 9.

⁸⁸ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2011b), DIN 276-1 (2006), S. 13–18, DIN 18960 (2008), S. 9–11 und Balck (2012), S. 87, 102.

⁸⁹ Vgl. GEFMA 220-1 (2010), S. 7–8 und ISO 15686-5 (2008), S. 25–26.

Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen											
Annahmen											
Zinssatz in %						Preissteigerungen in %:					
Preisstand		Jahr				- Allgemein					
Mehrwertsteuer in %						- Energiekosten					
Betrachtungszeitraum		Jahre				- Dienstleistung Reinigung					
Aufzugstechnik:		Eingabewerte Barwerte				Baukonstruktion:			Eingabewerte Barwerte		
Herstellungskosten (DIN 276-1, KG 461)		- €		- €		Herstellungskosten (DIN 276-1,KG 340/350)			- € - €		
Betriebskosten (DIN 18960):						Betriebskosten (DIN 18960):					
- Energie für die Nutzung (KG 316)		- €		- €		- Energie für die Nutzung (KG 316)			- € - €		
- Reinigung (KG 334)		- €		- €		- Reinigung (331/332)			- € - €		
- Wartung, Inspektion, Bed. (KG 351/353)		- €		- €		- Wartung, Inspektion, Bedienung (KG 352)			- € - €		
Instandsetzungskosten:						Instandsetzungskosten:					
- Laufend (DIN 18960, KG 426)		- €		- €		- Laufend (DIN 18960, KG 413/414)			- € - €		
- Ersatz		- €		- €		- Ersatz			- € - €		
Rückbau- und Entsorgungskosten		- €		- €		Rückbau- und Entsorgungskosten			- € - €		
Barwert						Barwert			- €		
Periode	Aufzugstechnik:						Baukonstruktion:				
	Herstellung/ Rückbau und Entsorgung	Betrieb: Energie	Betrieb: Reinigung	Betrieb: Wartung/ Inspektion	Instandsetzung: Laufend	Instandsetzung: Ersatz	Jährliche Summe	Herstellung/ Rückbau und Entsorgung	Betrieb/ Instandsetzung	Jährliche Summe	
	0	- €					- €	- €		- €	
	1		- €	- €	- €	- €	- €		- €	- €	
	2		- €	- €	- €	- €	- €		- €	- €	
3		- €	- €	- €	- €	- €		- €	- €		

Tabelle 25: Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen auf Bauteilebene – Ausschnitt (Eigene Darstellung)

Neben einer ökonomischen Qualität von Planungsvarianten sind auch deren **ökologische Eigenschaften** zu vergleichen. Insbesondere für die Baukonstruktion von BFS ist dies bereits auf Bauteilebene möglich. Notwendige Volumina und Flächen für Wände und Decken der Fahrschächte, Vorräume und Maschinenräume können für die entwickelten Entwurfslösungen ermittelt werden. Zudem sind die Konstruktionsart und das zu verwendende Material bereits in frühen Planungsphasen in ausreichendem Maße abschätzbar. Für die Mehrzahl der BFS kommen dabei geschlossene Fahrschächte aus Beton, Stahlbeton oder Mauerwerk zur Anwendung.⁹⁰ Verglaste oder anderweitig verblendete Stahlkonstruktionen sind jedoch ebenfalls denkbar. Für diese Baumaterialien stehen entsprechende Umweltproduktdeklarationen zur Verfügung. Dabei kann sowohl auf Deklarationen einzelner Hersteller als auch gemeinschaftliche Deklarationen mehrere Hersteller zurückgegriffen werden. Bei letzteren werden als Datengrundlage durchschnittliche Zusammensetzungen einer Branche oder eines Verbandes genutzt, welche insbesondere für eine herstellerunabhängige

⁹⁰ Vgl. Küntscher und Fiedler (1989), S. 47–57.

Bewertung auf Bauteilebene von Vorteil sind.⁹¹ Der Grad der Detaillierung ist dabei stets dem Aufwand zur Informationsbeschaffung und Berechnung gegenüberzustellen. Ähnliche Abschätzungen zu Umweltauswirkungen und Ressourceninanspruchnahme sind für die eigentliche Aufzugstechnik von BFS derzeit auf Bauteilebene nur eingeschränkt möglich. Grund dafür ist die fehlende Vergleichbarkeit der durch die Aufzugshersteller ausgewiesenen Kennwerte. Da allgemeingültige Produktkategorieregeln für Umweltproduktdeklarationen von Aufzügen erst seit Kurzem zur Verfügung stehen, sind die bereits vorhandenen Deklarationen größtenteils weder funktional äquivalent, noch auf gleichen Annahmen und Methoden basierend.^{92 93} Durchschnittliche Umweltauswirkungen oder Ressourcenverbräuche mehrerer Hersteller, welche insbesondere für frühe Planungsphasen von Interesse wären, lassen sich somit noch nicht bilden. Als ökologischer Teilaspekt, mit großem Anteil an der ökologischen Qualität von BFS, wären insbesondere typische Energieverbrauchskennwerte für frühe Planungsphasen von grundlegender Bedeutung, um eine qualifizierte Entscheidung zugunsten ökologisch vorteilhafter Varianten treffen zu können.⁹⁴ Doch auch diese stehen bislang noch nicht in ausreichendem Umfang und Struktur zur Verfügung (Vergleiche Kapitel 3.4.5).⁹⁵

Abschließend gilt es, die **sozialen Qualitäten** der Planungsvarianten zu vergleichen und die dafür entwickelten Einzelkriterien entsprechend für jede Entwurfslösung zu bewerten. Die Fahrqualität und die Herkunft der Bauteile und Dienstleistungen stellen im Rahmen der sozialen Qualitäten von BFS typische Bauprodukteigenschaften dar und lassen sich nicht auf Bauteilebene vergleichen. Ähnlich verhält es sich mit der gestalterischen Qualität, welche sich zwar in Bezug auf

⁹¹ Vgl. Institut Bauen und Umwelt e.V. (2015b), Institut Bauen und Umwelt e.V. (2013a) und Institut Bauen und Umwelt e.V. (2013b).

⁹² Vgl. The International EPD® System (2015).

⁹³ Vgl. Gale (2015), S. 118–119.

⁹⁴ Vgl. Almeida et al. (2010), S. 103.

⁹⁵ Vgl. Unholzer, Lützkendorf und Michl, S. 52–56.

die geplanten Proportionen und Abmessungen von Fahrkorb, Türen und Vorräumen vergleichen lässt, jedoch eine Bewertung von Materialien, Wertigkeit und Farben ebenfalls erst auf Bauproduktebene erlaubt.

Der folgende Vergleich (Tabelle 26) erfasst die zuvor diskutierten ökonomischen, ökologischen und sozialen Qualitäten und ist als Ergänzung zu den vorgestellten funktional-technischen Qualitäten im Rahmen eines frühzeitigen Variantenvergleiches auf Bauteilebene zu nutzen. Hilfsmittel und Datenquellen in Form von Kostenkennwerten, Berechnungshilfen oder Umweltproduktdeklarationen sind entsprechend anzugeben und zu dokumentieren.

Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene (Teil 2)					
Kriterium	Ökonomische, ökologische und soziale Qualitäten	Variante 1		Variante 2	
		Bewertung*	Ausprägung	Bewertung*	Ausprägung
Ökon. Qualität	Schätzung der Lebenszykluskosten:				
	- Barwert der Baukonstruktion**	● ● ●	- €	● ● ●	- €
	- Barwert der Aufzugstechnik	● ● ●	- €	● ● ●	- €
Ökologische Qualität	Schätzung der Umweltauswirkungen:				
	- Baukonstruktion**	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Aufzugstechnik	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	Schätzung der Ressourceninanspruchnahme:				
	- Baukonstruktion**	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Aufzugstechnik	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
Soziale Qualität	Wirkungen auf den Nutzer/die Öffentlichkeit:				
	- Barrierefreiheit	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Anpassungsfähigkeit	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Gestalterische Qualität	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Zugänglichkeit der Aufzugstechnik	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung

* Kein Punkt (Keine Anforderungen vorgegeben), 1 Punkt (Entspricht den Anforderungen), 2 Punkte (Übertrifft die Anforderungen), drei Punkte (Übertrifft deutlich die Anf.)
 ** Die Baukonstruktion umfasst, für die Aufzugstechnik notwendige, Fahrschächte, Maschinenräume und Vorräume

Tabelle 26: Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene – Teil 2 (Eigene Darstellung)

Die vorgestellten Checklisten fokussieren primär einen systematischen, vollständigen und nachvollziehbaren Variantenvergleich von BFS. Die funktionale Äquivalenz der zu vergleichenden Varianten ist dabei grundlegende Voraussetzung und orientiert sich an den entsprechenden Vorgaben des bereits diskutierten Anforderungsprofils für BFS. Im Rahmen dieser Anforderungen können auf Bauteilebene funktionale, technische sowie teilweise ökonomische, ökologische und soziale Unterschiede von Entwurfslösungen identifiziert, ver-

glichen und bewertet werden. Die Qualität und Nachvollziehbarkeit der getroffenen Entscheidungen wird für die Planung von BFS auf Bauteilebene verbessert.

5.6 Überführung der Bauteilplanung in spezifische Bauproduktanforderungen

Das geplante BFS beruht, sowohl bezüglich seiner bislang dimensionierten Aufzugstechnik als auch seiner Baukonstruktion, auf herstellerneutralen Bauteileigenschaften. Für frühe Planungsphasen und den Vergleich von alternativen Entwurfslösungen ist dies, aus den bereits diskutierten Gründen, von Vorteil. Für eine detailliertere Planung des BFS werden jedoch, mit zunehmendem Planungsfortschritt, herstelllerspezifische Bauproduktinformationen notwendig. Mit diesen können zuvor ausgewiesene Planungsergebnisse bestätigt, präzisiert aber auch widerlegt und falls erforderlich korrigiert werden. Zudem lassen sich Einzelkriterien wie die gestalterische Qualität von Fahrkorb, Türen sowie Bedien- und Anzeigeelementen oder die Fahrqualität der Aufzugstechnik erst durch konkrete Produktangaben der jeweiligen Hersteller untereinander vergleichen. Um diese Vergleiche auf Bauproduktebene zu ermöglichen, ist es in einem ersten Schritt notwendig, sämtlichen Bietern spezifische Produktanforderungen vorzugeben. Diese lassen sich aus der bisherigen Bauteilplanung ableiten, reduzieren die planerischen Freiheitsgrade der Aufzugshersteller und gewährleisten die funktionale Äquivalenz der angebotenen Anlagentechnik. Dazu sind die Rahmenbedingungen und Nutzungsszenarien des Gebäudes, die funktionalen und technischen Anforderungen an die Aufzugstechnik sowie ökonomische, ökologische und soziale Vorgaben auf Grundlage der bisherigen Bauteilplanung für die Aufzugshersteller zusammenzustellen.

Die folgenden drei Unterkapitel stellen die dafür notwendigen Planungshilfsmittel zur Verfügung. Für die Aufzugstechnik wird eine

Checkliste in Form eines weiteren spezifischeren Anforderungsprofils entwickelt und ein systematischer Vergleich der in Frage kommenden Bauprodukte in Analogie zur Bauteilebene erarbeitet. Abschließend wird die Abhängigkeit der notwendigen Baukonstruktion von den jeweiligen Bauprodukten der Aufzugstechnik betrachtet und in den Planungsablauf integriert.

5.6.1 Anforderungsprofile für die Aufzugstechnik

Durch die vorgestellten Planungshilfsmittel können Anforderungsprofile für BFS entwickelt, die Aufzugstechnik wie auch die dafür notwendige Baukonstruktion frühzeitig auf Bauteilebene konfiguriert und funktional äquivalente Entwurfslösungen verglichen und bewertet werden. Das daraufhin in die Entwurfsplanung übernommene BFS ist nun durch konkrete Bauproduktangaben bezüglich der einzusetzenden Aufzugstechnik weiter zu spezifizieren. Dafür wird ein erweitertes Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik entwickelt, welches die Ergebnisse der bisherigen Bauteilplanung integriert. Dadurch lassen sich projektspezifische Anforderungen formulieren und die funktionale Äquivalenz der angebotenen Anlagentechnik für Vergleichszwecke erhöhen.

Die bisherigen **Anforderungen und Rahmenbedingungen des Gebäudes** werden um die Ergebnisse der Bauteilplanung erweitert und zusätzlich zu den vorhandenen Grunddaten (Gebäudeart, Etagenanzahl, Etagenhöhen, etc.) die auf Bauteilebene vordimensionierten Baumaße für Fahrschächte und Maschinenräume vorgegeben. Diese repräsentieren, im Sinne der klassischen Systemgrenze, wesentliche Planungsvorgaben für die Anlagentechnik der jeweiligen Hersteller. Zudem wird durch die Vorgabe von Fahrschacht- und Maschinenraumabmessungen der auf Bauteilebene optimierte Flächenbedarf des BFS auch beim Übergang in die Bauproduktebene sichergestellt.

Ebenso wird das **Nutzungsszenario des Gebäudes** um die zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit getroffenen Annahmen zum Verkehrsaufkommen erweitert. Die zu erwartende PAR, die Verkehrsrichtung, das angenommene Passagiergewicht oder ein berücksichtigter Treppenfaktor werden auf Grundlage der Bauteilplanung ergänzt. Zusätzlich ist die Intensität der Anlagenutzung durch die zu erwartende durchschnittliche Fahrtenanzahl pro Tag, die maximale Fahrtenanzahl pro Stunde, die Betriebstage pro Jahr und die angestrebte Verfügbarkeit vorzugeben. Die Betriebstage lassen sich dabei auf Grundlage der Gebäudeart und des Nutzungsszenarios ermitteln. Zur Abschätzung einer anzustrebenden Anlagenverfügbarkeit und der Fahrtenanzahl stehen entsprechende Planungsempfehlungen zur Verfügung, welche für Aufzüge in unterschiedlichen Einsatzgebieten entsprechende Vorgaben bereitstellen.⁹⁶ Zudem können Erfahrungswerte aus ähnlichen Projekten und Bestandsgebäuden genutzt werden. Die Vorgabe einer bestimmten Nutzungsintensität gewährleistet ein vergleichbares technisches Niveau der Anlagentechnik und ermöglicht zudem einen Vergleich angebotener Wartungs- und Instandsetzungsleistungen verschiedener Anbieter.⁹⁷

Die **funktionalen Anforderungen** an die Aufzugstechnik werden, wie auch beim Anforderungsprofil für BFS, durch die Kriterien Formfaktor, Leistungsfähigkeit, Flächenbedarf und die zu erfüllenden technischen Anforderungen erfasst. Der Formfaktor unterscheidet dafür ebenfalls zwischen Personenbeförderung und Lastentransport, zu erfüllenden Zusatzfunktionen und dem Aufzug als Designelement des Gebäudes. Die erforderliche Leistungsfähigkeit wird durch einen Wertebereich für die Wartezeit, die Fahrzeit und den Fahrkorbfüllgrad vorgegeben. Die für deren Ermittlung notwendigen Annahmen ergeben sich aus den bereits aufgestellten Gebäudeanforderungen und dem, aus dem Nutzungsszenario abgeleiteten Verkehrsaufkommen.

⁹⁶ Vgl. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 36, 40 und 87 und DIN EN ISO 25745-2 (2015), S. 19.

⁹⁷ Vgl. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2010), S. 8 und DIN 18960 (2008), S. 5.

Da die Leistungsfähigkeit der Aufzugstechnik durch die Hersteller selbstständig ermittelt wird, ist es erforderlich den auf Bauteilebene gewählten Simulationsansatz ebenfalls vorzugeben. Dadurch wird gewährleistet, dass unterschiedliche Leistungsergebnisse verschiedener Hersteller auf deren technischen Eigenschaften beruhen und sich nicht durch verschiedene Simulationsverfahren ergeben. Anforderungen an den Flächenbedarf der Aufzugstechnik werden indirekt durch die zuvor erwähnten und um die Abmessungen für Fahr-schacht und Maschinenraum erweiterten Gebäudeanforderungen aufgestellt. Für das funktionale Kriterium Flächenbedarf lässt sich dadurch ein absoluter Wert in Quadratmetern vorgeben. Um die Äquivalenz der in Frage kommenden Aufzugstechnik auch im technischen Detail sicherzustellen, wird die im Rahmen der Bauteilplanung durch Simulation ermittelte Aufzugskonfiguration in ihren Einzelparametern vorgegeben. Dafür sind unter anderem die Art der Steuerung, die Fahrkorbnennlast und -abmessungen, Türarten aber auch Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigungs- und Ruckwerte anzugeben. Durch die Vorgabe dieser Parameter erhöht sich die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Aufzugsanlagen verschiedener Hersteller. Zudem werden leistungsrelevante technische Unterschiede auf deren individuelle Steuerungsalgorithmen, Türlaufzeiten und Startverzögerungswerte reduziert. Abweichungen von Einzelparametern der vorgegebenen Aufzugskonfiguration sind im Sinne der anzustrebenden Vergleichbarkeit zu vermeiden und falls unvermeidbar, entsprechend je Hersteller zu dokumentieren.

Anforderungen an die **ökonomische Qualität** können bei Bedarf durch die im Rahmen der Bauteilplanung durchgeführte Kostenschätzung vorgegeben werden. Da deren Datengrundlage jedoch auf Bauteilebene noch stark eingeschränkt ist, lassen sich projektbezogene, ökonomische Anforderungen an die Aufzugstechnik nur erschwert aufstellen. Um einen späteren Vergleich der ökonomischen Qualität verschiedener Hersteller untereinander dennoch zu ermöglichen, ist im Rahmen des hier erweiterten Anforderungsprofils der Ausweis spezifischer Kostenbestandteile von den Herstellern einzu-

fordern. Dafür ist seitens der Hersteller zwischen den zu erwartenden Kosten der Herstellung (Material, Lieferung, Installation und Inbetriebnahme), der jährlichen Wartung, Inspektion und Bedienung, der regelmäßigen Instandsetzung sowie des Rückbaus und der Entsorgung der Aufzugstechnik am Ende ihrer Nutzungsdauer zu unterscheiden. Zudem sind die Kosten für Wartung, Inspektion und Instandsetzung auf Basis der bereits vorgestellten Vollwartungsverträge durch die Hersteller auszuweisen. Dies erhöht die Planungssicherheit in Bezug auf Einzelkomponenten der Aufzugstechnik, für deren Lebensdauern und Ausfallwahrscheinlichkeiten bis dato keine verlässlichen und allgemein zugänglichen Informationen vorliegen.⁹⁸

Für die **ökologischen Anforderungen** sind die zu berücksichtigenden Produktkategorieregeln, zu bilanzierenden Systemgrenzen, anzuwendenden Nutzungskategorien und weitere methodische Vorgaben vorzugeben, um einen Vergleich verschiedener Anlagentechnik zu ermöglichen. Insbesondere die Nutzungskategorie zur Ermittlung der Ressourceninanspruchnahme während der Aufzugsnutzung lässt sich aufgrund des Gebäudetyps und der im Rahmen des Nutzungsszenarios vorgegebenen, täglichen Fahrtenanzahl sowie der jährlichen Betriebstage abschätzen. Dies versetzt die Aufzugshersteller in die Lage, die Energieeffizienz und den Energiebedarf ihrer Aufzugstechnik für die Nutzungsphase mit einheitlichen Annahmen zu ermitteln. Die ermittelten Umweltauswirkungen und Ressourceninanspruchnahme sind einzeln je Aufzugsanlage auszuweisen.

Die **sozialen Anforderungen** können durch die Anpassungsfähigkeit an mögliche zusätzliche Nutzungsszenarien, die erwartete gestalterische Qualität von Fahrkorb, Türen und Portalen, eindeutige Vorgaben zur Fahrqualität und Einschränkungen bezüglich der Herkunft von Bauteilen und Dienstleistungen entsprechend vorgegeben werden.

⁹⁸ Vgl. Lafuente (2013), S. 71.

Das hier entwickelte Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik präzisiert die allgemeinen Anforderungen an das BFS um spezifische Bauproduktanforderungen und integriert die Ergebnisse der bisherigen Planung auf Bauteilebene. Aus Gebäudesicht werden dafür die ermittelten Abmessungen von Fahrschächten und Maschinenräumen vorgegeben und das Nutzungsszenario um das zu erwartende Verkehrsaufkommen und die wahrscheinliche Intensität der Anlagenutzung erweitert. Das funktionale Äquivalent der vertikalen Beförderung wird um eine konkrete Aufzugsconfiguration ergänzt und ermöglicht den Vergleich funktional äquivalenter Anlagentechnik verschiedener Hersteller. Ökonomische, ökologische und soziale Anforderungen können auf Basis der bisherigen Bauteilplanung präzisiert werden und repräsentieren zusätzliche Parameter für einen Vergleich verfügbarer Anlagentechnik.

Die folgenden beiden Tabellen zeigen das beschriebene und um die Ergebnisse der vorangegangenen Bauteilplanung erweiterte Anforderungsprofil der Aufzugstechnik.

Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik von Beförderungssystemen (Blatt 1 von 2)							
Anforderungen und Rahmenbedingungen des Gebäudes		Planungsvariante 1			Planungsvariante 2 (optional)		
Durch Bauteilplanung erweiterte Gebäudeanforderungen	Gebäudeart, Nutzungsart	Beschreibung			Beschreibung		
	Angefahrte Etagenanzahl	-			-		
	Etagenhöhe(n) mm	-			-		
	Hauptzugang/-zugänge	-			-		
	Anzahl und Anordnung der Fahrschächte	-			-		
	Baumaße Fahrschacht/Fahrshächte (FS):	FS 1	FS 2	FS 3	FS 1	FS 2	FS 3
	- Breite mm	-	-	-	-	-	-
	- Tiefe mm	-	-	-	-	-	-
	- Kopf mm	-	-	-	-	-	-
	- Grube mm	-	-	-	-	-	-
	- Höhe mm (Förderhöhe +Grube + Kopf)	-	-	-	-	-	-
	- Wandstärke/Traversenbreite mm	-	-	-	-	-	-
	- Konstruktionsart/-material	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung
	Baumaße Maschinenraum/-räume:	MR 1	MR 2	MR 3	MR 1	MR 2	MR 3
	- Breite mm	-	-	-	-	-	-
	- Tiefe mm	-	-	-	-	-	-
	- Höhe mm	-	-	-	-	-	-
	- Wandstärke mm	-	-	-	-	-	-
	- Konstruktionsart/-material	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung

Tabelle 27: Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik – Blatt 1 von 2
(Eigene Darstellung)

5 Entwicklung von Hilfsmitteln für die Aufzugsplanung

Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik von Beförderungssystemen (Blatt 2 von 2)								
Anforderungen durch die Nutzung/ die Nutzer des Gebäudes		Planungsvariante 1			Planungsvariante 2 (optional)			
Durch Bauteilplanung erweitertes Nutzungsszenario	Personenbelegung/Etage	-	-	-	-	-	-	-
	Gesamtbeflegung	-	-	-	-	-	-	-
	Abwesenheitsfaktor %	-	-	-	-	-	-	-
	Passagierankunftsrate (PAR) %	-	-	-	-	-	-	-
	Verkehrsrichtung (Aufwärts-/Abwärts-/Zwischeng.) %	-	-	-	-	-	-	-
	Transferzeit je Passagier (Ein-/Aussteigen) s	-	-	-	-	-	-	-
	Passagiergewicht kg	-	-	-	-	-	-	-
	Treppenfaktor %	-	-	-	-	-	-	-
	Hauptzugang/-zugänge und deren Verteilung %	-	-	-	-	-	-	-
	Durchschnittliche Fahrtenanzahl pro Tag	-	-	-	-	-	-	-
	Maximale Fahrtenanzahl pro Stunde	-	-	-	-	-	-	-
	Betriebstage pro Jahr	-	-	-	-	-	-	-
Verfügbarkeit pro Monat %	-	-	-	-	-	-	-	
Funktionale und technische Anforderungen an die Aufzugstechnik		Planungsvariante 1			Planungsvariante 2 (optional)			
Durch Bauteilplanung erweitertes funktionales Äquivalent	Anforderungen an den Formfaktor:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	
	- Vertikale Beförderung/Transport	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	- Zusatzfunktionen	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	- Designelement des Gebäudes	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	Anforderungen an die Leistungsfähigkeit:							
	- Zu verwendender Simulationsansatz	Beschreibung			Beschreibung			
	- Durchschnittliche Wartezeit s	-	-	-	-	-	-	
	- Durchschnittliche Fahrzeit s	-	-	-	-	-	-	
	- Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad %	-	-	-	-	-	-	
	Anforderungen an den Flächenbedarf:							
	- Absoluter/relativer Flächenverbrauch	-	-	-	-	-	-	
	Technische Anforderungen:							
	- Gesetzgebung, Vorschriften Normen	Beschreibung			Beschreibung			
	- Sonstige technische Vorgaben	Beschreibung			Beschreibung			
	- Erwartete Nutzungsdauer	Jahre			Jahre			
	Anforderungen an die Aufzugskonfiguration:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	
	- Anzahl Aufzüge je Aufzugsgruppe	-	-	-	-	-	-	
	- Förderhöhe mm	-	-	-	-	-	-	
	- Art der Aufzugssteuerung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	- Fahrkorbnennlast kg	-	-	-	-	-	-	
	- Fahrkorbbreite/-tiefe/-höhe mm	-	-	-	-	-	-	
	- Max. zul. Fahrkorbfüllgrad %	-	-	-	-	-	-	
	- Türart/-breite/-höhe mm (Seitlich o. zentralöffnend)	-	-	-	-	-	-	
	- Türöffnungs-/schließezeit s	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	
	- Türöffnzeit s	-	-	-	-	-	-	
	- Einfahren mit öffnender Tür s	-	-	-	-	-	-	
	- Durchladung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	- Nenngeschwindigkeit m/s	-	-	-	-	-	-	
- Nennbeschleunigung m/s ²	-	-	-	-	-	-		
- Nennruck m/s ³	-	-	-	-	-	-		
- Startverzögerung s	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung		
- Verzögerung Bändigestellung s	-	-	-	-	-	-		
- Hauptthaltestelle(n)	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung		
Ökon., ökol. und soziale Anforderungen an die Aufzugstechnik		Planungsvariante 1			Planungsvariante 2 (optional)			
Durch Bauteilplanung erweiterte optionale Anforderungen	Kosten der Aufzugstechnik:	Aufzug 01	Aufzug 02	Aufzug 03	Aufzug 01	Aufzug 02	Aufzug 03	
	- Herstellung (Material, Lieferung, Install. u. Inbetriebn.)	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	
	- Betrieb (Wartung, Inspektion, Bedienung)	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	
	- Laufende Instandsetzung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	
	- Rückbau und Entsorgung (Preisstand heute)	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	
	Umweltauswirkungen, Ressourceninanspruchnahme:	Aufzug 01	Aufzug 02	Aufzug 03	Aufzug 01	Aufzug 02	Aufzug 03	
	- Grundsätzliche methodische Anforderungen	Beschreibung			Beschreibung			
	- Umweltauswirkungen	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	
	- Ressourceninanspruchnahme	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	
	- Energieeffizienzklasse für die Nutzungsphase	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	- Jährlicher Energieverbrauch für die Nutzung in kWh	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	Herstellung	
	Wirkungen auf den Nutzer/ die Öffentlichkeit:	Aufzug 01	Aufzug 02	Aufzug 03	Aufzug 01	Aufzug 02	Aufzug 03	
	- Barrierfreiheit	Beschreibung			Beschreibung			
	- Anpassungsfähigkeit	Beschreibung			Beschreibung			
	- Gestalterische Qualität	Beschreibung			Beschreibung			
	- Fahrqualität/Anzuwendene Norm, Richtlinie:	Beschreibung			Beschreibung			
	- Max. zulässige vert. Beschleunigung/Ruck m/s ² / m/s ³	-	-	-	-	-	-	
	- Horizontale/vertikale Vibrationen m/s ²	-	-	-	-	-	-	
- Schalldruckpegel Fahrkorb/vor Fahrschachttür dB(A)	-	-	-	-	-	-		
- Zugänglichkeit der Aufzugstechnik	Beschreibung			Beschreibung				
- Herkunft der Bauteile und Dienstleistungen	Beschreibung			Beschreibung				

Tabelle 28: Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik – Blatt 2 von 2 (Eigene Darst.)

5.6.2 Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik

Der Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik erfolgt auf Grundlage des aufgestellten Anforderungsprofils und den daraufhin von den jeweiligen Herstellern konfigurierten Aufzugsanlagen. In Analogie zum vorgestellten Variantenvergleich auf Bauteilebene wird zunächst die Ausprägung der funktionalen Kriterien und technischen Eigenschaften bewertet und verglichen.

Das funktionale Kriterium **Formfaktor** ist dafür auf Bauprodukt-ebene nur noch eingeschränkt geeignet. Als Ergebnis der vorge-lagerten Bauteilplanung wurde eine geeignete Kombination aus Fahrkorb, Türen und Vorraum durch das Anforderungsprofil vorge-geben und ist nicht mehr durch die Hersteller frei wählbar. Der Formfaktor repräsentiert dadurch ein primär auf Bauteilebene nutz-bares Kriterium.

Gleiches gilt grundsätzlich für den **Flächenbedarf** des BFS, welcher ebenfalls bereits auf Bauteilebene abgeschätzt, optimiert und im An-forderungsprofil in Form erweiterter Gebäudeanforderungen durch entsprechende Baumaße für Fahrtschacht und Maschinenraum den Herstellern vorgegeben wurde (Siehe Tabelle 27). Eine Bewertung ist nur in den Fällen möglich, in denen durch technische Eigenschaften der Bauprodukte wesentliche Flächeneinsparungen bei funktionaler Äquivalenz realisiert werden können. Ebenso wäre die Fähigkeit zu einer maschinenraumlosen Ausführung der Aufzugstechnik positiv zu werten, soweit im Rahmen der Bauteilplanung von der technischen Notwendigkeit für einen Maschinenraum ausgegangen wurde. Somit wird der zulässige Flächenbedarf der Aufzugstechnik durch die Bauteilplanung vorgegeben, erlaubt jedoch eine Bewertung flächen-optimierter Anlagentechnik auf Bauproduktebene.

Die **Leistungsfähigkeit** repräsentiert hingegen eine typische Bau-produkteigenschaft und kann, durch die von den Herstellern ausge-

wiesene Warte- und Fahrzeit sowie den Fahrkorbfüllgrad, bewertet und verglichen werden.

Ebenso lässt sich die Umsetzung der **technischen Anforderungen** vergleichen, wobei auch hier Lösungen, welche die aufgestellten Anforderungen übertreffen, positiv zu bewerten sind. Die folgende Tabelle fasst die Möglichkeiten für einen funktional-technischen Vergleich auf Bauproduktebene zusammen und orientiert sich dabei an dem bereits vorgestellten Variantenvergleich auf Bauteilebene (Vergleiche Tabelle 24).

Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik auf Bauproduktebene (Teil 1)					
Kriterium	Funktionale und technische Qualitäten	Hersteller A		Hersteller B	
		Bewertung*	Ausprägung	Bewertung*	Ausprägung
Leistungs-fähigkeit	Servicequalität:				
	- Durchschnittliche Wartezeit in s	● ● ●	-	● ● ●	-
	- Durchschnittliche Fahrzeit in s	● ● ●	-	● ● ●	-
Flächen-bedarf	- Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad in %	● ● ●	-	● ● ●	-
	Flächenbedarf:				
	- Aufzugstechnik (ohne Maschinenraum) in m ²	● ● ●	-	● ● ●	-
Techn.-Anford.	- Maschinenraum in m ²	● ● ●	-	● ● ●	-
	Einhaltung der technischen Anforderungen:				
	- Gesetzgebung, Normen, etc.	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Sonstige technische Anforderungen	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Nutzungsdauer (Nur Aufzugstechnik)	● ● ●	Jahre	● ● ●	Jahre
- Aufzugskonfiguration	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung	

* Kein Punkt (Keine Anforderungen vorgegeben), 1 Punkt (Entspricht den Anforderungen), 2 Punkte (Übertrifft die Anforderungen), drei Punkte (Übertrifft deutlich die Anf.)

Tabelle 29: Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik auf Bauproduktebene – Teil 1 (Eigene Darstellung)

Da sich der Vergleich funktionaler und technischer Qualitäten im Wesentlichen auf die Leistungsfähigkeit und die technischen Eigenschaften der Aufzugstechnik konzentriert, gewinnen die ökonomischen, ökologischen und sozialen Qualitäten auf Bauproduktebene an Bedeutung. Diese bieten zusätzliche Vergleichskriterien äquivalenter Anlagentechnik und erweitern den Umfang und die Qualität des Entscheidungsprozesses.

Die **ökonomische Qualität** berücksichtigt, wie auch auf Bauteilebene, die zu erwartenden LZK der Aufzugstechnik. Deren zuvor geschätzten Bestandteile können durch herstellerepezifische Kosten präzisiert werden, welche durch das Anforderungsprofil der Aufzugstechnik

(Siehe Kapitel 5.6.1) abgefragt wurden. Dadurch stehen die einmaligen Herstellungskosten für Material, Lieferung, Installation und Inbetriebnahme zur Verfügung. Für die jährlich anfallenden Kosten der Wartung, Inspektion und Bedienung sowie der laufenden Instandsetzung kann für Vollwartungsangebote von einem gleichmäßig hohen jährlichen Kostenblock gemäß Herstellerangaben ausgegangen werden.⁹⁹ Ebenso lassen sich die Kosten für Rückbau und Entsorgung der Anlagentechnik, am Ende ihrer Nutzungsdauer, auf Basis der abgefragten Herstellerangaben und deren Erfahrungswerten berücksichtigen und vergleichen. Die Kosten für den Nutzenergiebedarf können aus den ökologischen Angaben zur Ressourceninanspruchnahme während der Nutzungsphase abgeleitet werden. Für den einmalig vorzusehenden Ersatz der Aufzugstechnik innerhalb der Gebäudenutzungsdauer ist von einem funktional äquivalenten Austausch, und damit von den ausgewiesenen Herstellungskosten, auszugehen. Die bereits auf Bauteilebene ermittelten Reinigungskosten sind in der Regel unverändert zu übernehmen, da sie herstellerunabhängig sind. Eine herstellerbezogene Anpassung kann jedoch aufgrund von reinigungsintensiven Oberflächen, anfälligen Bedien- und Anzeigeelementen oder nachteiligen konstruktiven Lösungen erfolgen. Diese und die zuvor genannten Kostenbestandteile sind unter Berücksichtigung ihres Entstehungszeitpunktes mit den bereits auf Bauteilebene genutzten, projektbezogenen Annahmen zu Preisstand, jährlicher Preissteigerung und Zinssatz auf ihren Barwert zu diskontieren. Als Summe aller Barwerte ergeben sich damit die zu erwartenden Lebenszykluskosten der Aufzugstechnik in Abhängigkeit zum jeweiligen Aufzugshersteller. Die vorgestellte Berechnungshilfe für die LZK von BFS (Siehe Kapitel 5.5.2) kann dafür erneut genutzt und um die Herstellerangaben präzisiert werden. Ein Vergleich mit den auf Bauteilebene ermittelten LZK ist vorzunehmen. Da jedoch bislang keine ausreichenden Planungskennwerte für die LZK von BFS auf Bauteilebene zur Verfügung stehen, erfolgt ein Vergleich auf Bauproduktenebene primär zwischen den jeweiligen Aufzugsherstellern.

⁹⁹ Vgl. König et al. (2009), S. 70.

Die methodischen Schwachstellen eines Vergleiches **ökologischer Qualitäten** von Aufzügen wurden bereits angesprochen und behalten auch auf Bauproduktebene ihre Gültigkeit.¹⁰⁰ Die von den Herstellern ausgewiesenen Umweltauswirkungen und Ressourceninanspruchnahmen sind insbesondere in Bezug auf die Ihnen zugrundeliegenden Methoden und Annahmen zu prüfen. Die seit Kurzem verfügbaren PKR für Aufzüge werden jedoch die Vergleichbarkeit zukünftiger Umweltproduktdeklarationen verbessern und für eine umfassendere Berücksichtigung ökologischer Qualitäten der Aufzugstechnik sorgen. Die **sozialen Qualitäten** lassen sich, wie auch auf Bauteilebene, entsprechend ihrer Einzelkriterien je Hersteller vergleichen und bewerten. Für die Anpassungsfähigkeit der Anlagentechnik an zusätzliche Nutzungsszenarien sind insbesondere die Leistungsfähigkeit und der Formfaktor zu prüfen. Die gestalterische Qualität ergibt sich aus den Angebots- und Verkaufsunterlagen der Aufzugshersteller, wobei die Gestaltung von Fahrkorb, Türen, Portalen, Bedien- und Anzeigeelementen sowie der sonstigen Ausstattung zu berücksichtigen ist. Die Fahrqualität lässt sich durch die gestellten Anforderungen an maximal zulässige, vertikale Beschleunigungs- und Ruckwerte, die zulässigen horizontalen und vertikalen Vibrationen sowie den vorgegebenen maximalen Schalldruckpegel beurteilen. Für die Berücksichtigung der Herkunft von Bauteilen und Dienstleistungen eignen sich die Herstellerangaben zu deren Bauteilen, Produktionsbedingungen, Standorten und Installationsverfahren.

Die folgende Tabelle fasst den Vergleich ökonomischer, ökologischer und sozialer Qualitäten der Aufzugstechnik verschiedener Hersteller abschließend zusammen.

¹⁰⁰ Vgl. Horny (2014), S. 44 und The International EPD® System (2015).

Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik auf Bauproduktebene (Teil 2)					
Kriterium	Ökonomische, ökologische und soziale Qualitäten	Hersteller A		Hersteller B	
		Bewertung*	Ausprägung	Bewertung*	Ausprägung
Ökon. Qual.	Lebenszykluskosten:	● ● ●	- €	● ● ●	- €
	- Barwert der Aufzugstechnik	● ● ●		● ● ●	
Ökologische Qualität	Umweltauswirkungen, Ressourceninanspruchnahme:				
	- Umweltauswirkungen	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Ressourceninanspruchnahme	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Energieeffizienzklasse für die Nutzungsphase	● ● ●	-	● ● ●	-
	- Jährlicher Energieverbrauch für die Nutzung in kWh	● ● ●	-	● ● ●	-
	Wirkungen auf den Nutzer/die Öffentlichkeit:				
Soziale Qualität	- Barrierefreiheit	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Anpassungsfähigkeit	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Gestalterische Qualität	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Fahrqualität	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Zugänglichkeit der Aufzugstechnik	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung
	- Herkunft der Bauteile und Dienstleistungen	● ● ●	Beschreibung	● ● ●	Beschreibung

* Kein Punkt (Keine Anforderungen vorgegeben), 1 Punkt (Entspricht den Anforderungen), 2 Punkte (Übertrifft die Anforderungen), drei Punkte (Übertrifft deutlich die Anforderungen)

Tabelle 30: Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik auf Bauproduktebene – Teil 2 (Eigene Darstellung)

Durch die Vorgabe eines spezifischen Anforderungsprofils werden die Freiheitsgrade der Aufzugshersteller reduziert. Die daraufhin angebotenen Bauprodukte sind zum einen funktional äquivalent und lassen sich zum anderen durch die hier vorgestellte Methodik im Detail miteinander vergleichen und entsprechend bewerten. Der bisherige Entscheidungsumfang wird durch zahlreiche Einzelkriterien um die wesentlichen Qualitäten des Nachhaltigen Bauens erweitert. Die Entscheidungsfindung wird systematisiert und lässt sich für den weiteren Planungsablauf nachvollziehbar dokumentieren.

5.6.3 Anforderungen an die notwendige Baukonstruktion

Die für das BFS notwendige Baukonstruktion konnte ebenso wie die Aufzugstechnik auf Bauteilebene in ihren grundsätzlichen Abmessungen und Eigenschaften konfiguriert werden. Dabei wurden der Fahrschacht, der Maschinenraum und die Vorräume unter Beachtung der funktionalen und technischen Anforderungen auf einen minimalen Flächenbedarf hin optimiert und durch herstellerneutrale Planungsmaße konfiguriert.

Die nun erforderliche weitere Detaillierung, dieser primär technischen Anforderungen, erfolgt für den **Fahrschacht und den Maschinenraum** durch den zuvor ausgewählten Aufzugshersteller. Dieser hat, für eine sachgemäße Installation seiner Anlagentechnik, notwendige Detailangaben wie Befestigungspunkte, Aussparungen oder Lastangaben anzugeben. Üblicherweise geschieht dies durch entsprechende Anlagenzeichnungen, welche vom Planungsteam geprüft und freigegeben werden. Die eigentliche Erstellung des Fahrschachtes und der Vorräume ist typischerweise eine bauseitige Leistung, welche durch den Bauherrn und dessen Bauunternehmer ausgeführt wird. Der Fahrschacht kann somit erst im Detail spezifiziert und daraufhin errichtet werden, wenn der Auftrag an den Aufzugshersteller vergeben wurde und dieser die erforderlichen Detailangaben bereitgestellt hat.¹⁰¹ Für das Planungsteam ergeben sich dadurch zwei grundsätzliche Optionen in Bezug auf die Ausgestaltung der Baukonstruktion. Einerseits können, auf Basis der Bauteilplanung, die grundlegenden Baumaße beibehalten und in Abstimmung mit dem Aufzugshersteller lediglich technisch notwendige Details berücksichtigt werden. Dies garantiert eine grundlegende Herstellerunabhängigkeit über die Gesamtnutzungsdauer des Gebäudes hinweg. Ein Austausch der Anlagentechnik aufgrund von Nutzungsänderungen oder Ersatz wird erleichtert. Andererseits wäre es möglich, weitere Flächeneinsparungen durch eine Adaption an die spezifischen Baumaße des Aufzugsherstellers zu realisieren. Welche Variante genutzt wird, ist projektbezogen zu entscheiden und abhängig von der in Aussicht gestellten Flächeneinsparung des Aufzugsherstellers, der bislang erreichten Flächeneffizienz des Gebäudes sowie deren Bedeutung im Projekt, dem allgemeinen Planungsfortschritt und der bereits erfolgten Einbindung der Fahrschächte in die sonstige Baukonstruktion und Tragwerksplanung.

¹⁰¹ Vgl. Unger (2013), S. 35–36 und Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014), S. 26–31.

Ähnlich verhält es sich mit spezifischen Anforderungen an die zu errichtenden **Vorräume des BFS**. Diese werden maßgeblich durch die übrigen Verkehrsflächen und angrenzenden Bereiche des Gebäudes beeinflusst und in Art und Umfang ihrer Gestaltung und Ausstattung auf diese abgestimmt. Bodenbeläge, Wandverkleidungen, Innentüren und -fenster sowie Übergänge zu angrenzenden Fluren und Treppenhäusern sind dafür im Detail festzulegen und können sich je nach Etage voneinander unterscheiden. Die grundsätzlichen Planungsmaße sind jedoch unveränderlich, um die auf Bauteilebene erreichte Funktionalität und Flächeneffizienz des BFS zu gewährleisten. Grundlegende Anforderungen an die Eigenschaften der Vorräume werden somit bereits auf Bauteilebene aufgestellt, welche dann auf Bauproduktebene durch die Gebäudeplanung weiter zu spezifizieren sind.

Diese unterschiedliche Spezifizierung von Fahrtschacht und Vorraum auf Bauteil- und Bauproduktebene wird durch die folgende Abbildung abschließend veranschaulicht.

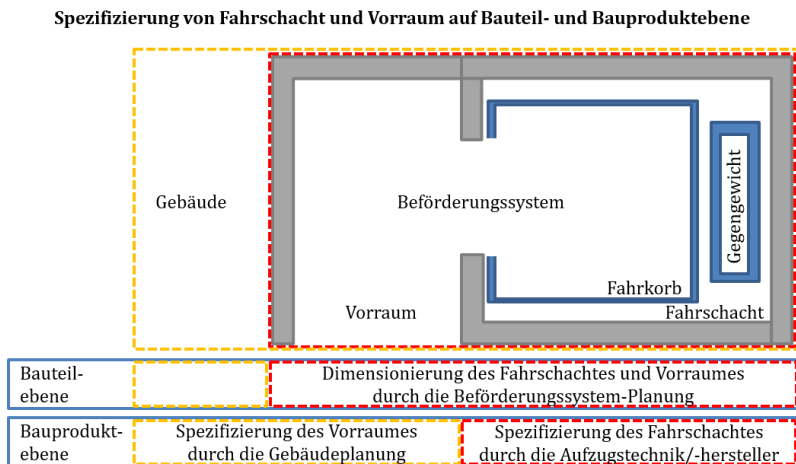


Abbildung 19: Spezifizierung von Fahrtschacht und Vorraum auf Bauteil- und Bauproduktebene (Eigene Darstellung)

5.7 Realisierung von Bauprodukteigenschaften

Für die Realisierung der geplanten Bauteileigenschaften und aufgestellten Bauproduktanforderungen können grundsätzlich die allgemeinen, technischen **Vertragsbedingungen für Aufzugsanlagen** sowie Leistungsverzeichnisse und Musterverträge für Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsarbeiten genutzt werden. Durch deren Anpassung an projektspezifische Besonderheiten und die Integration der aufgestellten Anforderungsprofile können sowohl einzelne Komponenten, übergeordnete Leistungskennwerte und der Umfang von Wartung, Inspektion und Instandsetzung detailliert beschrieben und eindeutig abgegrenzt werden (Vergleiche Kapitel 3.4.4).¹⁰²

Im Rahmen der **Bauüberwachung** ist die Einhaltung dieser vereinbarten Leistungswerte durch den verantwortlichen Architekten und beratenden Ingenieur zu überprüfen. Dies erfolgt durch die Überwachung der Ausführungsarbeiten und deren Übereinstimmung mit dem vertraglich vereinbarten Leistungsumfang, entsprechenden Ausführungsunterlagen, anzuwendenden Vorschriften und sonstigen getroffenen Vereinbarungen. Dafür sind Leistungs- und Funktionsprüfungen durchzuführen, Mängel zu identifizieren, Anlagen fachtechnisch abzunehmen und sämtliche Ergebnisse entsprechend zu dokumentieren.¹⁰³ Im Umkehrschluss ist der Aufzugshersteller im Rahmen der allgemeinen Vertragsbedingungen für auszuführende Bauleistungen berechtigt, nach Fertigstellung und Beseitigung eventuell vorhandener Mängel, die Abnahme seiner Leistungen durch den Auftraggeber zu fordern. Erfolgt diese Abnahme, geht die Gefahr auf den Auftraggeber über.¹⁰⁴

¹⁰² Vgl. DIN 18385 (2012), Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (2014) und Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2010).

¹⁰³ Vgl. Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (2013), Anlage 15.

¹⁰⁴ Vgl. DIN 1961 (2012), §12.

Durch die Ausrichtung der zuvor entwickelten Planungshilfsmittel auf den übergeordneten Lebenszyklusansatz ist die klassische mangelfreie Erfüllung von Werkverträgen um die Erfüllung **langfristiger Performance-Werte** zu erweitern.¹⁰⁵ Oftmals werden jedoch reale Performance-Werte in der Nutzungsphase der jeweiligen Bauprodukte nicht erfasst und eine negative wie auch positive Abweichung zu den geplanten Leistungswerten nicht berücksichtigt.¹⁰⁶ Um dies für das BFS zu vermeiden und beim Übergang vom Planen zum Betreiben das Leistungsniveau entsprechend der aufgestellten Anforderungsprofile umzusetzen, sind einzelne Systemparameter einmalig bei Leistungsabnahme sowie regelmäßig im späteren Betrieb mit den geplanten Anforderungen abzugleichen.¹⁰⁷

Zunächst ist dafür zwischen **statischen und dynamischen Systemparametern** zu unterscheiden. Unter statischen Systemparametern werden unveränderliche Eigenschaften wie beispielsweise die Abmessungen des Fahrschactes, die Förderhöhe, die Abmessungen und Nenntaglast des Fahrkorbes oder die Türart und deren Maße verstanden. Diese sind im Rahmen der Anlagenabnahme einmalig vom Planungsteam zu prüfen und zu dokumentieren. Ebenso sind dynamische Systemparameter wie die Fahrgeschwindigkeit, die Beschleunigung, der Ruck oder die Türlaufzeiten zu überprüfen. Diese Parameter, zu denen auch der Energieverbrauch, die Fahrqualität oder die Halteverlustzeit zählen, sind jedoch während der Nutzungsphase veränderlich. Ursachen lassen sich auf vom Nutzer gewünschte oder im Rahmen der Wartung und Instandsetzung vorgenommene Einstellungen zurückführen. Zudem kann die Abnutzung der Anlagenkomponenten während ihrer Nutzung ebenfalls eine Veränderung der Leistungskennwerte verursachen. Somit sind die dynamischen Parameter periodisch im Laufe der Nutzungsdauer zu überprüfen und bei Bedarf entsprechend zu justieren. Die dafür notwendigen

¹⁰⁵ Vgl. Balck (2012), S. 28.

¹⁰⁶ Vgl. ebd., S. 46–47 und Sigle und Gehrke (2013), S. 25.

¹⁰⁷ Vgl. Peters (2012), S. 64, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011i), A1 und SIA 380-4 (2006), S. 25.

Sollwerte lassen sich aus dem Anforderungsprofil der Aufzugstechnik entnehmen und mit den gemessenen realen Werten vergleichen. Dadurch wird eine, sich über die Nutzungsdauer des BFS erstreckende Kontrolle der veränderlichen funktionalen und technischen sowie ökonomischen, ökologischen und sozialen Systemeigenschaften sichergestellt. Die folgende Tabelle listet die, für eine regelmäßige Systemkontrolle notwendigen, dynamischen Systemparameter auf.

Dynamische Systemparameter für eine regelmäßige Systemkontrolle						
Eigenschaften des Gebäudes	Sollwert			Istwert (Periode n)		
Gebäudeart, Nutzungsart	Beschreibung			Beschreibung		
Eigenschaften der Nutzung/der Nutzer des Gebäudes	Sollwert			Istwert (Periode n)		
Personenbelegung/Etage	-	-	-	-	-	-
Gesamtbelegung	-	-	-	-	-	-
Abwesenheitsfaktor %	-	-	-	-	-	-
Durchschnittliche Fahrtenanzahl pro Tag	-	-	-	-	-	-
Betriebstage pro Jahr	-	-	-	-	-	-
Verfügbarkeit pro Monat %	-	-	-	-	-	-
Funktionale und technische Eigenschaften des BFS	Sollwert			Istwert (Periode n)		
Leistungsfähigkeit:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3
- Halteverlustzeit s	-	-	-	-	-	-
Aufzugsconfiguration:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3
- Türöffnungs-/ -schließzeit s	-	-	-	-	-	-
- Türöffenzzeit s	-	-	-	-	-	-
- Einfahren mit öffnender Tür s	-	-	-	-	-	-
- Nenngeschwindigkeit m/s	-	-	-	-	-	-
- Nennbeschleunigung m/s ²	-	-	-	-	-	-
- Nennruck m/s ³	-	-	-	-	-	-
- Startverzögerung s	-	-	-	-	-	-
- Verzögerung Bündigstellung s	-	-	-	-	-	-
Ökonomische, ökolog. u. soz. Eigenschaften des BFS	Sollwert			Istwert (Periode n)		
Nutzungskostenbestandteile:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3
- Betrieb (Energie für die Nutzung)	- €	- €	- €	- €	- €	- €
- Betrieb (Wartung, Inspektion, Bedienung)	- €	- €	- €	- €	- €	- €
- Betrieb (Reinigung)	- €	- €	- €	- €	- €	- €
- Laufende Instandsetzung	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Ressourcenanspruchnahme:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3
- Nutzungskategorie gemäß Fahrtenanzahl pro Tag	-	-	-	-	-	-
- Energieeffizienzklasse	-	-	-	-	-	-
- Jährlicher Energiebedarf kWh	-	-	-	-	-	-
Fahrqualität:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3
- Vertikale Beschleunigung/Ruck m/s ² / m/s ³	-	-	-	-	-	-
- Horizontale/vertikale Vibrationen m/s ²	-	-	-	-	-	-
- Schalldruckpegel Fahrkorb/Fahrschachttür dB(A)	-	-	-	-	-	-

Tabelle 31: Dynamische Systemparameter für eine regelmäßige Systemkontrolle (Eigene Darstellung bzgl. der Aufzugsconfiguration in Anlehnung an Barney (2003), Appendix Three und Peters (2012), S. 60)

Die ersten beiden Rubriken erfassen die geplanten und realen **Eigenschaften des Gebäudes und seiner Nutzung**, da diese einen direkten Einfluss auf das BFS haben. Ändern sich die Nutzungsart, die Personenbelegung je Stockwerk oder die jährlichen Betriebstage, hat dies Auswirkungen auf den jährlichen Energiebedarf oder die Nutzungskosten des BFS. Im Sinne des angestrebten Soll-/Ist-Vergleiches sind derartige Änderungen seitens des Gebäudes und seiner Nutzung entsprechend auszuweisen.

Im Rahmen der **funktionalen und technischen Eigenschaften** werden für die Leistungsfähigkeit die Halteverlustzeit und deren wesentliche Bestandteile in Form von Türlaufzeiten, Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Ruck und Startverzögerung erfasst. Die Halteverlustzeit wird deshalb erfasst, da sich die durchschnittlichen Warte- oder Fahrzeiten der Passagiere nicht problemlos für eine Leistungskontrolle der Aufzugstechnik ermitteln lassen (Vergleiche Kapitel 3.4.4). Um eine aussagekräftige reale DWZ bei konventionellen Aufzugssteuerungen zu ermitteln, wäre an mehreren Betriebstagen zu Verkehrsspitzenzeiten die Wartezeit jedes einzelnen Passagiers zu erfassen. Gleiches wäre für die individuellen Fahrzeiten der Passagiere und die jeweiligen Fahrkorbfüllgrade erforderlich, um auch für diese Parameter die durchschnittlichen Leistungswerte ausweisen zu können und einen Vergleich mit der geplanten Servicequalität zu ermöglichen. Der dafür notwendige Erfassungsaufwand ist jedoch als unverhältnismäßig hoch zu werten und unterliegt zudem der Unschärfe, dass geplanter und realer Verkehrsfluss sich im Detail voneinander unterscheiden werden. Der Ausweis einer DWZ, DFZ und eines DKFG ist somit primär für die Planung des BFS geeignet, jedoch nur eingeschränkt für eine Leistungskontrolle der Aufzugstechnik nutzbar. Die Messung der, von den technischen Anlageigenschaften abhängigen und vom Verkehrsaufkommen unabhängigen, Halteverlustzeit repräsentiert daher eine geeignetere Methode für die wiederkehrende Leistungskontrolle der Anlagentechnik. Werden deren Einzelparameter ebenfalls erfasst, können die

technischen Ursachen möglicher Leistungsschwankungen direkt identifiziert werden.¹⁰⁸

Im Sinne der **ökonomischen Eigenschaften** werden die Nutzungskosten des BFS erstmalig am Ende einer Rechnungsperiode festgestellt und dann kontinuierlich fortgeschrieben.¹⁰⁹ Dafür ist es erforderlich, den Energieverbrauch der Anlagentechnik separat erfassen zu können. Die Kosten für Inspektion, Wartung sowie laufende Instandsetzung lassen sich aus dem jährlichen Aufwand der jeweiligen Dienstleister ermitteln. Die Reinigungskosten sind anteilig über die zu reinigenden Flächen des BFS zu ermitteln. Ein eventuell zusätzlicher Reinigungsaufwand für verglaste Fahrschächte oder reinigungsintensive Fahrkorbinnenverkleidungen ist ebenfalls zu erfassen.

Als Ergänzung zum absoluten Energieverbrauch während der Nutzung ist, im Sinne der **ökologischen Eigenschaften**, auch die Energieeffizienzklasse in regelmäßigen Abständen erneut zu überprüfen. Durch deren standardisierte Referenzfahrt lassen sich Verbrauchsänderungen unabhängig von der Nutzungsintensität ermitteln und dadurch auf technischen Verschleiß oder notwendige Einstellarbeiten zurückführen.

Bezüglich der **sozialen Eigenschaften** handelt es sich primär um statische Parameter. Barrierefreiheit, gestalterische Qualität oder die Herkunft von Bauteilen und Dienstleistungen werden durch die Planung bestimmt und einmalig bei Anlagenabnahme überprüft. Dies gilt grundsätzlich auch für die Fahrqualität, welche jedoch, insbesondere durch den fortschreitenden Verschleiß der Anlagentechnik, regelmäßig zu überprüfen ist. Dafür sind, wie auch zur Anlagenabnahme, die Vibrationen und der Schalldruckpegel während der Fahrt zu messen und mit den Vorgabewerten zu vergleichen.

¹⁰⁸ Vgl. Peters (2012), S. 64.

¹⁰⁹ Vgl. DIN 18960 (2008), S. 7.

Durch die vorgestellten statischen und dynamischen Systemparameter lässt sich die Qualität der Anlagentechnik sowohl bei Abnahme als auch im Betrieb messen und die Einhaltung der geplanten Sollwerte sicherstellen.¹¹⁰ Durch die regelmäßige Kontrolle dynamischer Leistungswerte wird zudem ein entsprechendes Betreiberwissen aufgebaut. Messwerte lassen sich über die Nutzungsdauer analysieren, mit anderen Bestandsanlagen vergleichen oder für die Planung neuer vergleichbarer Projekte nutzen. Im Idealfall lernen Betreiber und auch Planer aus gemeinsam realisierten Projekten und können ihre Erfahrungen für die Planung zukünftiger Gebäude nutzen.¹¹¹

¹¹⁰ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011h), A1.

¹¹¹ Vgl. Bauer (2009), S. 44.

6 Methodische Zusammenführung der entwickelten Planungshilfsmittel

Die bislang entwickelten Hilfsmittel zur Planung von BFS werden in diesem Kapitel zu einer Planungsmethodik zusammengeführt, um deren systematische Anwendung im Planungsprozess zu gewährleisten. Dadurch wird sichergestellt, dass sowohl die erweiterte Systemgrenze, die zusätzlich entwickelten funktionalen und sozialen Kriterien, die Planungsmöglichkeiten auf Bauteilebene sowie die Überführung in die Bauproduktebene entsprechend im Planungsablauf berücksichtigt werden. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit der methodischen Anwendung wird die beispielhafte fiktive Neubauplanung eines Bürogebäudes genutzt. Es wird ein beispielhafter Ablauf mit frühzeitiger Integration des BFS beschrieben, die Entwicklung, der Vergleich und die Bewertung von Planungsvarianten im Rahmen der Gebäudeanforderungen vorgestellt und die Erweiterung des Entscheidungsumfangs bei der Planung von BFS verdeutlicht.

Zu Planungsbeginn ist zunächst das **Anforderungsprofil für BFS** (Siehe Kapitel 5.4) aufzustellen, welches die Grundlage für die weitere Planung und zu treffende Planungsentscheidungen darstellt. Da das Anforderungsprofil sowohl grundlegende Gebäudeanforderungen als auch dessen Nutzungsszenarien erfasst, sind für Neubauprojekte erste Planungsvarianten im Sinne der Vorplanung erforderlich. Für das hier zu betrachtende Beispielprojekt besteht eine derartige Planungsvariante aus einem länglichen rechteckigen Grundriss von 68 m Gebäudelänge und 14 m Tiefe. Dieser wird über einen zentralen Erschließungskern mit Treppenhaus, Aufzugsanlagen und Sanitärräumen in einen West- und einen Ostflügel unterteilt. Der Gebäudezugang erfolgt ebenerdig über einen, dem Erschließungskern vorge-

lagerten, Eingangs- und Empfangsbereich. Im Erdgeschoss wird der Westflügel ausschließlich für Besprechungs- und Schulungsräume genutzt. Der Ostflügel beinhaltet das Bistro mit entsprechender Kücheneinrichtung. Die drei Obergeschosse werden als Büros genutzt und bieten jeweils 80 Einzel- und Gruppenarbeitsplätze. Ein vereinfachter Grundriss dieser Vorplanungsvariante ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

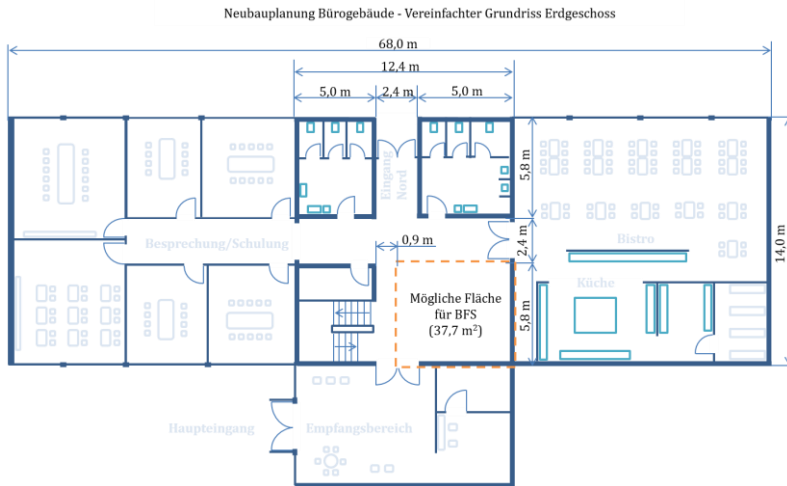


Abbildung 20: Neubauplanung Bürogebäude – Vereinfachter Grundriss Erdgeschoss (Eigene Darstellung)

Aus den Ergebnissen der vorgelagerten Gebäudebedarfsplanung und den Rahmenbedingungen der beschriebenen Vorplanung kann ein entsprechendes Anforderungsprofil für das BFS abgeleitet werden. Der dafür erforderliche zeitliche Aufwand ist begrenzt, da notwendige Angaben zu der beabsichtigten Nutzungsart, den Eigenschaften des Baukörpers, den Nutzern und deren Aktivitäten bereits vorhanden sind. Für das hier gewählte Beispiel handelt es sich um ein Büro- und Verwaltungsgebäude mit den beschriebenen Abmessungen. Zusammen mit dem Untergeschoss ergeben sich für das BFS fünf zu bedie-

nende Haltestellen mit einer Förderhöhe von insgesamt 15 m. Der Gebäudezugang erfolgt über den Haupteingang sowie den Nebeneingang Nord im Erdgeschoss. Es werden auf den drei Obergeschossen insgesamt 240 Arbeitsplätze für typische PC-Tätigkeiten vorgesehen, wobei die Mitarbeiter wochentags von 06:00 bis 22:00 Uhr im Gleitzeitmodell ihre Arbeit verrichten. Es wird von einem Abwesenheitsfaktor von 10 % für Mitarbeiter, welche auf Geschäftsreisen, im Urlaub oder erkrankt sind, ausgegangen. Diese und weitere Angaben lassen sich im folgend dargestellten Anforderungsprofil für BFS in den Kategorien Gebäudeanforderungen und Nutzungsszenario vollständig erfassen (Siehe Tabelle 32). Im Gegensatz zu einer Planung ohne Anforderungsprofil werden die gebäudeseitigen Rahmenbedingungen frühzeitig und systematisch im Planungsprozess erfasst und bilden die Grundlage für eine, auf das Gebäude abgestimmte Planung von BFS. Zudem werden getroffene Annahmen und Bedingungen eindeutig dokumentiert und stehen für den weiteren Planungsverlauf zur Verfügung. Die Transparenz und Nachvollziehbarkeit für getroffene Entscheidungen und ausgewählte Planungsvarianten wird erhöht.

6 Methodische Zusammenführung der entwickelten Planungshilfsmittel

Anforderungsprofil für Beförderungssysteme - Neubauplanung Bürogebäude							
Anforderungen und Rahmenbedingungen des Gebäudes							
Gebäudeanforderungen	Gebäudeart, Nutzungsart	Einfamilienhaus	Sonderfälle Wohnen	Einkauf		DIN 18205	
		Reihenwohnhaus	Bildung	Sport			
		Mehrfamilienhaus	x Büro und Verwaltung	Kultur			
		Großes Mehrfamilienhaus	Produktion/Werkstatt	Beherbergung/Gastron.			
		Wohnhochhaus	Heilbehandlung	Sonstige	A.1.3		
	Eigenschaften des Baukörpers:						
	- Abmessungen	60	Breite m 14	Tiefe m 15	Höhe m		
	- Angefahrene Etagen	5	Anzahl 3,5	Höhe m 15	Förderhöhe m	C.2.1	
	- Flexibilität für zukünftige Nutzungen	x	Keine Anforderungen				
	Gebäudezugang, vertikaler Verkehr:						
	- Personen	x	Zugang über Haupteingang im EG, Empfangsbereich, Aufzüge und Treppenhaus				C.2.2
	- Personen mit Behinderungen	x	Zugang über Haupteingang im EG, Empfangsbereich, behindertengerechter Aufzug				
	- Güter und Lasten	x	Zugang über Nebeneingang Nord, Transport mit Aufzügen oder über Treppenhaus				
	Infrastruktur:						
	- Einrichtungen in der Umgebung	x	Bäcker, Lebensmittel Einzelhandel, Cafés, Restaurants, in < 500 m Entfernung				B.5.4
- Verkehrsanbindung, Parkplätze	x	ÖPNV Haltestelle in 200 m, 150 PKW-Stellplätze auf dem Grundstück					
Gefährdung durch Erdbeben	x	Nein				B.5.3	
Nutzungsdauer der Baukonstruktion	x	50 Jahre				B.2.5	
Baugesetzgebung, Normen, etc.	x	Landesbauordnung Baden-Württemberg, DIN 18040-1				B.2.6	
Umweltgesetzgebung, Normen, etc.	x	Keine besonderen Anforderungen					
Anforderungen durch die Nutzung/die Nutzer des Gebäudes							
Nutzungsszenario	Liste der Aktivitäten und Abläufe:						
	- Art und Zweck	x	Klassische PC-Tätigkeiten, Kunden-/Lieferantenempfang im EG, Bewirtung im Bistro				B.7.1
	- Häufigkeit, Dauer, Stetigkeit	x	Wochentags von 06:00 bis 22:00 Uhr, evtl. Wochenendarbeit, Gleitzeitssystem				
	Nutzer:						
	- Art, Anzahl	x	240 IT- und Verwaltungsgestellte, 10-20 Kunden-/Lieferantenbesuche täglich				B.7.2
	- Nutzer je Etage	x	EG mit Empfang, Bistro und Besprechung, OG 1-3 jeweils 80 Personen/Arbeitsplätze				
	- Erwarteter Abwesenheitsfaktor in %	x	10				
	- Generelle Organisation	x	Gruppen- und Einzelarbeitsplätze OG 1-3, Besprechungen EG, Bistro von 08:00 bis 18:00				
	Beziehungen:						
	- Personen	x	Primäres Arbeiten am Arbeitsplatz, Abstimmung durch Besprechungen im EG				B.7.3
- Güter und Lasten	x	Keine besonderen Lastentransporte (Papier, Versorgung Teeküchen, Müllentsorgung, etc.)					
- Kommunikation bzw. Transport	x	Kommunikationsflächen vor den Büros, Besprechungsräume und Bistro im EG					
- Organisatorische Verpflichtungen	x	Primär digitale Prozesse und Datenaustausch, Besprechungen					
Funktionale und technische Anforderungen an das Beförderungssystem							
Funktionales Äquivalent	Anforderungen an den Formfaktor:						
	- Vertikale Beförderung/Transport	x	Personenbeförderung	Lastentransport			
	- Zusatzfunktionen		Feuerwehraufzug	VIP-Aufzug	Bettenaufzug		
			Evakuierungsaufzug	Express-/Transferaufzug	Vandalenresistenter Aufzug		
			x Behindertenaufzug	Autoaufzug	Erdbebenbedingungen		
	- Standardisierte Planungsmaße	x	Die Bau-, Fahrkorb- und Türmaße der DIN 15306/15309 sind zu berücksichtigen				
	- Designelement des Gebäudes		Besonderes Design	Panorama-/Glasaufzug	Sonstiges		
	Anforderungen an Leistungsfähigkeit:						
	- Durchschnittliche Wartezeit		< 20s	x 20 - < 30s	30 - < 40s	40 - < 60s	
	- Durchschnittliche Fahrtzeit		< 80s	x 80 - < 100s	100 - < 120s	120 - < 150s	
	- Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad		< 40%	40 - < 50%	x 50 - < 60%	60 - < 70%	
	Anforderungen an den Flächenbedarf:						
	- Absoluter/relativer Flächenverbrauch	x	Max. 37,7 m ² je angefahrter Etage				
	- Tragwerkelement des Gebäudes		Fahrschacht- und Vorräumwände sind in die Tragwerksplanung zu integrieren				
	Technische Anforderungen:						
- Gesetzgebung, Vorschriften, Normen	x	DIN EN 81-1					
- Sonstige technische Vorgaben	x	Aufzüge sind maschinenraumlos auszuführen, Hydraulikaufzüge sind nicht vorzuziehen					
- Nutzungsdauer (Nur Aufzugstechnik)	x	25 Jahre					
Ökonomische, ökologische und soziale Anforderungen an das Beförderungssystem							
Optionale Anforderungen	Lebenszykluskosten:						
	- Baukonstruktion*	x	Keine Anforderungen				
	- Aufzugstechnik	x	Keine Anforderungen				
	Umweltauswirkungen:						
	- Baukonstruktion*	x	Keine Anforderungen				
	- Aufzugstechnik	x	Keine Anforderungen				
	Ressourcenanspruchnahme:						
	- Baukonstruktion*	x	Keine Anforderungen				
	- Aufzugstechnik	x	Mindestens Energieeffizienzklasse B der ISO 25745-2:2015				
	Wirkungen auf Nutzer/Öffentlichkeit:						
- Barrierefreiheit	x	Ist für Arbeitnehmer mit Rollstuhl gemäß DIN EN 81-70 zu gewährleisten					
- Anpassungsfähigkeit	x	Keine Anforderungen, da die Belegungszahlen bereits eine maximale Auslastung berücksichtigen					
- Gestalterische Qualität	x	Oberflächen und Materialien in Abstimmung mit dem Gebäudekonzept, kein Edelstahl im Fahrkorb					
- Fahrqualität		Sehr Gut	x	Zufriedenstellend			
- Zugänglichkeit der Aufzugstechnik	x	Bedienkasten im UG, sonstige Aufzugstechnik im Fahrschacht					
- Herkunft der Bauteile und Dienstl.	x	Nach Möglichkeit Wahl eines nationalen Anbieters mit Servicestützpunkt im Umkreis < 50 km					

* Die Baukonstruktion umfasst die für die Aufzugstechnik notwendigen Fahrschächte, Maschinenräume und Vorräume

Tabelle 32: Neubauplanung Bürogebäude – Anforderungsprofil für Beförderungssysteme (Eigene Darstellung)

Im zweiten Teil des Anforderungsprofils für BFS werden die funktionalen und technischen sowie ökonomischen, ökologischen und sozialen Anforderungen erfasst. Diese konkretisieren, aufbauend auf den Rahmenbedingungen und dem Nutzungsszenario des Gebäudes, die Anforderungen des Bauherrn an die Eigenschaften der vertikalen Gebäudeerschließung. Die spätere Qualität des geplanten BFS sowie die Zufriedenheit des Bauherrn und der Nutzer werden dadurch erhöht. Zusätzlich wird ein gezielter Planungsprozess ermöglicht, da für die Entwicklung, den Vergleich und die Bewertung von Planungsvarianten auf ein eindeutiges funktionales Äquivalent zurückgegriffen werden kann. Ebenso können die aufgestellten ökonomischen, ökologischen und sozialen Forderungen von Planungsbeginn an berücksichtigt werden. Sowohl im Hinblick auf das übergeordnete Konzept des Nachhaltigen Bauens als auch die integrale Planung von Gebäuden ist dies als vorteilhaft zu bewerten. Für die bislang betrachtete Neubauplanung eines Bürogebäudes werden folgende funktionale Grundeigenschaften (Siehe Kapitel 5.2) gefordert und durch das Anforderungsprofil entsprechend erfasst (Siehe erneut Tabelle 32). Das BFS hat in Bezug auf seinen Formfaktor die vertikale Personenbeförderung im Gebäude zu gewährleisten. Ein regelmäßiger Lastentransport ist nicht vorgesehen. Als Zusatzfunktion wird eine behindertengerechte Ausführung zur barrierefreien Erschließung des Gebäudes gefordert. Die notwendigen Bau-, Fahrkorb- und Türmaße haben den standardisierten Abmessungen der Normung zu entsprechen (Für deren Vorteile siehe Kapitel 5.2.1). In Bezug auf die Leistungsfähigkeit wird ein gutes Serviceniveau mit DWZ im Bereich von 20 bis kleiner 30 Sekunden zu Verkehrsspitzenzeiten gefordert. Die maximal zur Verfügung stehende Fläche für das BFS beträgt, innerhalb des Gebäudekerns (Siehe Abbildung 20), 37,7 m² je angefahrener Etage. In diese Fläche sind sowohl die Fahrschächte für die Aufzugstechnik als auch die notwendigen Vorräume zu integrieren. Als technische Grundanforderung sind die geltenden Verordnungen und Normen für Personenaufzüge in Deutschland ohne projektspezifische Sondermaßnahmen einzuhalten. Ebenso wird der

Einsatz maschinenraumloser Anlagentechnik gefordert und die Planung hydraulischer Anlagen bereits zu Planungsbeginn abgeschlossen. Die geforderte Nutzungsdauer der Aufzugstechnik beträgt 25 Jahre. Die Kategorien „Funktionales Äquivalent“ und „Optionale Anforderungen“ des zuvor abgebildeten Anforderungsprofils fassen die soeben beschriebenen Anforderungen zusammen.

Aufbauend auf diesem Anforderungsprofil können entsprechende **Planungsvarianten von BFS** gezielt erarbeiten und in einem ersten Vergleich auf Bauteilebene einander gegenübergestellt werden. Deren funktionale Äquivalenz ist durch die Berücksichtigung der zuvor aufgestellten Anforderungen an den Formfaktor, die Leistungsfähigkeit und den Flächenbedarf zu gewährleisten. Begonnen wird mit dem Formfaktor. Für die beschriebene Neubauplanung eines Bürogebäudes sind grundsätzlich zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten aus Fahrkorbgröße und -form, Türarten und -breite, Anlagenanordnung und Vorraumabmessungen möglich. Die im Anforderungsprofil aufgestellte Forderung nach standardisierten Bau-, Fahrkorb- und Türmaßen schränkt jedoch die in Frage kommenden Kombinationen ein. Für Personenaufzüge in Nichtwohngebäuden werden für eine normale Nutzungsintensität sechs standardisierte Anlagenkombinationen durch die Normung vorgegeben. Diese unterscheiden sich in Bezug auf ihre Fahrkorbnennlast, Fahrkorbabmessungen und Türbreiten. Für die ebenfalls im Anforderungsprofil geforderte behindertengerechte Ausführung sind fünf dieser sechs Anlagenkombinationen geeignet und kommen daher für den Formfaktor grundsätzlich in Frage.¹ In einem nächsten Planungsschritt ist die Leistungsfähigkeit der verfügbaren Anlagenkombinationen zu ermitteln. Dafür sind die notwendige Anlagenanzahl und die technischen Anlagenparameter durch Simulation zu bestimmen.

¹ Vgl. DIN 15309 (2002), S. 12, DIN 18040-1 (2010), S. 14 und DIN EN 81-70 (2005), S. 9.

Die im Anforderungsprofil aufgestellten Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des BFS sind, unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen des Gebäudes und seiner Nutzungsszenarien, durch jede Planungsvariante zu erfüllen. Neben einem geeigneten Simulationsansatz sind vor allem die getroffenen Simulationsannahmen im Detail zu bestimmen (Vergleiche Kapitel 5.2.2). Das eigens dafür entwickelte Formular sichert eine entsprechend vollständige und vergleichbare Dokumentation. Wie die folgende Tabelle anhand von zwei beispielhaften Planungsvarianten verdeutlicht, werden die relevanten Gebäudedaten, das erwartete Verkehrsaufkommen und die Konfiguration der Aufzugstechnik im Detail erfasst.

Neubauplanung Bürogebäude - Simulationsannahmen		
Gebäudedaten:	Variante 1	Variante 2
- Gebäudetyp	Bürogebäude	
- Angefahrene Etagenanzahl	5 (UG, EG, 1-3 OG)	
- Etagenhöhe(n)	4050, 3850, 3550, 3550, 3550 mm	
- Hauptzugang/-zugänge	EG	
Verkehrsaufkommen:	Variante 1	Variante 2
- Personenbelegung/Etage	1-3 OG jeweils 80 Personen	
- Gesamtbelegung	240 Personen	
- Abwesenheitsfaktor	10 %	
- Passagierankunftsrate (PAR)	12,0 %	
- Verkehrsrichtung (Auf/Ab/Zwischeng.)	85/10/5 %	
- Transferzeit je Passagier (Betr. u. Verl.)	2,2 s	
- Passagiergewicht	75 kg	
- Treppenfaktor	0 %	
- Hauptzugang/-zugänge und Verteilung	EG/100 %	
Aufzugskonfiguration:	Variante 1	Variante 2
- Anzahl Aufzüge je Aufzugsgruppe	2 Aufzüge	1 Aufzug
- Förderhöhe	15,0 m	15,0 m
- Art der Aufzugssteuerung	Zwei-Knopf-Sammelst.	Zwei-Knopf-Sammelst.
- Fahrkorbnennlast	630kg	1000kg
- Fahrkorbbreite/-tiefe/-höhe mm	1100/1400/2200	1600/1400/2300
- Maximal zulässiger Fahrkorbüllgrad	80 %	80 %
- Türart/-breite/-höhe (Seitlich oder zentral)	Zentral/900/2100	Zentral/900/2100
- Türöffnungs-/Türschließzeit	1,8/2,2 s	1,8/2,2 s
- Türoffenzeit	2,0 s	2,0 s
- Einfahren mit öffnender Tür	0,5 s	0,5 s
- Nenngeschwindigkeit	1,0 m/s	1,0 m/s
- Nennbeschleunigung	1,0 m/s ²	1,0 m/s ²
- Nennruck	1,2 m/s ³	1,2 m/s ³
- Startverzögerung	1,0 s	1,0 s
- Verzögerung bis zum Haltestellenniveau	0,0 s	0,0 s
- Haupthaltestelle(n)	EG	EG

Tabelle 33: Neubauplanung Bürogebäude – Simulationsannahmen
(Eigene Darstellung)

Die Unterschiede der dargestellten Planungsvarianten ergeben sich aus ihrer Anlagenanzahl und den Fahrkorbnennlasten. Für die erste Variante werden zwei Aufzugsanlagen mit einer Fahrkorbnennlast von jeweils 630 kg als Aufzugsgruppe simuliert. Variante 2 besteht aus einer Einzelanlage mit 1000 kg Nenntraglast. Alle weiteren technischen Anlagenparameter wie die Förderhöhe, die Art der Steuerung, die Türart und -breite oder die Fahrgeschwindigkeiten sind identisch. Durch das systematische Erfassen der getroffenen Annahmen wird im iterativen Simulationsprozess die Optimierung zwischen gewähltem Formfaktor und Leistungsfähigkeit, unter Berücksichtigung der zu gewährleistenden funktionalen Äquivalenz der Planungsvarianten, verbessert. Unterschiedliche Leistungsfähigkeiten von Planungsvarianten lassen sich zudem auf eindeutige Ursachen zurückführen, was erneut die Nachvollziehbarkeit und Transparenz für spätere Planungsphasen erhöht. Für die Dokumentation der ermittelten Leistungsfähigkeit lässt sich das entwickelte Formular nutzen, welches die Leistungsparameter DWZ, DFZ, DFFG und die Halteverlustzeit für jede Planungsvariante erfasst (Siehe Kapitel 5.2.2). Für die bislang betrachtete Neubauplanung eines Bürogebäudes wurde die Leistungsfähigkeit der in Tabelle 33 vorgestellten Planungsvarianten exemplarisch durch Simulation ermittelt. Als öffentlich zugängliche Simulationssoftware wurde die aktuelle Version von Elevate™ (Elevator Traffic Simulation Software, Version 8.19, siehe Kapitel 3.4.2.3) genutzt und unter Berücksichtigung des bereits aufgestellten Anforderungsprofils die Leistungsfähigkeit je Variante ermittelt. Beide Planungsvarianten erfüllen die funktionalen Anforderungen an ihre Leistungsfähigkeit, wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung. Die Simulationsergebnisse und der gewählte Simulationsansatz sind im Anhang zu dieser Arbeit hinterlegt. Die bereits vorgestellten Simulationsannahmen aus Tabelle 33 wurden entsprechend berücksichtigt.

Als drittes funktionales Kriterium ist der Flächenbedarf der simulierten Varianten zu ermitteln und auf die entsprechenden Forderungen des Anforderungsprofils (Siehe Tabelle 32) abzustimmen.

Der Flächenbedarf wird im Wesentlichen durch den zuvor gewählten Formfaktor, die durch Simulation ermittelte Anlagenanzahl und deren technische Eigenschaften bestimmt. Da es sich um einen iterativen Optimierungsprozess handelt, sind bei Bedarf Anpassungen des Formfaktors und der Leistungsfähigkeit vorzunehmen, um den Anforderungen an den Flächenbedarf zu entsprechen. Dabei ist der Flächenbedarf im Sinne der erweiterten Systemgrenze (Siehe Kapitel 5.1.3) für das gesamte BFS je Variante zu ermitteln. Die folgende Abbildung zeigt den Flächenbedarf für das bislang betrachtete Beispielprojekt und die zuvor in Tabelle 33 aufgestellten Planungsvarianten. Beide Varianten erfüllen die Anforderungen an den maximal zulässigen Flächenbedarf von $37,7 \text{ m}^2$ je Etage.

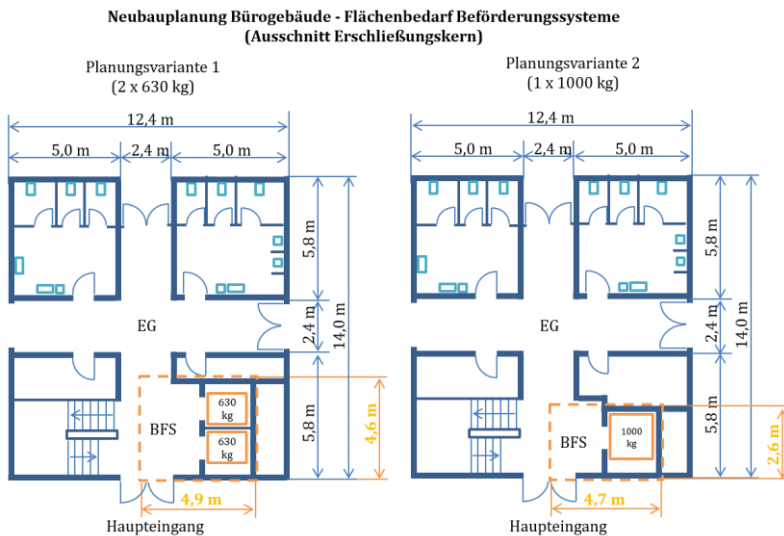


Abbildung 21: Neubauplanung Bürogebäude – Flächenbedarf Planungsvarianten 1 und 2 (Eigene Darstellung)

Die, für die Bauteilebene relevanten, funktional-technischen Anforderungen (Siehe Tabelle 32) sind damit für beide Varianten erfüllt.

Deren Formfaktoren eignen sich für die tägliche Personenbeförderung, die barrierefreie Erschließung des Gebäudes und entsprechen in ihren Abmessungen den standardisierten Vorgaben der Normung. Ebenso werden die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und den Flächenbedarf je Etage erfüllt. Durch die gewählten Fahrkorbnennlasten und Fahrgeschwindigkeiten lassen sich beide Planungsvarianten als maschinenraumlose Anlagen ausführen. Auf den Einsatz hydraulischer Aufzugstechnik kann verzichtet werden.

Durch die funktionale Äquivalenz ist ein erster **Vergleich der Planungsvarianten auf Bauteilebene** möglich. Für den Formfaktor sind die entwickelten Einzelkriterien funktionale Eignung, standardisierte Planungsmaße und Designelement des Gebäudes (Siehe Kapitel 5.2.1) zu berücksichtigen. Variante eins orientiert sich, insbesondere in Bezug auf eine barrierefreie Erschließung, an den notwendigen Mindestabmessungen für den Fahrkorb. Variante zwei bietet, aufgrund ihrer größeren Nenntaglast, mehr Komfort für die Nutzer. Beide Varianten entsprechen den standardisierten Planungsmaßen. Eine Bewertung als Designelement ist nicht erforderlich, da nicht gefordert. Die Leistungsfähigkeit ist für die entwickelten Einzelkriterien DWZ, DFZ und DFFG entsprechend zu vergleichen. Ebenso wird der Gesamtflächenbedarf verglichen, wobei Planungsvariante 1 durch ihre beiden Aufzugsanlagen fast doppelt so viel Fläche in Anspruch nimmt, wie Variante 2. Eine Integration des BFS in die Tragwerksplanung wurde nicht explizit im Rahmen des Anforderungsprofils gefordert, ist jedoch aufgrund der Lage, Anordnung und Größe von Fahrschächten und Vorräumen für beide Varianten möglich. Die technischen Anforderungen werden ebenso für beide Lösungsansätze erfüllt. Die folgende Tabelle fasst die beschriebenen Unterschiede der beiden funktional äquivalenten Varianten zusammen und ermöglicht einen komprimierten Vergleich auf Bauteilebene. Dieser sensibilisiert die Planenden für die einzelnen, unterschiedlich ausgeprägten Kriterien beider Optionen und erweitert den Entscheidungsumfang. Ergänzend zu der ansonsten dominierenden DWZ und dem Flächenbedarf der reinen Aufzugstechnik (in ihrer klas-

sischen Systemgrenze) kann nun eine Vielzahl von Bewertungskriterien, für die Auswahl der am besten geeigneten Entwurfslösung, bereits auf Bauteilebene genutzt werden.

Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene (Teil 1) - Neubauplanung Bürogebäude					
Kriterium	Funktionale und technische Qualitäten	Planungsvariante 1 (2 x 630 kg)		Planungsvariante 2 (1 x 1000 kg)	
		Bewertung*	Ausprägung	Bewertung*	Ausprägung
Formfaktor	Fahrkorb, Fahrschacht-/Kabinentür, Vorraum:				
	- Funktionale Eignung	● ● ●	<i>Min. Fahrkorbmaße</i>	● ● ●	<i>Komfortabler Fahrkorb</i>
	- Standardisierte Planungsmaße	● ● ●	<i>Gemäß DIN 15309</i>	● ● ●	<i>Gemäß DIN 15309</i>
Leistungsfähigkeit	- Designelement des Gebäudes	● ● ●	-	● ● ●	-
	Servicequalität:				
	- Durchschnittliche Wartezeit in s	● ● ●	7,6	● ● ●	24,4
	- Durchschnittliche Fahrzeit in s	● ● ●	23,0	● ● ●	29,4
Flächenbedarf	- Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad in %	● ● ●	29,6	● ● ●	36,7
	Flächenbedarf:				
	- Fläche BFS in m ² je angefahrener Etage	● ● ●	22,5	● ● ●	12,2
Techn. Anford.	- Nutzung als Tragwerkelement	● ● ●	<i>Integriert in Gebäudekern</i>	● ● ●	<i>Integriert in Gebäudekern</i>
	Einhaltung der technischen Anforderungen:				
	- Gesetzgebung, Vorschriften, Normen	● ● ●	<i>DIN EN 81-1</i>	● ● ●	<i>DIN EN 81-1</i>
	- Sonstige technische Anforderungen	● ● ●	<i>MRL, keine Hydraulik</i>	● ● ●	<i>MRL, keine Hydraulik</i>

* Kein Punkt (Keine Anforderungen vorgegeben), 1 Punkt (Entspricht den Anforderungen), 2 Punkte (Übertrifft die Anforderungen), 3 Punkte (Übertrifft deutlich die Anforderungen)

Tabelle 34: Neubauplanung Bürogebäude – Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene – Teil 1 (Eigene Darstellung)

In einem zweiten Teil werden nun die ökonomischen, ökologischen und sozialen Eigenschaften der beiden Planungsvarianten ermittelt und verglichen. Dazu sind zunächst die zu erwartenden Lebenszykluskosten der BFS abzuschätzen. Unter Anwendung der vorgestellten Berechnungshilfe (Siehe Kapitel 5.5.2) werden sowohl die einmalig als auch die regelmäßig anfallenden Kostenbestandteile je Planungsvariante ermittelt und die Annahmen für einen einheitlichen Zinssatz, Betrachtungszeitraum und Preissteigerungen festgelegt. Dadurch lässt sich ein Barwert für die notwendige Baukonstruktion und die Aufzugstechnik je BFS ermittelt. Die, für das hier betrachtete Beispielprojekt geschätzten Kosten, sind im Anhang für beide Varianten in Form der entwickelten Berechnungshilfe dokumentiert. Die folgende Tabelle zeigt einen Ausschnitt für die Planungsvariante eins. Die detaillierte Betrachtung aller Kostenbestandteile erweitert den bislang etablierten Fokus auf die Herstellungskosten um die weiteren Kostenbestandteile der Aufzugstechnik. Zudem finden die oftmals nicht berücksichtigten, zusätzlichen Kosten für die notwendige Baukonstruktion Beachtung.

Einzelne Kostenbestandteile lassen sich für verschiedene Varianten vergleichen und deren Entstehungszeitpunkt im Lebenszyklus berücksichtigen. Ökonomisch vorteilhafte Entwurflösungen sind unabhängig von ihren eventuell erhöhten Herstellungskosten zu identifizieren. Zusätzlich werden sämtliche Kostenschätzungen für die Entscheidungsfindung vollständig dokumentiert und lassen sich im weiteren Planungsverlauf sukzessive präzisieren. Die derzeit nur eingeschränkt verfügbaren Planungskennwerte, insbesondere in Bezug auf die Betriebs- und Instandsetzungskosten der Aufzugstechnik, erschweren jedoch die Kostenabschätzung in frühen Planungsphasen und schränken die Aussagekraft auf Bauteilebene teilweise ein.

Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen - Neubauplanung Bürogebäude - Variante 1										
Annahmen										
Zinssatz in %	4,0%				Preiserhöhungen in %:					
Preisstand	2015				- Allgemein					
Mehrwertsteuer in %	ohne				- Energiekosten					
Betrachtungszeitraum	50				- Dienstleistung Reinigung					
Aufzugstechnik:	Engabewerte	Barwerte			Baukonstruktion:	Engabewerte	Barwerte			
Herstellungskosten (DIN 276-1, KG 461)	110.000,00 €	110.000,00 €			Herstellungskosten (DIN 276-1, KG 340/350)	20.000,00 €	20.000,00 €			
Betriebskosten (DIN 18960):	Betriebskosten (DIN 18960):									
- Energie für die Nutzung (KG 316)	1.200,00 €	60.000,00 €			- Energie für die Nutzung (KG 316)	- €	- €			
- Reinigung (KG 334)	400,00 €	12.673,70 €			- Reinigung (331/332)	- €	- €			
- Wartung, Inspektion, Bedien. (KG 351/353)	2.310,00 €	73.190,59 €			- Wartung, Inspektion, Bedienung (KG 352)	- €	- €			
Instandsetzungskosten:	Instandsetzungskosten:									
- Laufend (DIN 18960, KG 426)	1.210,00 €	38.337,93 €			- Laufend (DIN 18960, KG 413/414)	- €	- €			
- Ersatz	110.000,00 €	67.696,08 €			- Ersatz	- €	- €			
Rückbau- und Entsorgungskosten	20.000,00 €	19.883,19 €			Rückbau- und Entsorgungskosten	5.000,00 €	1.893,70 €			
Barwert	381.781,48 €				Barwert	21.893,70 €				
Aufzugstechnik:						Baukonstruktion:				
Periode	Herstellung/ Rückbau u. Entsorgung	Betrieb: Energie	Betrieb: Reinigung	Betrieb: Wartung/ Inspektion	Instand- setzung: Laufend	Instand- setzung: Ersatz	Jährliche Summe	Herstellung/ Rückbau u. Entsorgung	Betrieb/ Instand- setzung	Jährliche Summe
0	110.000,00 €						110.000,00 €	20.000,00 €		20.000,00 €
1		1.248,00 €	408,00 €	2.356,20 €	1.234,20 €		5.246,40 €		- €	- €
2		1.297,92 €	416,16 €	2.403,32 €	1.258,88 €		5.376,29 €		- €	- €
3		1.349,84 €	424,48 €	2.451,39 €	1.284,06 €		5.509,77 €		- €	- €

Tabelle 35: Neubauplanung Bürogebäude – Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen – Planungsvariante 1, Ausschnitt (Eigene Darstellung)

Ähnlich eingeschränkt ist ein Vergleich der ökologischen Qualitäten, da bezüglich der Aufzugstechnik noch keine umfassenden Planungskennwerte zur Verfügung stehen. Für wesentliche Bauteile der Baukonstruktion sind derartige ökologische Kennwerte bereits verfügbar und ermöglichen eine erste Abschätzung ökologischer Eigenschaften (Siehe Kapitel 5.5.2).² Insbesondere im Vergleich der aufgestellten

² Vgl. Institut Bauen und Umwelt e.V. (2013a).

Planungsvarianten untereinander, lassen sich ökologisch vorteilhafte Lösungen bereits auf Bauteilebene identifizieren. In Bezug auf die soziale Qualität der Planungsvarianten lassen sich vier der entwickelten sechs Einzelkriterien bewerten. Lediglich die Fahrqualität und die Herkunft der Bauteile und Dienstleistungen repräsentieren reine Bauprodukteigenschaften und können erst durch konkrete Herstellerangaben ermittelt werden. Die folgende Tabelle fasst den auf Bauteilebene möglichen Vergleich ökonomischer, ökologischer und sozialer Qualitäten für das gewählte Beispielprojekt zusammen. Dabei werden insbesondere die ökonomischen und ökologischen Vorteile der Planungsvariante zwei deutlich. Durch dessen Einzelanlage ist der geschätzte Barwert für die notwendige Baukonstruktion und die Aufzugstechnik geringer als für die Aufzugs-Zweiergruppe (Variante 1). Das geringere Bauvolumen für Fahrschächte und Vorräume hat zudem einen positiven Effekt auf die ökologische Qualität dieser Entwurfslösung. In Bezug auf die sozialen Qualitäten erfüllen beide Varianten die an sie gestellten Anforderungen des Anforderungsprofils für BFS. In Analogie zum vorherigen funktionaltechnischen Variantenvergleich wird der bisherige Entscheidungsumfang durch die systematische Berücksichtigung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Kriterien erweitert. Zuvor, im Rahmen der klassischen Aufzugsplanung, vernachlässigte Bereiche werden berücksichtigt und in die frühzeitige Entscheidung auf Bauteilebene einbezogen.

Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene (Teil 2) - Neubauplanung Bürogebäude					
Kriterium	Ökonomische, ökologische und soziale Qualitäten	Planungsvariante 1 (2 x 630 kg)		Planungsvariante 2 (1 x 1000 kg)	
		Bewertung*	Ausprägung	Bewertung*	Ausprägung
Ökon. Qualität	Schätzung der Lebenszykluskosten:				
	- Barwert der Baukonstruktion**	●●●	22.000,00 €	●●●	17.000,00 €
	- Barwert der Aufzugstechnik	●●●	382.000,00 €	●●●	236.000,00 €
Ökologische Qualität	Schätzung der Umweltauswirkungen:				
	- Baukonstruktion**	●●●	Für ca. 60 m ³ Beton	●●●	Für ca. 42 m ³ Beton
	- Aufzugstechnik	●●●	-	●●●	-
	Schätzung der Ressourceninanspruchnahme:				
	- Baukonstruktion**	●●●	Für ca. 60 m ³ Beton	●●●	Für ca. 42 m ³ Beton
Soziale Qualität	- Aufzugstechnik	●●●	-	●●●	-
	Wirkungen auf den Nutzer/die Öffentlichkeit:				
	- Barrierefreiheit	●●●	DIN EN 81-70 Typ 2	●●●	DIN EN 81-70 Typ 2
	- Anpassungsfähigkeit	●●●	-	●●●	-
	- Gestalterische Qualität (Soweit bewertbar)	●●●	Integr. in Gebäudekern	●●●	Integr. in Gebäudekern
- Zugänglichkeit der Aufzugstechnik	●●●	MRL Aufzugstechnik	●●●	MRL Aufzugstechnik	

* Kein Punkt (Keine Anforderungen vorgegeben), 1 Punkt (Entspricht den Anforderungen), 2 Punkte (Übertrifft die Anforderungen), drei Punkte (Übertrifft deutlich die Anford.)

** Die Baukonstruktion umfasst die, für die Aufzugstechnik notwendigen Fahrschächte, Maschinenräume und Vorräume

Tabelle 36: Neubauplanung Bürogebäude – Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauteilebene – Teil 2 (Eigene Darstellung)

Der nächste Planungsschritt konzentriert sich auf die Überführung der bisherigen Bauteilplanung in spezifische Bauproduktanforderungen. Dafür wird das entwickelte **Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik** (Siehe Kapitel 5.6.1) genutzt. Dessen Datengrundlage bildet das zuvor aufgestellte Anforderungsprofil für BFS (Tabelle 32), welches um die im Rahmen der Bauteilplanung getroffenen Annahmen und die ausgewählte Planungsvariante erweitert wird. Dieses folgend abgebildete Anforderungsprofil wird den in Frage kommenden Aufzugsherstellern vorgegeben, welche die aufgeführten Anforderungen zu berücksichtigen und die noch offenen Parameter (gekennzeichnet mit dem Hinweis „Herstellerangaben“) ihrerseits anzugeben haben. Eigenständige und oftmals kaum vergleichbare Erschließungskonzepte verschiedener Hersteller werden dadurch vermieden. Über das zu Planungsbeginn aufgestellte funktionale Äquivalent hinaus wird eine konkrete Aufzugsconfiguration mit eindeutiger Anlagenanzahl und technischen Eigenschaften vorgegeben. Ebenso werden die Rahmenbedingungen des Gebäudes und seiner Nutzung für die erarbeitete Planungsvariante eindeutig erfasst. Diese Überführung der bisherigen Bauteilplanung in spezifische Bauproduktanforderung ermöglicht einen sinnvollen Vergleich der angebotenen Aufzugstechnik verschiedener Hersteller. Das folgend abgebildete Anforderungsprofil

der Aufzugstechnik (Tabelle 37 und Tabelle 38) sichert die Qualität beim Übergang von der Bauteil- zur Bauproduktplanung.

Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik von Beförderungssystemen - Neubauplanung Bürogebäude (Blatt 1 von 2)							
Anforderungen und Rahmenbedingungen des Gebäudes		Planungsvariante 2			Optionale Planungsvariante		
Durch Bauteilplanung erweiterte Gebäudeanforderungen	Gebäudeart, Nutzungsart	Büro- und Verwaltung			Beschreibung		
	Angefahrne Etagenanzahl	5			-		
	Etagenhöhe(n) mm	4050, 3850, 3550, 3550, 3550			-		
	Hauptzugang/-zugänge	EG			-		
	Anzahl und Anordnung der Fahrschächte	Einzelfahrschacht			-		
	Baumaße Fahrschacht/Fahrschächte (FS):	FS 1	FS 2	FS 3	FS 1	FS 2	FS 3
	- Breite mm	2200	-	-	-	-	-
	- Tiefe mm	2200	-	-	-	-	-
	- Kopf mm	4200	-	-	-	-	-
	- Grube mm	1400	-	-	-	-	-
	- Höhe mm (Förderhöhe +Grube + Kopf)	20600	-	-	-	-	-
	- Wandstärke/Traversenbreite mm	200	-	-	-	-	-
	- Konstruktionsart/-material	Stahlbeton	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung
	Baumaße Maschinenraum/-räume:	MR 1	MR 2	MR 3	MR 1	MR 2	MR 3
	- Breite mm	-	-	-	-	-	-
	- Tiefe mm	-	-	-	-	-	-
	- Höhe mm	-	-	-	-	-	-
- Wandstärke mm	-	-	-	-	-	-	
- Konstruktionsart/-material	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
Anforderungen durch Nutzung/Nutzer des Gebäudes		Planungsvariante 2			Optionale Planungsvariante		
Durch Bauteilplanung erweitertes Nutzungsszenario	Personenbelegung/Etage	00 1-3 jeweils 80 Personen			-		
	Gesamtbelegung	240 Personen			-		
	Abwesenheitsfaktor %	10,0			-		
	Passagierankunftsrate (PAR) %	12,0			-		
	Verkehrsrichtung (Auf/Ab/Zwischengeschoss) %	85 / 10 / 5			-		
	Transferzeit je Passagier (Ein-/Aussteigen) s	2,2			-		
	Passagiergewicht kg	75			-		
	Treppenfaktor %	-			-		
	Hauptzugang/-zugänge und deren Verteilung %	EG / 100			-		
	Durchschnittliche Fahrtenanzahl pro Tag	125			-		
	Maximale Fahrtenanzahl pro Stunde	120			-		
Betriebstage pro Jahr	240			-			
Verfügbarkeit pro Monat %	99,0 (Mo.-Fr. von 06:00 bis 22:00 Uhr)			-			

Tabelle 37: Neubauplanung Bürogebäude – Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik von Beförderungssystemen – Blatt 1 von 2 (Eigene Darstellung)

Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik von Beförderungssystemen - Neubauplanung Bürogebäude (Blatt 2 von 2)								
Funkt. und techn. Anforderungen an die Aufzugstechnik	Planungsvariante 2			Optionale Planungsvariante				
	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3		
Durch Bauteilplanung erweitertes funktionales Äquivalent	Anforderungen an den Formfaktor:							
	- Vertikale Beförderung/Transport	Personenbef.	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	- Zusatzfunktionen	DIN EN 81-70	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	- Designelement des Gebäudes	Nein	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	Anforderungen an die Leistungsfähigkeit:							
	- Zu verwendender Simulationsansatz	Gemäß Simulationsansatz			Beschreibung			
	- Durchschnittliche Wartezeit s	Herstellerrangabe			-			
	- Durchschnittliche Fahrzeit s	Herstellerrangabe			-			
	- Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad %	Herstellerrangabe			-			
	Anforderungen an den Flächenbedarf:							
	- Absoluter/relativer Flächenverbrauch	4,84 m ² Fahrtschachfläche je Etage			-			
	Technische Anforderungen:							
	- Gesetzgebung, Vorschriften Normen	DIN EN 81-1			Beschreibung			
	- Sonstige technische Vorgaben	MRL Anlagentechnik, keine Hydraulik			Beschreibung			
	- Erwartete Nutzungsdauer	25 Jahre			Jahre			
	Anforderungen an die Aufzugsconfiguration:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	
	- Anzahl Aufzüge je Aufzugsgruppe	1	-	-	-	-	-	
	- Förderhöhe mm	15000	-	-	-	-	-	
	- Art der Aufzugssteuerung	Zwei-Knopf	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	- Fahrkorbnennlast kg	1000	-	-	-	-	-	
	- Fahrkorbbreite/-tiefe/-höhe mm	1600/1400/2300	-	-	-	-	-	
	- Max. zul. Fahrkorbfüllgrad %	80	-	-	-	-	-	
	- Türart/-breite/-höhe mm (Seitlich o. zentralöffn.)	Z/900/2100	-	-	-	-	-	
	- Türöffnungs-/schließzeit s	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	
	- Türöffnzeit s	1,0	-	-	-	-	-	
	- Einfahren mit öffnender Tür s	0,5	-	-	-	-	-	
	- Durchladung	Nein	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	
	- Nenngeschwindigkeit m/s	1,0	-	-	-	-	-	
	- Nennbeschleunigung m/s ²	1,0	-	-	-	-	-	
	- Nennruck m/s ³	1,2	-	-	-	-	-	
- Startverzögerung s	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller		
- Verzögerung Bündigstellung s	-	-	-	-	-	-		
- Haupthaltestelle(n)	EG	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung		
Ökon., ökol. u. soz. Anforderungen an die Aufzugstechnik	Planungsvariante 2			Optionale Planungsvariante				
Durch Bauteilplanung erweiterte optionale Anforderungen	Kosten der Aufzugstechnik:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	
	- Herstellung (Material, Lieferung, Install. u. Inbetr.)	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	
	- Betrieb (Wartung, Inspektion, Bedienung)	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	
	- Laufende Instandsetzung	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	
	- Rückbau und Entsorgung (Preisstand heute)	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	
	Umweltauswirkungen, Ressourceninanspruchnahme:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	
	- Grundsätzliche methodische Anforderungen	Energieeffizienz gem. DIN 25745-2, Nutzungs			Beschreibung			
	- Umweltauswirkungen	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	
	- Ressourceninanspruchnahme	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	
	- Energieeffizienzklasse für die Nutzungsphase	B	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	
	- Jährlicher Energieverbrauch für Nutzung in kWh	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	Hersteller	
	Wirkungen auf den Nutzer/die Öffentlichkeit:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	
	- Barrierefreiheit	Mindestens gemäß DIN EN 81-70 Typ 2			Beschreibung			
	- Anpassungsfähigkeit	-			Beschreibung			
	- Gestalterische Qualität	Keine Edelstahlhände im Fahrkorb			Beschreibung			
	- Fahrqualität/anzuwendende Norm, Richtlinie:	ISO 18738-1			Beschreibung			
	- Zulässige vert. Beschleunigung/Ruck m/s ² / m/s ³	< 1,5/< 2,0	-	-	-	-	-	
	- Horizontale/vertikale Vibrationen m/s ²	< 0,20/< 0,25	-	-	-	-	-	
	- Schalldruckpegel Fahrkorb/Fahrtschachttür dB(A)	< 60	-	-	-	-	-	
	- Zugänglichkeit der Aufzugstechnik	Bedienkasten im UG, Antrieb im SK			Beschreibung			
- Herkunft der Bauteile und Dienstleistungen	Hersteller			Hersteller				

Tabelle 38: Neubauplanung Bürogebäude – Anforderungsprofil für die Aufzugstechnik von Beförderungssystemen – Blatt 2 von 2 (Eigene Darstellung)

In Analogie zur Bauteilebene werden die jeweiligen Angaben der Aufzugshersteller zusammengefasst und in einem **Vergleich auf Bauproduktebene** einander gegenüber gestellt. Die folgende Tabelle zeigt einen derartigen Vergleich zweier Hersteller. Dabei wird im Rahmen der funktionalen Qualität der Formfaktor nicht mehr verglichen, da er allen Herstellern einheitlich durch das Anforderungsprofil der Aufzugstechnik vorgegeben wurde (Vergleiche auch Kapitel 5.6.2). Damit treten auf Bauproduktebene die Leistungsfähigkeit, der Flächenbedarf (innerhalb der vorgegebenen Grenzen) und die technischen Eigenschaften der jeweiligen Anlagentechnik in den Vordergrund. Durch die im Anforderungsprofil einzeln abgefragten Kostenbestandteile lässt sich ein Barwert je Hersteller bilden und mit den auf Bauteilebene geschätzten Kosten vergleichen. Ebenso lassen sich die ökologischen und sozialen Qualitäten miteinander vergleichen. Dabei ist erstmals die Ausprägung typischer Bauprodukteigenschaften wie die gestalterische Qualität, die Fahrqualität und die Herkunft der Bauteile und Dienstleistungen je Hersteller zu bewerten. Grundsätzlich bleibt die auf Bauteilebene beschriebene Vergleichsmethodik unverändert, wird jedoch nun für den Vergleich von Aufzugsherstellern (und nicht von Planungsvarianten) genutzt und um deren konkrete Produktangaben präzisiert. Wie auch auf Bauteilebene wird der Entscheidungsumfang um grundlegende funktional-technische und nachhaltige Parameter erweitert. Klassische Entscheidungsparameter wie die Herstellungskosten oder die DWZ werden durch übergeordnete Kriterien (Leistungsfähigkeit, Barwert, etc.) abgeschwächt. Die Entscheidungsqualität wird gesteigert. Die beiden folgenden Vergleiche fassen die Herstellerangaben zusammen, ermöglichen eine gezielte Planungsentscheidung und dokumentieren die zugrunde liegenden Annahmen und Parameter entsprechend detailliert.³

³ Bei diesen, auch in Tabelle 39 abgebildeten Angaben, handelt es sich um fiktive Werte, da reale Herstellerangaben in dem benötigten Detaillierungsgrad lediglich projektbezogen zur Verfügung gestellt werden. Die Werte dienen somit primär dem besseren methodischen Verständnis.

Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik auf Bauproduktebene (Teil 1) - Neubauplanung Bürogebäude					
Kriterium	Funktionale und technische Qualitäten	Hersteller A		Hersteller B	
		Bewertung*	Ausprägung**	Bewertung*	Ausprägung**
Leistungs-fähigkeit	Servicequalität:	●●●	24,0	●●●	27,0
	- Durchschnittliche Wartezeit in s	●●●	35,0	●●●	37,0
Flächen-bedarf	- Durchschnittliche Fahrzeit in s	●●●	45,2	●●●	49,8
	- Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad in %	●●●		●●●	
	Flächenbedarf:	●●●	3,8	●●●	4,4
Techn.-Anford.	- Aufzugstechnik (ohne MR) in m ² je Etage	●●●		●●●	
	- Maschinenraum in m ²	●●●		●●●	
	Einhaltung der technischen Anforderungen:	●●●	Anlagen gem. DIN EN 81-1	●●●	Anlagen gem. DIN EN 81-1
	- Gesetzgebung, Vorschriften, Normen	●●●	MRL, keine Hydraulik	●●●	MRL, keine Hydraulik
	- Sonstige technische Anforderungen	●●●	30 Jahre	●●●	25 Jahre
- Erwartete Nutzungsdauer (Nur Aufzugstechnik)	●●●	Entspricht den Vorgaben	●●●	Entspricht den Vorgaben	
	- Aufzugsconfiguration	●●●		●●●	

* Kein Punkt (Keine Anforderungen vorgegeben), 1 Punkt (Entspricht den Anforderungen), 2 Punkte (Übertrifft die Anforderungen), 3 Punkte (Übertrifft deutlich die Anforderungen)
 ** Es handelt sich um fiktive Angaben, welche lediglich einem besseren methodischen Verständnis dienen.

Vergleich funktional äquivalenter Aufzugstechnik auf Bauproduktebene (Teil 2) - Neubauplanung Bürogebäude					
Kriterium	Ökonomische, ökologische und soziale Qualitäten	Hersteller A		Hersteller B	
		Bewertung*	Ausprägung**	Bewertung*	Ausprägung**
Ökon. Qual.	Lebenszykluskosten:	●●●	259.076,40 €	●●●	221.179,95 €
	- Barwert der Aufzugstechnik	●●●		●●●	
Ökologische Qualität	Umweltauswirkungen, Ressourceninanspruchn.:	●●●	-	●●●	-
	- Umweltauswirkungen	●●●	-	●●●	-
	- Ressourceninanspruchnahme	●●●	-	●●●	-
	- Energieeffizienzklasse für die Nutzungsphase	●●●	B	●●●	A
Soziale Qualität	- Jährlicher Energieverbrauch Nutzung in kWh	●●●	1.290 kWh	●●●	1.040 kWh
	Wirkungen auf den Nutzer/die Öffentlichkeit:	●●●	Gem. DIN EN 81-70	●●●	Gem. DIN EN 81-70
	- Barrierefreiheit	●●●		●●●	
	- Anpassungsfähigkeit	●●●		●●●	
	- Gestalterische Qualität	●●●	Gemäß Produktunterlagen	●●●	Gemäß Produktunterlagen
	- Fahrqualität	●●●	55 dB(A) zugestuft	●●●	Vorgabewerte bestätigt
	- Zugänglichkeit der Aufzugstechnik	●●●	Vorgabewerte bestätigt	●●●	Vorgabewerte bestätigt
	- Herkunft der Bauteile und Dienstleistungen	●●●	Servicestützpunkt <10 km	●●●	Servicestützpunkt <50km

* Kein Punkt (Keine Anforderungen vorgegeben), 1 Punkt (Entspricht den Anforderungen), 2 Punkte (Übertrifft die Anforderungen), 3 Punkte (Übertrifft deutlich die Anforderungen)
 ** Es handelt sich um fiktive Angaben, welche lediglich einem besseren methodischen Verständnis dienen.

Tabelle 39: Neubauplanung Bürogebäude – Vergleich funktional äquivalenter Planungsvarianten auf Bauproduktebene – Teil 1 und 2 (Eigene Darstellung)

Die funktional-technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Qualitäten, welche von den Aufzugsherstellern zugesichert werden, sind abschließend, mithilfe der vorgestellten Checkliste der **dynamischen Systemparameter** (Siehe Kapitel 5.7), im realen Betrieb zu überprüfen. Dadurch wird beim Übergang vom Planen zum Betreiben die Umsetzung der geplanten Anlageneigenschaften sichergestellt. Zudem wird durch die zusammengestellten Parameter eine regelmäßige Kontrolle des BFS in Bezug auf seine veränderlichen Eigenschaften gewährleistet. Ebenso können Veränderungen in den Eigenschaften des Gebäudes und seiner Nutzung dokumentiert und deren Auswirkungen auf das BFS nachvollzogen werden. Beispielhafte Sollwerte, für die bislang betrachtete Neubauplanung eines Bürogebäudes, sind für einen ersten Vergleich bei Anlagenabnahme und die regelmäßige Kontrolle am Ende einer jeden Nutzungsperiode im Anhang zu dieser Arbeit hinterlegt.

Die vorgestellte Methodik hat die Anwendungsmöglichkeiten der entwickelten Planungshilfen exemplarisch dargestellt. Grundsätzlich wird der bislang eingeschränkte Entscheidungsumfang der Aufzugsplanung auf das gesamte BFS und um die entwickelten Entscheidungskriterien erweitert. Durch das Aufstellen der Anforderungsprofile und den gezielten Vergleich von Bauteil- und Bauproduktvarianten lassen sich für das jeweilige Projekt passende Entwurfslösungen sowie Bauprodukte identifizieren und die Qualität der Planung steigern. Zudem wird das BFS aus eindeutigen Anforderungen heraus auf Bauteilebene herstellerneutral entwickelt und erlaubt bei der Überführung in die Bauproduktebene einen uneingeschränkten Herstellervergleich. Der Planungsprozess wird systematisiert und kann frühzeitig im Sinne einer integralen Planung und unter Berücksichtigung nachhaltiger Qualitäten in den Gebäudeplanungsprozess integriert werden. Auch, wenn noch nicht für alle Kriterien entsprechende Planungskennwerte zur Verfügung stehen, werden diese in den vorgestellten Planungshilfsmitteln bereits berücksichtigt und gewährleisten auch die zukünftige Eignung der entwickelten Methodik. Die regelmäßige Überprüfung der realen Anlageneigenschaften wird durch die dynamischen Systemparameter sichergestellt, welche eine entsprechende Leistungskontrolle, über den Lebenszyklus der Aufzugstechnik hinweg, gewährleisten. Die folgende Abbildung fasst die durchlaufenen Planungsschritte abschließend zusammen.

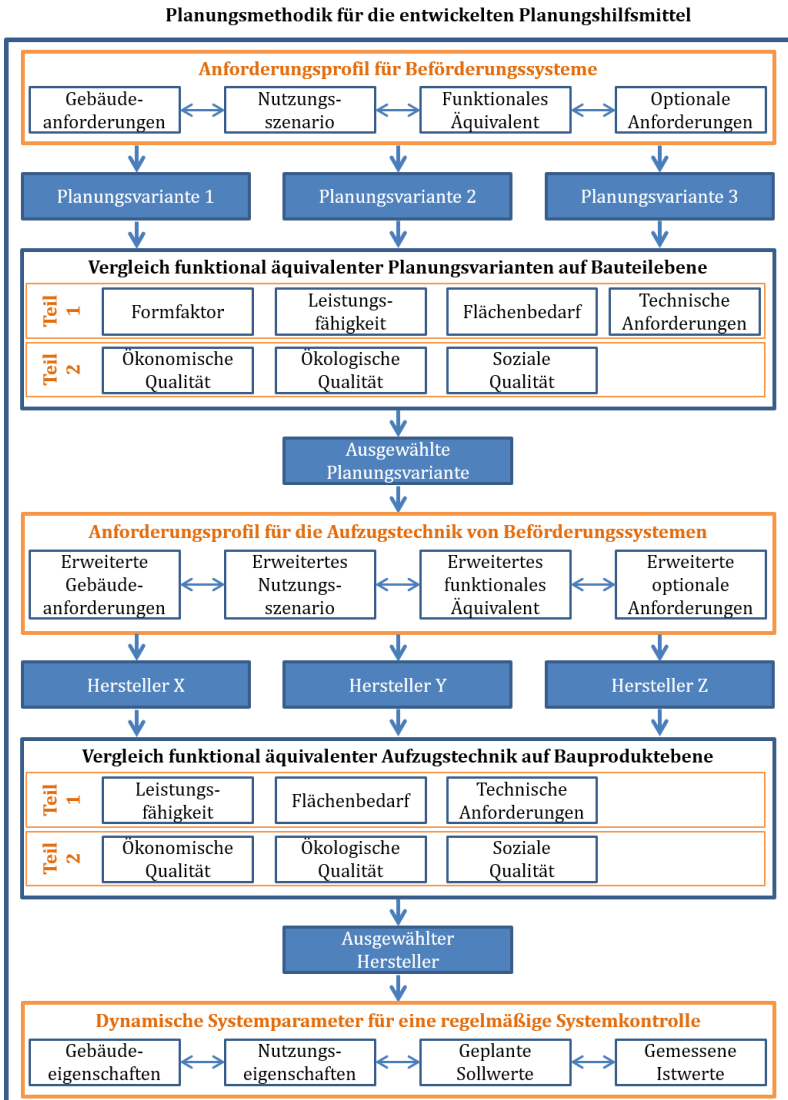


Abbildung 22: Planungsmethodik für die entwickelten Planungshilfsmittel (Eigene Darstellung)

7 **Schlussbemerkung und Ausblick**

Durch die zu Beginn dieser Arbeit vorgestellten **Analysen zur Gebäude- und Aufzugsplanung** konnten die wesentlichen Rahmenbedingungen und Entwicklungen beider Disziplinen identifiziert werden. Grundsätzlich erlangt das Konzept des Nachhaltigen Bauens seitens der Gebäudeplanung zunehmend an Bedeutung und steigert dessen bereits vorhandene Planungskomplexität. Die klassischen Planungsziele werden um den grundlegenden Lebenszyklusgedanken sowie umfassende ökonomische, ökologische und soziokulturelle Aspekte ergänzt. Entsprechende Methoden und Planungshilfsmittel stehen beispielsweise in Form der LZKR oder der Ökobilanzierung für den Planungsprozess zur Verfügung. Für deren Anwendung werden spezifische Kenntnisse sowie detaillierte Informationen zu einzelnen Bauteilen und Bauprodukten benötigt. Diese gewinnen dadurch an Bedeutung und werden mit einem steigenden Detaillierungsgrad zunehmend kritisch in ihren individuellen Eigenschaften hinterfragt. Diese Entwicklung betrifft auch das Bauteil und Bauprodukt Aufzug, dessen Planung noch nicht vollständig auf die Aspekte des Nachhaltigen Bauens ausgerichtet ist. Zum einen lassen sich die Hilfsmittel der Gebäudeplanung nicht ohne Anpassungen für die Planung von Aufzugsanlagen nutzen und zum anderen stehen bislang nur wenige spezifische Hilfsmittel und Planungskennwerte diesbezüglich zur Verfügung. Der Entscheidungsumfang im Planungsprozess von Aufzügen bleibt dadurch oftmals auf wenige ausgewählte Einzelkriterien beschränkt, insbesondere, wenn fachkundige spezialisierte Aufzugsberater oder entsprechend qualifizierte andere Akteure nicht an der Planung beteiligt sind.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden verschiedene Hilfsmittel für die Planung von Aufzugsanlagen entwickelt. Diese schließen die

identifizierten Lücken im derzeitigen Planungsablauf, ermöglichen eine frühzeitige und detaillierte Integration in den Planungsprozess und gewährleisten eine systematische Nachhaltigkeitsbewertung von Aufzugsanlagen in Gebäuden.

In einem ersten Schritt war es erforderlich, eine **eindeutige Systemgrenze** zwischen Gebäude und Aufzug zu definieren, um klare Abgrenzungen im Planungsablauf zu ermöglichen. Für das Bauteil Aufzug ist diese Systemgrenze von besonderer Bedeutung, da die Aufzugstechnik auf eine entsprechend gestaltete Baukonstruktion in Form von Fahrschächten, Maschinenräumen und Vorräumen angewiesen ist. Da diese eigens für die vertikale Beförderung von Personen und den Transport von Lasten errichtet werden, sind sie im Sinne einer ganzheitlichen Bewertung von Aufzügen mit zu berücksichtigen. Das daraufhin entwickelte BFS umfasst in seiner erweiterten Systemgrenze sowohl die Aufzugstechnik als auch die dafür notwendige Baukonstruktion als eine Planungseinheit und erweitert die klassische Systemgrenze der Aufzugsplanung.

Aufbauend auf dieser systemtheoretischen Betrachtung des Bauteils Aufzug und dessen Erweiterung zum BFS war es erforderlich, geeignete Kriterien für die Beschreibung funktional äquivalenter BFS zu entwickeln. Diese Kriterien bilden die Grundlage für eine Nachhaltigkeitsbewertung unterschiedlicher Planungsvarianten. Nur durch eine **funktionale Äquivalenz** lassen sich ökonomische Vorteile, ökologische Auswirkungen und soziale Eigenschaften sinnvoll miteinander vergleichen und bewerten. Als Ergänzung zur klassischen Leistungsfähigkeit wurden die beiden funktionalen Kriterien Formfaktor und Flächenbedarf ergänzt. Durch deren jeweilige Einzelkriterien und Parameter ist es möglich, die gewählten Abmessungen von Fahrkorb, Türen und Vorräumen, die Leistungsfähigkeit für den Personentransport sowie die dafür benötigte Gebäudefläche vollständig zu erfassen, zu vergleichen und zu bewerten.

Unabhängig von der erweiterten Systemgrenze und den daraufhin entwickelten funktionalen Kriterien wurden die, bislang nur vereinzelt und in Abhängigkeit zur jeweiligen Projektkonstellation berücksichtigten, **sozialen Aspekte** der vertikalen Gebäudeerschließung erweitert. Dies erfolgte in Anlehnung an die sozialen Qualitäten der bereits etablierten Bewertungssysteme des Nachhaltigen Bauens sowie der entsprechenden Normung. Als Ergebnis entstand ein Katalog sozialer Kriterien, welcher Aspekte wie die Barrierefreiheit, die Anpassungsfähigkeit oder die gestalterische Qualität für das BFS erfasst.

Aufbauend auf den bis dahin entwickelten Planungshilfsmitteln wurde nach Möglichkeiten gesucht, die frühzeitige Berücksichtigung von BFS im Planungsprozess von Gebäuden sicherstellen zu können. Für die im Rahmen des Nachhaltigen Bauens zu gewährleistende Prozessqualität wird eine, der eigentlichen Planung vorgelagerte, Bedarfsplanung sowie das frühzeitige Aufstellen konkreter Zielvereinbarungen empfohlen. Das daraufhin entwickelte **Anforderungsprofil für BFS** orientiert sich an dieser Empfehlung und erfasst sowohl die relevanten Rahmenbedingungen des Gebäudes und seiner Nutzung als auch erste konkrete Anforderungen an dessen vertikale Erschließung. Dazu wird ein funktionales Äquivalent auf Grundlage der entwickelten funktionalen Kriterien aufgestellt und optionale Anforderungen an die ökonomischen, ökologischen und sozialen Eigenschaften des BFS erfasst. Die dafür notwendigen Informationen stehen grundsätzlich durch die Gebäudebedarfsplanung und in Form von Planungsvarianten der Vorplanung zur Verfügung und ermöglichen ein frühzeitiges Aufstellen entsprechender Anforderungsprofile für BFS.

Auf der Basis von konkreten Anforderungsprofilen lassen sich entsprechende Planungsvarianten von BFS bilden. Da jedoch auf Bauteilebene noch keine spezifischen Bauproduktinformationen in die Planung einfließen sollen, waren die Möglichkeiten einer herstellerunabhängigen **Planung von BFS auf Bauteilebene** zu prüfen. Diese konnten, in Anbetracht der frühen Planungsphase, als ausreichend exakt bewertet werden. Durch standardisierte Baumaße und durch-

schnittliche Leistungsparameter der Anlagentechnik lassen sich der Formfaktor, die Leistungsfähigkeit sowie der Flächenbedarf hinreichend exakt abschätzen. Das Aufstellen funktional äquivalenter Planungsvarianten ist damit auf Bauteilebene für BFS in ihrer erweiterten Systemgrenze möglich. Ein Vergleich ökonomischer, ökologischer und sozialer Kriterien bleibt aufgrund der nur eingeschränkt verfügbaren Planungskennwerte schwierig.

Für den weiteren Planungsverlauf wurde ein weiteres **Anforderungsprofil, speziell für die Aufzugstechnik**, entwickelt. Dieses überführt die Ergebnisse der Bauteilplanung in spezifische Vorgaben für die Aufzugstechnik und wird den in Frage kommenden Aufzugsherstellern als zu erfüllendes Anforderungsprofil vorgegeben. Auf Basis der einheitlichen Rahmenbedingungen und Nutzungsszenarien des Gebäudes sowie der spezifischen, technischen Anlagenparameter können Bieter ihre jeweilige Anlagentechnik entsprechend auslegen. Der darauf folgende Vergleich, funktional äquivalenter Anlagentechnik verschiedener Hersteller, wird sowohl in seinem Detaillierungsgrad als auch seiner Qualität verbessert.

Als abschließendes Hilfsmittel für die Planung von BFS wurde eine Checkliste für die **regelmäßige Leistungskontrolle** der Anlagentechnik zusammengestellt. Diese gewährleistet, im Sinne des Lebenszyklusgedankens, eine gleichbleibende Leistungsfähigkeit der Anlagen und ermöglicht es, durch regelmäßige Soll-Ist-Vergleiche, die geplanten Systemeigenschaften im realen Betrieb langfristig zu realisieren.

Die entwickelten Hilfsmittel ermöglichen erstmalig eine umfassende und systematische Planung von BFS in Gebäuden. Durch eine erweiterte Betrachtung des Bauteils Aufzug und eindeutige funktionale wie auch soziale Kriterien lassen sich frühzeitig spezifische Anforderungsprofile aufstellen, entsprechende Planungsvarianten auf Bauteilebene erarbeiten und exakte Bauproduktanforderungen zusammenstellen. Die grundlegenden Qualitäten des Nachhaltigen Bauens werden dabei systematisch berücksichtigt und ermöglichen eine bes-

sere Integration in die übergeordnete Gebäudeplanung. Zudem werden die getroffenen Annahmen und Entscheidungen des gesamten Planungsprozesses durch die aufgestellten Anforderungsprofile und die Vergleiche auf Bauteil- und Bauproduktebene nachvollziehbar dokumentiert. Der Vergleich von geplanten und realen Leistungskennwerten wird über die gesamte Nutzungsdauer ermöglicht.

In diesem systematischen Vergleich von geplanten und realen Leistungskennwerten verbirgt sich ein, aus planerischer Sicht, noch ungenutztes **Potenzial für zukünftige Verbesserungen**. Durch die Erfassung, Auswertung und Aufbereitung von realen Betriebsdaten und deren Rücklauf in die Planungspraxis können insbesondere die Anlagenbetreiber, die Aufzugshersteller und die Serviceunternehmen einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung zukünftiger Planungen liefern. Bisher fehlt es an geeigneten Planungskennwerten, sei es für die frühzeitige Abschätzung von Nutzungskosten, Lebenszyklen einzelner Komponenten oder die Bestimmung spezifischer Umweltauswirkungen. Der gestiegene Informationsbedarf auf Bauteil- wie auch Bauproduktebene und die zunehmende Bedeutung des Nachhaltigen Bauens werden derartige Entwicklungen begünstigen. Die Fähigkeit der Aufzugshersteller und Serviceanbieter entsprechende Bauteil- und Bauproduktinformationen bereits in frühen Planungsphasen bereitzustellen zu können, wird sich zu einem zusätzlichen Wettbewerbsfaktor entwickeln. Als zweiter Ansatzpunkt für eine zukünftige Verbesserung der Planungsqualität wird die Ausbildung und fachliche Kompetenz der an der Planung beteiligten Akteure angesehen. Neben spezialisierten Aufzugsberatern haben auch die sonstigen an der Planung fachlich Beteiligten grundlegende Planungsabläufe und Besonderheiten von BFS zu kennen. Die frühzeitige und bewusste Integration von BFS in die Gebäudeplanung und die gezielte Anwendung der verfügbaren Planungshilfsmittel wird dadurch gefördert. Durch die Verfügbarkeit detaillierter Planungskennwerte und eine fachliche Grundkompetenz der beteiligten Akteure ließe sich die Planungsqualität von Gebäuden und ihren BFS, über die hier erarbeiteten Planungshilfsmittel hinaus, zukünftig weiter verbessern.

8 Anhang

8.1 Flächenbedarf von Beförderungssystemen je Haltestelle in Wohn- und Nichtwohngebäuden

Baumaße und Flächenbedarf je Haltestelle für Wohngebäude	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8
Fahrkorbnennlast kg	320		450		630		1000	
Fahrkorbbreite mm	900		1000		1100		1100	
Fahrkorbtiefe mm	1000		1200		1400		2100	
Türbreite mm	700		800		900		900	
Fahrschachtbreite mm	1500		1600		1700		1700	
Fahrschachttiefe mm	1500		1700		1900		2600	
Vorraumbreite mm	1500		1600		1700		1700	
Vorraumtiefe mm	1500		1500		1500		2100	
Wandstärke mm	200		200		200		200	
Fahrschachtfläche Fahrkorb m ²	0,90	13,2%	1,20	15,8%	1,54	18,3%	2,31	20,8%
Fahrschachtfläche Technik m ²	1,35	19,7%	1,52	20,0%	1,69	20,1%	2,11	19,0%
Fahrschachtfläche m²	2,25	32,9%	2,72	35,8%	3,23	38,5%	4,42	39,7%
Vorraumfläche m ²	2,25	32,9%	2,40	31,6%	2,55	30,4%	3,57	32,1%
Verkehrsfläche m²	4,50	65,8%	5,12	67,4%	5,78	68,8%	7,99	71,8%
Konstruktions-Grundfläche m ²	2,34	34,2%	2,48	32,6%	2,62	31,2%	3,14	28,2%
Gesamtfläche je Haltestelle m²	6,84	100,0%	7,60	100,0%	8,40	100,0%	11,13	100,0%

Tabelle A.1: Flächenbedarf von BFS in Wohngebäuden je Haltestelle (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der DIN 15306 (2002))

8 Anhang

Baumaße und Flächenbedarf je Haltestelle für Nichtwohngebäude (Normale Nutzung)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8	Spalte9	Spalte10	Spalte11	Spalte12
Fahrkorbnennlast kg	630		800		1000		1000		1000		1275	
Fahrkorbbreite mm	1100		1350		1100		1600		1600		2000	
Fahrkorbtiefe mm	1400		1400		2100		1400		1400		1400	
Türbreite mm	900		900		900		900		1100		1100	
Fahrschachtbreite mm	2000		2000		1600		2200		2400		2500	
Fahrschachttiefe mm	2100		2200		2600		2200		2200		2200	
Vorraumbreite mm	2000		2000		1600		2200		2400		2500	
Vorraumtiefe mm	2100		2100		3150		2100		2100		2100	
Wandstärke mm	200		200		200		200		200		200	
Fahrschachtfläche Fahrkorb m ²	1,54	13,4%	1,89	16,1%	2,31	18,2%	2,24	17,6%	2,24	16,3%	2,80	19,7%
Fahrschachtfläche Technik m ²	2,66	23,1%	2,51	21,3%	1,85	14,6%	2,60	20,4%	3,04	22,2%	2,70	19,0%
Fahrschachtfläche m²	4,20	36,5%	4,40	37,4%	4,16	32,8%	4,84	38,0%	5,28	38,5%	5,50	38,7%
Vorraumfläche m ²	4,20	36,5%	4,20	35,7%	5,04	39,7%	4,62	36,3%	5,04	36,7%	5,25	36,9%
Verkehrsfläche m²	8,40	72,9%	8,60	73,1%	9,20	72,4%	9,46	74,3%	10,32	75,2%	10,75	75,7%
Konstruktions-Grundfläche m ²	3,12	27,1%	3,16	26,9%	3,50	27,6%	3,28	25,7%	3,40	24,8%	3,46	24,3%
Gesamtfläche je Haltestelle m²	11,52	100,0%	11,76	100,0%	12,70	100,0%	12,74	100,0%	13,72	100,0%	14,21	100,0%

Tabelle A.2: Flächenbedarf von BFS in Nichtwohngebäuden je Haltestelle – Normale Nutzung (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der DIN 15309 (2002))

Baumaße und Flächenbedarf je Haltestelle für Nichtwohngebäude (Intensive Nutzung)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8
Fahrkorbnennlast kg	1275		1600		1800		2000	
Fahrkorbbreite mm	2000		2100		2350		2350	
Fahrkorbtiefe mm	1400		1600		1600		1700	
Türbreite mm	1100		1100		1200		1200	
Fahrschachtbreite mm	2600		2700		3000		3000	
Fahrschachttiefe mm	2300		2500		2500		2600	
Vorraumbreite mm	2600		2700		3000		3000	
Vorraumtiefe mm	2100		2400		2400		2550	
Wandstärke mm	200		200		200		200	
Fahrschachtfläche Fahrkorb m ²	2,80	18,7%	3,36	19,7%	3,76	20,1%	4,00	20,4%
Fahrschachtfläche Technik m ²	3,18	21,2%	3,39	19,9%	3,74	20,0%	3,81	19,5%
Fahrschachtfläche m²	5,98	39,9%	6,75	39,6%	7,50	40,1%	7,80	39,9%
Vorraumfläche m ²	5,46	36,4%	6,48	38,0%	7,20	38,5%	7,65	39,1%
Verkehrsfläche m²	11,44	76,3%	13,23	77,6%	14,70	78,6%	15,45	79,0%
Konstruktions-Grundfläche m ²	3,56	23,7%	3,82	22,4%	4,00	21,4%	4,10	21,0%
Gesamtfläche je Haltestelle m²	15,00	100,0%	17,05	100,0%	18,70	100,0%	19,55	100,0%

Tabelle A.3: Flächenbedarf von BFS in Nichtwohngebäuden je Haltestelle – Intensive Nutzung (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der DIN 15309 (2002))

Baumaße und Flächenbedarf je Haltestelle für Nichtwohngebäude (Normale Nutzung, Aufzugsgruppe)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6
Fahrkorbnennlast kg	1x1000		2x1000	(Seitlich)	2x1000	(Gegenüber)
Fahrkorbbreite mm	1600		1600		1600	
Fahrkorbtiefe mm	1400		1400		1400	
Türbreite mm	900		900		900	
Fahrschachtbreite mm	2200		2200		2200	
Fahrschachttiefe mm	2200		2200		2200	
Vorraumbreite mm	2200		4600		2200	
Vorraumtiefe mm	2100		2400		2800	
Wandstärke mm	200		200		200	
Fahrschachtfläche Fahrkorb m ²	2,24	17,6%	4,48	17,2%	4,48	21,5%
Fahrschachtfläche Technik m ²	2,60	20,4%	5,20	20,0%	5,20	25,0%
Fahrschachtfläche m²	4,84	38,0%	9,68	37,2%	9,68	46,5%
Vorraumfläche m ²	4,62	36,3%	11,04	42,5%	6,16	29,6%
Verkehrsfläche m²	9,46	74,3%	20,72	79,7%	15,84	76,2%
Konstruktions-Grundfläche m ²	3,28	25,7%	5,28	20,3%	4,96	23,8%
Gesamtfläche je Haltestelle m²	12,74	100,0%	26,00	100,0%	20,80	100,0%

Tabelle A.4: Flächenbedarf von BFS in Nichtwohngebäuden je Haltestelle – Normale Nutzung, Aufzugsgruppe (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der DIN 15309 (2002))

8.2 Flächenbedarf von Beförderungssystemen je Haltestelle und Aufzugshersteller

Anlagenkonfiguration für den Herstellervergleich (Personenaufzüge für Wohngebäude)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7
	320-	450-	630-	1000-	450-	630-	1000-
Anlagenkonfiguration	S700-1.0	S800-1.0	S900-1.0	S900-1.0	S800-1.6	S900-1.6	S900-1.6
Fahrkorbnennlast kg	320	450	630	1000	450	630	1000
Fahrkorbbreite mm	900	1000	1100	1100	1000	1100	1100
Fahrkorbtiefe mm	1000	1200	1400	2100	1200	1400	2100
Fahrkorbhöhe mm	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200
Türart (Seitlich oder zentralöffnend)	Seitlich	Seitlich	Seitlich	Seitlich	Seitlich	Seitlich	Seitlich
Türbreite mm	700	800	900	900	800	900	900
Türhöhe mm	2000	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Nenngeschwindigkeit m/s	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6	1,6	1,6
Fahrschachtbreite mm	1500	1600	1700	1700	1600	1700	1700
Fahrschachtiefe mm	1500	1700	1900	2600	1700	1900	2600
Fahrschachtkopf mm	3700	3700	3700	3700	3800	3800	3800
Fahrschachtgrube mm	1400	1400	1400	1400	1600	1600	1600
Vorraumbreite mm	1500	1600	1700	1700	1600	1700	1700
Vorraumtiefe mm	1500	1500	1500	2100	1500	1500	2100
Beförderungssystembreite mm	1900	2000	2100	2100	2000	2100	2100
Beförderungssystemtiefe mm	3600	3800	4000	5300	3800	4000	5300
Fahrschachtwandstärke mm	200	200	200	200	200	200	200

Tabelle A.5: Anlagenkonfigurationen für den Herstellervergleich – Personenaufzüge in Wohngebäuden (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der DIN 15306 (2002))

Anlagenkonfigurationen für den Herstellervergleich (Personenaufzüge für Nichtwohngebäude)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8
	630- 800-	800- 1000-	1000- 1275-	1275- Z1100-1.0	630- 800-	800- 1000-	1000- 1275-	1275- Z1100-1.6
Anlagenkonfiguration	Z900-1.0	Z900-1.0	Z900-1.0	Z1100-1.0	Z900-1.6	Z900-1.6	Z900-1.6	Z1100-1.6
Fahrkorbnennlast kg	630	800	1000	1275	630	800	1000	1275
Fahrkorbbreite mm	1100	1350	1600	2000	1100	1350	1600	2000
Fahrkorbtiefe mm	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Fahrkorbhöhe mm	2200	2200	2300	2300	2200	2200	2300	2300
Türart (Seitlich oder zentralöffnend)	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral
Türbreite mm	900	900	900	1100	900	900	900	1100
Türhöhe mm	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Nenngeschwindigkeit m/s	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6	1,6	1,6	1,6
Fahrschachtbreite mm	2000	2000	2200	2500	2000	2000	2200	2500
Fahrschachtiefe mm	2100	2200	2200	2200	2100	2200	2200	2200
Fahrschachtkopf mm	3800	3800	4200	4200	4000	4000	4200	4200
Fahrschachtgrube mm	1400	1400	1400	1400	1600	1600	1600	1600
Vorraumbreite mm	2000	2000	2200	2500	2000	2000	2200	2500
Vorraumtiefe mm	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Beförderungssystembreite mm	2400	2400	2600	2900	2400	2400	2600	2900
Beförderungssystemtiefe mm	4800	4900	4900	4900	4800	4900	4900	4900
Fahrschtwandstärke mm	200	200	200	200	200	200	200	200

Tabelle A.6: Anlagenkonfigurationen für den Herstellervergleich – Personenaufzüge in Nichtwohngebäuden (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der DIN 15309 (2002))

8 Anhang

Aufzugshersteller:							
Personenaufzüge für Wohngebäude (Blatt 1 von 4)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7
Hersteller 1, Produkt A	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m		45	45	45			
Haltestellenanzahl max. Anz.		16	16	16			
Fahrschachtbreite mm		1500	1600	1600			
Fahrschachttiefe mm		1650	1785	2485			
Fahrschachtkopf mm		3500	3500	3500			
Fahrschachtgrube mm		1100	1100	1100			
Vorraumbreite mm		1500	1600	1600			
Vorraumtiefe mm		1500	1500	2100			
Beförderungssystembreite mm		1900	2000	2000			
Beförderungssystemtiefe mm		3750	3885	5185			
Hersteller 1, Produkt B	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m	40	40	40	40	60	60	60
Haltestellenanzahl max. Anz.	16	16	16	16	20	20	20
Fahrschachtbreite mm	1410	1510	1610	1610	1517	1617	1617
Fahrschachttiefe mm	1470	1650	1800	2500	1650	1800	2500
Fahrschachtkopf mm	3400	3400	3400	3400	3600	3600	3600
Fahrschachtgrube mm	1100	1100	1100	1100	1200	1200	1200
Vorraumbreite mm	1500	1510	1610	1610	1517	1617	1617
Vorraumtiefe mm	1500	1500	1500	2100	1500	1500	2100
Beförderungssystembreite mm	1810	1910	2010	2010	1917	2017	2017
Beförderungssystemtiefe mm	3570	3750	3900	5200	3750	3900	5200
Hersteller 2, Produkt A	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m		30	30				
Haltestellenanzahl max. Anz.		10	10				
Fahrschachtbreite mm		1500	1600				
Fahrschachttiefe mm		1600	1750				
Fahrschachtkopf mm		3465	3465				
Fahrschachtgrube mm		1100	1100				
Vorraumbreite mm		1500	1600				
Vorraumtiefe mm		1500	1500				
Beförderungssystembreite mm		1900	2000				
Beförderungssystemtiefe mm		3700	3850				
Hersteller 2, Produkt B	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m			45	45		80	80
Haltestellenanzahl max. Anz.			15	15		30	30
Fahrschachtbreite mm			1650	1650		1650	1650
Fahrschachttiefe mm			1775	2475		1775	2475
Fahrschachtkopf mm			3450	3450		3600	3600
Fahrschachtgrube mm			1175	1175		1300	1300
Vorraumbreite mm			1650	1650		1650	1650
Vorraumtiefe mm			1500	2100		1500	2100
Beförderungssystembreite mm			2050	2050		2050	2050
Beförderungssystemtiefe mm			3875	5175		3875	5175
Hersteller 3, Produkt A	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m	35	35	35	35			
Haltestellenanzahl max. Anz.	14	14	14	14			
Fahrschachtbreite mm	1400	1500	1625	1650			
Fahrschachttiefe mm	1400	1600	1800	2500			
Fahrschachtkopf mm	3500	3500	3500	3500			
Fahrschachtgrube mm	1100	1100	1100	1100			
Vorraumbreite mm	1500	1500	1625	1650			
Vorraumtiefe mm	1500	1500	1500	2100			
Beförderungssystembreite mm	1800	1900	2025	2050			
Beförderungssystemtiefe mm	3500	3700	3900	5200			
Hersteller 3, Produkt B	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m	55	55	55	55	75	75	75
Haltestellenanzahl max. Anz.	24	24	24	24	24	24	24
Fahrschachtbreite mm	1370	1470	1600	1600	1470	1600	1600
Fahrschachttiefe mm	1450	1600	1800	2500	1600	1800	2500
Fahrschachtkopf mm	3500	3500	3500	3500	3700	3700	3700
Fahrschachtgrube mm	1050	1050	1050	1050	1200	1200	1200
Vorraumbreite mm	1500	1500	1600	1600	1500	1600	1600
Vorraumtiefe mm	1500	1500	1500	2100	1500	1500	2100
Beförderungssystembreite mm	1770	1870	2000	2000	1870	2000	2000
Beförderungssystemtiefe mm	3550	3700	3900	5200	3700	3900	5200

Tabelle A.7: Baumaße von Beförderungssystemen in Wohngebäuden – Blatt 1 von 4 (Eigene Darstellung in Anl. an die Planungsmaße der Hersteller)

Baumaße der Aufzugshersteller:							
Personenaufzüge für Wohngebäude (Blatt 2 von 4)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7
Hersteller 4, Produkt A	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m		45	45	45			
Haltestellenanzahl max. Anz.							
Fahrschachtbreite mm		1530	1670	1670			
Fahrschachttiefe mm		1640	1790	2490			
Fahrschachtkopf mm		3400	3400	3400			
Fahrschachtgrube mm		1050	1050	1050			
Vorraumbreite mm		1530	1670	1670			
Vorraumtiefe mm		1500	1500	2100			
Beförderungssystembreite mm		1930	2070	2070			
Beförderungssystemtiefe mm		3740	3890	5190			
Hersteller 4, Produkt B	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m			40	40		75	75
Haltestellenanzahl max. Anz.							
Fahrschachtbreite mm			1670	1670		1670	1670
Fahrschachttiefe mm			1810	2530		1810	2530
Fahrschachtkopf mm			3380	3380		3600	3600
Fahrschachtgrube mm			1120	1120		1400	1400
Vorraumbreite mm			1670	1670		1670	1670
Vorraumtiefe mm			1500	2100		1500	2100
Beförderungssystembreite mm			2070	2070		2070	2070
Beförderungssystemtiefe mm			3910	5230		3910	5230
Hersteller 5, Produkt A	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m				20			
Haltestellenanzahl max. Anz.				8			
Fahrschachtbreite mm			1600	1600			
Fahrschachttiefe mm			1770	2470			
Fahrschachtkopf mm			3500	3500			
Fahrschachtgrube mm			1300	1300			
Vorraumbreite mm			1600	1600			
Vorraumtiefe mm			1500	2100			
Beförderungssystembreite mm			2000	2000			
Beförderungssystemtiefe mm			3870	5170			
Hersteller 5, Produkt B	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m			30	30			
Haltestellenanzahl max. Anz.							
Fahrschachtbreite mm			1600	1600			
Fahrschachttiefe mm			1800	2500			
Fahrschachtkopf mm			3600	3600			
Fahrschachtgrube mm			1100	1100			
Vorraumbreite mm			1600	1600			
Vorraumtiefe mm			1500	2100			
Beförderungssystembreite mm			2000	2000			
Beförderungssystemtiefe mm			3900	5200			
Hersteller 6	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m		20	20	20	40	40	40
Haltestellenanzahl max. Anz.		15	15	15	15	15	15
Fahrschachtbreite mm		1550	1650	1650	1550	1650	1650
Fahrschachttiefe mm		1650	1800	2500	1650	1800	2500
Fahrschachtkopf mm		3500	3500	3500	3700	3700	3700
Fahrschachtgrube mm		1200	1200	1200	1400	1400	1600
Vorraumbreite mm		1550	1650	1650	1550	1650	1650
Vorraumtiefe mm		1500	1500	2100	1500	1500	2100
Beförderungssystembreite mm		1950	2050	2050	1950	2050	2050
Beförderungssystemtiefe mm		3750	3900	5200	3750	3900	5200
Hersteller 7	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m	35	35	35	35	35	35	35
Haltestellenanzahl max. Anz.	12	12	12	12	12	12	12
Fahrschachtbreite mm	1400	1500	1600	1600	1500	1600	1600
Fahrschachttiefe mm	1300	1550	1700	2400	1550	1700	2400
Fahrschachtkopf mm	3500	3500	3500	3500	3700	3700	3700
Fahrschachtgrube mm	1050	1050	1050	1100	1400	1400	1400
Vorraumbreite mm	1500	1500	1600	1600	1500	1600	1600
Vorraumtiefe mm	1500	1500	1500	2100	1500	1500	2100
Beförderungssystembreite mm	1800	1900	2000	2000	1900	2000	2000
Beförderungssystemtiefe mm	3400	3650	3800	5100	3650	3800	5100

Tabelle A.8: Baumaße von Beförderungssystemen in Wohngebäuden – Blatt 2 von 4 (Eigene Darstellung in Anl. an die Planungsmaße der Hersteller)

8 Anhang

Baumaße der Aufzugshersteller: Personenaufzüge für Wohn- gebäude (Blatt 3 von 4)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7
Hersteller 8	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m		46	46	46	46	46	46
Haltestellenanzahl max. Anz.							
Fahrschachtbreite mm		1500	1600	1600	1500	1600	1600
Fahrschachttiefe mm		1550	1700	2400	1550	1700	2400
Fahrschachtkopf mm		3300	3300	3300	3300	3300	3300
Fahrschachtgrube mm		1100	1100	1100	1100	1100	1100
Vorraumbreite mm		1500	1600	1600	1500	1600	1600
Vorraumtiefe mm		1500	1500	2100	1500	1500	2100
Beförderungssystembreite mm		1900	2000	2000	1900	2000	2000
Beförderungssystemtiefe mm		3650	3800	5100	3650	3800	5100
Hersteller 9	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m							
Haltestellenanzahl max. Anz.							
Fahrschachtbreite mm			1650	1650		1650	1650
Fahrschachttiefe mm			1800	2500		1800	2500
Fahrschachtkopf mm			3450	3450		3650	3650
Fahrschachtgrube mm			1100	1100		1200	1200
Vorraumbreite mm			1650	1650		1650	1650
Vorraumtiefe mm			1500	2100		1500	2100
Beförderungssystembreite mm			2050	2050		2050	2050
Beförderungssystemtiefe mm			3900	5200		3900	5200
Hersteller 10	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m							
Haltestellenanzahl max. Anz.							
Fahrschachtbreite mm		1550	1650	1650			
Fahrschachttiefe mm		1650	1800	2500			
Fahrschachtkopf mm		3550	3550	3550			
Fahrschachtgrube mm		1300	1300	1300			
Vorraumbreite mm		1550	1650	1650			
Vorraumtiefe mm		1500	1500	2100			
Beförderungssystembreite mm		1950	2050	2050			
Beförderungssystemtiefe mm		3750	3900	5200			
Hersteller 11, Produkt A	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m		45	45				
Haltestellenanzahl max. Anz.		16	16				
Fahrschachtbreite mm		1500	1600				
Fahrschachttiefe mm		1500	1650				
Fahrschachtkopf mm		3500	3500				
Fahrschachtgrube mm		1000	1000				
Vorraumbreite mm		1500	1600				
Vorraumtiefe mm		1500	1500				
Beförderungssystembreite mm		1900	2000				
Beförderungssystemtiefe mm		3600	3750				
Hersteller 11, Produkt B	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m		50	50		60	60	
Haltestellenanzahl max. Anz.		16	16		21	21	
Fahrschachtbreite mm		1450	1600		1475	1625	
Fahrschachttiefe mm		1500	1675		1500	1675	
Fahrschachtkopf mm		3500	3500		3650	3650	
Fahrschachtgrube mm		1000	1000		1120	1120	
Vorraumbreite mm		1500	1600		1500	1625	
Vorraumtiefe mm		1500	1500		1500	1500	
Beförderungssystembreite mm		1850	2000		1875	2025	
Beförderungssystemtiefe mm		3600	3775		3600	3775	
Hersteller 12	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m							
Haltestellenanzahl max. Anz.							
Fahrschachtbreite mm			1700	1700		1700	1700
Fahrschachttiefe mm			1800	2500		1800	2500
Fahrschachtkopf mm			3700	3700		3800	3800
Fahrschachtgrube mm			1300	1300		1300	1300
Vorraumbreite mm			1700	1700		1700	1700
Vorraumtiefe mm			1500	2100		1500	2100
Beförderungssystembreite mm			2100	2100		2100	2100
Beförderungssystemtiefe mm			3900	5200		3900	5200

Tabelle A.9: Baumaße von Beförderungssystemen in Wohngebäuden – Blatt 3 von 4
(Eigene Darstellung in Anl. an die Planungsmaße der Hersteller)

Baumaße der Aufzugshersteller: Personenaufzüge für Wohn- gebäude (Blatt 4 von 4)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7
Hersteller 13	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m			45	45			
Haltestellenanzahl max. Anz.							
Fahrschachtbreite mm			1550	1550			
Fahrschachtiefe mm			1750	2450			
Fahrschachtkopf mm			3400	3400			
Fahrschachtgrube mm			1050	1050			
Vorraumbreite mm			1550	1550			
Vorraumtiefe mm			1500	2100			
Beförderungssystembreite mm			1950	1950			
Beförderungssystemtiefe mm			3850	5150			
Hersteller 14	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Förderhöhe max. m							
Haltestellenanzahl max. Anz.							
Fahrschachtbreite mm	1400	1500	1650	1650	1500	1650	1650
Fahrschachtiefe mm	1380	1630	1780	2480	1630	1780	2480
Fahrschachtkopf mm	3550	3550	3550	3550	3800	3800	3800
Fahrschachtgrube mm	1400	1400	1400	1400	1500	1500	1500
Vorraumbreite mm	1500	1500	1650	1650	1500	1650	1650
Vorraumtiefe mm	1500	1500	1500	2100	1500	1500	2100
Beförderungssystembreite mm	1800	1900	2050	2050	1900	2050	2050
Beförderungssystemtiefe mm	3480	3730	3880	5180	3730	3880	5180

Tabelle A.10: Baumaße von Beförderungssystemen in Wohngebäuden – Blatt 4 von 4 (Eigene Darstellung in Anl. an die Planungsmaße der Hersteller)

Auswertung Baumaße der Aufzugshersteller: Personenaufzüge für Wohngebäude (Blatt 1 von 3)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7
Absolute min./max. Baumaße	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Min. Fahrschachtbreite mm	1370	1450	1550	1550	1470	1600	1600
Max. Fahrschachtbreite mm	1410	1550	1700	1700	1550	1700	1700
Max. Differenz zw. Herstellern mm	40	100	150	150	80	100	100
Max. Differenz zw. Herstellern %	2,9%	6,9%	9,7%	9,7%	5,4%	6,3%	6,3%
Min. Fahrschachtiefe mm	1300	1500	1650	2400	1500	1675	2400
Max. Fahrschachtiefe mm	1470	1650	1810	2530	1650	1810	2530
Max. Differenz zw. Herstellern mm	170	150	160	130	150	135	130
Max. Differenz zw. Herstellern %	13,1%	10,0%	9,7%	5,4%	10,0%	8,1%	5,4%
Min. Fahrschachtkopf mm	3400	3300	3300	3300	3300	3300	3300
Max. Fahrschachtkopf mm	3550	3550	3700	3700	3800	3800	3800
Max. Differenz zw. Herstellern mm	150	250	400	400	500	500	500
Max. Differenz zw. Herstellern %	4,4%	7,6%	12,1%	12,1%	15,2%	15,2%	15,2%
Min. Fahrschachtgrube mm	1050	1000	1000	1050	1100	1100	1100
Max. Fahrschachtgrube mm	1400	1400	1400	1400	1500	1500	1600
Max. Differenz zw. Herstellern mm	350	400	400	350	400	400	500
Max. Differenz zw. Herstellern %	33,3%	40,0%	40,0%	33,3%	36,4%	36,4%	45,5%

Tabelle A.11: Flächenbedarf von Beförderungssystemen in Wohngebäuden – Blatt 1 von 3 (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der Hersteller)

Auswertung Baumaße der Aufzugs- hersteller: Personenaufzüge für Wohngebäude (Blatt 2 von 3)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7
	320- S700-1.0	450- S800-1.0	630- S900-1.0	1000- S900-1.0	450- S800-1.6	630- S900-1.6	1000- S900-1.6
Flächenbedarf in m ² je Hersteller DIN 15306	6,84	7,60	8,40	11,13	7,60	8,40	11,13
Hersteller 1, Produkt A		7,13	7,77	10,37			
Hersteller 1, Produkt B	6,61	7,16	7,84	10,45	7,19	7,87	10,49
Hersteller 2, Produkt A		7,03	7,70				
Hersteller 2, Produkt B			7,94	10,61		7,94	10,61
Hersteller 3, Produkt A	6,47	7,03	7,90	10,66			
Hersteller 3, Produkt B	6,50	6,97	7,80	10,40	6,92	7,80	10,40
Hersteller 4, Produkt A		7,22	8,05	10,74			
Hersteller 4, Produkt B			8,09	10,83		8,09	10,83
Hersteller 5, Produkt A			7,74	10,34			
Hersteller 5, Produkt B			7,80	10,40			
Hersteller 6		7,31	8,00	10,66	7,31	8,00	10,66
Hersteller 7	6,29	6,94	7,60	10,20	6,94	7,60	10,20
Hersteller 8		6,94	7,60	10,20	6,94	7,60	10,20
Hersteller 9			8,00	10,66		8,00	10,66
Hersteller 10		7,31	8,00	10,66			
Hersteller 11, Produkt A		6,84	7,50				
Hersteller 11, Produkt B		6,75	7,55		6,75	7,64	
Hersteller 12			8,19	10,92		8,19	10,92
Hersteller 13			7,51	10,04			
Hersteller 14	6,43	7,09	7,95	10,62	7,09	7,95	10,62
Min. Flächenverbrauch Hersteller	6,29	6,75	7,50	10,04	6,75	7,60	10,20
Max. Flächenverbrauch Hersteller	6,61	7,31	8,19	10,92	7,31	8,19	10,92
Max. Differenz zw. Herstellern	0,32	0,57	0,69	0,88	0,56	0,59	0,72
Max. Differenz zw. Herstellern	5,2%	8,4%	9,2%	8,7%	8,3%	7,8%	7,1%

Tabelle A.12: Flächenbedarf von Beförderungssystemen in Wohngebäuden – Blatt 2 von 3 (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der Hersteller)

Auswertung Baumaße der Aufzugs- hersteller: Personenaufzüge für Wohngebäude (Blatt 3 von 3)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7
	320-S700-1.0	450-S800-1.0	630-S900-1.0	1000-S900-1.0	450-S800-1.6	630-S900-1.6	1000-S900-1.6
Flächenbedarf in % zur DIN 15306 DIN 15306	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Hersteller 1, Produkt A		93,8%	92,5%	93,2%			
Hersteller 1, Produkt B	96,7%	94,2%	93,3%	93,9%	94,6%	93,6%	94,2%
Hersteller 2, Produkt A		92,5%	91,7%				
Hersteller 2, Produkt B			94,6%	95,3%		94,6%	95,3%
Hersteller 3, Produkt A	94,6%	92,5%	94,0%	95,8%			
Hersteller 3, Produkt B	95,1%	91,7%	92,9%	93,4%	91,0%	92,9%	93,4%
Hersteller 4, Produkt A		95,0%	95,9%	96,5%			
Hersteller 4, Produkt B			96,4%	97,3%		96,4%	97,3%
Hersteller 5, Produkt A			92,1%	92,9%			
Hersteller 5, Produkt B			92,9%	93,4%			
Hersteller 6		96,2%	95,2%	95,8%	96,2%	95,2%	95,8%
Hersteller 7	92,0%	91,3%	90,5%	91,6%	91,3%	90,5%	91,6%
Hersteller 8		91,3%	90,5%	91,6%	91,3%	90,5%	91,6%
Hersteller 9			95,2%	95,8%		95,2%	95,8%
Hersteller 10		96,2%	95,2%	95,8%			
Hersteller 11, Produkt A		90,0%	89,3%				
Hersteller 11, Produkt B		88,8%	89,9%		88,8%	91,0%	
Hersteller 12			97,5%	98,1%		97,5%	98,1%
Hersteller 13			89,4%	90,2%			
Hersteller 14	94,1%	93,3%	94,7%	95,4%	93,3%	94,7%	95,4%
Durchschn. Flächenverbrauch Herst.	94,5%	92,8%	93,2%	94,5%	92,3%	93,8%	94,9%

Tabelle A.13: Flächenbedarf von Beförderungssystemen in Wohngebäuden – Blatt 3 von 3 (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der Hersteller)

Baumaße der Aufzugshersteller:								
Personenaufzüge für Nichtwohngebäude (Blatt 1 von 4)								
	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8
Hersteller 1, Produkt A	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m	45							
Haltestellenanzahl max. Anz.	16							
Fahrschachtbreite mm	2000							
Fahrschachttiefe mm	1745							
Fahrschachtkopf mm	3500							
Fahrschachtgrube mm	1100							
Vorraumbreite mm	2000							
Vorraumtiefe mm	2100							
Beförderungssystembreite mm	2400							
Beförderungssystemtiefe mm	4445							
Hersteller 1, Produkt B	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m	40	40	40	40	60	60	60	60
Haltestellenanzahl max. Anz.	16	16	16	16	20	20	20	20
Fahrschachtbreite mm	1960	2015	2140	2550	1960	2022	2147	2557
Fahrschachttiefe mm	1740	1740	1740	1740	1740	1740	1740	1740
Fahrschachtkopf mm	3400	3400	3600	3600	3600	3600	3700	3800
Fahrschachtgrube mm	1100	1100	1100	1150	1200	1200	1200	1250
Vorraumbreite mm	1960	2015	2140	2550	1960	2022	2147	2557
Vorraumtiefe mm	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Beförderungssystembreite mm	2360	2415	2540	2950	2360	2422	2547	2957
Beförderungssystemtiefe mm	4440	4440	4440	4440	4440	4440	4440	4440
Hersteller 2, Produkt A	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm								
Fahrschachttiefe mm								
Fahrschachtkopf mm								
Fahrschachtgrube mm								
Vorraumbreite mm								
Vorraumtiefe mm								
Beförderungssystembreite mm								
Beförderungssystemtiefe mm								
Hersteller 2, Produkt B	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m		45	45			80	80	
Haltestellenanzahl max. Anz.		15	15			30	30	
Fahrschachtbreite mm		2025	2150			2025	2150	
Fahrschachttiefe mm		1700	1700			1700	1700	
Fahrschachtkopf mm		3450	3550			3600	3700	
Fahrschachtgrube mm		1175	1175			1300	1300	
Vorraumbreite mm		2025	2150			2025	2150	
Vorraumtiefe mm		2100	2100			2100	2100	
Beförderungssystembreite mm		2425	2550			2425	2550	
Beförderungssystemtiefe mm		4400	4400			4400	4400	
Hersteller 3, Produkt A	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm								
Fahrschachttiefe mm								
Fahrschachtkopf mm								
Fahrschachtgrube mm								
Vorraumbreite mm								
Vorraumtiefe mm								
Beförderungssystembreite mm								
Beförderungssystemtiefe mm								
Hersteller 3, Produkt B	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm								
Fahrschachttiefe mm								
Fahrschachtkopf mm								
Fahrschachtgrube mm								
Vorraumbreite mm								
Vorraumtiefe mm								
Beförderungssystembreite mm								
Beförderungssystemtiefe mm								

Tabelle A.14: Baumaße von Beförderungssystemen in Nichtwohngebäuden – Blatt 1 von 4 (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der Hersteller)

8 Anhang

Baumaße der Aufzugshersteller: Personenaufzüge für Nicht- wohnegebäude (Blatt 2 von 4)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8
Hersteller 4, Produkt A	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-21100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-21100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm	1990							
Fahrschachttiefe mm	1740							
Fahrschachtkopf mm	3400							
Fahrschachtgrube mm	1050							
Vorraumbreite mm	1990							
Vorraumtiefe mm	2100							
Beförderungssystembreite mm	2390							
Beförderungssystemtiefe mm	4440							
Hersteller 4, Produkt B	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-21100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-21100-1.6
Förderhöhe max. m	40	40	40	45				
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm	2000	2000	2150	2700	2000	2000	2150	2700
Fahrschachttiefe mm	1760	1800	1800	1750	1760	1800	1800	1750
Fahrschachtkopf mm	3380	3380	3480	3650	3600	3600	3700	3950
Fahrschachtgrube mm	1120	1120	1120	1150	1400	1400	1400	1410
Vorraumbreite mm	2000	2000	2150	2700	2000	2000	2150	2700
Vorraumtiefe mm	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Beförderungssystembreite mm	2400	2400	2550	3100	2400	2400	2550	3100
Beförderungssystemtiefe mm	4460	4500	4500	4450	4460	4500	4500	4450
Hersteller 5, Produkt A	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-21100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-21100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm								
Fahrschachttiefe mm								
Fahrschachtkopf mm								
Fahrschachtgrube mm								
Vorraumbreite mm								
Vorraumtiefe mm								
Beförderungssystembreite mm								
Beförderungssystemtiefe mm								
Hersteller 5, Produkt B	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-21100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-21100-1.6
Förderhöhe max. m	30							
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm	1900							
Fahrschachttiefe mm	1750							
Fahrschachtkopf mm	3600							
Fahrschachtgrube mm	1100							
Vorraumbreite mm	1900							
Vorraumtiefe mm	2100							
Beförderungssystembreite mm	2300							
Beförderungssystemtiefe mm	4450							
Hersteller 6	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-21100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-21100-1.6
Förderhöhe max. m	20	20			40	40		
Haltestellenanzahl max. Anz.	15	15			15	15		
Fahrschachtbreite mm	2000	2000			2000	2000		
Fahrschachttiefe mm	1750	1750			1750	1750		
Fahrschachtkopf mm	3500	3500			3700	3700		
Fahrschachtgrube mm	1200	1200			1400	1400		
Vorraumbreite mm	2000	2000			2000	2000		
Vorraumtiefe mm	2100	2100			2100	2100		
Beförderungssystembreite mm	2400	2400			2400	2400		
Beförderungssystemtiefe mm	4450	4450			4450	4450		
Hersteller 7	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-21100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-21100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm								
Fahrschachttiefe mm								
Fahrschachtkopf mm								
Fahrschachtgrube mm								
Vorraumbreite mm								
Vorraumtiefe mm								
Beförderungssystembreite mm								
Beförderungssystemtiefe mm								

Tabelle A.15: Baumaße von Beförderungssystemen in Nichtwohnegebäuden – Blatt 2 von 4 (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der Hersteller)

Baumaße der Aufzugshersteller:								
Personenaufzüge für Nichtwohngebäude (Blatt 3 von 4)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8
Hersteller 8	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm								
Fahrschachttiefe mm								
Fahrschachtkopf mm								
Fahrschachtgrube mm								
Vorraumbreite mm								
Vorraumtiefe mm								
Beförderungssystembreite mm								
Beförderungssystemtiefe mm								
Hersteller 9	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm	2000	2000			2000	2000		
Fahrschachttiefe mm	1750	1750			1750	1750		
Fahrschachtkopf mm	3450	3450			3650	3650		
Fahrschachtgrube mm	1100	1100			1200	1200		
Vorraumbreite mm	2000	2000			2000	2000		
Vorraumtiefe mm	2100	2100			2100	2100		
Beförderungssystembreite mm	2400	2400			2400	2400		
Beförderungssystemtiefe mm	4450	4450			4450	4450		
Hersteller 10	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm								
Fahrschachttiefe mm								
Fahrschachtkopf mm								
Fahrschachtgrube mm								
Vorraumbreite mm								
Vorraumtiefe mm								
Beförderungssystembreite mm								
Beförderungssystemtiefe mm								
Hersteller 11, Produkt A	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m	45							
Haltestellenanzahl max. Anz.	16							
Fahrschachtbreite mm	2000							
Fahrschachttiefe mm	1600							
Fahrschachtkopf mm	3500							
Fahrschachtgrube mm	1000							
Vorraumbreite mm	2000							
Vorraumtiefe mm	2100							
Beförderungssystembreite mm	2400							
Beförderungssystemtiefe mm	4300							
Hersteller 11, Produkt B	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m	50	50			60	60		
Haltestellenanzahl max. Anz.	16	16			21	21		
Fahrschachtbreite mm	1925	1925			1925	1925		
Fahrschachttiefe mm	1625	1625			1625	1625		
Fahrschachtkopf mm	3500	3500			3650	3650		
Fahrschachtgrube mm	1000	1000			1120	1120		
Vorraumbreite mm	1925	1925			1925	1925		
Vorraumtiefe mm	2100	2100			2100	2100		
Beförderungssystembreite mm	2325	2325			2325	2325		
Beförderungssystemtiefe mm	4325	4325			4325	4325		
Hersteller 12	630-2900-1.0	800-2900-1.0	1000-2900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-2900-1.6	800-2900-1.6	1000-2900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm								
Fahrschachttiefe mm								
Fahrschachtkopf mm								
Fahrschachtgrube mm								
Vorraumbreite mm								
Vorraumtiefe mm								
Beförderungssystembreite mm								
Beförderungssystemtiefe mm								

Tabelle A.16: Baumaße von Beförderungssystemen in Nichtwohngebäuden – Blatt 3 von 4 (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der Hersteller)

Baumaße der Aufzugshersteller: Personenaufzüge für Nicht- wohngebäude (Blatt 4 von 4)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8
Hersteller 13	630-Z900-1.0	800-Z900-1.0	1000-Z900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-Z900-1.6	800-Z900-1.6	1000-Z900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm								
Fahrschachtiefe mm								
Fahrschachtkopf mm								
Fahrschachtgrube mm								
Vorraumbreite mm								
Vorraumtiefe mm								
Beförderungssystembreite mm								
Beförderungssystemtiefe mm								
Hersteller 14	630-Z900-1.0	800-Z900-1.0	1000-Z900-1.0	1275-Z1100-1.0	630-Z900-1.6	800-Z900-1.6	1000-Z900-1.6	1275-Z1100-1.6
Förderhöhe max. m								
Haltestellenanzahl max. Anz.								
Fahrschachtbreite mm	1950				1950			
Fahrschachtiefe mm	1760				1760			
Fahrschachtkopf mm	3550				3800			
Fahrschachtgrube mm	1400				1500			
Vorraumbreite mm	1950				1950			
Vorraumtiefe mm	2100				2100			
Beförderungssystembreite mm	2350				2350			
Beförderungssystemtiefe mm	4460				4460			

Tabelle A.17: Baumaße von Beförderungssystemen in Nichtwohngebäuden – Blatt 4 von 4 (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der Hersteller)

Auswertung Baumaße der Aufzugshersteller: Personenaufzüge für Nicht- wohngebäude (Blatt 1 von 3)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8
	630- Z900-1.0	800- Z900-1.0	1000- Z900-1.0	1275- Z1100-1.0	630- Z900-1.6	800- Z900-1.6	1000- Z900-1.6	1275- Z1100-1.6
Absolute min./max. Baumaße								
Min. Fahrschachtbreite mm	1900	1925	2140	2550	1925	1925	2147	2557
Max. Fahrschachtbreite mm	2000	2025	2150	2700	2000	2025	2150	2700
Max. Differenz zw. Herstellern mm	100	100	10	150	75	100	3	143
Max. Differenz zw. Herstellern %	5,3%	5,2%	0,5%	5,9%	3,9%	5,2%	0,1%	5,6%
Min. Fahrschachtiefe mm	1600	1625	1700	1740	1625	1625	1700	1740
Max. Fahrschachtiefe mm	1760	1800	1800	1750	1760	1800	1800	1750
Max. Differenz zw. Herstellern mm	160	175	100	10	135	175	100	10
Max. Differenz zw. Herstellern %	10,0%	10,8%	5,9%	0,6%	8,3%	10,8%	5,9%	0,6%
Min. Fahrschachtkopf mm	3380	3380	3480	3600	3600	3600	3700	3800
Max. Fahrschachtkopf mm	3600	3500	3600	3650	3800	3700	3700	3950
Max. Differenz zw. Herstellern mm	220	120	120	50	200	100	0	150
Max. Differenz zw. Herstellern %	6,5%	3,6%	3,4%	1,4%	5,6%	2,8%	0,0%	3,9%
Min. Fahrschachtgrube mm	1000	1000	1100	1150	1120	1120	1200	1250
Max. Fahrschachtgrube mm	1400	1200	1175	1150	1500	1400	1400	1410
Max. Differenz zw. Herstellern mm	400	200	75	0	380	280	200	160
Max. Differenz zw. Herstellern %	40,0%	20,0%	6,8%	0,0%	33,9%	25,0%	16,7%	12,8%

Tabelle A.18: Flächenbedarf von Beförderungssystemen in Nichtwohngebäuden – Blatt 1 von 3 (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der Hersteller)

Auswertung Baumaße der Aufzugs- hersteller: Personenaufzüge für Nichtwohngebäude (Blatt 2 von 3)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8
	630- Z900-1.0	800- Z900-1.0	1000- Z900-1.0	1275- Z1100-1.0	630- Z900-1.6	800- Z900-1.6	1000- Z900-1.6	1275- Z1100-1.6
Flächenbedarf in m ² je Hersteller								
DIN 15309	11,52	11,76	12,74	14,21	11,52	11,76	12,74	14,21
Hersteller 1, Produkt A	10,67							
Hersteller 1, Produkt B	10,48	10,72	11,28	13,10	10,48	10,75	11,31	13,13
Hersteller 2, Produkt A								
Hersteller 2, Produkt B		10,67	11,22			10,67	11,22	
Hersteller 3, Produkt A								
Hersteller 3, Produkt B								
Hersteller 4, Produkt A	10,61							
Hersteller 4, Produkt B	10,70	10,80	11,48	13,80	10,70	10,80	11,48	13,80
Hersteller 5, Produkt A								
Hersteller 5, Produkt B	10,24							
Hersteller 6	10,68	10,68			10,68	10,68		
Hersteller 7								
Hersteller 8								
Hersteller 9	10,68	10,68			10,68	10,68		
Hersteller 10								
Hersteller 11, Produkt A	10,32							
Hersteller 11, Produkt B	10,06	10,06			10,06	10,06		
Hersteller 12								
Hersteller 13								
Hersteller 14	10,48				10,48			
Min. Flächenverbrauch Hersteller	10,06	10,06	11,22	13,10	10,06	10,06	11,22	13,13
Max. Flächenverbrauch Hersteller	10,70	10,80	11,48	13,80	10,70	10,80	11,48	13,80
Max. Differenz zw. Herstellern	0,65	0,74	0,25	0,70	0,65	0,74	0,25	0,67
Max. Differenz zw. Herstellern	6,4%	7,4%	2,3%	5,3%	6,4%	7,4%	2,3%	5,1%

Tabelle A.19: Flächenbedarf von Beförderungssystemen in Nichtwohngebäuden – Blatt 2 von 3 (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der Hersteller)

Auswertung Baumaße der Aufzugs- hersteller: Personenaufzüge für Nichtwohngebäude (Blatt 3 von 3)	Spalte1	Spalte2	Spalte3	Spalte4	Spalte5	Spalte6	Spalte7	Spalte8
	630-2900-1.0 DIN 15306	800-2900-1.0 100,0%	1000-2900-1.0 100,0%	1275-21100-1.0 100,0%	630-2900-1.6 100,0%	800-2900-1.6 100,0%	1000-2900-1.6 100,0%	1275-21100-1.6 100,0%
Hersteller 1, Produkt A	92,6%							
Hersteller 1, Produkt B	91,0%	91,2%	88,5%	92,2%	91,0%	91,4%	88,8%	92,4%
Hersteller 2, Produkt A								
Hersteller 2, Produkt B		90,7%	88,1%			90,7%	88,1%	
Hersteller 3, Produkt A								
Hersteller 3, Produkt B								
Hersteller 4, Produkt A	92,1%							
Hersteller 4, Produkt B	92,9%	91,8%	90,1%	97,1%	92,9%	91,8%	90,1%	97,1%
Hersteller 5, Produkt A								
Hersteller 5, Produkt B	88,8%							
Hersteller 6	92,7%	90,8%			92,7%	90,8%		
Hersteller 7								
Hersteller 8								
Hersteller 9	92,7%	90,8%			92,7%	90,8%		
Hersteller 10								
Hersteller 11, Produkt A	89,6%							
Hersteller 11, Produkt B	87,3%	85,5%			87,3%	85,5%		
Hersteller 12								
Hersteller 13								
Hersteller 14	91,0%				91,0%			
Durchschn. Abweichung	91,1%	90,1%	88,9%	94,6%	91,3%	90,2%	89,0%	94,7%

Tabelle A.20: Flächenbedarf von Beförderungssystemen in Nichtwohngebäuden – Blatt 3 von 3 (Eigene Darstellung in Anlehnung an die Planungsmaße der Hersteller)

Für Anhang A.7 bis A.20 berücksichtigte Hersteller¹

¹ Vgl. Braun Aufzüge GmbH & Co. KG (2011), Siegfried Hallasch Aufzüge, Hütter-Aufzüge GmbH (a), Hütter-Aufzüge GmbH (b), Kloke Aufzugsanlagenbau GmbH & Co. KG (2015), KONE GmbH (2015a), KONE GmbH (2015b), Orona-Gruppe (2015a), Orona-Gruppe (2015b), OSMA-Aufzüge Albert Schenk GmbH & Co. KG (2014a), OSMA-Aufzüge Albert Schenk GmbH & Co. KG (2014b), OTIS GmbH & Co. OHG (2009a), OTIS GmbH & Co. OHG (2009b), Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (a), Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (b), Aufzugswerke M. Schmitt + Sohn GmbH & Co. KG (2011), THOMA Aufzüge GmbH (2011), ThyssenKrupp Aufzüge GmbH (2013a), ThyssenKrupp Aufzüge GmbH (2013b), Vestner Aufzüge GmbH, Winscheid & Wendel GmbH & Co. KG (2007a), Winscheid & Wendel GmbH & Co. KG (2007b), Winscheid & Wendel GmbH & Co. KG (2007c).

8.3 Berechnungshilfe für die Lebenszykluskosten

Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen										
Annahmen:		Eingabewerte				Eingabewerte				
Zinssatz in %		Jahre				Preisteigerungen in %:				
Preisstand						- Allgemein				
Mehrwertsteuer in %						- Energiekosten				
Betrachtungszeitraum		Jahre				- Dienstleistung Reinigung				
Aufzugstechnik:		Eingabewerte				Baukonstruktion:				
Herstellungskosten (DIN 276-1, KG 461)		- €	- €	- €	- €	Herstellungskosten (DIN 276-1, KG340/350)				
Betriebskosten (DIN 18960):						Betriebskosten (DIN 18960):				
- Energie für die Nutzung (KG 316)		- €	- €	- €	- €	- Energie für die Nutzung (KG 316)				
- Reinigung (KG 334)		- €	- €	- €	- €	- Reinigung (331/332)				
- Wartung, Inspekt., Bedien. (KG 351/353)		- €	- €	- €	- €	- Wartung, Inspektion, Bedienung (KG 352)				
Instandsetzungskosten:						Instandsetzungskosten:				
- Laufend (DIN 18960, KG 426)		- €	- €	- €	- €	- Laufend (DIN 18960, KG 413/414)				
- Ersatz		- €	- €	- €	- €	- Ersatz				
Rückbau- und Entsorgungskosten						Rückbau- und Entsorgungskosten				
Barwert						Barwert				
Periode	Aufzugstechnik:						Baukonstruktion:			
	Herstellung/ Rückbau u. Entsorgung	Betrieb: Energie	Betrieb: Reinigung	Betrieb: Wartung/ Inspektion	Instand- setzung/ Laufend	Instand- setzung: Ersatz	jährliche Summe	Herstellung/ Rückbau u. Entsorgung	Betrieb/ Instand- setzung	jährliche Summe
0	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
1	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
2	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
3	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
4	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
5	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
6	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
7	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
8	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
9	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
10	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
11	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
12	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
13	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
14	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
15	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
16	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
17	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
18	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
19	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
20	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
21	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
22	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
23	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
24	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
25	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
26	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
27	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
28	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
29	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
30	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
31	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
32	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
33	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
34	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
35	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
36	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
37	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
38	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
39	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
40	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
41	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
42	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
43	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
44	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
45	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
46	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
47	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
48	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
49	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
50	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €

Tabelle A.21: Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen (Eigene Darstellung)

8.4 Neubauplanung Bürogebäude

Neubauplanung Bürogebäude - Simulationsansatz			
Simulationsdauer, Ankunftsrate, Ergebnisabschnitt und Software	Simulationsansatz 1	Simulationsansatz 2	Simulationsansatz 3
- Simulationsdauer	120 min.	-	-
- Passagierankunftsrate (PAR) über die gesamte Simulationsdauer	Konstant	-	-
- Für die auszuweisenden Simulationsergebnisse nicht zu berücksichtigende Abschnitte: - Simulationsanfang - Simulationsende	20 min. 15 min. 5 min.	-	-
- Abweichende, weitere Simulationsansätze: - Simulationsdauer - Passagierankunftsrate	-	-	-
- Verwendete Simulationssoftware, Version	Elevate 8.19	-	-

Tabelle A.22: Neubauplanung Bürogebäude – Simulationsansatz zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit (Eigene Darstellung)

Simulationsergebnisse		
Durchschnittliche Ergebniswerte gemäß Simulationsansatz und -annahmen	Variante 1 (2x630 kg)	Variante 2 (1x1000 kg)
- Durchschnittliche Wartezeit / Verteilung < 30 s	7,6 s / 98,7 %	24,4 s / 61,2 %
- Durchschnittliche Fahrzeit / Verteilung < 90 s	23,0 s / 100,0 %	29,4 s / 100,0 %
- Durchschnittlicher Fahrkorbfüllgrad bei Abfahrt im Hauptzugang/-zugängen	29,6 %	36,7 %
- Ermittelte Halteverlustzeit	8,3 s	8,3 s
- Fahrzeit zur höchsten Etage (Gemäß DIN EN 81-70 Feuerwehraufzüge)	-	-

Tabelle A.23: Neubauplanung Bürogebäude – Simulationsergebnisse (Eigene Darstellung)

Page: 1 of 3
 Job: Neubauplanung Bürogebäude
 Job No:
 Calculation Title: Planungsvariante 1
 Made By: Sebastian Drewer
 Check By:
 File Date: Neubauplanung Bürogebäude_Variante 1_3.Nov.2015_23.01.47



ANALYSIS DATA

Analysis Type	Simulation
Measurement system	Metric
Dispatcher Algorithm	Group Collective Traffic mode: Normal
Time slice between simulation calculations (s)	0.10
No of time slices between screen updates	10
No of simulations to run for each configuration	1
Random number seed for passenger generator	1
Energy Model	Off

BUILDING DATA

Floor Name	Floor Level (m)	No of people	Area (m ²)	Area/person	Entrance Floor
UG	0.00	0	-	-	No
EG	4.05	0	-	-	Yes
1.OG	7.90	80	-	-	No
2.OG	11.45	80	-	-	No
3.OG	15.00	80	-	-	No
Absenteesism (%)	10.00				

ELEVATOR DATA

	Car 1	Car 2
Capacity (kg)	630	630
Floor area (m ²)	1.54	1.54
Door Pre-opening Time (s)	0.50	0.50
Door Open Time (s)	1.80	1.80
Door Close Time (s)	2.20	2.30
Home Door Dwell 1 (s)	2.00	2.00
Home Door Dwell 2 (s)	1.00	1.00
Door Dwell 1 (s)	2.00	2.00
Door Dwell 2 (s)	1.00	1.00
Speed (m/s)	1.00	1.00
Acceleration (m/s ²)	1.00	1.00
Jerk (m/s ³)	1.20	1.20
Start Delay (s)	1.00	1.00
Leveling Delay (s)	0.00	0.00
Home Floor	EG	EG
Shut down time (s)	0.00	0.00
Restart time (s)	0.00	0.00
Service	Auto	Auto

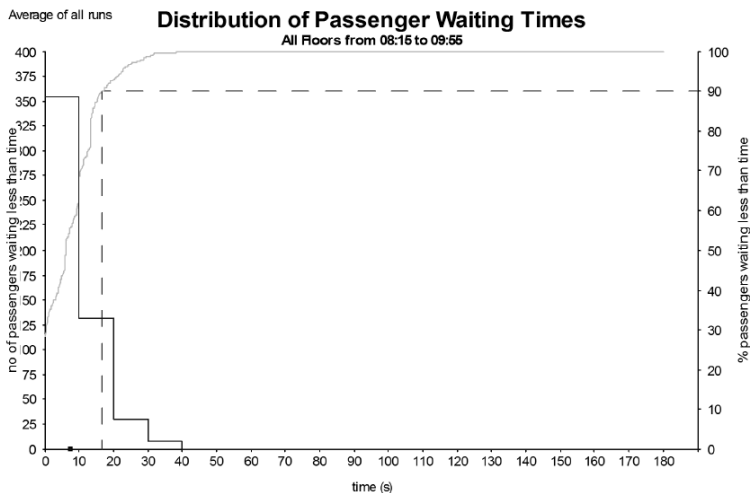
Floors served	Car 1	Car 2
UG	Yes	Yes
EG	Yes	Yes
1.OG	Yes	Yes
2.OG	Yes	Yes
3.OG	Yes	Yes

PASSENGER DATA

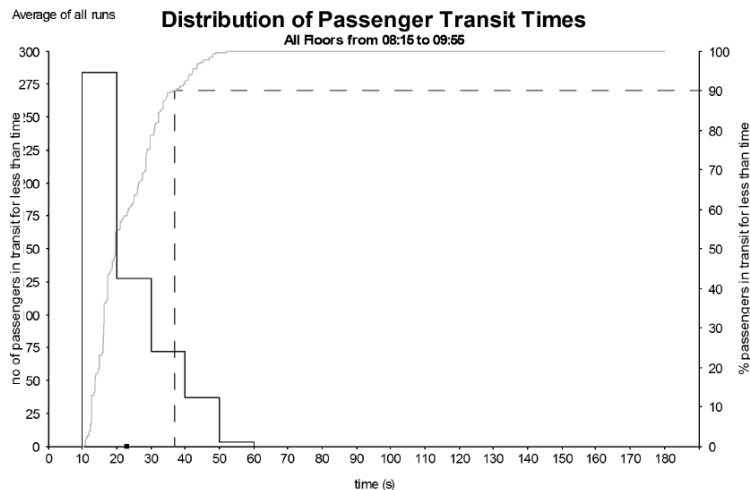
Arrangement	Conventional for Single Deck elevators
Template	Constant traffic: (% building pop per 5 mins)
Demand (% pop per 5 mins)	12.00
Incoming (%)	85.00
Outgoing (%)	10.00
Interfloor (%)	5.00
Start Time (hrs mins)	08.00
End Time (hrs mins)	10.00
Passenger Mass (kg)	75
Passenger Area (m ²)	0.21
Loading Time (s)	1.10
Unloading Time (s)	1.10
Stair Factor (%)	0.00
Capacity Factor by Mass (%)	80.00
Capacity Factor by Area (%)	100.00
Floor Name	Entrance Bias
EG	100.00

Abbildung A.1: Neubauplanung Bürogebäude – Simulationsergebnisse Planungsvariante 1 – Blatt 1 von 3 (Quelle: Ergebnisausdruck Elevate® 8.19)

Page: 2 of 3
 Job: Neubauplanung Bürogebäude
 Job No:
 Calculation Title: Planungsvariante 1
 Made By: Sebastian Dreuer
 Check By:
 File Date: Neubauplanung Bürogebäude_Variante 1_3.Nov.2015_23.01.47



Average Waiting Time (s) 7.6 (+0.0/-0.0)
 Longest Waiting Time (s) 39.0 (+0.0/-0.0)



Average Transit Time (s) 23.0 (+0.0/-0.0)
 Longest Transit Time (s) 52.9 (+0.0/-0.0)

Abbildung A.2: Neubauplanung Bürogebäude – Simulationsergebnisse Planungsvariante 1 – Blatt 2 von 3 (Quelle: Ergebnisausdruck Elevate® 8.19)

Page: 3 of 3
 Job: Neubauplanung Bürogebäude
 Job No:
 Calculation Title: Planungsvariante 1
 Made By: Sebastian Drewes
 Check By:
 File Date: Neubauplanung Bürogebäude_Variante 1_3 Nov 2015_23:01:47

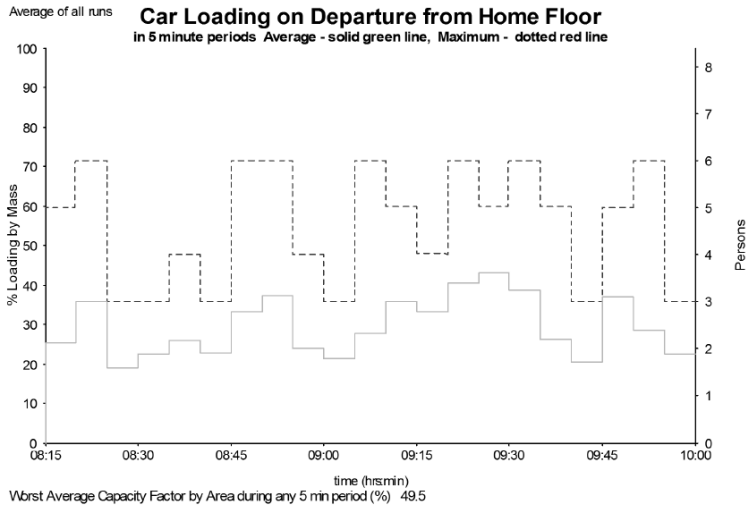


Abbildung A.3: Neubauplanung Bürogebäude – Simulationsergebnisse Planungsvariante 1 – Blatt 3 von 3 (Quelle: Ergebnisausdruck Elevate® 8.19)

Page: 1 of 3
 Job: Neubauplanung Bürogebäude
 Job No:
 Calculation Title: Planungsvariante 2
 Made By: Sebastian Drever
 Check By:
 File Date: Neubauplanung Bürogebäude_Variante 2_3.Nov.2012_23.03.18



ANALYSIS DATA

Analysis Type	Simulation
Measurement system	Metric
Dispatcher Algorithm	Group Collective Traffic mode: Normal
Time slice between simulation calculations (s)	0.10
No of time slices between screen updates	10
No of simulations to run for each configuration	1
Random number seed for passenger generator	1
Energy Model	Off

BUILDING DATA

Floor Name	Floor Level (m)	No of people	Area (m ²)	Area/person	Entrance Floor
UG	0.00	0	-	-	No
EG	4.05	0	-	-	Yes
1.OG	7.90	80	-	-	No
2.OG	11.45	80	-	-	No
3.OG	15.00	80	-	-	No
Absenteesum (%)	10.00				

ELEVATOR DATA

Car 1	
Capacity (kg)	1000
Floor area (m ²)	2.24
Door Pre-opening Time (s)	0.50
Door Open Time (s)	1.80
Door Close Time (s)	2.20
Home Door Dwell 1 (s)	2.00
Home Door Dwell 2 (s)	1.00
Door Dwell 1 (s)	2.00
Door Dwell 2 (s)	1.00
Speed (m/s)	1.00
Acceleration (m/s ²)	1.00
Jerk (m/s ³)	1.20
Start Delay (s)	1.00
Leveling Delay (s)	0.00
Home Floor	EG
Shut down time (s)	0.00
Restart time (s)	0.00
Service	Auto

Floors served	
UG	Yes
EG	Yes
1.OG	Yes
2.OG	Yes
3.OG	Yes

PASSENGER DATA

Arrangement	Conventional for Single Deck elevators
Template	Constant traffic (% building pop per 5 mins)
Demand (% pop per 5 mins)	12.00
Incoming (%)	85.00
Outgoing (%)	10.00
Interfloor (%)	5.00
Start Time (hrs.mins)	08.00
End Time (hrs.mins)	10.00
Passenger Mass (kg)	75
Passenger Area (m ²)	0.21
Loading Time (s)	1.10
Unloading Time (s)	1.10
Stair Factor (%)	0.00
Capacity Factor by Mass (%)	80.00
Capacity Factor by Area (%)	100.00
Floor Name	Entrance Bias
EG	100.00

Abbildung A.4: Neubauplanung Bürogebäude – Simulationsergebnisse Planungsvariante 2 – Blatt 1 von 3 (Quelle: Ergebnisausdruck Elevate® 8.19)

Page: 2 of 3
 Job: Neubauplanung Bürogebäude
 Job No:
 Calculation Title: Planungsvariante 2
 Made By: Sebastian Drever
 Check By:
 File Date: Neubauplanung Bürogebäude_Variante 2_3 Nov 2015_23.03.18

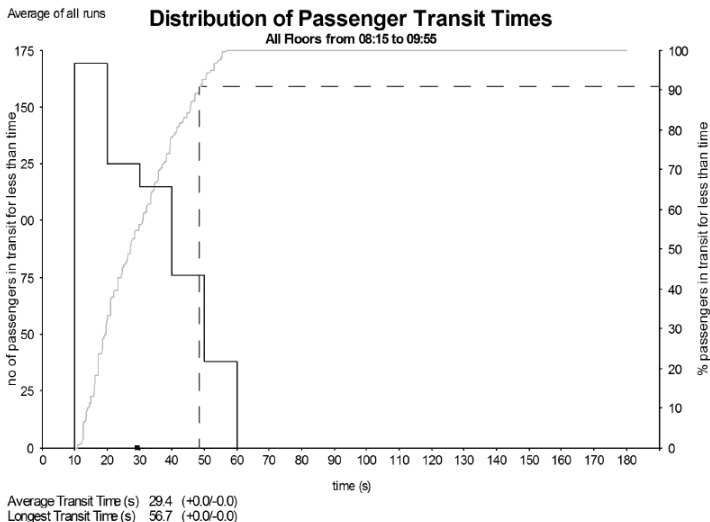
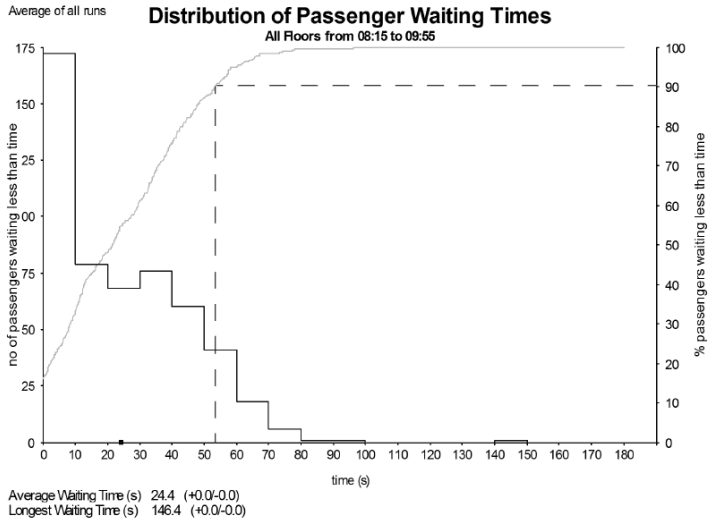


Abbildung A.5: Neubauplanung Bürogebäude – Simulationsergebnisse Planungsvariante 2 – Blatt 2 von 3 (Quelle: Ergebnisausdruck Elevate® 8.19)

Page: 3 of 3
 Job: Neubauplanung Bürogebäude
 Job No:
 Calculation Title: Planungsvariante 2
 Made By: Sebastian Drewer
 Check By:
 File/Date: Neubauplanung Bürogebäude_Variante 2_3.Nov.2015_23.03.18

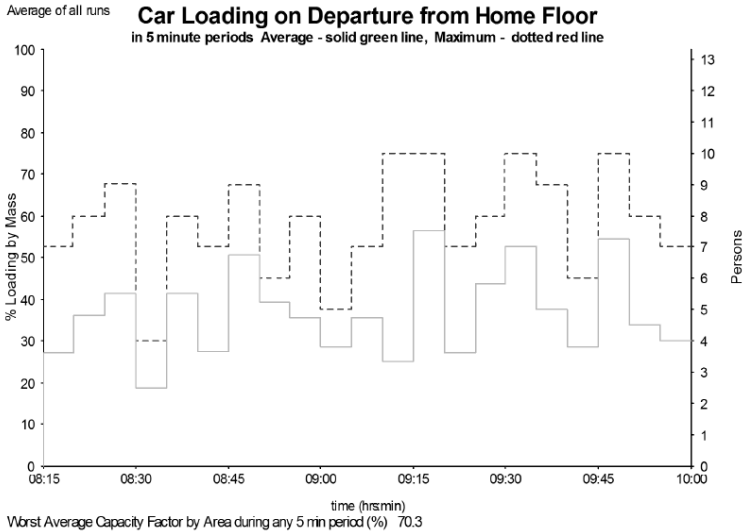


Abbildung A.6: Neubauplanung Bürogebäude – Simulationsergebnisse Planungsvariante 2 – Blatt 3 von 3 (Quelle: Ergebnisausdruck Elevate® 8.19)

Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen - Neubauplanung Bürogebäude - Variante 1											
Annahmen					Eingabewerte						
Zinssatz in %	4,0%				Preissteigerungen in %:						
Preisstand	2015				- Allgemein		2,0%				
Mehrwertsteuer in %	ohne				- Energiekosten		4,0%				
Betrachtungszeitraum	50				- Dienstleistung/Reinigung		2,0%				
Aufzugstechnik					Baukonstruktion						
Herstellungskosten (DIN 276-1, KG 461)	110.000,00 €				110.000,00 €	Herstellungskosten (DIN 276-1, KG 340/350)		20.000,00 €		20.000,00 €	
Betriebskosten (DIN 1896/0):					Betriebskosten (DIN 1896/0):						
- Energie für die Nutzung (KG 316)	1.200,00 €				60.000,00 €	- Energie für die Nutzung (KG 316)		- € - €			
- Reinigung (KG 334)	400,00 €				12.673,70 €	- Reinigung (331/332)		- € - €			
- Wartung, Inspektion, Bedien. (KG 351/353)	2.310,00 €				73.190,59 €	- Wartung, Inspektion, Bedienung (KG 352)		- € - €			
Instandsetzungskosten:					Instandsetzungskosten:						
- Laufend (DIN 1896, KG 426)	1.210,00 €				38.337,93 €	- Laufend (DIN 1896, KG 413/414)		- € - €			
- Ersatz	110.000,00 €				67.696,08 €	- Ersatz		- € - €			
Rückbau- und Entsorgungskosten	20.000,00 €				19.983,19 €	Rückbau- und Entsorgungskosten		5.000,00 €		1.893,70 €	
Barwert					381.781,48 €	Barwert					21.893,70 €
Periode	Aufzugstechnik				Instandsetzung/ Ersatz	Baukonstruktion					
	Herstellung/ Rückbau u. Entsorgung	Betrieb: Energie	Betrieb: Reinigung	Betrieb: Wartung u. Inspektion		Herstellung/ Rückbau u. Entsorgung	Betrieb/ Instandsetzung	Jährliche Summe	Jährliche Summe		
0	110.000,00 €					110.000,00 €	20.000,00 €		20.000,00 €		
1		1.248,00 €	408,00 €	2.356,20 €	1.234,20 €			5.246,40 €	- € - €		
2		1.297,92 €	416,16 €	2.403,32 €	1.258,88 €			5.376,29 €	- € - €		
3		1.349,84 €	424,48 €	2.451,39 €	1.284,06 €			5.509,77 €	- € - €		
4		1.403,83 €	432,97 €	2.500,42 €	1.309,74 €			5.646,96 €	- € - €		
5		1.459,98 €	441,63 €	2.550,43 €	1.335,94 €			5.787,98 €	- € - €		
6		1.518,38 €	450,46 €	2.601,44 €	1.362,66 €			5.932,94 €	- € - €		
7		1.579,12 €	459,47 €	2.653,46 €	1.389,91 €			6.081,97 €	- € - €		
8		1.642,28 €	468,66 €	2.706,53 €	1.417,71 €			6.235,19 €	- € - €		
9		1.707,97 €	478,04 €	2.760,66 €	1.446,06 €			6.392,74 €	- € - €		
10		1.776,29 €	487,60 €	2.815,98 €	1.474,98 €			6.554,75 €	- € - €		
11		1.847,34 €	497,35 €	2.872,19 €	1.504,48 €			6.721,37 €	- € - €		
12		1.921,24 €	507,30 €	2.929,64 €	1.534,57 €			6.892,75 €	- € - €		
13		1.998,09 €	517,44 €	2.988,23 €	1.565,26 €			7.069,03 €	- € - €		
14		2.078,01 €	527,79 €	3.048,00 €	1.596,57 €			7.250,37 €	- € - €		
15		2.161,13 €	538,35 €	3.108,96 €	1.628,50 €			7.436,94 €	- € - €		
16		2.247,58 €	549,11 €	3.171,13 €	1.661,07 €			7.628,90 €	- € - €		
17		2.337,48 €	560,10 €	3.234,56 €	1.694,29 €			7.826,43 €	- € - €		
18		2.430,98 €	571,30 €	3.299,25 €	1.728,18 €			8.029,71 €	- € - €		
19		2.528,22 €	582,72 €	3.365,23 €	1.762,74 €			8.238,92 €	- € - €		
20		2.629,35 €	594,38 €	3.432,54 €	1.798,00 €			8.454,26 €	- € - €		
21		2.734,52 €	606,27 €	3.501,19 €	1.833,96 €			8.675,93 €	- € - €		
22		2.843,90 €	618,39 €	3.571,21 €	1.870,64 €			8.904,14 €	- € - €		
23		2.957,66 €	630,76 €	3.642,64 €	1.908,05 €			9.139,10 €	- € - €		
24		3.075,96 €	643,37 €	3.715,49 €	1.946,21 €			9.381,04 €	- € - €		
25	32.812,12 €	3.199,00 €	656,24 €	3.789,80 €	1.985,13 €	180.466,66 €	222.908,96 €	- € - €			
26		3.326,96 €	669,37 €	3.865,60 €	2.024,84 €		9.886,76 €	- € - €			
27		3.460,04 €	682,75 €	3.942,91 €	2.065,33 €		10.151,04 €	- € - €			
28		3.598,44 €	696,41 €	4.021,77 €	2.106,64 €		10.423,26 €	- € - €			
29		3.742,38 €	710,34 €	4.102,20 €	2.148,77 €		10.703,69 €	- € - €			
30		3.892,08 €	724,54 €	4.184,25 €	2.191,75 €		10.992,61 €	- € - €			
31		4.047,76 €	739,04 €	4.267,93 €	2.235,58 €		11.290,31 €	- € - €			
32		4.209,67 €	753,82 €	4.353,29 €	2.280,29 €		11.597,07 €	- € - €			
33		4.378,06 €	768,89 €	4.440,35 €	2.325,90 €		11.913,20 €	- € - €			
34		4.553,18 €	784,27 €	4.529,16 €	2.372,42 €		12.239,03 €	- € - €			
35		4.735,31 €	799,96 €	4.619,74 €	2.419,87 €		12.574,87 €	- € - €			
36		4.924,72 €	815,95 €	4.712,14 €	2.468,26 €		12.921,08 €	- € - €			
37		5.121,71 €	832,27 €	4.806,38 €	2.517,63 €		13.277,99 €	- € - €			
38		5.326,58 €	848,92 €	4.902,51 €	2.567,98 €		13.645,99 €	- € - €			
39		5.539,64 €	865,90 €	5.000,56 €	2.619,34 €		14.025,44 €	- € - €			
40		5.761,22 €	883,22 €	5.100,57 €	2.671,73 €		14.416,74 €	- € - €			
41		5.991,67 €	900,88 €	5.202,58 €	2.725,16 €		14.820,30 €	- € - €			
42		6.231,34 €	918,90 €	5.306,63 €	2.779,67 €		15.236,54 €	- € - €			
43		6.480,59 €	937,28 €	5.412,77 €	2.835,26 €		15.665,90 €	- € - €			
44		6.739,82 €	956,02 €	5.521,02 €	2.891,96 €		16.108,83 €	- € - €			
45		7.009,41 €	975,14 €	5.631,44 €	2.949,80 €		16.565,80 €	- € - €			
46		7.289,79 €	994,64 €	5.744,07 €	3.008,80 €		17.037,30 €	- € - €			
47		7.581,38 €	1.014,54 €	5.858,95 €	3.068,98 €		17.523,85 €	- € - €			
48		7.884,63 €	1.034,83 €	5.976,13 €	3.130,36 €		18.025,95 €	- € - €			
49		8.200,02 €	1.055,52 €	6.095,66 €	3.192,96 €		18.544,16 €	- € - €			
50	53.831,76 €	8.528,02 €	1.076,64 €	6.217,57 €	3.256,82 €		72.910,81 €	13.457,94 €	- € 13.457,94 €		

Tabelle A.24: Neubauplanung Bürogebäude – Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen – Planungsvariante 1 (Eigene Darstellung)

8 Anhang

Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen - Neubauplanung Bürogebäude - Variante 2										
Annahmen		Eingabewerte				Eingabewerte				
Zinssatz in %		4,0%				Preissteigerungen in %:				
Preisstand		2015				- Allgemein		2,0%		
Mehrwertsteuer in %		ohne				- Energiekosten		4,0%		
Betrachtungszeitraum		50				- Dienstleistung/Reinigung		2,0%		
Aufzugstechnik		Eingabewerte		Barwerte		Baukonstruktion		Eingabewerte		
Herstellungskosten (DIN 276-1, KG 461)		65.000,00 €		65.000,00 €		Herstellungskosten (DIN 276-1, KG 340/350)		15.000,00 € 15.000,00 €		
Betriebskosten (DIN 18960):						Betriebskosten (DIN 18960):				
- Energie für die Nutzung (KG 316)		900,00 €		45.000,00 €		- Energie für die Nutzung (KG 316)		- € - €		
- Reinigung (KG 334)		250,00 €		7.921,06 €		- Reinigung (331/332)		- € - €		
- Wartung, Inspektion, Bedien. (KG 351/353)		1.365,00 €		43.248,99 €		- Wartung, Inspektion, Bedienung (KG 352)		- € - €		
Instandsetzungskosten:						Instandsetzungskosten:				
- Laufend (DIN 18960, KG 426)		715,00 €		22.654,23 €		- Laufend (DIN 18960, KG 413/414)		- € - €		
- Ersatz		65.000,00 €		40.002,23 €		- Ersatz		- € - €		
Rückbau- und Entsorgungskosten		12.000,00 €		11.929,91 €		Rückbau- und Entsorgungskosten		4.000,00 € 1.514,96 €		
Barwert				235.756,42 €		Barwert		16.514,96 €		
Aufzugstechnik						Baukonstruktion				
Periode	Herstellung/ Rückbau u. Entsorgung	Betrieb: Energie	Betrieb: Reinigung	Betrieb: Wartung u. Inspektion	Instand- setzung: Laufend	Instand- setzung: Ersatz	Jährliche Summe	Herstellung/ Rückbau u. Entsorgung	Betrieb / Instand- setzung	Jährliche Summe
0	65.000,00 €						65.000,00 €	15.000,00 €		15.000,00 €
1		936,00 €	255,00 €	1.392,30 €	729,30 €		3.312,60 €		- €	- €
2		973,44 €	260,10 €	1.420,15 €	743,89 €		3.397,57 €		- €	- €
3		1.012,38 €	265,30 €	1.448,55 €	758,76 €		3.484,99 €		- €	- €
4		1.052,87 €	270,61 €	1.477,52 €	773,94 €		3.574,94 €		- €	- €
5		1.094,99 €	276,02 €	1.507,07 €	789,42 €		3.667,50 €		- €	- €
6		1.138,79 €	281,54 €	1.537,21 €	805,21 €		3.762,75 €		- €	- €
7		1.184,34 €	287,17 €	1.567,96 €	821,31 €		3.860,78 €		- €	- €
8		1.231,71 €	292,91 €	1.599,32 €	837,74 €		3.961,68 €		- €	- €
9		1.280,98 €	298,77 €	1.631,30 €	854,49 €		4.065,55 €		- €	- €
10		1.332,22 €	304,75 €	1.663,93 €	871,58 €		4.172,48 €		- €	- €
11		1.385,51 €	310,84 €	1.697,21 €	889,01 €		4.282,57 €		- €	- €
12		1.440,93 €	317,06 €	1.731,15 €	906,79 €		4.395,93 €		- €	- €
13		1.498,57 €	323,40 €	1.765,77 €	924,93 €		4.512,67 €		- €	- €
14		1.558,51 €	329,87 €	1.801,09 €	943,43 €		4.632,89 €		- €	- €
15		1.620,85 €	336,47 €	1.837,11 €	962,30 €		4.756,72 €		- €	- €
16		1.685,68 €	343,20 €	1.873,85 €	981,54 €		4.884,27 €		- €	- €
17		1.753,11 €	350,06 €	1.911,33 €	1.001,17 €		5.015,67 €		- €	- €
18		1.823,23 €	357,06 €	1.949,56 €	1.021,20 €		5.151,05 €		- €	- €
19		1.896,16 €	364,20 €	1.989,55 €	1.041,62 €		5.290,53 €		- €	- €
20		1.972,01 €	371,49 €	2.028,32 €	1.062,45 €		5.434,27 €		- €	- €
21		2.050,89 €	378,92 €	2.068,88 €	1.083,70 €		5.582,39 €		- €	- €
22		2.132,93 €	386,49 €	2.110,26 €	1.105,38 €		5.735,06 €		- €	- €
23		2.218,24 €	394,22 €	2.152,47 €	1.127,48 €		5.892,42 €		- €	- €
24		2.306,97 €	402,11 €	2.195,52 €	1.150,03 €		6.054,63 €		- €	- €
25	19.687,27 €	2.399,25 €	410,15 €	2.239,43 €	1.173,03 €	106.639,39 €	132.548,53 €		- €	- €
26		2.495,22 €	418,35 €	2.284,22 €	1.196,49 €		6.394,29 €		- €	- €
27		2.595,03 €	426,72 €	2.329,90 €	1.220,42 €		6.572,08 €		- €	- €
28		2.698,83 €	435,26 €	2.376,50 €	1.244,83 €		6.755,42 €		- €	- €
29		2.806,79 €	443,96 €	2.424,03 €	1.269,73 €		6.944,50 €		- €	- €
30		2.919,06 €	452,84 €	2.472,51 €	1.295,12 €		7.139,53 €		- €	- €
31		3.035,82 €	461,90 €	2.521,96 €	1.321,03 €		7.340,70 €		- €	- €
32		3.157,25 €	471,14 €	2.572,20 €	1.347,45 €		7.548,23 €		- €	- €
33		3.283,54 €	480,56 €	2.623,85 €	1.374,40 €		7.762,34 €		- €	- €
34		3.414,88 €	490,17 €	2.676,32 €	1.401,88 €		7.983,26 €		- €	- €
35		3.551,48 €	499,97 €	2.729,85 €	1.429,92 €		8.211,22 €		- €	- €
36		3.693,54 €	509,97 €	2.784,45 €	1.458,52 €		8.446,48 €		- €	- €
37		3.841,28 €	520,17 €	2.840,14 €	1.487,69 €		8.689,28 €		- €	- €
38		3.994,93 €	530,57 €	2.896,94 €	1.517,44 €		8.939,89 €		- €	- €
39		4.154,73 €	541,19 €	2.954,88 €	1.547,79 €		9.198,58 €		- €	- €
40		4.320,92 €	552,01 €	3.013,97 €	1.578,75 €		9.465,65 €		- €	- €
41		4.493,76 €	563,05 €	3.074,25 €	1.610,32 €		9.741,38 €		- €	- €
42		4.673,51 €	574,31 €	3.135,74 €	1.642,53 €		10.026,09 €		- €	- €
43		4.860,45 €	585,80 €	3.198,45 €	1.675,38 €		10.320,08 €		- €	- €
44		5.054,86 €	597,51 €	3.262,42 €	1.708,89 €		10.623,69 €		- €	- €
45		5.257,06 €	609,46 €	3.327,67 €	1.743,07 €		10.937,26 €		- €	- €
46		5.467,34 €	621,65 €	3.394,22 €	1.777,93 €		11.261,14 €		- €	- €
47		5.686,03 €	634,09 €	3.462,11 €	1.813,49 €		11.595,71 €		- €	- €
48		5.913,48 €	646,77 €	3.531,35 €	1.849,76 €		11.941,35 €		- €	- €
49		6.150,01 €	659,70 €	3.601,98 €	1.886,75 €		12.298,45 €		- €	- €
50	32.299,06 €	6.396,02 €	672,90 €	3.674,02 €	1.924,49 €		44.966,47 €	10.766,35 €	- €	10.766,35 €

Tabelle A.25: Neubauplanung Bürogebäude – Berechnungshilfe für die Abschätzung der Lebenszykluskosten von Beförderungssystemen – Planungsvariante 2 (Eigene Darstellung)

Dynamische Systemparameter für eine regelmäßige Systemkontrolle - Neubauplanung Bürogebäude - Variante 2, Herst. A						
Eigenschaften des Gebäudes	Sollwert			Istwert (Periode n)		
Gebäudeart, Nutzungsart	Büro und Verwaltung			Beschreibung		
Eigenschaften der Nutzung/Nutzer des Gebäudes	Sollwert*			Istwert (Periode n)		
Personenbelegung/Etage	80 Personen / Etage			-		
Gesamtbelegung	240 Personen			-		
Abwesenheitsfaktor %	10,0			-		
Durchschnittliche Fahrtenanzahl pro Tag	125			-		
Betriebstage pro Jahr	240			-		
Verfügbarkeit pro Monat %	99,0 (Mo.-Fr. zw. 06:00 u. 22:00 Uhr)			-		
Funktionale und techn. Eigenschaften des BFS	Sollwert*			Istwert (Periode n)		
Leistungsfähigkeit:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3
- Halteverlustzeit s	0,1	-	-	-	-	-
Aufzugskonfiguration:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3
- Türöffnungs-/schließzeit s	1,6 / 2,1	-	-	-	-	-
- Türöffenzzeit s	2,0	-	-	-	-	-
- Einfahren mit öffnender Tür s	0,5	-	-	-	-	-
- Nenngeschwindigkeit m/s	1,0	-	-	-	-	-
- Nennbeschleunigung m/s ²	1,0	-	-	-	-	-
- Nennruck m/s ³	1,2	-	-	-	-	-
- Startverzögerung s	0,9	-	-	-	-	-
- Verzögerung Bündigstellung s	-	-	-	-	-	-
Ökon., ökol. und soziale Eigenschaften des BFS	Sollwert*			Istwert (Periode n)		
Nutzungskostenbestandteile:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3
- Betrieb (Energie für die Nutzung)	387,00 €	- €	- €	- €	- €	- €
- Betrieb (Wartung, Inspektion, Bedienung)	1.650,00 €	- €	- €	- €	- €	- €
- Betrieb (Reinigung)	250,00 €	- €	- €	- €	- €	- €
- Laufende Instandsetzung	1.150,00 €	- €	- €	- €	- €	- €
Ressourceninanspruchnahme:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3
- Nutzungskategorie gemäß Fahrtenanzahl pro Tag	2	-	-	-	-	-
- Energieeffizienzklasse	B	-	-	-	-	-
- jährlicher Energiebedarf kWh	1.290	-	-	-	-	-
Fahrqualität:	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3	Aufzug 1	Aufzug 2	Aufzug 3
- Vertikale Beschleunigung/Ruck m/s ² / m/s ³	<1,5 / <2,0	-	-	-	-	-
- Horizontale/vertikale Vibrationen m/s ²	<0,20 / <0,25	-	-	-	-	-
- Schalldruckpegel Fahrkorb/Schachttür dB(A)	<55	-	-	-	-	-

** Es handelt sich um fiktive Sollwerte, welche lediglich einem besseren methodischen Verständnis dienen.

Tabelle A.26: Neubauplanung Bürogebäude – Dynamische Systemparameter für eine regelmäßige Systemkontrolle – Planungsvariante 2, Hersteller A (Eigene Darstellung)

Literaturverzeichnis

- Achammer, Christoph (2009): Integrale Planung – Schlüssel für nachhaltige Gebäude; in: zeno Zeitschrift für nachhaltiges Bauen; 1; S. 46–49.
- Adler, Rodney R. (1970): Vertical Transportation for Buildings; New York, Barking, Amsterdam: American Elsevier Publishing Company.
- Aladem, Mohamed; Al-Sharif, Lutfi (2014): Discrete Event Elevator Simulator Architecture; in: Lift Report; 40 (2014); H. 2; S. 18–29.
- Almeida, Anibal et al. (2010): E4 – Energy efficient elevators and escalators; Intelligent Energy Europe.
- Al-Sharif, Lutfi (2014a): Teil I Bewertung des Fahrgastbedarfs – Gestaltung des modernen Aufzugsverkehrs; in: Lift Report; 40 (2014); H. 4; S. 4–15.
- Al-Sharif, Lutfi (2014b): Gestaltung des modernen Aufzugsverkehrs – Teil II Bereitstellung der Versorgung, Berechnung der Rundfahrzeit für den grundlegendsten Fall aller Fälle; in: Lift Report; 40 (2014); H. 5; S. 4–17.
- Al-Sharif, Lutfi (2014c): Gestaltung des modernen Aufzugsverkehrs – Teil III Aufzugskinematik; in: Lift Report; 40 (2014); H. 6; S. 4–19.
- Al-Sharif, Lutfi (2015): Gestaltung des modernen Aufzugsverkehrs – Teil VII Formeln für die durchschnittliche Wartezeit und durchschnittliche Fahrzeit; in: Lift Report; 41 (2015); H. 4; S. 22–32.
- Al-Sharif, Lutfi; Aal, Osama F. Abdel; Alqumsan, Ahmad M. Abu (2011): The use of Monte Carlo simulation to evaluate the passenger average travelling time under up-peak traffic conditions; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Northampton; S. 1–17.
- Al-Sharif, Lutfi; Alqumsan, Ahmad M. Abu; Aal, Osama F. Abdel (2012): The HARint plane – A Graphical Method for Visualising the Optimality of an Elevator System Design Option; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): 2nd Symposium on Lift and Escalator Technologies; Northampton; S. 1–7.
- Al-Sharif, Lutfi; Algzawi, Hasan; Hammoudeh, Ahmad T. (2014): Deriving Elevator RTT under Incoming Traffic Conditions and a Single Entrance – The Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method is utilized as a viable alternative by which to calculate round-trip time (RTT); in: Elevator World; LXII (2014); H. 1; S. 90–94.

- Al-Sharif, Lutfi; Alqumsan, Ahmad M. Abu; Hammoudeh, Ahmad T. (2014): Methods for Evaluating Elevator RTT – Six methods are used to evaluate round-trip time (RTT), using numerical analytics and simulation; in: Elevator World; LXII (2014); H. 12; S. 62–66.
- Al-Sharif, Lutfi; Peters, Richard David; Smith, Rory (2015): Elevator Energy Simulation Model; unter: <https://www.peters-research.com/index.php/support/articles-and-papers/46-elevator-energy-simulation-model> (Stand: 23.10.2015).
- Al-Sharif, Lutfi et al. (2012): Evaluating the Elevator Round Trip Time under Up-Peak Traffic Conditions using the Monte Carlo Simulation Method; in: Lustig, A. (Hrsg.): Elevator Technology 19 – Proceedings of Elevcon 2012; S. 166–177.
- Al-Sharif et al. (2013): Converting the User Requirements into an Elevator Traffic Design – The HARint Space; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Volume 3; Northampton; S. 1–9.
- Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2010): Aufzug Service 2010 – Vertragsmuster für Instandhaltung sowie andere Leistungen für Aufzugsanlagen in öffentlichen Gebäuden; Berlin.
- Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (2014): Aufzug 2014 – Hinweise für Planung, Ausschreibung und Betrieb von Aufzugsanlagen in öffentlichen Gebäuden; Berlin.
- Architektengesetz in der Fassung vom 28. März 2011 (GBI.S.152) geändert durch Artikel 10 der Verordnung vom 25. Januar 2012 (GBI.S.65).
- Aufzugswerke M. Schmitt + Sohn GmbH & Co. KG (2011): ISI 2040® – Der Aufzug; Nürnberg.
- Babu; Samson Rajan (2014): Vertical Transportation Design Planning – What manufacturers and architects should be aware of in the planning stages of a building's elevating; in: Elevator World; LXII (2014); H. 3; S. 112–120.
- Bachmann, Oliver (1992): Aufzüge und Fahrtreppen – Technik, Planung, Design; Landsberg am Lech: Verlag Moderne Industrie.
- Bahr, Carolin; Lennerts, Kunibert (2010): Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen – Endbericht; Berlin.
- Balck, Henning (2010): Mehr Immobilienerfolg durch effizientere Bauprodukte?; in: Facility Management Aktuell; (2010); H. 5; S. 4.

- Balck, Henning (2012): Lebenszyklusorientierte Ausschreibung und Vergabe im Hochbau – Methodische Grundlagen; Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Barney, Gina (2003): Elevator Traffic Handbook – Theory and Practice; London, New York: Spon Press.
- Barney, Gina (2010a): Interior circulation; in: The Chartered Institution of Building Service Engineers (Hrsg.): Transportation systems in buildings – CIBSE Guide D: 2010; 4th edition; London: CIBSE Publications Department; S. 2-1 - 2-13.
- Barney, Gina (2010b): Traffic planning and selection of lift equipment and performance; in: The Chartered Institution of Building Service Engineers (Hrsg.): Transportation systems in buildings – CIBSE Guide D: 2010; 4th edition; London: CIBSE Publications Department; S. 3-1 - 3-20.
- Barney, Gina (2011): Energy Models for Lifts; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Northampton; S. 22–31.
- Barney, Gina; dos Santos, S. M. (1977): Lift traffic analysis, design and control; Stevenage: Peter Peregrinus Ltd..
- Barney, Gina; Lafuente, Ana-Maria Lorente (2013): Simplified Energy Calculations for Lifts Based on ISO/DIS 25745-2; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Volume 3; Northampton; S. 10–19.
- Bates, V. Quentin (1986): Theoretical performance versus actual measurement; in: Gina Barney (Hrsg.): Elevator Technology; Chichester, West Sussex: Ellis Horwood Limited; S. 165–173.
- Bauer, Michael (2009): Ganzheitlicher Ansatz – Life Cycle Engineering; in: zenoz Zeitschrift für nachhaltiges Bauen; (2009); H. 01; S. 42–45.
- Baugesetzbuch (BauGB) (2015).
- Beier, Carsten (2009): Abschlussbericht – Analyse des Energieverbrauchs und exemplarische Best-practice-Lösungen für relevante Verbrauchssektoren in Krankenhäusern; Oberhausen.
- Bello, Paula (2012): To A Higher Level; in: Lift Report; 38 (2012); H. 3; S. 16–22.
- Bernard, Andreas (2006): Die Geschichte des Fahrstuhls – Über einen beweglichen Ort der Moderne; Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag.

- Bernstein, Lenny et al. (2007): Climate Change 2007 – Synthesis Report – An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Valencia.
- Bienert, Sven et al. (2010): Working paper – Report D7.2 Methodologies for Integration of Energy Performance and Life-Cycle Costing Indicators into Property Valuation Practice.
- Bleicher, Knut (1972): Organisation als System; Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler.
- Bodenstein, Ferdinand (2005): Maschinenelemente – Gestaltung, Berechnung, Anwendung; Berlin: Springer.
- Both, Petra von (2006): Ein systemisches Projektmodell für eine kooperative Planung komplexer Unikate; Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.
- Both, Petra von; Koch, Volker; Kindsvater, Andreas (2013): BIM – Potentiale, Hemmnisse und Handlungsplan; Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Braun Aufzüge GmbH & Co. KG (2011): Personenaufzug BSO25d – Maschinenraumloser Aufzug mit 2:1-Zentral-Aufhängung und Gearlessantrieb im Schachtkopf; Zierenberg.
- British Standards (2011): BS 5655-6 – Lifts and service lifts – Code of practice for the selection, installation and location of new lifts.
- Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738), das durch Artikel 6 des Gesetzes vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3458) geändert worden ist.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2015): Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB); unter: <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebauedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html> (Stand: 23.10.2015).
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2015): Abschlussbericht der Arbeitsgruppe Bauvertragsrecht; unter: https://www.bmjv.de/SharedDocs/Downloads/DE/pdfs/Abschlussbericht_der_Arbeitsgruppe_Bauvertragsrecht_beim_BMJ.pdf?__blob=publicationFile (Stand: 23.10.2015).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2011a): Kriterien – BNB Büro- und Verwaltungsgebäude – Neubau – Version 2011_1 – Soziokulturelle Qualität; unter: <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/bnb-buerogebaeude/bnb-bn-2011-1/kriterien-bnb-buero-und-verwaltungsgebaeude-neubau.html> (Stand: 23.10.2015).

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2011b): Kriterien – BNB Büro- und Verwaltungsgebäude – Neubau – Version 2011_1 – Ökonomische Qualität; unter: <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/bnb-bueroegebaeude/bnb-bn-2011-1/kriterien-bnb-buero-und-verwaltungsgebaeude-neubau.html> (Stand: 23.10.2015).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015a): Internationale Klimapolitik; unter: www.bmub.bund.de/P201 (Stand: 23.10.2015).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015b): Informationsportal Nachhaltiges Bauen – Ökobau.dat – Allgemeines; unter: <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html> (Stand: 23.10.2015).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015c): Informationsportal Nachhaltiges Bauen – Die Lebenszyklusbetrachtung; unter: <http://www.nachhaltigesbauen.de/nachhaltiges-bauen/nachhaltiges-bauen/lebenszyklusbetrachtung.html> (Stand: 23.10.2015).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011a): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude – 2.1.1 Ökonomische Qualität – Lebenszykluskosten – Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus; Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011b): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und Verwaltungsgebäude – 3.2.1 Soziokulturelle Qualität – Funktionalität – Barrierefreiheit; Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011c): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und Verwaltungsgebäude – 3.2.2 Soziokulturelle Qualität – Funktionalität – Flächeneffizienz; Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011d): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und Verwaltungsgebäude – 3.2.3 Soziokulturelle Qualität – Funktionalität – Umnutzungsfähigkeit; Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011e): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude – 5.1.1 Prozessqualität – Planung – Projektvorbereitung; Berlin.

- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011f):
Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und
Verwaltungsgebäude – 5.1.2 Prozessqualität – Planung – Integrale
Planung; Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011g):
Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und
Verwaltungsgebäude – 5.1.3 Prozessqualität – Planung – Komplexität
und Optimierung der Planung; Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011h):
Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und
Verwaltungsgebäude – 5.2.2 Prozessqualität – Bauausführung –
Qualitätssicherung der Bauausführung; Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011i):
Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und
Verwaltungsgebäude – 5.2.3 Prozessqualität – Bauausführung –
Systematische Inbetriebnahme; Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011j):
Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland;
BMVBS-Online-Publikation; Nr. 16/2011; Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011k):
Leitfaden Nachhaltiges Bauen; Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2013): Leitfaden
Nachhaltiges Bauen; Berlin.
- Busenkell, Michaela (2010): Best high-rises 2010/11 – The International
Highrise Award 2010 – Internationaler Hochhaus Preis 2010; Berlin:
Jovis.
- Busse, Daniela (2012): Nachhaltigkeitsaspekte in Theorie und Praxis der
Entscheidungsfindung – Perspektiven institutioneller Steuerung in der
Immobilienwirtschaft; Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Canepa, Peter (2011): Life Cycle Assessment according to ISO 14044 –
Environmental Assessment of Lifts; in: Lift Report; 37 (2011); H. 5; S.
56–62.
- Caporale, Robert S. (2011): The World of Elevator Consulting; in: Elevator
World; LIX (2011); H. 2; S. 6.
- Christy, Theresa Muenkel (2014): Common Misconceptions Regarding
Elevator Traffic Simulations – How to properly interpret and apply data
obtained from elevator traffic simulations; in: Elevator World; LXII
(2014); H. 4; S. 61–64.

- Crossette, Barbara et al. (2011): State of world population 2011 – People and possibilities in a world of 7 billion; New York: UNFPA.
- Deppenmeier, Jens (2011): Lebenszyklusorientierte Planung von Erschließungskonzepten in Hochhäusern am Beispiel von Aufzugsanlagen – Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Lebenszykluskosten mit Hilfe von Verkehrsberechnungs-Simulationen unter Berücksichtigung der Transportstrategie; Kassel: Kassel University Press.
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (2009): DGNB Handbuch – Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude – Version 2009; Stuttgart.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (1960): DIN 1960 – VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (1961): DIN 1961 – VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (1996): DIN 18205 – Bedarfsplanung im Bauwesen – Brief for building design; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2002): DIN 15306 – Personenaufzüge für Wohngebäude – Baumaße, Fahrkorbmaße, Türmaße; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2002): DIN 15309 – Personenaufzüge für andere als Wohngebäude sowie Bettenaufzüge – Baumaße, Fahrkorbmaße, Türmaße; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2002): DIN 18299 – VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2003): DIN EN 81-72 – Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen – Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge – Teil 72: Feuerwehraufzüge; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2005): DIN 277-1 – Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau – Teil 1: Begriffe, Ermittlungsgrundlagen; Berlin: Beuth Verlag.

- Deutsches Institut für Normung e.V. (2005): DIN 277-2 – Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau – Teil 2: Gliederung der Netto-Grundfläche; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2005): DIN EN 81-70 – Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen – Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge – Teil 70: Zugänglichkeit von Aufzügen für Personen einschließlich Personen mit Behinderungen; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2006): DIN EN ISO 14044 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2006): DIN 276-1 Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2007): DIN EN 81-71 – Sicherheitsregeln für Konstruktion und Einbau von Aufzügen – Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge – Teil 71: Schutzmaßnahmen gegen mutwillige Zerstörung; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2008): DIN 18960 – Nutzungskosten im Hochbau; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2009): DIN EN ISO 14040 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2010): DIN EN 81-1 – Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen – Teil 1: Elektrisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2010): DIN EN 81-2 – Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen – Teil 2: Hydraulisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2010): DIN 18040-1 – Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2010): DIN EN 15643-1 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 1: Allgemeine Rahmenbedingungen; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2011): DIN 18040-2 – Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 2: Wohnungen; Berlin: Beuth Verlag.

- Deutsches Institut für Normung e.V. (2011): DIN EN ISO 14025 – Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2012): DIN EN 15643-3 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 3: Rahmenbedingungen für die Bewertung der sozialen Qualität; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2012): DIN EN 15643-4 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 4: Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2012): DIN EN 15804 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2012): DIN 18385 – VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Förderanlagen, Aufzugsanlagen, Fahrtreppen und Fahrsteige; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2013): DIN EN ISO 25745-1 – Energieeffizienz von Aufzügen, Fahrtreppen und Fahrsteigen – Teil 1: Energiemessung und Überprüfung; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2014): DIN EN 81-77 – Sicherheitsregeln für Konstruktion und Einbau von Aufzügen – Besondere Anwendungen für Personen- und Lastenaufzüge – Teil 77: Aufzüge unter Erdbebenbedingungen; Berlin: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2015): DIN EN ISO 25745-2 – Energieeffizienz von Aufzügen, Fahrtreppen und Fahrsteigen – Teil 2: Energieberechnung und Klassifizierung von Aufzügen; Berlin: Beuth Verlag.
- DigiPara GmbH (2014): DigiPara Suite – Konzentrieren Sie sich auf das Wesentliche – Endlich effizient planen und verkaufen; Frechen.
- Dinkel, Fredy (2014): Ökobilanzen – Lebenszyklusanalysen (LCA) – Ökologische Produktdeklaration – PCR und EPD von Liften; Frankfurt am Main.
- Directive 95/16/EC of the European Parliament and Council of 29 June 1995 on the approximation of the laws of the Member States relating to lifts.
- Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.

- Dispan, Jürgen (2007): Branchenreport Aufzüge und Fahrtreppen – Branche im Wandel – Untersuchung zur Situation und Entwicklung der Branche Aufzüge und Fahrtreppen; Frankfurt am Main.
- Dispan, Jürgen (2015): Aufzugs- und Fahrtreppenbranche in Deutschland – Entwicklungstrends und Herausforderungen – Branchenreport 2015; Stuttgart: IMU Institut GmbH.
- Ebert, Thilo; Eßig, Natalie; Hauser, Gerd (2010): Zertifizierungssysteme für Gebäude – Nachhaltigkeit bewerten – Internationaler Systemvergleich Zertifizierung und Ökonomie; 1. Aufl.; München: DETAIL Institut für Intern. Architektur-Dokumentation.
- Eisele, Johann (2002): Konstruktion und Gestalt; in: Eisele, Johann; Kloft, Ellen (Hrsg.): Hochhaus-Atlas – Typologie und Beispiele, Konstruktion und Gestalt, Technologie und Betrieb; München: Callwey; S. 116–125.
- Eitelhuber, Andreas (2007): Partnerschaftliche Zusammenarbeit in der Bauwirtschaft; Kassel: Kassel University Press.
- European Commission (1997): European methodology for the evaluation of Environmental impact of buildings – Life cycle assessment – The Integration of Environmental Assessment in the Building Design Process; Regener Project.
- European Commission (2015): Buildings; unter:
http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm
(Stand: 13.7.2015).
- Finschi, Lukas (2011): State-of-the-Art Traffic Analysis; in: Elevator World; LIX (2011); H. 9; S. 84–96.
- Fischer, Heinz-Martin et al. (2008): Lehrbuch der Bauphysik – Schall – Wärme – Feuchte – Licht – Brand – Klima; 6., aktualisierte und erweiterte Auflage; Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Flechtner, Hans Joachim (1966): Grundbegriffe der Kybernetik; 1. Aufl.; Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Fortune, James W. (2013): Design Challenges of High-Speed Elevators; in: Elevator World; LXI (2013); H. 11; S. 108–109.
- Francesco, Giuseppe De (2015): Door Technology for High-Rise Applications – The variables that affect door systems in tall buildings, from urbanization to door construction, are examined; in: Elevator World; LXIII (2015); H. 10; S. 154–164.
- Frick, Otto; Neumann, Dietrich; Weinbrenner, Ulrich (2013): Baukonstruktionslehre; 34. Aufl.; Stuttgart: Vieweg + Teubner.

- Gale, John (2015): European Lift Congress 2014 – Academic papers examine an industry in flux, serve as reminder to be prepared; in: Elevator World; LXIII (2015); H. 1; S. 116–121.
- Geissler, Achim (2014): Behaglichkeit; in: Fachhochschule Nordwestschweiz; Institut Energie am Bau (Hrsg.): Energieeffizientes Bauen – Konzepte, Kriterien, Systeme; Zürich: Faktor Verlag; S. 11–13.
- Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (2014): Standardleistungsbuch Bau (STLB-Bau) – Dynamische BauDaten; Berlin.
- Gemici-Loukas, Ebru (2014): Aufzugsbranche stabil auf Wachstumskurs; in: Lift Report; 40 (2014); H. 4; S. 59–60.
- German Facility Management Association (2010): GEFMA 220-1 – Lebenszykluskosten-Ermittlung im FM – Einführung und Grundlagen.
- Gibson, George W. (2010): Nonconventional Elevators, Special Applications, and Environmental Considerations; in: Strakosch, George R.; Caporale, Robert S. (Hrsg.): The vertical transportation handbook; 4. Aufl.; New York: John Wiley & Sons; S. 381–448.
- Göddecke-Stellmann et al. (2011): Metropolitan areas in Europe; BBSR-Online-Publikation; Nr. 01/2011.
- Godwin, A., K. et al. (2012): Adsimulo – An Expert System for the Design of Passenger Lift Services; in: Lustig, A. (Hrsg.): Elevator Technology 19 – Proceedings of Elevcon 2012; S. 27–38.
- Gossauer, Elke (2008): Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden – Eine Feldstudie – Analyse von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Komfortparametern am Arbeitsplatz; Dissertation; Karlsruhe.
- Grass, Brigitte (2003): Einführung in die Betriebswirtschaftslehre – Das System Unternehmung – Systemelemente, Beziehungen und Strukturen im System Unternehmung, betriebliches Umsystem; 2., aktualisierte und erweiterte Aufl.; Herne: Verlag Neue Wirtschafts-Briefe.
- Greenpeace International (2009): Racing Over the Edge – New science on the climate crisis; Amsterdam.
- Grohmann, Manfred; Kloft, Harald (2002): Tragwerke; in: Eisele, Johann; Kloft, Ellen (Hrsg.): Hochhaus-Atlas – Typologie und Beispiele, Konstruktion und Gestalt, Technologie und Betrieb; München: Callwey; S. 96–115.
- Groot, Pieter J. de (2012): Elevator Planning for Tall Residential Buildings; in: Elevator World; LX (2012); H. 5; S. 76–80.

- Groot, Pieter J. de (2014a): Building Planning – An examination of methods proposed in recent EW articles; in: Elevator World; LXII (2014); H. 2; S. 98–99.
- Groot, Pieter J. de (2014b): Layered Zoning for Tall and Slender Buildings; in: Elevator World; LXII (2014); H. 6; S. 116–121.
- Hakonen, Henri; Siikonen, Marja-Liisa (2009): Verfahren für die Simulation von Aufzugsverkehr; in: Lift Report; 35 (2009); H. 5; S. 78 ff.
- Halsey, Len (2013): Lift design for modern buildings – What is the market looking for?; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Volume 3; Northampton; S. 53–61.
- Hayner, Michael; Ruoff, Jo; Thiel, Dieter (2011): Faustformel – Gebäudetechnik für Architekten; 2. Aufl.; München: Deutsche Verlagsanstalt.
- Heinze GmbH (2015a): Übersicht Tools – Baupreisinfo – Das kostenlose Online-Werkzeug für Architekten und Planer; unter: <http://www.heinze.de/tools/baupreisinfo> (Stand: 23.10.2015).
- Heinze GmbH (2015b): Übersicht Tools – Ausschreibungstexte; unter: <http://www.heinze.de/tools> (Stand: 23.10.2015).
- Hirzel, Simon; Fleiter, Tobias; Rosende, Daniel (2010): E4 – Energy efficient elevators and escalators – Elevators and escalators in Germany from an energy perspective; Intelligent Energy Europe; Karlsruhe.
- Hischier, Roland et al. (2010): Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods – ecoinvent report No. 3 v2.2; St. Gallen.
- Hodulak, Martin; Schramm, Ulrich (2011): Nutzerorientierte Bedarfsplanung – Prozessqualität für nachhaltige Gebäude; Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hompel, Michael ten; Schmidt, Thorsten; Nagel, Lars (2007): Materialflusssysteme – Förder- und Lagertechnik; 3., völlig neu bearbeitete Auflage; Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hornung, Bele (2002): Architekturmanagement – Der Architekt im Realisationsprozess von Hochhäusern; in: Eisele, Johann; Kloft, Ellen (Hrsg.): Hochhaus-Atlas – Typologie und Beispiele, Konstruktion und Gestalt, Technologie und Betrieb; München: Callwey; S. 250–255.
- Horny, Günter (2014): Umweltprodukterklärungen für Aufzüge – Der VDMA informiert aus erster Hand; in: Lift Report; 40 (2014); H. 2; S. 44.

- Hütter-Aufzüge GmbH (a): Seil 1000-MRL; Glinde.
- Hütter-Aufzüge GmbH (b): Seil 630-MRL; Glinde.
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (2013a): Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025 und EN 15804 – Beton der Druckfestigkeitsklasse C 50/60; Berlin 2013.
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (2013b): Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025 und EN 15804 – Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche; Berlin 2013.
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (2015a): Datenbanksystem des IBU; unter: <https://epd-online.com/> (Stand: 23.10.2015).
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (2015b): Umwelt-Produktdeklarationen (EPDs) nach Bauprodukte-Kategorien; unter: <http://bau-umwelt.de/hp6249/EPDs-nach-Kategorien.htm> (Stand: 23.10.2015).
- International Organization for Standardization (1984): ISO 4190-6 – Lifts and service lifts (USA : elevators and dumbwaiters) – Part 6: Passenger lifts to be installed in residential buildings – Planning and selection; Berlin: Beuth Verlag.
- International Organization for Standardization (2004): ISO/TR 11071-1 – Comparison of worldwide lift safety standards – Part 1: Electric lifts (elevators); Berlin: Beuth Verlag.
- International Organization for Standardization (2007): ISO 21930 – Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products; Berlin: Beuth Verlag.
- International Organization for Standardization (2008): ISO 15392 – Sustainability in building construction – General principles; Berlin: Beuth Verlag.
- International Organization for Standardization (2008): ISO 15686-5 – Buildings and constructed assets – Service-life planning – Part 5: Life-cycle costing; Berlin: Beuth Verlag.
- International Organization for Standardization (2010): ISO 4190-1 – Lift (Elevator) installation – Part 1: Class I, II, III and VI lifts; Berlin: Beuth Verlag.
- International Organization for Standardization (2012): ISO 15686-2 – Hochbau und Bauwerke – Planung der Lebensdauer – Teil 2: Verfahren zur Voraussage der Lebensdauer; Berlin: Beuth Verlag.

- International Organization for Standardization (2012): ISO 18738-1 – Measurement of ride quality – Part 1: Lifts (elevators); Berlin: Beuth Verlag.
- Jappsen, Hans M. (2002): Aufzugsanlagen; in: Eisele, Johann; Kloft, Ellen (Hrsg.): Hochhaus-Atlas – Typologie und Beispiele, Konstruktion und Gestalt, Technologie und Betrieb; München: Callwey; S. 234–241.
- Jappsen, Hans M.; Rieke, Olaf (2012): Difficulties in Comparing the Results of Lift-Traffic-Simulations; in: Lustig, A. (Hrsg.): Elevator Technology 19 – Proceedings of Elevcon; S. 90–105.
- John Portman & Associates (2013): Hyatt Regency Atlanta; Atlanta, GA, USA.
- Jones, Bassett (1923): The Probable Number of Stops Made by An Elevator; in: General Electric Review; XXVI (1923); H. 8; S. 583–587.
- Jones, Ian (2013): The revision of EN81-1 and EN81-2 to become EN81-20 and EN81-50; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Volume 3; Northampton; S. 62–70.
- Khaleel, Rasha; Al-Sharif, Lutfi; Salahat, Mazuz (2013a): Derivation of a Universal Elevator Round Trip Time Formula under Up-peak Traffic for the Case of Four Special Conditions; in: Lift Report; 39 (2013); H. 2; S. 17–29.
- Khaleel, Rasha; Al-Sharif, Lutfi; Salahat, Mazuz (2013b): Derivation of an Elevator Round Trip Time Formula under Up-peak Traffic for the Case of Four Special Conditions; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Volume 3; Northampton; S. 80–98.
- Klinge, Martina; Lützkendorf, Thomas (2007): Informationsmanagement und Stakeholderdialog im Bauwesen; in: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis; 16 (2007); H. 3; S. 46–53.
- Kloft, Ellen (2002): Gebäudetypologie; in: Eisele, Johann; Kloft, Ellen (Hrsg.): Hochhaus-Atlas – Typologie und Beispiele, Konstruktion und Gestalt, Technologie und Betrieb; München: Callwey; S. 10–23.
- Kloke Aufzugsanlagenbau GmbH & Co. KG (2015): Serie 900 – Kabinen- und Schachtabmessungen; Hamm.
- KONE Corporation: Environmental product declaration – KONE MONOSPACE 500.
- KONE Corporation (2015a): KONE Elevator Toolbox; unter: <https://toolbox.kone.com/> (Stand: 23.10.2015).

- KONE Corporation (2015b): KONE Quick Traffic 2.3. – Elevator Traffic Calculation; unter:
https://toolbox.kone.com/media/mpb/frontpage_mpb/Quick%20Traffic.html?rdrsrc=/media/mpb/frontpage_mpb/Quick%20Traffic.html&rdrtrg=https://toolbox.kone.com/media/mpb/frontpage_mpb/Quick%20Traffic.html (Stand: 23.10.2015).
- KONE GmbH (2013a): Von der Aufzugs-App zum Kabinendesigner; in: Lift Report; 39 (2013); H. 2; S. 93.
- KONE GmbH (2013b): KONE MonoSpace® 700 – Planungshilfe 1.0 – 2.0m/s 630 – 2.000 kg; Hannover.
- KONE GmbH (2014): KONE MonoSpace® 500 – Planungshilfe 1,0 – 1,75 m/s 240 – 1.150 kg; Hannover.
- KONE GmbH (2015): KONE EcoSpace® – Der funktionelle Aufzug für Wohngebäude; Hannover.
- König, Holger et al. (2009): Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung – Grundlagen, Berechnung, Planungswerkzeuge; 1. Aufl. München: DETAIL Institut für Intern. Architektur-Dokumentation.
- König, Jan (2015): Produktkategorie-Regeln (PCR) und Umwelt-Produktdeklarationen (EPDs) für Aufzüge; in: Lift Report; 41 (2015); H. 3; S. 14–16.
- Küntscher, Dietmar; Fiedler, Martin (1989): Aufzulanlagen; 1. Aufl.; Berlin: Verlag Technik.
- Laasch, Thomas; Laasch, Erhard (2009): Haustechnik – Grundlagen, Planung, Ausführung; 12. überarbeitete und aktualisierte Auflage; Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Lafuente, Ana-Maria Lorente (2013): Life Cycle Analysis and Energy Modelling of Lifts; Dissertation; Universidad de Zaragoza.
- Lampugnani, Vittorio Magnago (1994): The Lift as a Place of Lingerin; in: Lampugnani, Vittorio Magnago (Hrsg.): Vertical – Lift, escalator, paternoster – a cultural history of vertical transport; 1. Aufl.; Berlin: Ernst; S. 6–7.
- Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) in der Fassung vom 5. März 2010.
- Lenzner, Volker; Böhm, Werner (2011): Aufzugstechnik; 1. Aufl.; Würzburg: Vogel.

- Lightfoot, Xavier; Hibner, Kate (2013): Global Launch of the Kone UltraRope – The Users Meeting; in: Lift Report; 39 (2013); H. 4; S. 77–78.
- Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus; Born, Rolf (2011): Deutsche Gebäudetypologie – Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden; Darmstadt.
- Löhnert, Günter; Dalkowski, Andreas; Römmling, Uwe (2011): Integrale Planung – Zusammenhänge, Zielkonflikte, Meilensteine; in: xia intelligente architektur; 76 (2011); 07-09/11; S. 36–41.
- Markon, Sandor (2010): Control of traffic systems in buildings; London: Springer-Verlag.
- Meins, Erika et al. (2011): Nachhaltigkeit und Wertermittlung von Immobilien – Leitfaden für Deutschland, Österreich und die Schweiz (NUWEL); Zürich.
- Montesano, Nicholas J. (2010): Economics, Maintenance, and Modernization; in: Strakosch, George R.; Caporale, Robert S. (Hrsg.): The vertical transportation handbook; 4. Aufl.; New York: John Wiley & Sons; S. 517–542.
- Musterbauordnung – MBO; Fassung November 2002 zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 21.09.2012.
- Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern – Muster-Hochhaus-Richtlinie – MHHR; Fassung April 2008.
- Neufert, Ernst et al. (2012): Bauentwurfslehre; 40. Aufl.; Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Nipkow, Jürg (2005): Elektrizitätsverbrauch und Einspar-Potenziale bei Aufzügen – Schlussbericht November 2005; Zürich.
- o.V. (2010): Der Drang nach oben; in: ThyssenKrupp magazin Architektur; (2010); H. 1; S. 29.
- o.V. (2011a): KONE announces 50% energy reduction in its volume elevators; in: Elevation; 66 (2011); H. 01; S. 9.
- o.V. (2011b): Zahlen geben Sicherheit – Ressourcen in Zahlen – Digits give Security – Our Resources in Statistics; in: profile Magazin über Architektur; (2011); H. 08; S. 33.
- o.V. (2015): Überarbeitung von ISO 4190-6:1984 – Sitzung der Arbeitsgruppe in Oberwesel 5.-7. November 2014; in: Lift Report; 41 (2015); H. 1; S. 64.
- Orona-Gruppe (2015a): Orona 3G X-10 – Getriebelose Lösungen ohne Maschinenraum (MRLG).

- Orona-Gruppe (2015b): Orona 3G X-15 – Getriebelose Lösungen ohne Maschinenraum (MRLG).
- OSMA-Aufzüge Albert Schenk GmbH & Co. KG (2014): Aufzugsprogramm BASIC; Osnabrück.
- OSMA-Aufzüge Albert Schenk GmbH & Co. KG (2015): Aufzugsprogramm CLASSIC; Osnabrück.
- OTIS GmbH & Co. OHG (2009a): GeN2™ Premier. Planungszeichnungen – Der Aufzug für höchste Ansprüche in exklusiven Hotels und gehobenen Wohn- und Geschäftshäusern; Berlin.
- OTIS GmbH & Co. OHG (2009b): GeN2™ Comfort Planungszeichnungen – Der zuverlässige Aufzug für Wohngebäude und funktionale Geschäftsgebäude; Berlin.
- Patton, Phil (2003): Hovering Vision; in: Goetz, Alisa (Hrsg.): Up, down, across – Elevators, escalators and moving sidewalks; Washington DC, London: National Building Museum; S. 105–124.
- Peters, Richard David (1998): Vertical Transportation Planning in Buildings – A Portfolio Thesis for the Degree of Doctor of Engineering in Environmental Technology; Dissertation; Uxbridge.
- Peters, Richard David (2010a): Advanced planning techniques and computer programs; in: The Chartered Institution of Building Service Engineers (Hrsg.): Transportation systems in buildings – CIBSE Guide D: 2010; 4th edition; London: CIBSE Publications Department; S. 4-1 - 4-17.
- Peters, Richard David (2010b): Lift traffic control; in: The Chartered Institution of Building Service Engineers (Hrsg.): Transportation systems in buildings – CIBSE Guide D: 2010; 4th edition; London: CIBSE Publications Department; S. 9-1 - 9-14.
- Peters, Richard David (2010c): Traffic Studies and Performance Evaluation Using Simulation; in: Strakosch, George R.; Caporale, Robert S. (Hrsg.): The vertical transportation handbook; 4. Aufl.; New York: John Wiley & Sons; S. 543–563.
- Peters, Richard David (2012): Lift Performance Time; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): 2nd Symposium on Lift and Escalator Technologies; Northampton; S. 53–64.
- Peters, Richard David (2013): The Application of Simulation to Traffic Design and Dispatcher Testing; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Volume 3; Northampton; S. 128–139.

- Peters, Richard David et al. (2015): A Systematic Methodology for the Generation of Lift Passengers under a Poisson Batch Arrival Process; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Volume 5; Northampton; S. 171–180.
- Peters Research Ltd. (2015): Homepage; unter: <https://www.peters-research.com> (Stand: 23.10.2015).
- Popp, Jay (2014): MRL Elevators on the Rise – Equipment continues to gain acceptance in the U.S., thanks to several advantages; in: Elevator World; LXII (2014); H. 1; S. 68.
- Powell, Bruce A. (2012): A Realistic Approach to "Interesting" Claims – Lessons in Lift Traffic Analysis; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): 2nd Symposium on Lift and Escalator Technologies; Northampton; S. 74–77.
- Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC.
- Richardson, Katherine et al. (2009): Synthesis Report – Climate Change, Global Risks, Challenges & Decisions; Copenhagen.
- Ridder, Michael (2015): Global Urbanization – Cities to see a 2.5-billion increase in population by 2050; in: Elevator World; LXIII (2015); H. 10; S. 56–58.
- Rohde, Christoph et al. (2011): Projekt objektINFO – Analyse der Informationsbedürfnisse ausgewählter Akteursgruppen zu Objektinformationen im Lebenszyklus von Gebäuden als Voraussetzung für die Entwicklung einer Bauwerks-Informationssystematik (BIS); Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Ropohl, Günter (2009): Allgemeine Technologie – Eine Systemtheorie der Technik; 3. Aufl.; Karlsruhe: Universitäts-Verlag Karlsruhe.
- Rousoudis, Eleftherios; Asvestopoulos, Lazaros; Spyrooulos, Nickos (2012): Quality Control of Vertical Transportation Using Common Mobile Devices; in: Lustig, A. (Hrsg.): Elevator Technology 19 – Proceedings of Elevcon 2012; S. 274–281.
- Sachs, Harvey M. (2005): Opportunities for Elevator Energy Efficiency Improvements; Washington D.C..
- Shakib-Ekbatan, Karin; Wagner, Andreas; Lützkendorf, Thomas (2012): Bewertung von Aspekten der soziokulturellen Nachhaltigkeit im

- laufenden Gebäudebetrieb auf Basis von Nutzerbefragungen; Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (a): Schindler 3100 – Praktisch und zuverlässig – Reduziert auf das Wesentliche; Berlin.
- Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (b): Schindler 5500 – Der Aufzug nach Maß; Berlin.
- Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (2010): Planungsnavigator – Visionen werden Wirklichkeit – Aufzüge, Fahrtreppen und Fahrsteige effizient und nachhaltig planen; Berlin.
- Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH (2011): Effiziente Mobilität – Nachhaltige Technologie – Schindler 3100/ Schindler 3300/ Schindler 5300.
- Schindler Elevator Corporation (2013): Schindler 3300 – A remarkable style that suits the building – Our passenger elevator that unifies form and function.
- Schindler Elevator Corporation (2015): How Schindler Undertakes Traffic Analysis; unter:
http://www.schindler.com/content/uk/internet/en/mobility-solutions/products/traffic-management-advice/_jcr_content/rightPar/downloadlist/downloadList/6_1340033229476.download.asset.6_1340033229476/how_we_do_it_Example%20Traffic_vision.pdf (Stand: 02.11.2015).
- Schittich, Christian (2013) (Hrsg.): Erschließungsräume – Treppen, Rampen, Aufzüge, Wegeführung, Entwurfsgrundlagen; München: DETAIL Institut für Intern. Architektur-Dokumentation.
- Schmitt+Sohn Aufzüge (2015): Unsere Werkzeuge – Ihr Service; unter:
http://www.schmitt-elevators.com/en_gb/tools.php (Stand 23.10.2015).
- Schultmann, Frank et al. (2011): Initiativen auf nationaler Ebene im Bereich des Nachhaltigen Bauens; BMVBS-Online-Publikation; Nr. 09/2011; Berlin.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2006): SIA 380-4 – Elektrische Energie im Hochbau; Zürich.
- Scott, Adam (2014): British Council for Offices (BCO) Guide to Specification 2014 Vertical Transportation; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Volume 4; Northampton; S. 183–190.

- Seidl, Ernst (2012) (Hrsg.): Lexikon der Bautypen – Funktionen und Formen der Architektur; durchgesehene und aktualisierte Ausgabe; Stuttgart: Philipp Reclam jun..
- Sharma, Ranjeet (2013): Intelligent Transit in Modern Buildings; in: Elevator World; LXI (2013); H. 5; S. 48–56.
- Siegfried Hallasch Aufzüge: ZIRCON – Maschinenraumloser Aufzug; Bühl.
- Sigle, Sebastian; Gehrke, Matthias: Proven increase of transportation capacity and noticeable optimization of ride quality thanks to modifications in the lift controller; in: Lift Report; 39 (2013); H. 4; S. 25–31.
- Siikonen, Marja-Liisa (2013): Traffic Patterns in Hotels and Residential Buildings; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Volume 3; Northampton; S. 140–147.
- Siikonen, Marja-Liisa; Susi, Tuomas; Hakonen, Henri (2000): Passenger Traffic Flow Simulation in Tall Buildings; this article was first presented at the Vertical City Conference; Madrid; 2000.
- Siikonen, Marja-Liisa et al. (2014): Daily Traffic Profiles – The traffic patterns of hotels and residential buildings is examined in this revisiting of Strakosch's analysis; in: Elevator World; LXII (2014); H. 1; S. 83–85.
- Simmen, Jeannot (2013): Eine Kulturgeschichte von Aufzug und Lift; in: Schittich, Christian (Hrsg.): Erschließungsräume – Treppen, Rampen, Aufzüge, Wegeführung, Entwurfsgrundlagen; München: DETAIL Institut für Intern. Architektur-Dokumentation; S. 29–33.
- Smith, Derek (2010): Lift components and installation; in: The Chartered Institution of Building Service Engineers (Hrsg.): Transportation systems in buildings – CIBSE Guide D: 2010; 4th edition; London: CIBSE Publications Department; S. 7-1 - 7-33.
- Smith, Rory (2011): Designing Elevator Installations Using Modern Estimates of Passenger Demand and Currently Available Elevator Technologies; in: The CIBSE Lifts Group; The University of Northampton (Hrsg.): Symposium on Lift and Escalator Technologies; Northampton; S. 74–77.
- So, Albert; Al-Sharif, Lutfi (2015): Elevator Traffic Analysis: Analytical Versus Simulated – The two main classifications of traffic analysis are compared and contrasted, with the work of many experts in the field cited; in: Elevator World; LXIII (2015); H. 1; S. 98–101.
- Sorsa, Janne; Kuusinen, Juha-Matti; Siikonen, Marja-Liisa (2012): Passenger Batch Arrivals at Elevator Lobbies; in: Lustig, A. (Hrsg.): Elevator Technology 19 – Proceedings of Elevcon 2012; S. 264–273.

- Staniek, Bettina; Staniek, Claus (2011): Typologie der Büroorganisationsformen – A Typology of Organizational Forms for Offices; in: Detail; 51 (2011); H. 9; S. 1008–1017.
- Strakosch, George R. (1967): Vertical Transportation: Elevators and Escalators; New York, London, Sydney: John Wiley & Sons.
- Strakosch, George R. (1998): The Basis of Elevating a Building; in: Strakosch, George R. (Hrsg.): The vertical transportation handbook; 3. Aufl.; New York: Wiley; S. 33–62.
- Strakosch, George R. (2010a): Passenger Traffic Requirements; in: Strakosch, George R.; Caporale, Robert S. (Hrsg.): The vertical transportation handbook; 4. Aufl.; New York: John Wiley & Sons; S. 63–69.
- Strakosch, George R. (2010b): The Basis of Elevating a Building; in: Strakosch, George R.; Caporale, Robert S. (Hrsg.): The vertical transportation handbook; 4. Aufl.; New York: John Wiley & Sons; S. 31–61.
- Strakosch, George R. (2010c): The Essentials of Elevating; in: Strakosch, George R.; Caporale, Robert S. (Hrsg.): The vertical transportation handbook; 4. Aufl.; New York: John Wiley & Sons; S. 1–30.
- Swerrie, D. A. (1986): Elevator safety; in: Barney, Gina (Hrsg.): Elevator Technology; Chichester, West Sussex: Ellis Horwood Limited; S. 236–243.
- Tenkhoff, Joachim (2002): Projektentwicklung – Hochhausprojekte aus der Sicht des Developers bzw. Investors; in: Eisele, Johann; Kloft, Ellen (Hrsg.): Hochhaus-Atlas – Typologie und Beispiele, Konstruktion und Gestalt, Technologie und Betrieb; München: Callweg; S. 40–45.
- The International EPD® System (2015): Product Category Rules according to ISO 14025. Lifts (Elevators); Product Classification: UN CPC 4354.
- THOMA Aufzüge GmbH (2011): Maschinenraumlose Seilaufzüge; Frankfurt am Main.
- Thumm, Urs (2014): PCR- und EPD-Entwicklung in der Praxis; Frankfurt am Main.
- ThyssenKrupp Aufzüge GmbH (2013a): ThyssenKrupp EVOLUTION® BLUE – Fact Sheet BC 61 F 00 – 40 – Die flexible und raumeffiziente Lösung für anspruchsvolle und höher frequentierte Gebäude 320kg - 4000kg mit bis zu 3 m/s; Stuttgart.

- ThyssenKrupp Aufzüge GmbH (2013b): ThyssenKrupp synergy® BLUE – Fact Sheet NC 91 B 00 – 40 – Die umweltfreundliche Lösung für mittlere Förderhöhen und Geschwindigkeiten 450 kg – 1000 kg mit 1 m/s; Stuttgart.
- ThyssenKrupp Aufzüge GmbH (2015): Praktische Tools; unter: <http://www.thyssenkrupp-aufzuege.de/toolbox> (Stand: 24.10.2015).
- Ulrich, Hans (1970): Die Unternehmung als produktives soziales System – Grundlagen der allgemeinen Unternehmungslehre; Bern, Stuttgart: Haupt.
- Unger, Dieter (2013): Aufzüge und Fahrtreppen – Ein Anwenderhandbuch; Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Unholzer, Matthias; Lützkendorf, Thomas; Michl, Peter (2015): Forschungsprojekt: Ermittlung von Kennwerten für den Energiebedarf von Personenaufzügen in Wohn- und Nichtwohngebäuden – Ein Beitrag zur Vervollständigung der Energiebilanz – Abschlussbericht.
- United Nations World Commission on Environment and Development (1987): Our Common Future; Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 – Development and International Cooperation: Environment.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2014): World Urbanization Prospects – The 2014 Revision – Highlights; New York.
- Verein Deutscher Ingenieure (2009): VDI 4707 Blatt 1 – Aufzüge Energieeffizienz; Berlin: Beuth Verlag.
- Verein Deutscher Ingenieure (2011): VDI 2566 Blatt1 – Schallschutz bei Aufzugsanlagen mit Triebwerksraum; Berlin: Beuth Verlag.
- Verein Deutscher Ingenieure (2012): VDI 2067-1 Blatt1 – Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung; Berlin: Beuth Verlag.
- Verein Deutscher Ingenieure (2013): VDI 4707 Blatt 2 – Aufzüge – Energieeffizienz von Komponenten; Berlin: Beuth Verlag.
- Verordnung über die Grundsätze für die Ermittlung der Verkehrswerte von Grundstücken (2010); Immobilienwertermittlungsverordnung.
- Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen vom 10. Juli 2013 – Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (2013).

- Vestner Aufzüge GmbH: Advance 4 – Personenaufzug mit Seilantrieb ohne Triebwerksraum; Dornach.
- WEKA MEDIA GmbH & Co. KG (2015a): sirAdos Baudaten – Baupreishandbuch Gebäudetechnik; unter: <http://www.sirados.de/baupreishandbuch-gebaeudetechnik.html> (Stand: 24.10.2015).
- WEKA MEDIA GmbH & Co. KG (2015b): sirAdos Baudaten – Ausschreibungstexte Gebäudetechnik; unter: <http://www.sirados.de/ausschreibungstexte-gebaeudetechnik.html> (Stand: 24.10.2015).
- Winscheid & Wendel GmbH & Co. KG (2007a): Seilaufzüge SLX 450 IS; Düsseldorf.
- Winscheid & Wendel GmbH & Co. KG (2007b): Seilaufzüge SLX 630 IS; Düsseldorf.
- Winscheid & Wendel GmbH & Co. KG (2007c): Seilaufzüge SLX 1000 IS; Düsseldorf.
- Wirth, Axel; Pfisterer, Cornelius; Schmidt, Andreas (2011): Privates Baurecht praxisnah – Grundlagen mit Fallbeispielen für Architekten und Ingenieure; 1. Aufl.; Wiesbaden: Vieweg & Teubner.
- Xiaoliang, Shi; Liangqun, Si; Jianru Wan (2015): Improved Monte Carlo Method for Apartment Configuration – Program builds on existing elevator-traffic configuration studies to achieve optimal results; in: Elevator World; LXIII (2015); H. 8; S. 132–139.
- Zeigler, Bernard P.; Praehofer Herbert; Kim, Tag Gon (2000): Theory of Modeling and Simulation – Integrating Discrete Event and Continuous Complex Dynamic Systems; 2. Aufl.; San Diego: Academic Press.
- Zwölfte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Aufzugsverordnung) (2011); 12. ProdSV.

Karlsruher Schriften zur Bau-, Wohnungs- und Immobilienwirtschaft (ISSN 1863-8694)

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf

Die Bände sind unter www.ksp.kit.edu als PDF frei verfügbar oder als Druckausgabe bestellbar.

- Band 1** David Philipp Lorenz
The Application of Sustainable Development Principles to the Theory and Practice of Property Valuation. 2006
ISBN 978-3-86644-089-0
- Band 2** Monika Bachofner
Analyse von Systemen der Wohneigentumsfinanzierung in Europa und die Beurteilung ihrer Effizienz. 2008
ISBN 978-3-86644-255-9
- Band 3** Christian Jaeger
IFRS-Controlling von Wohnungsunternehmen. Ein Beitrag zum wertorientierten Bestandsmanagement in der Wohnungswirtschaft. 2009
ISBN 978-3-86644-443-0
- Band 4** Oliver Urschel
Risikomanagement in der Immobilienwirtschaft. Ein Beitrag zur Verbesserung der Risikoanalyse und -bewertung. 2010
ISBN 978-3-86644-492-8
- Band 5** Martin Wilhelm
Instandhaltungsstrategien unter Berücksichtigung stochastischer Alterungsprozesse. Ein Beitrag zur systematischen Bewirtschaftung von Immobilien. 2011
ISBN 978-3-86644-638-0
- Band 6** Christoph Rohde
Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in Prozesse des immobilienwirtschaftlichen Risikomanagements. 2012
ISBN 978-3-86644-733-2
- Band 7** Sebastian Drewer
Entwicklung von Hilfsmitteln für die Planung und den Variantenvergleich von Beförderungssystemen in Gebäuden am Beispiel von Aufzügen. 2016
ISBN 978-3-7315-0490-0

In der vorliegenden Arbeit werden Hilfsmittel für die Planung und den Variantenvergleich von Aufzugsanlagen in einem erweiterten Systemverständnis entwickelt, welche sich an den aktuellen Entwicklungen des Nachhaltigen Bauens orientieren. Im Rahmen der Planung, Errichtung und Nutzung von Gebäuden etabliert sich zunehmend das Konzept des Nachhaltigen Bauens. Dabei werden, unter Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und soziokultureller Aspekte, zunehmend tiefere Betrachtungsebenen mit ihren jeweiligen Bauteilen berücksichtigt. Aufzugsanlagen, als Teil der technischen Gebäudeausstattung, werden bislang nur in Teilbereichen von dieser Entwicklung erfasst. Die vorliegende Arbeit analysiert den derzeitigen Planungsumfang und entwickelt Hilfsmittel für vernachlässigte Teilbereiche.

