Universität Zürich[UZH]

Masterthese
zur Erlangung des
Master of Advanced Studies in Real Estate

Optimierung von Lebenszykluskosten durch strategische Investitionen
-
Eine Untersuchung auf Ebene Bauelement

Verfasser:	Lauterburg Christian Wolfzangenstrasse 86, CH-8413 Neftenbach christian.lauterburg@bluewin.ch +41 (0)52 301 00 89
Eingereicht bei:	Prof. Dr. Christian Stoy Universität Stuttgart, Institut für Bauökonomie
Abgabedatum:	12.08.2013

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis II
Abkürzungsverzeichnis V
Abbildungsverzeichnis VII
Tabellenverzeichnis IX
Executive Summary XI
1 Einleitung 1
1.1 Ausgangslage 1
1.2 Problemstellung 1
1.3 Zielsetzung 2
1.4 Abgrenzung des Themas 3
1.5 Vorgehen 3
1.6 Aufbau der Arbeit 4
2 Grundlagen, Begriffe und Definitionen 4
2.1 Lebenszyklus von Immobilien 4
2.2 Lebenszyklusphasen 5
2.2.1 Lebenszyklusphasen nach SIA 112 5
2.2.2 Lebenszyklusphasen nach GEFMA 6
2.2.3 Lebenszyklusphasen nach Faber-Praetorius/Zippel 7
2.2.4 Lebenszyklusphasen nach Preuss/Schöne 8
2.2.5 Zusammenfassung Lebenszyklusphasen 9
2.3 Lebenszykluskosten 10
2.3.1 Begriff und Elemente der Lebenszykluskosten 10
2.3.2 Umfang und Aufteilung der Lebenszykluskosten 12
2.3.3 Lebenszykluskosten und Lebensdauer 14
2.4 Bauelement 16
2.4.1 Begriff Bauelement 16
2.4.2 Das Bauelement in der Elementkostengliederung 18
2.4.3 Lebensdauer von Bauelementen und Teilelementen 19
2.4.4 Alterungsverhalten von Bauelementen 21
2.4.5 Instandhaltung und Instandsetzung 22
3 Untersuchung der Lebenszykluskosten von Bauelementen 24
3.1 Definitionen, Annahmen und Rahmenbedingungen 24

3.1.1 Definition Bauelement ... 24
3.1.2 Abgrenzung der Lebenszykluskosten ... 24
3.1.3 Betrachtungsperiode ... 26
3.1.4 Barwertbetrachtung mittels DCF-Methode ... 26
3.2 Relevante Bauelemente ... 29
3.2.1 Bauelemente mit hohen Lebenszykluskosten ... 29
3.2.2 Aufteilung der Lebenszykluskosten ... 31
3.2.3 Investitions- und Lebenszykluskosten ... 32
3.2.4 Wahl der zu untersuchenden Bauelemente ... 33
3.3 Bodenbeläge ... 34
3.3.1 Datenbasis Bodenbeläge ... 34
3.3.2 Untersuchte Bodenbeläge ... 37
3.3.3 Lebensdauer von Bodenbelägen ... 37
3.3.4 Erstellungskosten von Bodenbelägen ... 38
3.3.5 Folgekosten von Bodenbelägen ... 39
3.3.6 Lebenszykluskosten Bodenbeläge - Datenbasis KBOB/IPB ... 39
3.3.7 Lebenszykluskosten Bodenbeläge - Datenbasis FIGR-Bericht ... 41
3.3.8 Lebenszykluskosten Bodenbeläge – Verkehrs- versus Büroflächen ... 42
3.3.9 Zusammenfassung Lebenszykluskosten Bodenbeläge ... 44
3.4 Fenster ... 46
3.4.1 Datenbasis Fenster ... 46
3.4.2 Untersuchte Fenster ... 48
3.4.3 Lebensdauer von Fenstern ... 48
3.4.4 Erstellungskosten von Fenstern ... 50
3.4.5 Folgekosten von Fenstern ... 50
3.4.6 Lebenszykluskosten Fenster - Datenbasis 'Schweiz. Baupreisstatistik' ... 51
3.4.7 Lebenszykluskosten Fenster - Datenbasis 'Herstellerangaben' ... 52
3.4.8 Zusammenfassung Lebenszykluskosten Fenster ... 54
4 Schlussbetrachtung ... 55
4.1 Fazit ... 55
4.2 Diskussion ... 55
4.3 Ausblick ... 56
Literaturverzeichnis ... 57

Anhang 1 - Zusammenstellung Lebensdauer Bodenbeläge 62
Anhang 2 - Zusammenstellung Lebensdauer Fenster..... 64
Anhang 3 - Sensitivitätsanalyse Erstellungs- und Reinigungskosten..... 66
Anhang 4 - Sensitivitätsanalyse Erstellungs- und Reinigungskosten..... 67
Anhang 5 - Auszug Schweizerische Baupreisstatistik Oktober 2012 68
Anhang 6 - Interview Fenster Schär AG 69
Anhang 7 - Interview EgoKiefer 71
Anhang 8 - Interview Swisswindows 73
Anhang 9 - Interview QualiCasa 75
Anhang 10 - Berechnungsbeispiel Lebenszykluskosten 77
Anhang 11 - Berechnungsbeispiel Lebenszykluskosten 78
Anhang 12 - Berechnungsbeispiel Lebenszykluskosten 79
Anhang 13 - Berechnungsbeispiel Lebenszykluskosten 80

Abkürzungsverzeichnis

BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BFE	Bundesamt für Energie
BFK	Bundesamt für Konjunkturfragen
BFS	Bundesamt für Statistik
BFU	Bundesamt für Umwelt
BKP	Baukostenplan
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
BTE	Bund Technischer Experten e.V.
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CHF	Schweizer Franken
CRB	Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung
CUREM	Center for Urban & Real Estate Management
DCF	Discounted Cashflow
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DUEGA	Diagnosemethode für Unterhalts- und Erneuerungsplanung verschiedener Gebäudearten
EKG	Elementkostengleiderung
ESI	Economic Sustainability Indicator
e.V.	Eingetragener Verein
FIGR	Forschungs- und Prüfinstitut für Facility Management GmbH (ehemals: Forschungs- und Prüfinstitut für Gebäudereinigungstechnik GmbH)
GEFMA	German Facility Management Association
gif	Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V.
HEV	Schweizerischer Hauseigentümerverband
IEMB	Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V.
IFMA	International Facility Management Association
IPB	Interessengemeinschaft privater Professioneller Bauherren
IP Bau	Impulsprogramm Bau
KBOB	Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes
LCC	Life Cycle Cost

LUKRETIA	Lebenszykluskosten, Ressourcen, Energie, Technisierung, Gebäude-automation
LzK	Lebenszykluskosten
MV	Schweizerischer Mieterinnen- und Mieterverband
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient in W/m^2K
WACC	Weighted Average Cost of Capital
WLC	Whole Life Cost
W/m^2K	Watt pro Quadratmeter und Kelvin

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Phasen und Teilphasen gem. SIA 112; in Anlehnung an SIA 112 6
Abbildung 2: Lebenszyklusphasen nach GEFMA (lineare Darstellung); vgl. GEFMA (2004), S. 7 6
Abbildung 3: Lebenszyklusphasen nach GEFMA (zyklische Darstellung); vgl. GEFMA (2004), S. 6 7
Abbildung 4: Phasenmodell, Faber-Praetorius/Zippel 2012, S. 136 8
Abbildung 5: Lebenszyklusphasen gemäss Gantenbein, vgl. Gantenbein 2003, S. 89 9
Abbildung 6: Umfang der Lebenszykluskosten (life-cycle costs LCC) nach ISO 15 686-5, vgl. CRB 2012 (Leitfaden LCC), S. 10 11
Abbildung 7: Umfang Lebenszykluskosten aus schweizerischer Sicht, vgl. CRB 2012 (Leitfaden), S. 10 12
Abbildung 8: Immobilien Life Cycle Koste gemäss Gantenbein, vgl. Gantenbein 2003, S. 91 12
Abbildung 9: Beeinflussbarkeit der Lebenszykluskosten, vgl. Gantenbein 2003, S. 92 13
Abbildung 10: Einflüsse auf die wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes und seines Lebenszyklus, vgl. Kalusche 2004, S. 7 15
Abbildung 11: Unterschiedliches Alterungsverhalten von Bauteilen, vgl. BFK, S. 94 22
Abbildung 12: Allgemeine Entwertungskurve und der Einfluss von Instandhaltung und Instandsetzung auf die Entwertung, vgl. Merimod / Vicari in: BFK (IP Bau) 1994, S. 20 23
Abbildung 13: Berechnung der Lebenszykluskosten am Beispiel des Bodenbelags 'Hartholz geölt' 27
Abbildung 14: Sensitivität der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit des Diskontierungssatzes am Beispiel des Bauelements Bodenbeläge 28
Abbildung 15: Aufteilung der Lebenszykluskosten auf die Bauelemente aufsummiert über alle Gebäude, Stadt Zürich 2006, S. 36 30
Abbildung 16: Vergleich Investitions- und Lebenszykluskosten aller Bauelemente, Stadt Zürich 2006, S. 38 33

Abbildung 17: Lebenszykluskosten Bodenbeläge berechnet nach Basisdaten KBOB/IPB 40
Abbildung 18: Lebenszykluskosten Bodenbeläge berechnet nach Basisdaten aus dem FIGR-Bericht 41
Abbildung 19: Gegenüberstellung Lebenszykluskosten und Reinigungskosten 42
Abbildung 20: Lebenszykluskosten Bodenbeläge Verkehrsflächen versus Büroflächen 44
Abbildung 21: Veränderung der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit der Erstellungskosten 45
Abbildung 22: Veränderung der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit der Reinigungskosten 45
Abbildung 23: Lebenszykluskosten Fenster basierend auf Kostenkennwerten der schweizerische Baupreisstatistik 52
Abbildung 24: Lebenszykluskosten Fenster basierend auf Kosten nach Herstellerangaben 53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Lebenszyklus und -dauer von Immobilien, in Anlehnung an Preuss/Schöne 2010, S. 5 9
Tabelle 2: Zusammenhang von Gebäudenutzungsart und Folgekosten, in Anlehnung an Preuss/Schöne 2010, S. 464 13
Tabelle 3: Beeinflussungsmöglichkeiten der Erstellungs- und Folgekosten, vgl. Gantenbein 2003, S. 95 14
Tabelle 4: Durchschnittliche Nutzungsdauer von Gebäuden in Abhängigkeit der Nutzung, vgl. Baden-Württemberg 2007 15
Tabelle 5: Liste der Bauteile gemäss Graf und Schröder, in Anlehnung an Graf 2008, S 10 und Schröder 1989, S. 455 17
Tabelle 6: Aufbau der Elementkostengliederung, in Anlehnung an CRB 2008, S. 51 18
Tabelle 7: Differenzierung der Teilelemente, in Anlehnung an CRB 2000, S. 4 19
Tabelle 8: Einflussfaktoren auf die Lebensdauer, in Anlehnung an Ritter 2011, S. 76 - 93 20
Tabelle 9: Rangierung der Bauelemente nach Höhe ihrer Lebenszykluskosten und in Abhängigkeit der Gebäudenutzung, Datenbasis: Schlussbericht LUKRETIA, Stadt Zürich 2006 31
Tabelle 10: Lebensdauern von Bodenbelägen, Zusammenstellung von Angaben aus der Literatur 38
Tabelle 11: Basisdaten Bodenbeläge nach KBOB/IPB mit berechneten Lebenszykluskosten 39
Tabelle 12: Basisdaten Bodenbeläge nach FIGR-Bericht Nr.2 mit berechneten Lebenszykluskosten 41
Tabelle 13: Ausgangsdaten Verkehrsflächen versus Büroflächen, vgl. KBOB 2000, S. 2 43
Tabelle 14: Lebensdauern von Fenstern, Zusammenstellung von Angaben aus der Literatur 49
Tabelle 15: Fensterpreise nach Schweizerischer Baupreisstatistik mit berechneten Lebenszykluskosten 51

Tabelle 16: Fensterpreise nach Herstellerangaben mit berechneten Lebenszykluskosten 53
Tabelle 17: Preise für Holzfenster - Auswertung verschiedener Bauprojekte 53

Executive Summary

Bei Bauprojekten stehen erfahrungsgemäss die Erstellungskosten im Fokus. Auf dem Weg zum Investitionsentscheid werden diese optimiert, bis sie den Budgetrestriktionen des Investors entsprechen. Die Folgekosten werden im Allgemeinen meist zu spät und zu wenig berücksichtigt.

Die vorliegende Arbeit stellt die Optimierung der Lebenszykluskosten in den Vordergrund. Anhand der Bauelemente Bodenbeläge und Fenster werden diese untersucht und verschiedene Aspekte in Bezug auf Möglichkeiten und Grenzen der Optimierung von Lebenszykluskosten aufgezeigt.

Dabei wird auch dargelegt, dass es sich aus Investorensicht - insbesondere in Zusammenhang mit einem langfristigen Anlagehorizont - durchaus lohnen kann, in hochwertigere und damit auch teurere Bauelemente zu investieren, um die Lebenszykluskosten zu senken. Dies zeigt sich beispielsweise bei der Gegenüberstellung des Holz- und Holz-Metallfensters, wo das teurere Holz-Metallfenster in der Lebenszykluskostenbetrachtung gegenüber dem günstigeren Holzfenster konkurrenzfähig ist und unter gewissen Umständen aus ökonomischer Sicht gar die bessere Lösung darstellt. Bei den Bodenbelägen gibt es ähnliche Beispiele.

Es zeigt sich aber auch, dass bei den Fenstern das Optimierungspotential in Bezug auf die Lebenszykluskosten sehr eingeschränkt ist, da diese massgeblich durch die Erstellungs- und Instandsetzungskosten bestimmt werden. Demgegenüber sind bei den Bodenbelägen die Reinigungskosten für den grössten Anteil an den Lebenszykluskosten verantwortlich.

In Zusammenhang mit der Berechnung der Lebenszykluskosten sind auch Einschränkungen anzubringen. Einerseits stellt bereits die Beschaffung der Datengrundlage eine Schwierigkeit dar. Andererseits sind die Resultate direkt von der Wahl der Daten abhängig, was je nach verwendeter Quelle zu sehr unterschiedlichen und zum Teil zu gegensätzlichen Ergebnissen führt. Nicht zuletzt müssen für die Berechnung der Lebenszykluskosten Annahmen getroffen werden, was dazu führt dass die Resultate einer gewissen Ungenauigkeit unterliegen. Es bleibt also ein gewisser Interpretationsspielraum.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Mit ca. 2330 Milliarden CHF Marktwert stellt der Hochbau (Wohn- und Geschäftsbau) des Gebäudeparks Schweiz ca. ¾ des Bauwerks Schweiz dar.[1] Dabei werden in der Schweiz jährlich ca. 40 bis 45 Milliarden CHF im Hochbau investiert.[2] Damit hat der Gebäudebestand auch einen beachtlichen Anteil am schweizerischen Volksvermögen.

Neben dem Vermögensaspekt hat der Gebäudepark der Schweiz auch als Wirtschaftsfaktor eine hohe Relevanz, denn über die gesamte Nutzungsdauer der Immobilien wird oft noch ein Vielfaches der Herstellungskosten umgesetzt. So umfassen zum Beispiel die jährlichen Nutzungskosten bei Büro- und Verwaltungsbauten etwa 8.5% der Herstellungskosten, bei Produktionsgebäuden sind es 10% und bei Krankenhäusern gar deren 26%.[3] Alleine im Bereich der Geschäftsbauten mit einem Bestand von ca. 530 Milliarden CHF [4] würde dies bei angenommenen durchschnittlichen jährlichen Nutzungskosten von 10% einen Betrag von 53 Milliarden CHF ergeben.

Entsprechend gross ist die Bedeutung der Immobilienwirtschaft in Bezug auf die gesamte schweizerische Volkswirtschaft, jedoch auch in Bezug auf den Energie- und Ressourcenverbrauch.

1.2 Problemstellung

Während auf der Bauherrenseite im Hinblick auf einen Investitionsentscheid vielfach den Erstellungskosten eine übergeordnete Bedeutung beigemessen wurde, findet seit einigen Jahren ein Umdenken statt. So werden neben den Erstellungskosten vermehrt auch die während der gesamten Nutzungsdauer der Immobilie anfallenden Kosten in den Entscheidungsprozess mit einbezogen. Mit steigendem Nachhaltigkeitsbewusstsein gewinnen in der Bau- und Immobilienwirtschaft Themen wie Lebenszykluskosten und Energieeffizienz zunehmend an Bedeutung. Professionelle Investoren legen ihr Augenmerk vermehrt nicht mehr nur auf die Kosten für die Planung und Erstellung, sondern

---

[1] vgl. Staub 2013, S. 59
[2] vgl. BFS 2011 (Bau- und Leerwohnungsstatistik der Schweiz 2009/2010) S. 5, BFS 2011 (Bau- und Wohnungswesen 2010), S. 5, BFS 2012 (Bau- und Wohnungswesen 2011), S. 5
[3] vgl. Preuss/Schöne 2010, Seite 464
[4] vgl. Staub 2013, Seite 59

auch auf die zukünftigen Kosten ihrer Gebäude. Dabei spielen neben den Kapitalkosten auch die Betriebskosten und die Kosten für die Instandsetzung und Erneuerung eine gewichtige Rolle.

Im Wissen, dass die Planungs- und Erstellungskosten - über den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie betrachtet - einen kleineren Anteil der Gesamtkosten ausmachen, legen heute insbesondere Investoren mit langfristigem Anlagehorizont ihren Investitionsentscheiden vermehrt eine Betrachtung der Lebenszykluskosten zu Grunde.

Parallel zu dieser Entwicklung auf der Investoren- und Eigentümerseite, ist auch auf Seiten der Projektentwickler und Totalunternehmer ein Umdenken zu beobachten. So bieten diese zunehmend Produkte, Dienstleistungen und Sicherheiten an, welche über das Planen und Erstellen von Gebäuden hinaus gehen und die (erste) Betriebsphase eines neu erstellten Gebäudes mit einbeziehen. Dadurch steigt auch auf Seiten der Entwickler und Ersteller das Interesse an nachhaltigen Gebäuden und damit auch an Bauelementen, Komponenten und Materialien, welche sich im Hinblick auf die Optimierung von Lebenszykluskosten eignen.

Eine erfolgreiche Optimierung der Lebenszykluskosten bedingt jedoch das Wissen um die relevanten Stellschrauben, das heisst Kenntnisse darüber, wieviel Optimierungspotential bei welchen Bauelementen vorhanden ist.

1.3 Zielsetzung

In der wirtschaftlichen Dimension der Nachhaltigkeit spielen die Lebenszykluskosten eine wichtige Rolle. Dabei steht die Optimierung dieser Kosten im Vordergrund.

Bei Bauprojekten werden jedoch meist die Erstellungskosten optimiert, während die Folgekosten zu selten im Fokus stehen. In diesem Zusammenhang soll untersucht werden, inwieweit es mit Blick auf die Lebenszykluskosten ökonomische Anreize gibt, bei Immobilien in die Nachhaltigkeit zu investieren.

Dabei nimmt die vorliegende Arbeit nicht die Immobilie oder das Gebäude als Untersuchungsgegenstand, sondern einzelne Bauelemente. Auf der Ebene von Bauelementen und Bauteilen soll eruiert werden, bei welchen sich ein allfälliger höherwertiger Materialeinsatz - unter Berücksichtigung der damit verbundenen höheren Investitionskosten - positiv auf die Lebenszykluskosten auswirkt.

Dies soll insbesondere aus der Sicht des Investors mit langfristigem Anlagehorizont beurteilt werden und ihm damit relevante Erkenntnisse für strategische Überlegungen in Zusammenhang mit Investitionstätigkeiten zur Verfügung stellen.

1.4 Abgrenzung des Themas

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Kostenseite von Bauelementen betrachtet. Dabei werden sowohl die Erstellungskosten als auch die voraussichtlichen Folgekosten berücksichtigt. Die Ertragsseite bzw. die Wirtschaftlichkeit der Gebäude sind dabei nicht Gegenstand der Untersuchung.

In Bezug auf die Nutzung bewegt sich die Untersuchung im Bereich von Büro- und Verwaltungsgebäuden. Bei Bedarf werden jedoch auch Daten aus dem Bereich des Wohnungsbaus mit einbezogen, um die Datenbasis zu verbreitern.

Die Bauelemente werden unabhängig von Standort, Lage oder Exposition beurteilt und nach der Elementkostengliederung strukturiert.[5]

1.5 Vorgehen

In einem ersten Schritt werden aus der Vielzahl der existierenden Bauelemente einzelne für die Untersuchung ausgewählt. Dabei stehen diejenigen Bauelemente bzw. Bauteilgruppen im Zentrum des Interesses, die in Bezug auf die Investitionskosten vergleichsweise hohe Folgekosten aufweisen.

In einem weiteren Schritt werden für die ausgewählten Bauelemente die Erstellungskosten und die relevanten Folgekosten ermittelt. Darauf aufbauend werden Bauelemente oder Bauteile mit derselben Funktion jedoch unterschiedlicher Materialisierung oder Ausgestaltung in einer Lebenszyklusbetrachtung miteinander verglichen. Auf diese Weise kann zum Beispiel beurteilt werden, ob im Rahmen einer Lebenszyklusbetrachtung ein Metall- oder ein Holz-Metall-Fenster vorteilhafter ist.

Die Berechnung der Lebenszykluskosten baut auf verschiedenen Grundlagen auf. Für die Beurteilung der Lebensdauer einzelner Bauelemente oder deren Bestandteile werden Daten aus der Literatur beigezogen. Die Abschätzung der Erstellungs- und der Folgekosten stützt sich sowohl auf Erfahrungswerte aus der Praxis als auch auf Quellen aus der Literatur ab.

---

[5] CRB 1995, Elementkostengliederung

1.6 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist grundsätzlich in vier Kapitel gegliedert. Das erste Kapitel 'Einleitung' beschreibt Ausgangslage, Problemstellung und Zielsetzung. Nach der Abgrenzung des Themas werden zudem Vorgehen und Aufbau beschrieben.

Im zweiten Kapitel 'Grundlagen, Begriffe und Definitionen' werden die Grundlagen erarbeitet und die relevanten Begriffe und Definitionen beschrieben. Weiter werden erste Rahmenbedingungen für die Untersuchung festgelegt.

Das dritte Kapitel 'Untersuchung der Lebenszykluskosten von Bauelementen' stellt den Kern der Arbeit dar. Dabei werden die Lebenszykluskosten von zwei Bauelementen vertieft untersucht.

In der Schlussbetrachtung werden die Resultate aus Kapitel 3 nochmals reflektiert und diskutiert. Ein kurzer Ausblick bildet den Abschluss der Arbeit.

2 Grundlagen, Begriffe und Definitionen

2.1 Lebenszyklus von Immobilien

Die GEFMA [6] definiert den Lebenszyklus als eine sich wiederholende Abfolge zeitlicher Abschnitte (Lebenszyklusphasen) in der Entstehung, Nutzung und Verwertung von Facilities. Unter Facilities werden dabei unter anderem Objekte im Sinne von baulichen und technischen Anlagen und Einrichtungen sowie Ausstattungen, Geräte, Infrastrukturen sowie Hard- und Software verstanden.[7]

Demgegenüber schreiben Graubner/Riegel/Wolf im Handbuch Facility Management [8] zum Begriff Lebenszyklus sinngemäss, dass es in Bezug auf Gebäude in ihrer Gesamtheit keinen Lebenszyklus, sondern lediglich eine Lebensspanne gäbe, sofern der Zyklus als regelmässig ablaufender Kreislauf von Dingen oder Ereignissen verstanden würde. Entsprechend könne innerhalb von Gebäuden nur von Zyklen die Rede sein, wenn - zum Beispiel durch Modernisierungen oder Revitalisierungen - ein sich wiederholender Vorgang auftrete. Um den Kreislaufgedanken aufzunehmen, müsse der Untersuchungsgegenstand umfassender definiert und das Grundstück in die Betrachtung einbezogen

---

[6] GEFMA: German Facility Management Association
[7] vgl. GEFMA 2004 (Richtlinie 100-1), S. 4
[8] vgl. Graubner/Riegel/Wolf 2006, S. 1

werden. Dann sei es legitim von Zyklen zu sprechen, da auf einem Grundstück immer wieder neue Objekte realisiert und wieder rückgebaut werden könnten.

Auch Faber-Praetorius/Zippel verknüpfen den Lebenszyklusbegriff mit dem Grundstück.[9] So wird der Immobilien-Lebenszyklus als das Leben einer Immobilie auf deren Grundstück verstanden. Auch hier wird der Kreislaufgedanke im Sinne einer unendlichen Abfolge der einzelnen Phasen zu Grunde gelegt. Dabei sind Anfang und Ende der einzelnen Phasen nicht definiert und auch das Ende des Lebenszyklus kann gemäss Faber-Praetorius/Zippel nicht festgelegt werden.

Im allgemeinen Sprachgebrauch werden jedoch in Bezug auf Gebäude die Begriffe Lebenszyklus und Lebensdauer oft synonym und ohne direkten Bezug zum Grundstück verwendet.

Die vorliegende Arbeit stützt sich in Bezug auf den Lebenszyklusbegriff grundsätzlich auf die Definition der GEFMA. Die Betrachtung der einzelnen Bauelemente, welche im Laufe der Lebensdauer des Gebäudes zyklisch erneuert oder ersetzt werden müssen, entspricht zudem dem Kreislaufgedanken, auch ohne Einbezug des Grundstücks.

2.2 Lebenszyklusphasen

Die Lebens- bzw. Nutzungsdauer [10] eines Gebäudes kann in verschiedene Phasen aufgeteilt werden. In der Literatur und den Normen finden sich sehr unterschiedliche Ansätze für diese Aufteilung. Die wichtigsten werden nachfolgend kurz erläutert.

2.2.1 *Lebenszyklusphasen nach SIA 112*

Das Leistungsmodell der SIA [11] definiert sechs Phasen und zwölf Teilphasen. Es beschreibt damit den Lebenszyklus eines Bauwerks von der strategischen Planung bis zur Bewirtschaftung. Wie der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen ist, berücksichtigt die SIA 112 den Rückbau, bzw. die Verwertung des Gebäudes nicht in ihrem Phasenmodell.

---

[9] vgl. Faber-Praetorius/Zippel 2012, S. 135

[10] Auf die Unterscheidung zwischen Lebens- und Nutzungsdauer wird in den Abschnitten 2.3.3 Lebenszykluskosten und Lebensdauer und 2.4.3 Lebensdauer von Bauelementen und Teilelementen weiter eingegangen

[11] vgl. SIA 2001, S. 6

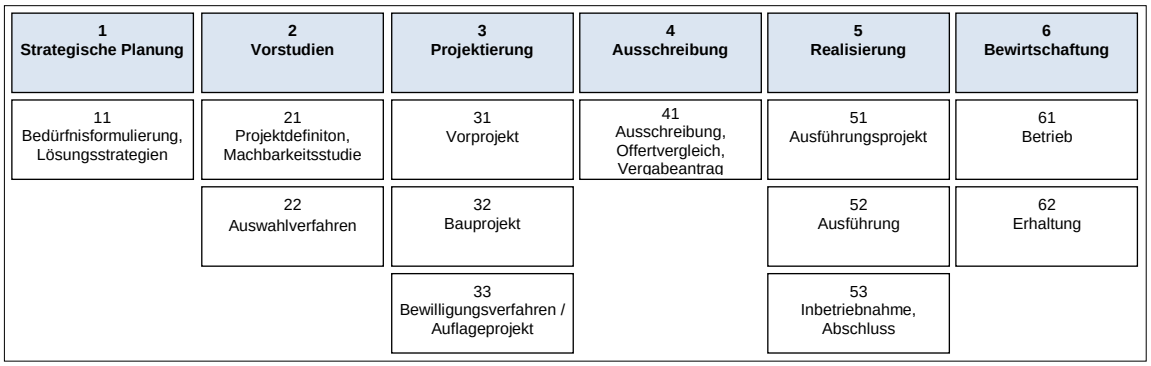


Abbildung 1: Phasen und Teilphasen gem. SIA 112; in Anlehnung an SIA 112

2.2.2 *Lebenszyklusphasen nach GEFMA*

Die GEFMA unterscheidet in ihrer Richtlinie 100-1 zu den Grundlagen Facility Management insgesamt neun Phasen.[12] Wie nachfolgende Abbildung zeigt, werden dabei jeder Phase FM-Hauptprozesse zugeordnet.

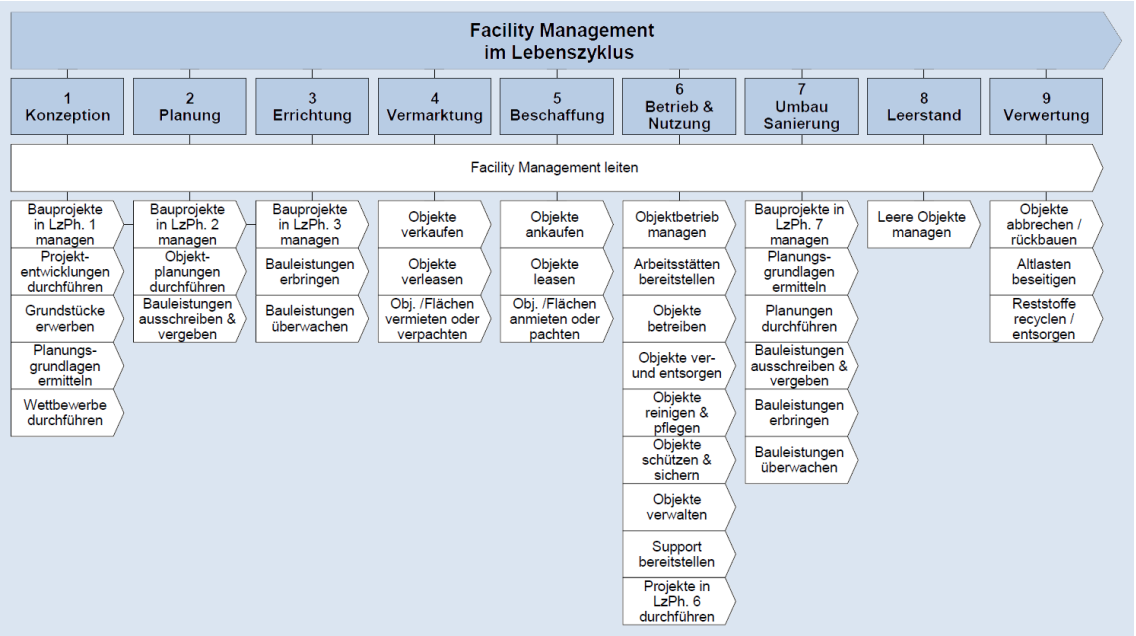


Abbildung 2: Lebenszyklusphasen nach GEFMA (lineare Darstellung); vgl. GEFMA (2004), S. 7

Um möglichst alle in der Gebäudepraxis auftretenden Abläufe abzubilden, berücksichtigt das Phasenmodell der GEFMA neben objektbezogenen Phasen auch Phasen, welche die Eigentümer- und Nutzersicht betreffen. Aus diesem Grund wurden die Phasen Vermarktung und Beschaffung in das Modell integriert.[13]

---

[12] vgl. GEFMA 2004 (Richtlinie 100-1), S. 7
[13] vgl. GEFMA 2004 (Richtlinie 100-1), S. 14

Ausgehend von einer Idee wird über die Phasen Konzeption, Planung und Errichtung ein Objekt erstellt. Steht dieses zur Verfügung, sind im Anschluss verschiedene Phasenabfolgen möglich, wie Abbildung 3 zeigt. So kann das Objekt in die Phase 'Vermarktung' gelangen und vermietet oder verkauft werden oder es wird anschliessend an die Errichtung direkt in die Phase 'Betrieb und Nutzung' überführt. Erfolgt keine der genannten Optionen, gelangt das Objekt in die Phase 'Leerstand'.

Nach Abschluss jeder Phase steht das Objekt wieder zur Verfügung und ein neuer Zyklus beginnt. Dabei sind grundsätzlich wieder alle Phasen von 4 bis 9 möglich.

Im Phasenmodell der GEFMA ist es auch denkbar, dass sich einzelne Phasen überlagern. Zum Beispiel kann sich die Phase 'Verwertung' im Falle einer geplanten Neubebauung mit den Phasen 'Konzeption, Planung und Errichtung' überschneiden, indem der Rückbau des bestehenden Bauwerks als Vorbereitung des Baugrundes dem Neuprojekt zugerechnet wird.[14]

Auch die Phase 'Umbau – Sanierung' kann als überlagernde Phase zu 'Betrieb und Nutzung' sowie insbesondere zur Phase 'Leerstand' erfolgen.

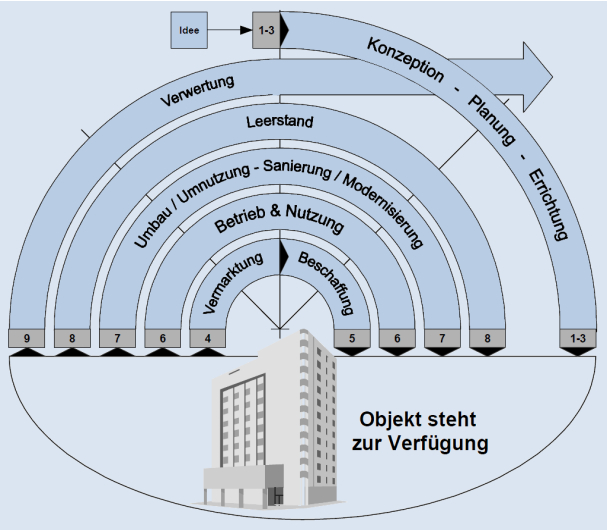


Abbildung 3: Lebenszyklusphasen nach GEFMA (zyklische Darstellung); vgl. GEFMA (2004), S. 6

2.2.3 *Lebenszyklusphasen nach Faber-Praetorius/Zippel*

Faber-Praetorius/Zippel verwenden ein Phasenmodell mit drei Hauptphasen und drei Phasenübergängen. Die Übergänge sind jeweils fliessend, und auch bei den Phasen ist

[14] vgl. GEFMA 2004 (Richtlinie 100-1), S. 15

weder der Anfang noch das Ende klar definiert.[15] Während beim Phasenmodell der GEFMA die 'Idee' den Zyklus anstösst und anschliessend bis zur Verwertung des Objektes, ausserhalb des Kreislaufes liegt, steht bei Faber-Praetorius/Zippel der Phasenübergang der Entstehung für diejenige Phase, in welcher die Projektidee entwickelt wird. Dabei kann diese Phase gleichermassen für den Neubau einer Immobilie, als auch für die Revitalisierung, die Umnutzung oder den Rückbau einer Immobilie angewendet werden. Der Kreislaufgedanke dieses Phasenmodells wird in der nachfolgenden Abbildung verdeutlicht.

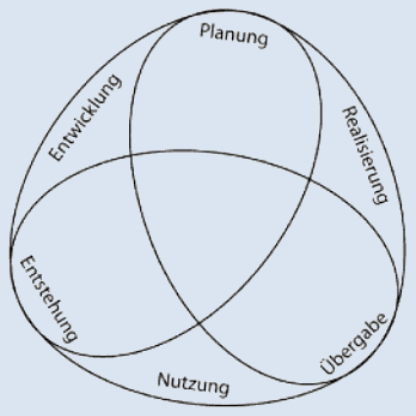


Abbildung 4: Phasenmodell, Faber-Praetorius/Zippel 2012, S. 136

2.2.4 *Lebenszyklusphasen nach Preuss/Schöne*

Preuss/Schöne unterscheiden insgesamt sechs Lebenszyklusphasen. Dabei beginnt der Lebenszyklus mit der Konzeptionsphase und endet mit der Beseitigung der Immobilie. Ähnlich wie beim Modell der GEFMA, wo am Anfang des Kreislaufes die Idee steht, beginnt beim Modell von Preuss/Schöne die erste Phase mit dem Meilenstein des Projektanstosses. Am Ende der Phase der Konzeption steht der Entscheid über die Weiterverfolgung der Projektidee oder der Beendigung des Projektes infolge zu grosser Projektrisiken. Wird das Projekt weiterverfolgt, werden die nächsten Phasen durchlaufen. Der Kreislauf endet auch in diesem Modell mit der Verwertung bzw. Beseitigung der Immobilie. Beginnt danach eine neue Projektentwicklung, schliesst sich der Kreis.[16]

Das Spezielle am Modell von Preuss/Schöne ist, dass den einzelnen Lebenszyklusphasen jeweils eine Dauer zugeordnet wird. Dadurch wird die zeitliche Komponente der Lebenszyklusphasen ins Spiel gebracht, welche insbesondere in Bezug auf die Lebens-

---

[15] vgl. Faber-Praetorius/Zippel 2012, S. 135
[16] vgl. Preuss/Schöne 2010, S. 8

zykluskostenbetrachtung eine hohe Relevanz besitzt. In Tabelle 1 sind die Phasen mit Angabe der jeweiligen Dauer gemäss Preuss/Schöne ersichtlich.

Im Weiteren kann mittels der zeitlichen Komponente nun auch der Zeitraum, dessen es für die Bereitstellung der Immobilie bedarf (Phasen 1 bis 4), der Nutzungsdauer (Phase 5) gegenübergestellt werden. Dabei wird ersichtlich, dass die Nutzungsphase mit Abstand die längste Lebenszyklusphase darstellt.

1 Konzipieren	2 Planen und Genehmigen	3 Realisieren	4 In Betrieb nehmen	5 Immobilie nutzen	6 Immobilie beseitigen
1 Jahr	2 Jahre	2 Jahre	1 Jahre	50 Jahre + Umnutzung ? Jahre + Umnutzung ? Jahre	2 Jahre

Tabelle 1: Lebenszyklus und -dauer von Immobilien, in Anlehnung an Preuss/Schöne 2010, S. 5

2.2.5 *Zusammenfassung Lebenszyklusphasen*

Trotz der unterschiedlichen Gliederung in Phasen und Teilphasen sind - mit Ausnahme des Phasenmodells der SIA 112, welches keine Phase für die Beseitigung der Immobilie definiert - jeweils die vier Hauptphasen Planung, Erstellung, Nutzung und Verwertung ersichtlich oder zumindest implizit enthalten. Je nach Sichtweise und Bedarf werden diese Hauptphasen in den verschiedenen Modellen jeweils weiter unterteilt. Betreffend die Phasen Planung und Erstellung wäre auch eine weitere Zusammenfassung in eine Phase 'Bereitstellung' oder 'Entstehung' denkbar.

Gantenbein[17] verwendet ebenfalls ein Vier-Phasen-Modell für die Darstellung des Lebenszyklus einer Immobilie. Abbildung 5 zeigt die Unterteilung in die Hauptphasen Planung, Erstellung, Nutzung und Verwertung, welche auch in Bezug auf Umfang und Aufteilung der Lebenszykluskosten [18] von Bedeutung sind.

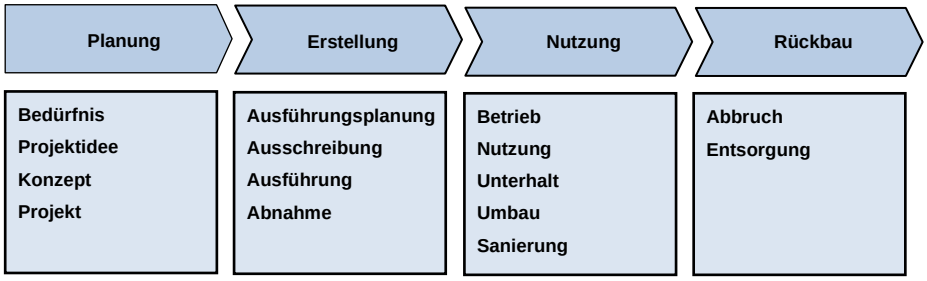


Abbildung 5: Lebenszyklusphasen gemäss Gantenbein, vgl. Gantenbein 2003, S. 89

[17] vgl. Gantenbein 2003, S. 89
[18] siehe auch 2.3.2, S. 13

2.3 Lebenszykluskosten

2.3.1 *Begriff und Elemente der Lebenszykluskosten*

Unter Lebenszykluskosten (LzK) werden die gesamten, über alle Phasen des Lebenszyklus hinweg anfallenden Kosten verstanden.

Die GEFMA definiert die Lebenszykluskosten in ihrer Richtlinie 100-1 als "Kosten, die während des Lebenszyklusses von Facilities anfallen, unabhängig vom Zeitpunkt ihrer Entstehung."[19] In der GEFMA-Richtlinie 220-1 wird diese Definition präzisiert und erweitert: "Die Lebenszykluskosten stellen die Summe aller über den Lebenszyklus von Facilities anfallenden Kosten (Kosten im Hochbau, Projektkosten, Nutzungskosten und Leerstandskosten) dar. LzK entsprechen den englischen Begriffen 'Life Cycle Costs (LCC)' und 'Whole Life Costs (WLC)'."[20]

Mit den letztgenannten Begriffen nimmt die GEFMA-Richtlinie 220-1 Bezug auf die ISO 15 686-5, welche die Lebenszykluskosten in einen übergeordneten Rahmen stellt.

Der Begriff 'Life Cycle Cost (LCC)' steht dabei für die Lebenszykluskosten eines Bauwerks oder seiner Teile, die während dessen Lebensdauer entstehen, solange das Bauwerk bzw. Bauteil seine Funktion erfüllt. Die 'Whole Life Cost (WLC)' dagegen ist allgemeiner zu verstehen und nach ISO 15686-5 eine Methode, um Kosten und Erträge eines beliebig zu definierenden Systems aus ökonomischer Sicht zu betrachten.[21]

Die nachfolgende Abbildung zeigt einerseits den Umfang der Lebenszykluskosten nach ISO 15 686-5 auf. Andererseits wird aus Abbildung 6 auch der Zusammenhang zwischen den WLC und den LCC ersichtlich. In den WLC bzw. der Lebenszyklus-Wirtschaftlichkeit werden neben den Lebenszykluskosten auch weitere Aspekte wie externe Kosten und Erträge, nicht-bauliche Kosten sowie die durch das Bauwerk erwirtschafteten Erträge berücksichtigt. Demgegenüber stellen die LCC bzw. die Lebenszykluskosten die Summe der Kosten dar, die während den verschiedenen Lebenszyklusphasen eines Bauwerks bzw. seiner Teile entstehen.

---

[19] GEFMA 2004 (Richtlinie 200), S. 2
[20] GEFMA 2006 (Richtlinie 220-1), S. 2
[21] vgl. Wallbaum et al. 2012, S. 61

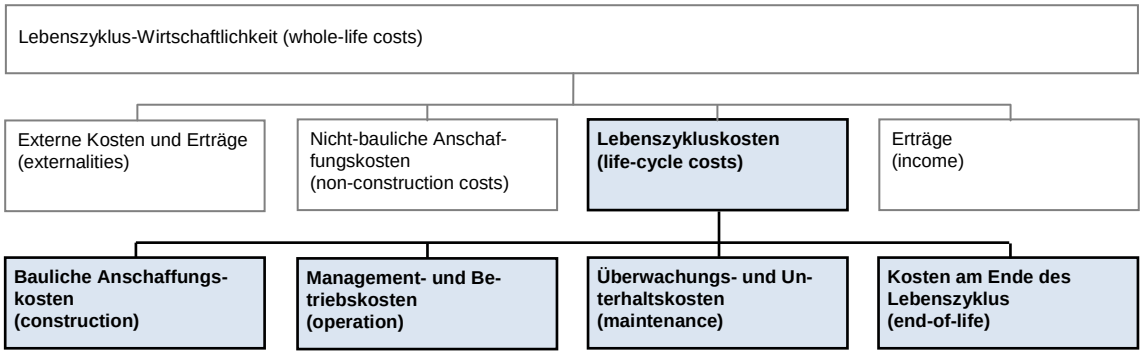


Abbildung 6: Umfang der Lebenszykluskosten (life-cycle costs LCC) nach ISO 15 686-5, vgl. CRB 2012 (Leitfaden LCC), S. 10

Im LCC Leitfaden des CRB werden die Lebenszykluskosten insofern noch weiter präzisiert, als diese von Kosten, welche aufgrund veränderter Anforderungen entstehen, klar abgegrenzt werden: "Lebenszykluskosten sind die Kosten, die bei der Planung, der Realisierung und der Bewirtschaftung (gegebenenfalls einschliesslich der Massnahmen am Ende des Lebenszyklus) einer baulichen Anlage entstehen, solange die zum Betrachtungszeitpunkt definierten Anforderungen an die bauliche Anlage erfüllt werden. Somit sind beispielsweise Kosten aufgrund der Veränderung einer baulichen Anlage (wie Umbauten oder Erweiterungen) in der Regel nicht zu berücksichtigen, da hierbei ein bauliches Eingreifen zwecks Anpassung an neue Anforderungen erfolgt (vgl. SN 506 469)."[22]

Auch der CRB stützt sich in seinem LCC Leitfaden in Bezug auf die Lebenszykluskosten aus schweizerischer Sicht auf die ISO 15 686-5, berücksichtigt jedoch in Bezug auf die Planungs- und Realisierungsphase einer baulichen Anlage schweizerische Besonderheiten: " Im Gegensatz zur ISO 15 686-5 ist die ausschliessliche Berücksichtigung der baulichen Anschaffungskosten eher ungebräuchlich ("construction" ohne Kosten für Grundstück, Grundstücksnebenkosten, Kapitalkosten, zugehörige Mehrwertsteuer und dgl.) […]. Es ist vielmehr davon auszugeben, dass eine Differenzierung der Anschaffungskosten hinsichtlich Erstellungskosten und zugehörige Mehrwertsteuer (einschliesslich Reserve und Teuerung gemäss SN 506 511 Baukostenplan Hochbau) sowie Grundstückkosten (einschliesslich Baurecht und Nebenkosten gemäss SN 506 511) erfolgt."[23]

Die nachfolgende Abbildung stellt den Umfang der Lebenszykluskosten aus schweizerischer Sicht dar.

---

[22] CRB 2012, S. 9
[23] CRB 2012, S. 10

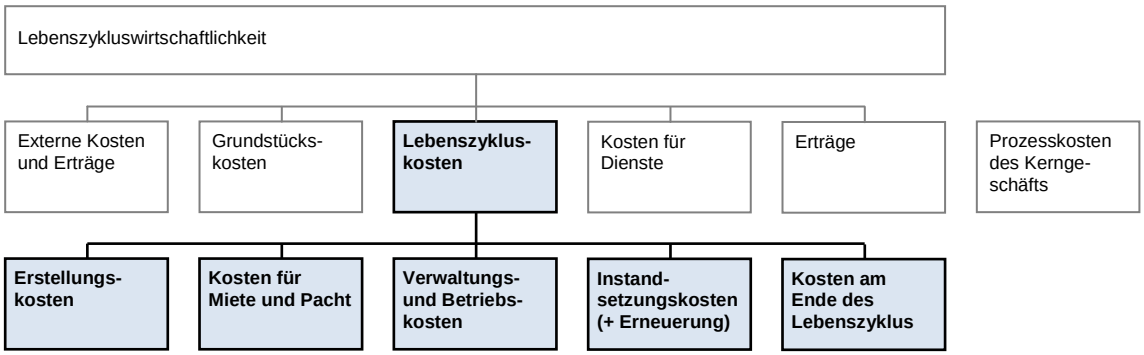


Abbildung 7: Umfang Lebenszykluskosten aus schweizerischer Sicht, vgl. CRB 2012 (Leitfaden), S. 10

Die vorliegende Arbeit orientiert sich grundsätzlich an dieser Aufstellung, bedient sich jedoch in Bezug auf die voraussichtlichen Kosten, welche während der Nutzungsdauer anfallen, vereinfachender Annahmen.[24]

2.3.2 *Umfang und Aufteilung der Lebenszykluskosten*

Wie in der Einleitung erwähnt, liegen die in der Nutzungsphase einer Immobilie entstehenden Kosten um ein Vielfaches höher als die Herstellungskosten. Gemäss Gantenbein werden dabei die Herstellungskosten bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren je nach Nutzungsart der Immobilie um das 3-10fache überschritten.[25] Die nachfolgende Abbildung zeigt diesen Sachverhalt schematisch auf.

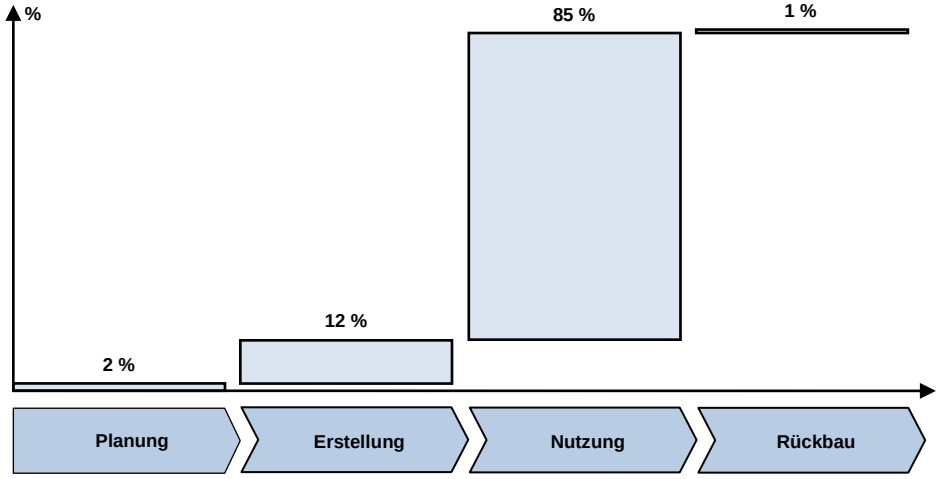


Abbildung 8: Immobilien Life Cycle Koste gemäss Gantenbein, vgl. Gantenbein 2003, S. 91

Auch Preuss/Schöne haben sich mit dieser Thematik auseinandergesetzt und die Kosten während der Nutzungsphase der jeweiligen Gebäudenutzungsart gegenübergestellt.[26]

---

[24] siehe auch 3.1.2 'Abgrenzung der Lebenszykluskosten', S. 25
[25] vgl. Gantenbein 2003, S. 90
[26] vgl. Preuss/Schöne 2010, Seite 464

Die nachfolgende Tabelle zeigt eindrücklich, wie die Nutzungsart die Lebenszykluskosten beeinflussen kann. Dabei zeigt die zweite Spalte die jährlichen Nutzungskosten je Gebäudenutzungsart in Prozent der Herstellungskosten. Die Angaben in der letzten Spalte zeigen die Zeitdauer auf, in welcher die Nutzungskosten die Höhe der Investitionskosten erreicht haben.

Gebäudenutzungsart	Prozent	Jahre
Schulen und Kindergärten	31%	3 - 4
Krankenhäuser	26%	4
Hallenbäder	21%	4 - 5
Sporthallen	17%	5 - 6
Freibäder	15%	6 - 7
Verkehrsanlagen	10%	10
Produktionsgebäude	10%	10
Verwaltungsgebäude	8.5%	11 - 12
Wohnungsbau	0.5 - 2.0%	20 - 50

Tabelle 2: Zusammenhang von Gebäudenutzungsart und Folgekosten, in Anlehnung an Preuss/Schöne 2010, S. 464

Will man die Lebenszykluskosten reduzieren, müssen die Kosten der Nutzungsphase in den Fokus gerückt werden. Eine Optimierung dieser Kosten kann teilweise mithilfe geeigneter Massnahmen im laufenden Betrieb erzielt werden, die Beeinflussbarkeit dieser Kosten ist in der Nutzungsphase jedoch begrenzt. Deutlich höher ist die Beeinflussbarkeit der Lebenszykluskosten in der Planungsphase, wie nachfolgende Abbildung zeigt. Gemäss Gantenbein werden 80% der Lebenszykluskosten in der Planungsphase festgelegt.[27]

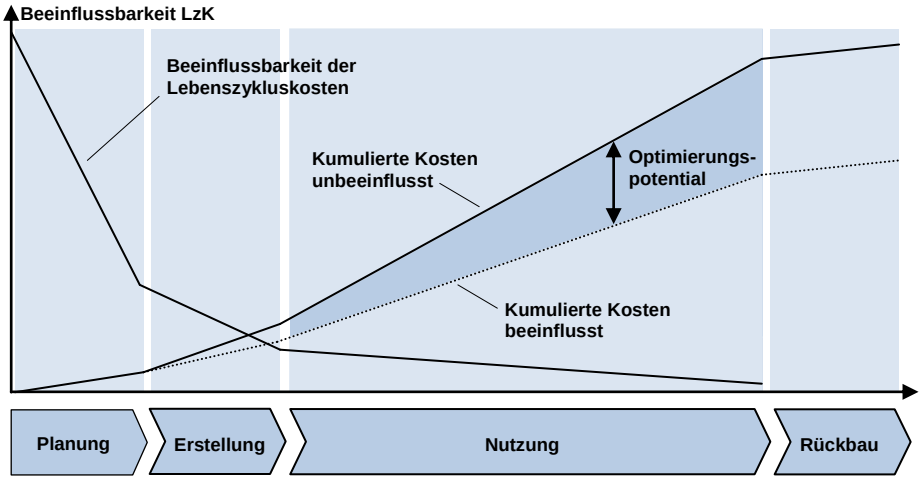


Abbildung 9: Beeinflussbarkeit der Lebenszykluskosten, vgl. Gantenbein 2003, S. 92

[27] vgl. Gantenbein 2003, S. 92

In diesem Zusammenhang interessiert es insbesondere, welche relevanten Einflussfaktoren im Hinblick auf die Erstellungs- und Folgekosten bestehen. Gantenbein teilt diese in Anlehnung an Pfarr [28] in die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten fünf Kategorien ein.[29]

Objektbedingte Faktoren	Architektur, Komplexität, Geometrie, Gebäude, Automatisierung, Flexibilität, Funktionalität, Flächennutzungsgrad
Herstellungsbedingte Faktoren	Konstruktionsmerkmale, Materialwahl, Arbeitsausführung, Lebensdauer der Komponenten
Nutzungsbedingte Faktoren	Nutzungsgrad und -Intensität, Anforderungen an die Flexibilität
Umweltbedingte Faktoren	Baukosten, Kapitalkosten, Markt
Standortbedingte Faktoren	Baurecht, Lage, Topographie, Baugrund, Altlasten, politische Konstellation

Tabelle 3: Beeinflussungsmöglichkeiten der Erstellungs- und Folgekosten, vgl. Gantenbein 2003, S. 95

Die Schwierigkeit besteht jedoch darin, zu quantifizieren, welche Faktoren massgeblich auf die Lebenszykluskosten bzw. auf einzelne Kostenpositionen einwirken und in welchem Ausmass. In der vorliegenden Arbeit soll dieser Frage in Bezug auf einzelne Bauelemente nachgegangen werden.

2.3.3 *Lebenszykluskosten und Lebensdauer*

Bei der Betrachtung der Lebenszykluskosten von Immobilien spielen die Lebensdauer des Gebäudes und die der einzelnen Bauelemente eine wichtige Rolle. Dabei wird in der Literatur oft zwischen der technischen und der wirtschaftlichen Lebensdauer unterschieden.

Die wirtschaftliche Lebensdauer ist meist kürzer als die technische und wird in der Regel beendet, wenn der Kostenaufwand die Erträge übersteigt oder wenn alternative Nutzungen unter Berücksichtigung aller Kosten eine höhere Rendite erwirtschaften.[30]

Die technische Lebensdauer wird bestimmt durch den Zeitraum, in welchem das Gebäude die bautechnischen Anforderungen erfüllt. Können diese Anforderungen weder mit Instandhaltungsmassnahmen noch mit Instandsetzungen erfüllt werden, endet die technische Lebensdauer.[31] Auf die Lebensdauer von einzelnen Bauelementen wird unter Abschnitt 2.4.3 'Lebensdauer von Bauelementen' eingegangen.

Kalusche wendet den Begriff der Lebensdauer lediglich auf die Bauteile an und unterscheidet die 'wirtschaftliche Nutzungsdauer des Gebäudes' von der 'technischen Le-

[28] Pfarr 1976
[29] vgl. Gantenbein 2003, S. 95
[30] vgl. BBSR 2010, S. 16
[31] vgl. BFK (IP Bau) 1994, S. 9

bensdauer seiner Bauteile', wobei er diese beiden Betrachtungsweisen in direkter Wechselwirkung sieht.[32] Gemäss Kalusche ist die wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes in grossem Masse von den wirtschaftlichen Zielen des Investors und vom Nutzungszweck abhängig.[33] Dabei ist die wirtschaftliche Nutzungsdauer unterschiedlichen Einflüssen ausgesetzt. Diese sind in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht.

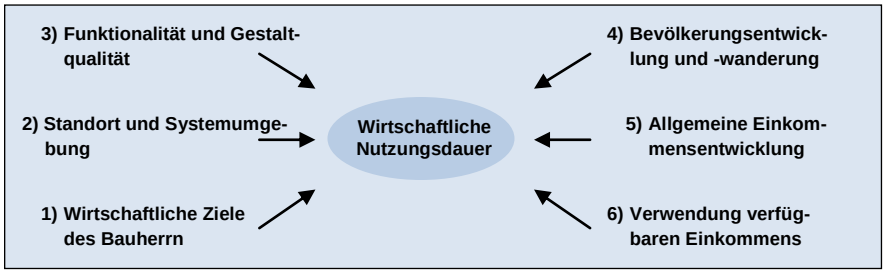


Abbildung 10: Einflüsse auf die wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes und seines Lebenszyklus, vgl. Kalusche 2004, S. 7

Der Zusammenhang von Nutzungszweck und durchschnittlicher Nutzungsdauer geht aus Tabelle 4 hervor. Die darin dargestellten Daten stammen aus einer Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums des Landes Baden-Württemberg über die Richtlinien für die Ermittlung der Verkehrswerte von Grundstücken und stellen einen Auszug dar.[34] Ähnliche Angaben finden sich auch in der Literatur. Es fällt auf, dass insbesondere der Wohnungsbau lange durchschnittliche Nutzungsdauern aufweist, während bei gewerblich genutzten Objekten die durchschnittliche Nutzung zum Teil nur wenige Jahrzehnte dauert.

Gebäudenutzung	Durchschnittliche Nutzungsdauer
Einfamilienhäuser	60 - 100 Jahre
Mehrfamilienhäuser (Mietwohngebäude)	60 - 80 Jahre
Verwaltungsgebäude, Bankgebäude	50 - 80 Jahre
Kindergärten, Kindertagesstätten	50 - 70 Jahre
Schulen, Berufsschulen	50 - 80 Jahre
Hallenbäder	40 - 70 Jahre
Tennishallen	30 - 50 Jahre
Kauf- und Warenhäuser	40 - 60 Jahre
Einkaufsmärkte	30 - 80 Jahre
Industriegebäude, Werkstätten, Lagergebäude	40 - 60 Jahre
Tankstelle	10 - 20 Jahre

Tabelle 4: Durchschnittliche Nutzungsdauer von Gebäuden in Abhängigkeit der Nutzung, vgl. Baden-Württemberg 2007

[32] vgl. Kalusche 2004, S. 1
[33] vgl. Kalusche 2004, S. 7
[34] vgl. Baden-Württemberg 2007

2.4 Bauelement

2.4.1 *Begriff Bauelement*

Der Begriff Bauelement wird in der Regel synonym zum Begriff Bauteil verwendet. Selbsterklärend wird davon ausgegangen, dass damit ein Teil oder eben ein Element des Baus, bzw. des Gebäudes gemeint ist, welches wiederum aus Teilen zusammengesetzt sein kann. Damit ist jedoch noch nicht definiert, welchen Umfang ein Bauelement oder Bauteil aufweist und in welche Struktur sich dieses Bauelement oder Bauteil einordnet.

Auch das Deutsche Wörterbuch Wahrig [35] verwendet den Begriff des Bauelements synonym mit dem Begriff Bauteil und versteht darunter insbesondere ein "grösseres vorgefertigtes Teil bei der Fertigbauweise". Diese direkte Verbindung des Begriffs mit der speziellen Bauweise des Fertigbaus wiederspiegelt sich jedoch nicht in der herkömmlichen Verwendung des Begriffs im Bauwesen, zumindest nicht in der deutschsprachigen Schweiz.

Im Hinblick auf eine strukturierte und nachvollziehbare Analyse und Auswertung der Lebenszykluskosten eines Bauelements ist es unabdingbar, dass die Bauelemente klar definiert sind und Kriterien für eine verständliche Abgrenzung vorliegen.

Graf definiert Bauelemente als einzelne Teile oder Komponenten, welche zu Bauteilen gruppiert werden können.[36] So bilden zum Beispiel die Bauelemente Stützen und Decken das Bauteil Rohbau. Dabei definiert Graf zwei wesentliche Kriterien für die Festlegung der relevanten Bauteile. Zum Einen soll der Bauteil in sich homogen sein. Damit ist gemeint, dass das Bauteil keine Elemente mit sehr unterschiedlicher Nutzungsdauer enthalten soll, insbesondere wenn diese Elemente unabhängig voneinander instandgesetzt werden können. Als zweites Kriterium definiert Graf einen Mindestkostenumfang, welchen ein Bauteil aufweisen sollte, um ausreichend relevant zu sein. Als untere Grenze nennt Graf einen Kostenanteil am Neubauwert des Gebäudes von 1%.[37]

Die Gliederung von Graf basiert prinzipiell auf der von Schröder erarbeiteten Unterteilung in 12 Bauteile. Schröder versteht die Bauteile als Blöcke, welche durch üblicherweise zusammenhängende Sanierungspakete gebildet werden und gleichermassen für alle Gebäudearten gelten. Eine Aufteilung nach BKP oder nach der Promilletabelle des

---

[35] vgl. Wahrig 1986, S. 234
[36] vgl. Graf 2008, S. 21
[37] vgl. Graf 2008, S. 10

Zürcher Baukostenindexes wäre gemäss Schröder im Sinne des Zweckes zu feingliedrig und zu aufwendig.[38]

Graf entwickelt die Bauteile von Schröder weiter bzw. verfeinert diese. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Liste der Bauteile, wie sie Graf und Schröder verwenden.

	Bauteile gemäss Graf		Bauteile gemäss Schröder
1	Massiver Rohbau	1	Rohbau massiv
2	Übriger Rohbau	2	Übriger Rohbau
3	Steildach (geneigtes Dach)	3	Dachhaut
4	Flachdach		
5	Fassade	4	Fassaden
6	Fenster	5	Fenster
7	Starkstromanlagen	6	Elektrische Anlagen
8	Schwachstromanlagen		
9	Wärmeerzeugung	7	Heizungsanlagen
10	Wärmeverteilung		
11	Zentrale Lufttechnische Anlagen (Lüftung, Klima, Kälte)		
12	Verteilnetz Lufttechnische Anlagen (Lüftung, Klima, Kälte)		
13	Sanitär-Apparate	8	Sanitärinstallationen
14	Sanitär-Leitungen		
15	Transportanlagen		
16	Übrige Technik	9	Übrige Haustechnik
17	Innenausbau Substanz	10	Innenausbau 1. Teil
18	Innenausbau Oberflächen	11	Innenausbau 2. Teil
19	Kücheneinrichtungen		
		12	Disponibler Bauteil

Tabelle 5: Liste der Bauteile gemäss Graf und Schröder, in Anlehnung an Graf 2008, S 10 und Schröder 1989, S. 455

Die Aufteilung von Graf korrespondiert mit keiner Norm. Im Gegensatz zu den meisten Normen, welche sich primär am Neubau orientieren, ist die Aufteilung von Graf auf die Instandsetzung ausgerichtet [39] und wird in seinen Anwendungen zur Planung von Erhaltungsmassnahmen an Infrastruktur und Immobilien verwendet.

Für eine differenzierte Lebenszyklusbetrachtung von Bauteilen oder Bauelementen, in welcher gleiche Bauelemente mit unterschiedlicher Beschaffenheit verglichen werden sollen, reicht die Gliederungen von Schröder oder Graf nicht aus. Eine zusätzliche Ebene in welcher die Differenzierung nach Beschaffenheit des Bauelementes abgebildet werden kann, ist erforderlich.

[38] vgl. Schröder 1989, S. 450
[39] vgl. Graf 2008, S. 11

Hier bietet sich aus verschiedenen Gründen die Elementkostengliederung des CRB an[40], welche im nachfolgenden Abschnitt kurz beschrieben wird.

2.4.2 *Das Bauelement in der Elementkostengliederung*

Die Elementkostengliederung EKG ist - wie der Name besagt - elementorientiert aufgebaut. Dabei wird ein Bauwerk in funktionale Elemente gegliedert, welchen die anfallenden Kosten entsprechend zugeordnet werden. Um eine Gesamtkostenbetrachtung mit grober Aufteilung der Bauwerkskosten zu erhalten, werden die Elemente in Elementgruppen zusammengefasst. Für eine detaillierte Betrachtung der Kosten, greift man auf die Kostenanteile der einzelnen Elemente oder Teilelemente zurück. Die nachfolgende Tabelle zeigt die wichtigsten Elementgruppen des Hochbaus beispielhaft mit einzelnen Elementen des 'Rohbaus Gebäude oberhalb Bodenplatte' sowie Teilelemente des Elements 'Fenster, Aussentüren und -tore'.

Elementgruppen		Elemente		Teilelemente	
A	Grundstück	…	…	…	…
B	Bauvorbereitung	…	…	…	…
C	Allgemeines zu Rohbau Gebäude	…	…	…	…
D	Rohbau Gebäude bis OK Bodenplatte	…	…	…	…
E	**Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte**	E0	Decken, Treppen und Balkone	…	…
I	Installationen und Transportanlagen	E1	Dächer	…	…
M	Ausbau Gebäude	E2	Stützen	…	…
P	Bauliche Betriebseinrichtungen	E3	Aussenwände UG	…	…
R	Ausstattung	E4	Aussenwände EG / OG	…	…
T	Umgebung	**E5**	**Fenster, Aussentüren und -tore**	**E5 100**	**Fenster, Fenstertüren**
V	Baunebenkosten	E6	Innenwände (Rohbau)	E5 200	Aussentüren
W	Honorare	E7	Ergänzende Leistungen	E5 300	Aussentore
				E5 400	Grossflächige Verglasungen
				E5 500	Schutzanlagen

Tabelle 6: Aufbau der Elementkostengliederung, in Anlehnung an CRB 2008, S. 51

Die weitere Differenzierung der einzelnen Bauelemente, wie zum Beispiel in Bezug auf deren Beschaffenheit oder Materialisierung, erfolgt innerhalb der Teilelemente und basierend auf den Kostenarten aus der Norm SN 506 500 'Baukostenplan BKP'. Dies entspricht der Vorgehensweise wie sie auch der CRB im Anhang 'Teilelementgliederung DUEGA-Makroelemente' zur Elementkostengliederung EKG anwendet.[41] Tabelle 7 stellt die Differenzierung innerhalb des Teilelements 'Fenster, Fenstertüren' dar.

---

[40] CRB 1995
[41] vgl. CRB 2000, S. 4

Teilelemente		Fensterflächen	
E5 100	**Fenster, Fenstertüren**	221.0	Fenster aus Holz
		221.1	Fenster aus Holz/Metall
		221.2	Fenster aus Kunststoff
		221.3	Fenster aus Stahl
		221.4	Fenster aus Aluminium
		225.1	Fugendichtungen
		227	Oberflächenbehandlung aussen

Tabelle 7: Differenzierung der Teilelemente, in Anlehnung an CRB 2000, S. 4

Als planungsorientiertes Instrument gliedert die EKG sämtliche beim Erstellen eines Bauwerks anfallenden Kosten. Damit dient sie als einheitliche Basis für die Kostenermittlung, -optimierung und -kontrolle sowie für Auswertungen.[42]

Weiter stellt die EKG eine in der Schweiz bekannte und vielfach verwendete Gliederung dar, welche auch zur Ermittlung von Kostenkennwerten eingesetzt wird.

2.4.3 *Lebensdauer von Bauelementen und Teilelementen*

Wie in Bezug auf das Gebäude, kann auch auf der Ebene des Bauelements oder Teilelements hinsichtlich der Lebensdauer zwischen der technischen und der wirtschaftlichen Lebensdauer unterschieden werden. Die Kriterien für die Unterscheidung sind dabei in etwa dieselben. So definiert Ritter die wirtschaftliche Lebensdauer wie folgt: "Die wirtschaftliche Lebensdauer bezeichnet den Zeitraum, in dem es unter den gegebenen Umständen ökonomisch sinnvoll ist, ein Bauteil bzw. das Gebäude zu nutzen oder zu betreiben. Sie unterliegt legislativen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Einflüssen und ist unabhängig von der technischen Lebensdauer, kann diese jedoch nicht überschreiten."[43]

Demgegenüber beschreibt die technische Lebensdauer die Zeitspanne zwischen Errichtung und Ausfall eines Bauelements und stellt die Obergrenze für die Haltbarkeit von Bauteilen dar. Sie endet, wenn ein Bauteil die ihm zugedachte Funktion nicht mehr erfüllen kann, Instandhaltungsmassnahmen technisch nicht mehr möglich sind und das Bauteil ausgetauscht werden muss.[44]

Die technische Lebensdauer von Bauelementen ist verschiedenen Einflussfaktoren unterworfen. Dabei spielen physische Eigenschaften, äussere Einwirkungen und das Ver-

---

[42] vgl. CRB 2008, S.48
[43] vgl. Ritter 2011, S. 33
[44] vgl. BBSR 2010, S. 16

halten der Nutzer eine Rolle. Die wichtigsten Einflussfaktoren gemäss Ritter sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Kategorie	Faktorklasse	Subfaktoren
Bauteilqualität	Komponentenqualität	Produktqualität, Erfahrungswerte, Komplexität des Bauteils, Verfügbarkeit von Bau- und Ersatzteilen
	Konstruktionsqualität	Konstruktiver Schutz, Planungsqualität, Komplexität des Bauvorhabens, Qualitätssicherung in der Planung
	Ausführungsqualität	Qualität des Projektmanagement, Einbaubedingungen und klimatische Verhältnisse auf der Baustelle, Komplexität der Ausführung, Qualitätssicherung in der Ausführungsphase
Umgebung	Innenräumliche Umgebungsbedingungen	Raumluftbedingungen, Temperatureinwirkung, Chemische Einwirkungen, Biologische Einwirkungen
	Aussenräumliche Umgebungsbedingungen	Standortbedingungen, Temperatureinwirkung, Sonneneinstrahlung, Feuchtigkeit, Biologische Einwirkungen, Bauwerkserschütterungen, Windeinwirkungen
Gebrauchsbedingungen	Nutzungsintensität	Art der Nutzung, Mechanische Einflüsse, Verschmutzungs- und Reinigungsintensität, Optischer Anspruch, Aktualisierte Gebäudeinformationen
	Instandhaltungsniveau	Instandhaltungszyklus, Instandhaltungsqualität, Aktualisierte Gebäudedokumentation, Zugänglichkeit und Instandhaltungsfreundlichkeit von Bauteilen

Tabelle 8: Einflussfaktoren auf die Lebensdauer, in Anlehnung an Ritter 2011, S. 76 - 93

Dass ein Bauteil nicht zwangsläufig die technische Lebensdauer erreichen muss, ist bereits in Bezug auf die wirtschaftliche Lebensdauer erwähnt worden. Darüber hinaus gibt es jedoch noch weitere Gründe, weshalb ein Bauteil vorzeitig ersetzt wird.

So können gemäss Ritter "zum Beispiel modische Aspekte, technischer Fortschritt oder auch normative Änderungen dazu führen, dass ein voll funktionstüchtiges Bauteil ausgetauscht wird und die technisch mögliche Lebensdauer nicht voll ausgenutzt wird. Die sogenannte immaterielle Alterung ist nicht im Bauteil selbst begründet und kann daher auch nicht beeinflusst werden, so dass die Vorhersage der tatsächlichen Verweildauer von Bauteilen in bzw. an einem Gebäude nicht möglich ist."[45]

Im Forschungsprogramm "Zukunft Bau" werden neben anderen folgende immaterielle Einflussfaktoren genannt:[46]

- Funktionale Obsoleszenz: Änderung funktionaler Anforderungen, zum Beispiel aufgrund von Änderungen der Nutzung oder gesellschaftlichen Veränderungen.
- Modische Obsoleszenz: Änderungen modischer oder formaler Ansprüche, zum Beispiel bei Hotelgebäuden oder anderen Immobilien mit Repräsentationszweck.

[45] vgl. Ritter 2011, S. 93
[46] vgl. BBSR 2010, S. 41 - 43

- Baurechtliche Obsoleszenz: Änderungen bei Normen, rechtlichen Verordnungen oder Richtlinien und Empfehlungen, zum Beispiel im Bereich von Wärme-, Schall- oder Brandschutzanforderungen.
- Technische Obsoleszenz: Aufgrund fehlender Ersatzteile oder aufgrund technischer Weiterentwicklungen und in der Folge veränderten Ansprüchen der Nutzer.
- Ökonomische Obsoleszenz: Aufgrund hoher Instandhaltungskosten oder bei sinkender Wirtschaftlichkeit von Bauteilen. So zum Beispiel das Erneuern der Wärmedämmung aufgrund gestiegener Energiekosten.
- Weiter können auch ökologische Aspekte, Änderungen im Steuer- oder Mietrecht sowie auch staatliche Förderprogramme dazu führen, dass Bauteile vorzeitig ersetzt werden.

2.4.4 *Alterungsverhalten von Bauelementen*

Bauelemente bestehen aus verschieden Teilelementen und Materialien. Jedes Material hat sein charakteristisches Alterungsverhalten und beeinflusst dadurch die Lebensdauer des Bauelements. Mit Fortschreiten des Alters nehmen die Restlebensdauer des Bauteils und damit dessen Wert ab.

In Zusammenhang mit seinen Untersuchungen für die Zustandsbewertung grosser Gebäudebestände entwickelte Schröder ein mathematisches Rechenmodell, mit welchem die Entwertung von Bauteilen über die Zeit berechnet und dargestellt werden kann. Das Modell setzt den Zustandswert eines Bauteils in einen mathematischen Bezug zu dessen Alter: "Der mathematische Teil des Rechnungsmodells beschreibt das Entwertungsverhalten der Bauteile als Funktion der Zeit. Die Struktur der Funktion ist für alle Bauteile gleich, ihr Verlauf aber je nach Wahl bestimmter Parameter verschieden."[47]

Dabei erfolgt die Berechnung der Altersentwertung gemäss folgender Funktion:[48]

$$\mathbf{W = 1 - t^a}$$

W = relativer Wert eines Bauteils

t = relatives Alter eines Bauteils

a = Exponent zu t in der Entwertungsformel

---

[47] vgl. Schröder 1989, S. 451
[48] vgl. Schröder 1989, S. 452

Erfolgt die Anwendung der Altersentwertungskurve unter der Annahme, dass infolge kleinerer Montagedefekte, Verschmutzungen und anderen Gründen eine sofortige Abschreibung um 10% resultiert, dann beträgt der anfängliche maximale Zustandswert 90%.[49] Dies wird in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht. Weiter stellt die Abbildung den Verlauf der Alterungskurve dreier typischer Fälle dar:

a = 2: Allgemeiner Fall (z.B. Dach, Fassade)

a = 1: Lineare Entwertung (z.B. Gebäudetechnik)

a = 0.5: Rasche Entwertung am Anfang: (z.B. Heizkessel, Kühlschrank oder bei eindringender Feuchtigkeit)

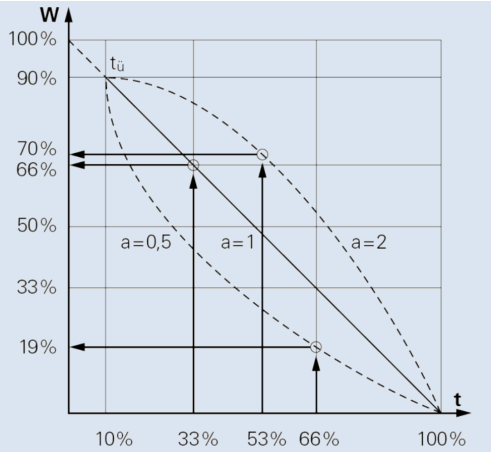


Abbildung 11: Unterschiedliches Alterungsverhalten von Bauteilen, vgl. BFK, S. 94

2.4.5 *Instandhaltung und Instandsetzung*

Das Alterungsverhalten von Bauelementen ist eng verknüpft mit der Instandhaltung und Instandsetzung. Jedes Bauelement erfordert einen regelmässigen Unterhalt. Dadurch wird das Altern des Bauelementes jedoch nicht verhindert, sondern nur hinausgezögert. Wie bereits in Tabelle 8 aufgezeigt wurde, wird die Lebensdauer eines Bauelementes von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Abbildung 12 zeigt den Streubereich der allgemeinen Entwertungskurve eines Bauelements. Unter idealen Voraussetzungen verläuft die Entwertungskurve im oberen Bereich. Bei schlechten Voraussetzungen, zum Beispiel durch extreme äussere Einwirkungen oder schlechte Komponentenqualität, verläuft die Entwertungskurve des Bauelements im unteren Bereich.

---

[49] vgl. BFK (IP Bau) 1994, S. 94

Während mit der Instandhaltung die Funktionstauglichkeit des Bauteils durch einfache und regelmässige Massnahmen gewahrt und eine vorzeitige verstärkte Alterung vermieden werden soll, wird mit der Instandsetzung die Funktions- und Gebrauchstauglichkeit wiederhergestellt und der Wert des Bauelements wieder annähernd an den Neuwert angehoben.[50] Abbildung 12 zeigt auch den Einfluss von Instandhaltung und Instandsetzung auf die Entwertung.[51]

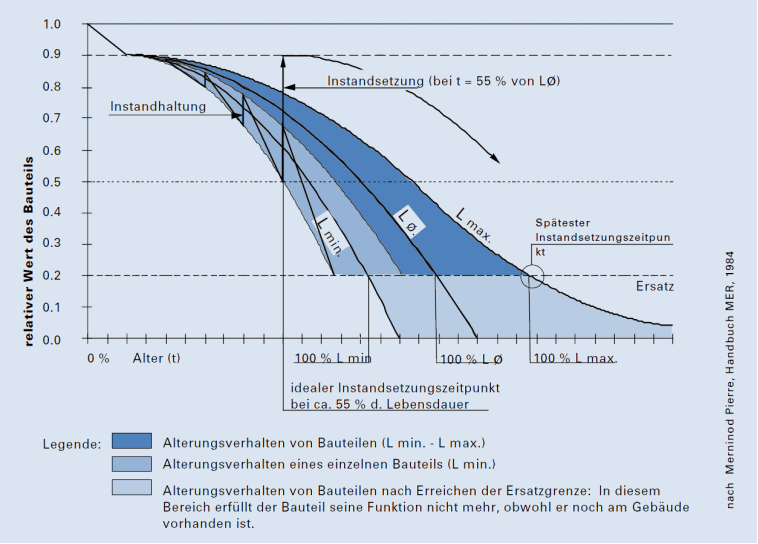


Abbildung 12: Allgemeine Entwertungskurve und der Einfluss von Instandhaltung und Instandsetzung auf die Entwertung, vgl. Merimod / Vicari in: BFK (IP Bau) 1994, S. 20

Sinkt der Wert eines Bauelements auf 0.2, dann hat es die Ersatzgrenze erreicht und sollte ausgewechselt werden. Andernfalls besteht das Risiko von Folgeschäden, beispielsweise auch an benachbarten Bauelementen. Unterhalb der Ersatzgrenze kann das Bauelement seine Funktion nicht mehr erfüllen.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach dem idealen Instandsetzungszeitpunkt. Denn einerseits soll das Bauelement solange als möglich genutzt und die Ersatzinvestition hinaus gezögert werden. Auf der anderen Seite soll nicht zulange zugewartet werden, bis Folgeschäden und Zusatzkosten entstehen.

Zur Bestimmung des optimalen Instandsetzungszeitpunkts setzt Schröder die relativen Instandsetzungskosten eines bestimmten Zeitpunkts (Instandsetzungspotential) rechnerisch in Bezug zu den relativen Instandsetzungskosten pro Zeiteinheit und errechnet

[50] vgl. BFK (IP Bau) 1994, S. 21
[51] vgl. Merimod / Vicari 1984 in: BFK (IP Bau) 1994, S. 20

hieraus das Minimum an Kosten pro Zeiteinheit.[52] Daraus resultiert ein idealer Instandsetzungszeitpunkt nach Ablauf von 50% bis 70% der Lebendauer je nach Bauelement.[53]

Im Bezug auf die Verwendung von Lebensdauerangaben aus der Literatur stellt sich in der Folge die Frage, inwieweit dieser Aspekt des idealen Instandsetzungszeitpunkts in den entsprechenden Lebensdauerangaben bereits Berücksichtigung gefunden hat.

Für die vorliegende Untersuchung wird davon ausgegangen, dass die Erfahrungswerte aus der Literatur, sofern diese einen Durchschnittswert darstellen, den optimalen Instandsetzungszeitpunkt implizit berücksichtigen.

3 Untersuchung der Lebenszykluskosten von Bauelementen

3.1 Definitionen, Annahmen und Rahmenbedingungen

Für die Untersuchung der Lebenszykluskosten von Bauelementen werden im Folgenden Annahmen getroffen und Rahmenbedingungen definiert. Soweit die im Zentrum stehenden Fragestellungen der Untersuchung nicht verfälscht werden, werden sinnvolle, zweckdienliche Vereinfachungen zugelassen. Dies erfolgt zum Beispiel in Bezug auf die zu berücksichtigenden Kosten während der Nutzungsphase. Im Weiteren werden die wichtigsten Begriffe kurz erläutert.

3.1.1 *Definition Bauelement*

Aufgrund der unter Abschnitt 2.4.2 'Das Bauelement in der Elementkostengliederung' beschriebenen Aspekte wird im Rahmen dieser Arbeit auf die Elementkostengliederung EKG Bezug genommen. Entsprechend wird unter Bauelement bzw. Bauteil ein Element im Sinne der EKG verstandenen. Somit kann dieses Bauelement einer Elementgruppe der EKG zugeordnet werden oder andererseits auch Teilelemente enthalten.

3.1.2 *Abgrenzung der Lebenszykluskosten*

In Bezug auf die Gliederung der Lebenszykluskosten wird in der vorliegenden Arbeit die im LCC Leitfaden des CRB [54] beschriebene Aufteilung 'Umfang der Lebenszyk-

---

[52] vgl. Schröder 1989, S. 454
[53] vgl. BFK (IP Bau) 1994, S. 21
[54] vgl. CRB 2012, S. 10

luskosten aus schweizerischer Sicht' angewendet.[55] Die Gliederung der Kosten, welche in der Nutzungsphase anfallen, erfolgt in Anlehnung an die DIN18960 'Nutzungskosten im Hochbau'.[56]

Für die Untersuchung der Lebenszykluskosten von Bauelementen werden neben den Erstellungskosten lediglich die für das Bauelement wesentlichen Folgekosten berücksichtigt. Kosten, welche in Bezug auf die Gegenüberstellung der einzelnen Teilelemente untereinander keinen relevanten Einfluss haben, werden in der Lebenszyklusbetrachtung vernachlässigt.

Erstellungskosten

Es werden nur die direkt in Zusammenhang mit dem zu untersuchenden Bauelement stehenden Erstellungskosten berücksichtigt.

Kosten für Miete und Pacht

Es bestehen keine zu berücksichtigenden Kosten für Miete und Pacht.

Kapitalkosten

Die Lebenszykluskosten der Bauelemente werden mittels der Discounted Cash Flow Methode (DCF-Methode) berechnet.[57] Die Kapitalkosten sind somit in der Diskontierung enthalten und werden nicht separat ausgewiesen.

Verwaltungskosten

Die Berücksichtigung der Verwaltungskosten würde die Lebenszykluskosten aller im Vergleich stehenden Bauelemente proportional erhöhen. Für den Vergleich der Lebenszykluskosten der Bauelemente untereinander sind sie nicht relevant und werden deshalb in die Berechnung nicht einbezogen.

Betriebskosten

Die Betriebskosten stellen einen wichtigen Aspekt in der Lebenszyklusbetrachtung dar und sind grundsätzlich Bestandteil der Untersuchung. Es werden jedoch nur diejenigen Kosten berücksichtigt, welche direkt durch das Bauelement verursacht werden und zudem auch einen Einfluss auf den Vergleich der Bauelemente untereinander haben.

---

[55] siehe auch Abbildung 7, Umfang der Lebenszykluskosten aus schweizerischer Sicht, S. 6
[56] DIN 2008
[57] Auf die DCF-Methode wird unter 3.1.4 'Barwertbetrachtung mittels DCF-Methode' noch eingegangen.

Instandsetzungskosten und Kosten am Ende des Lebenszyklus

Die Instandsetzungskosten enthalten auch die 'Kosten am Ende des Lebenszyklus'. Diese werden insofern berücksichtigt, als sie im Sinne von Vorbereitungsarbeiten für den Ersatz des Bauelements in die Betrachtung einfliessen. Dabei werden sowohl die Kosten für Abbruch und Demontage als auch die Kosten für die Entsorgung berücksichtigt.

In Zusammenhang mit dem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren wird davon ausgegangen, dass ab dem 47. Jahr keine Instandsetzungen und keine periodischen Instandhaltungen mehr durchgeführt werden.

3.1.3 *Betrachtungsperiode*

Mit der Betrachtungsperiode wird der Zeitraum definiert, über welchen die Lebenszykluskosten ermittelt werden. Entsprechend stellt sie einen wesentlichen Parameter in der Betrachtung der Lebenszykluskosten dar und ist in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber festzulegen.[58] Dabei richtet sich die Länge der Betrachtungsperiode nicht nur nach den Zielsetzungen des Investors, sondern auch nach der Art des Objekts.[59]

In der vorliegenden Untersuchung wird eine Büro- und Verwaltungsnutzung unterstellt. Wie bereits in Abschnitt 2.3.3 'Lebenszykluskosten und Lebensdauer' dargelegt, liegt die durchschnittliche Nutzungsdauer von Verwaltungs- und Bankgebäuden bei 50 bis 80 Jahren.[60] Entsprechend wird für die Bestimmung der Lebenszykluskosten in dieser Arbeit von einer Betrachtungsperiode von 50 Jahren ausgegangen.

3.1.4 *Barwertbetrachtung mittels DCF-Methode*

Die Berechnung der Lebenszykluskosten der zu untersuchenden Bau- und Teilelemente erfolgt mittels der Discounted Cash Flow Methode (DCF Methode). Während in der klassischen Anwendung der DCF Methode alle künftigen Zahlungsströme, also Einnahmen und Ausgaben, berücksichtigt werden, wird hier im Hinblick auf die Lebenszykluskostenbetrachtung nur die Kostenseite betrachtet. Dabei werden die künftigen Kosten abgeschätzt, auf den heutigen Zeitpunkt diskontiert und aufsummiert. Die so berechnete Summe stellt die Lebenszykluskosten des entsprechenden Bauelementes dar.

---

[58] vgl. CRB 2012, S. 21
[59] vgl. SIA 2004, S. 13
[60] siehe auch Tabelle 4, S. 17

Die Berechnung erfolgt dabei gemäss nachstehender Formel:[61]

$$PV = \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_1\,(1+g)^1}{(1+r)^2} + \frac{CF_1\,(1+g)^2}{(1+r)^3} + \cdots + \frac{CF_1\,(1+g)^{n-1}}{(1+r)^n}$$

PV = Present Value (Summe der diskontierte Lebenszykluskosten)

CF_1 = Cash Flow Jahr 1 (Kosten)

g = Wachstumsrate (Inflation)

r = Diskontierungssatz

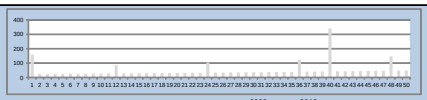
n = Betrachtungsperiode

Berechnet werden die Lebenszykluskosten anschliessend mittels einer Tabellenkalkulation. Als Basis dient eine Tabelle mit einem Eingabebereich für die relevanten Daten und einem Ausgabebereich für die Zwischen- und Schlussresultate. Nachfolgende Abbildung zeigt den Aufbau der Tabelle am Beispiel des Bauelements Bodenbeläge und dem Belags-Typ 'Hartholz geölt'.[62] So werden für jedes im Vergleich stehende Bau-, bzw. Teilelement die Lebenszykluskosten berechnet. Im Hinblick auf eine gute Vergleichbarkeit der Lebenszykluskosten, wird ein allfälliger Restwert der Bauelemente in der Betrachtung berücksichtigt.

DCF Bewertung Bauelemente

Bauelement	Details	Datenursprung	Jahr
Bodenbeläge	Hartholz geölt	KBOB / IPB	2000

Betrachtungs-Zeitraum	50	Jahre
Lebensdauer des Bauelements	40	Jahre
Restnutzungsdauer am Ende der Betrachtungsperiode	10	Jahre
Periodische Grundbehandlung Boden	12	Jahre
Keine Investition mehr ab Jahr	47	
Inflationsrate (Durchschnitt aus den letzten 25 Jahren)	1.5	%
Diskontierungszinssatz	5.00	%
Korrektur Baukostenindex Hocbau	1.24	%



	2000	2013	
Erstellungskosten (Erstinvestition Bauelement)	110	136.6	CHF pro m² Bauelement
Instandsetzungskosten (Ersatzinvestition Bauelement)	135	167.6	CHF pro m² Bauelement
Grundbehandlung (Erstinvestition Beschichtung)	40	49.7	CHF pro m² Bauelement

	2000	2013	
Kapitalkosten	0	0	CHF pro m² Bauelement
Verwaltungskosten	0	0	CHF pro m² Bauelement
Betriebskosten	19	23.6	CHF pro m² Bauelement
Ver- und Entsorgung	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Reinigung und Pflege	14	17.4	CHF pro m² Bauelement
Überwachungs- und Instandhaltungskosten	5	6.2	CHF pro m² Bauelement
Kontroll- und Sicherheitsdienste	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Abgaben und Beiträge	0	0.0	CHF pro m² Bauelement

Planjahr	2013 1	2014 2	2015 3	2016 4	2017 5	2018 6	2019 7	2020 8	2021 9	2022 10	2023 11	2024 12	2025 13	2026 14	2027 15	2028 16	2029 17	2030 18	2031 19	2032 20	2033 21	2034 22	2035 23	2036 24	2037 25	2038 26	2039 27	2040 28	2041 29	2042 30	2043 31	2044 32	2045 33	2046 34	2047 35	2048 36	2049 37	2050 38	2051 39	2052 40	2053 41	2054 42	2055 43	2056 44	2057 45	2058 46	2059 47	2060 48	2061 49	2062 50	2063 51
Erstellungskosten (Erstbelag)	**136.6**																																																		
Betriebskosten	**23.6**	17.6	0.0	**23.9**	**24.3**	**24.7**	**25.0**	**25.4**	**25.8**	**26.2**	**26.6**	**27.0**	**27.4**	**27.8**	**28.2**	**28.6**	**29.1**	**29.5**	**29.9**	**30.4**	**30.8**	**31.3**	**31.8**	**32.2**	**32.7**	**33.2**	**33.7**	**34.2**	**34.7**	**35.3**	**35.8**	**36.3**	**36.9**	**37.4**	**38.0**	**38.6**	**39.1**	**39.7**	**40.3**	**40.9**	**41.5**	**42.2**	**42.8**	**43.4**	**44.1**	**44.7**	**45.4**	**46.1**	**46.8**	**47.5**	**48.2**	**48.9**	**49.7**
Ver- und Entsorgung	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reinigung und Pflege	17.4	14.0	14.3	14.6	14.8	15.1	15.4	15.7	16.0	16.3	16.6	16.9	17.2	17.5	17.8	18.1	18.4	18.7	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.1	22.4	22.7	23.1	23.4	23.8	24.1	24.5	24.8	25.2	25.6	26.0	26.4	26.8	27.2	27.6	28.0	28.4	28.8	29.3	29.7	30.2	30.6	31.1	31.5	32.0	32.5	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0	35.5	36.0	36.6
Jährliche Überwachungs- und Instandhaltungskost	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.4	8.5	8.6	8.7	8.9	9.0	9.1	9.3	9.4	9.6	9.7	9.8	10.0	10.1	10.3	10.5	10.6	10.8	10.9	11.1	11.3	11.4	11.6	11.8	12.0	12.1	12.3	12.5	12.7	12.9	13.1
Periodische Instandhaltungskosten		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Instandsetzungskosten (Belagsersatz)		**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**
Total relevante Lebenszykluskosten Exit Value	**160.1**	**23.9**	**24.3**	**24.7**	**25.0**	**25.4**	**25.8**	**26.2**	**26.6**	**27.0**	**27.4**	**86.3**	**28.2**	**28.6**	**29.1**	**29.5**	**29.9**	**30.4**	**30.8**	**31.3**	**31.8**	**32.2**	**32.7**	**103.2**	**33.7**	**34.2**	**34.7**	**35.3**	**35.8**	**36.3**	**36.9**	**37.4**	**38.0**	**38.6**	**39.1**	**123.3**	**40.3**	**40.9**	**41.5**	**341.7**	**42.8**	**43.4**	**44.1**	**44.7**	**45.4**	**46.1**	**46.8**	**147.5**	**48.2**	**48.9** 407.9	**49.7**
Present Value Lebenszykluskosten	152.5	21.7	21.0	20.3	19.6	19.0	18.3	17.7	17.1	16.6	16.0	48.0	15.0	14.5	14.0	13.5	13.1	12.6	12.2	11.8	11.4	11.0	10.7	32.0	10.0	9.6	9.3	9.0	8.7	8.4	8.1	7.9	7.6	7.3	7.1	21.3	6.6	6.4	6.2	48.5	5.8	5.6	5.4	5.2	5.1	4.9	4.7	14.2	4.4	39.8	4.1
Diskontierte LZK per 01.01.2014	**836.7**																																																		

Abbildung 13: Berechnung der Lebenszykluskosten am Beispiel des Bodenbelags 'Hartholz geölt'

[61] vgl. Seiler 2012, S. 10

[62] Weitere Berechnungsbeispiele in grösserer Darstellung finden sich in Anhang 10 – 13, S. 77 - 80

Wahl des Diskontierungssatzes

In der Literatur werden drei Methoden beschrieben, mit welchen der Diskontierungssatz bestimmt werden kann:[63]

- **'Weighted Average Cost of Capital'** (WACC): Ermittlung basierend auf dem gewichteten durchschnittlichen Kapitalkostensatz von Eigenkapital und Fremdkapital.
- **'Capital Asset Pricing Model'** (CAPM): Ermittlung des Diskontsatzes über die statistisch erfassten Risikoprämien des Marktes.
- **'Opportunitäts- oder Risikokomponentenmodell'**: Bestimmung des Satzes über den Rendite-/Risikovergleich mit anderen Anlageklassen wie zum Beispiel Obligationen oder Aktien.

In der Immobilien-Praxis hat sich gemäss Seiler das Risikokomponentenmodell durchgesetzt.[64]

Um den Einfluss des Diskontierungssatzes auf die Lebenszykluskosten der einzelnen Bauelemente abschätzen zu können, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Basis bildeten die Lebenszykluskosten verschiedener Bodenbeläge. Anschliessend wurde der Diskontierungssatz in 0.2%-Schritten von 3.0% bis auf 7.0% erhöht. Abbildung 14 zeigt die Resultate.

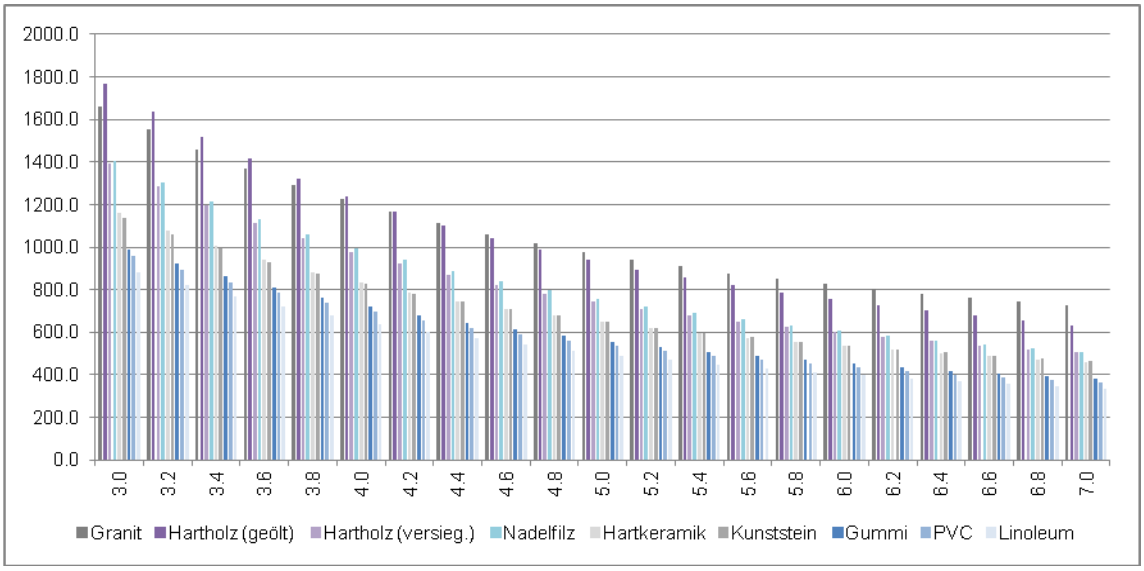


Abbildung 14: Sensitivität der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit des Diskontierungssatzes am Beispiel des Bauelements Bodenbeläge

[63] vgl. Seiler 2012, S. 41
[64] vgl. Seiler 2012, S. 41

Während die meisten Bodenbeläge ähnlich auf die Veränderung des Diskontierungssatzes reagieren, verändern sich bei einzelnen die Lebenszykluskosten ausgeprägter. Dies ist beispielsweise bei den geölten Holzbelägen der Fall. Bei einem Diskontierungssatz von 3.0 % bis zu 4.0% hat der geölte Holzbelag im Vergleich zum Granit höhere Lebenszykluskosten. Ab einem Satz von 4.4% kehrt sich das Bild, ab dann weist der Granit die höheren Lebenszykluskosten auf.

Alle drei oben genannten Methoden zur Bestimmung des Diskontierungssatzes bedingen weitere Angaben und Annahmen, welche entweder nicht zur Verfügung stehen oder mit Unsicherheiten behaftet sind. Damit die Lebenszykluskosten nicht durch die Wahl eines zu hohen oder zu tiefen Diskontierungssatzes verfälscht werden, soll deshalb ein Erfahrungswert aus der Praxis hinzugezogen werden. Gemäss Meins/Burkhard liegt dieser bei 4.7%.[65] Für die Untersuchung wird der Diskontierungssatz gerundet und auf 5.0% festgelegt.

Wahl der Inflationsrate

Die Inflation fliesst mit einem Wert von 1.5% in die Lebenszykluskostenbetrachtung der Bauelemente ein. Dies entspricht dem langjährigen Durchschnitt über 25 Jahre (1988 - 2012).[66]

3.2 Relevante Bauelemente

In Zusammenhang mit der Fragestellung, inwieweit es sich aus strategischen Überlegungen lohnen kann, in höherwertige Bauelemente zu investieren, stehen die Lebenszykluskosten im Vordergrund. Für die Untersuchung interessieren insbesondere Bauelemente, welche hohe Lebenszykluskosten aufweisen. Dabei dürfen die Lebenszykluskosten nicht überwiegend durch die Investitionskosten geprägt sein, denn das Bauelement soll das Potential besitzen, allfällige höhere Anfangsinvestitionen in der Nutzungsphase zu kompensieren.

3.2.1 *Bauelemente mit hohen Lebenszykluskosten*

Im Rahmen des Projektes Lukretia [67] wurden 7 typische Gebäude aus dem Immobilienportfolio der Stadt Zürich analysiert und ausgewertet. Dabei wurden unter anderem auch

---

[65] Meins/Burkhard 2009, S. 16
[66] BFS 2013 (Schweizerischer Landesindex der Konsumentenpreise)

auf Ebene Bauelement die Lebenszykluskosten, die Investitionskosten und die Kapitalkosten ermittelt. In die Untersuchung aufgenommen wurden drei Schulgebäude, zwei Pflegezentren, ein Wohngebäude und ein Verwaltungsgebäude.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die je Bauelement aufsummierten Lebenszykluskosten über alle 7 Gebäude aus dem Projekt Lukretia. Dargestellt ist das vordere Dutzend der insgesamt 36 Bauelemente. Bezogen auf die Höhe der Lebenszykluskosten können dabei drei Gruppen gebildet werden, welche in der folgenden Abbildung rötlich hervorgehoben sind:

1. Bauelemente mit Lebenszykluskosten zwischen CHF 300'00.- und 450'000.-
2. Bauelemente mit Lebenszykluskosten zwischen CHF 450'000.- und 600'000.-
3. Bauelemente mit Lebenszykluskosten über CHF 600'000.-

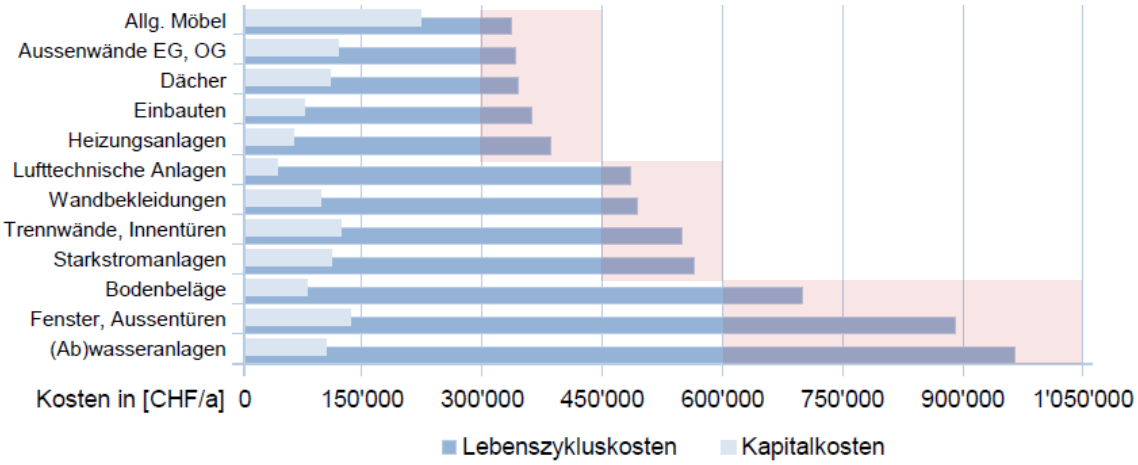


Abbildung 15: Aufteilung der Lebenszykluskosten auf die Bauelemente aufsummiert über alle Gebäude, Stadt Zürich 2006, S. 36

Die Gruppe 3, mit den Bauelementen 'Bodenbeläge', 'Fenster, Aussentüren und Tore' und 'Wasser- und Abwasseranlagen' hebt sich dabei deutlich von den nachfolgenden Gruppen ab und ist prädestiniert, in die nähere Untersuchung einbezogen zu werden.

Auch bei einer Unterscheidung nach Gebäudenutzung, finden sich diese drei Bauelemente in den vordersten Rängen, wenn auch in anderer Reihenfolge. Die nachfolgende Tabelle stellt die Rangfolgen der Bauelemente entsprechend den verschiedenen Gebäudenutzungen dar. Die Rangfolgen wurden basierend auf den Lebenszyklusdaten aus

[67] Stadt Zürich 2006, S. 7

dem Anhang des Schlussberichts Lukretia ermittelt bzw. im Falle des Verwaltungs- und des Wohngebäudes übernommen.

	SCHULBAUTEN		PFLEGEZENTREN
Rang	**Bauelement**	**Rang**	**Bauelement**
1	Fenster, Aussentüren, Tore	1	Wasser- und Abwasseranlagen
2	Bodenbeläge	2	Bodenbeläge
3	Einbauten, Grünanlagen	3	Allgemeine Möbel
4	Dächer	4	Lufttechnische Anlagen
5	Wasser- und Abwasseranlagen	5	Starkstromanlagen
6	Starkstromanlagen	6	Telekommunikat., Sicherheitsanlagen
7	Grünflächen	7	Fenster, Aussentüren, Tore
8	Lufttechnische Anlagen	8	Wandbekleidungen
9	Hartflächen	9	Heizungsanlagen
10	Trennwände und Innentüren	10	Grünflächen
	VERWALTUNG		WOHNEN
Rang	**Bauelement**	**Rang**	**Bauelement**
1	Fenster, Aussentüren, Tore	1	Wasser- und Abwasseranlagen
2	Trennwände und Innentüren	2	Fenster, Aussentüren, Tore
3	Wandbekleidungen	3	Klein- und Haushaltküchen
4	Starkstromanlagen	4	Aussenwände zu EG und OG
5	Transportanlagen	5	Wandbekleidungen
6	Bodenbeläge	6	Bodenbeläge
7	Deckenbekleidungen	7	Lufttechnische Anlagen
8	Wasser- und Abwasseranlagen	8	Starkstromanlagen
9	Heizungsanlagen	9	Trennwände und Innentüren
10	Allgemeine Möbel	10	Heizungsanlagen

Tabelle 9: Rangierung der Bauelemente nach Höhe ihrer Lebenszykluskosten und in Abhängigkeit der Gebäudenutzung, Datenbasis: Schlussbericht LUKRETIA, Stadt Zürich 2006

Mit nur ein bis drei Objekten pro Gebäudenutzung ist obige Auswertung nicht repräsentativ, dennoch kann daraus in Bezug auf die Lebenszykluskosten abgeleitet werden, welche Bauelemente bei den unterschiedlichen Nutzungsarten eine hohe Relevanz aufweisen.

Es zeigt sich beispielsweise, dass die Wasser- und Abwasseranlagen bei den Pflegezentren und im Wohnungsbau an erster Stelle stehen, während diese beim Verwaltungsbau, welcher hier auch für die Büronutzung steht, von geringerer Bedeutung sind. Dagegen führen die 'Fenster, Aussentüren und Tore' bei der Verwaltungsnutzung und den Schulbauten die Tabelle an.

3.2.2 *Aufteilung der Lebenszykluskosten*

In Bezug auf die Wahl der zu untersuchenden (relevanten) Bauelemente spielen neben und in Zusammenhang mit den Lebenszykluskosten weitere Faktoren eine Rolle.

So ist von Bedeutung, wie sich die Lebenszykluskosten zusammensetzen. Während bei den Wasser- und Abwasseranlagen die Reinigungskosten einen grossen Anteil an den Lebenszykluskosten haben (im Projekt Lukretia waren es 30% über alle Objekte betrachtet [68]), sind es bei den Starkstromanlagen vorwiegend der Instandsetzungs- und Instandhaltungsbedarf sowie die Energiekosten.[69] Während der Reinigungsaufwand bei den Wasser- und Abwasseranlagen durch höherwertige und reinigungsfreundliche Materialien eventuell kompensiert werden kann, könnte in Bezug auf die Starkstromanlagen auch eine Strategie verfolgt werden, welche einen tieferen Standard und einen geringeren Installationsgrad vorsieht, um dadurch vor allem die Investitionskosten zu beeinflussen.[70]

Bei den Fenstern, Aussentüren und Toren sind es in erster Linie die Instandsetzungs- und Kapitalkosten, welche die hohen Lebenszykluskosten verursachen. Dies liegt vorwiegend daran, dass Fenster auf die Fläche bezogen teure Bauelemente sind. Der kostenmässige Einfluss der Aussentüren und Tore ist dabei vernachlässigbar klein. Die Reinigungskosten stellen den drittgrössten Kostenblock dar.[71]

Die Lebenszykluskosten der Bodenbeläge sind massgeblich auf die Reinigungskosten, aber auch auf die Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten zurückzuführen. So besteht die Möglichkeit, mit der Wahl eines reinigungsfreundlichen Belags, welcher gleichzeitig eine hohe Nutzungsdauer aufweist, die Lebenszykluskosten senken zu können.[72]

3.2.3 *Investitions- und Lebenszykluskosten*

Wie bereits erwähnt, ist auch das Verhältnis zwischen Lebenszyklus- und Investitionskosten von Interesse. Daraus kann abgeleitet werden, inwieweit ein Bauelement das Potential besitzt, in seinem Lebenszyklus allfällige höhere Investitionskosten durch tiefere Nutzungskosten zu kompensieren oder gar die Lebenszykluskosten zu senken. Dabei werden diejenigen Bauelemente, welche im Vergleich zu den Investitionskosten hohe Lebenszykluskosten aufweisen, das grössere Potential aufweisen, als Bauelemente, deren Lebenszykluskosten hauptsächlich aus den Investitionskosten bestehen.

---

[68] vgl. Stadt Zürich 2006, S. 36
[69] vgl. Stadt Zürich 2006, S. 37
[70] vgl. Stadt Zürich 2006, S. 37
[71] vgl. Stadt Zürich 2006, S. 37
[72] vgl. Stadt Zürich 2006, S. 37

Die nachfolgende Abbildung aus dem Schlussbericht Lukretia zeigt den Vergleich der Investitions- und Lebenszykluskosten aller Bauelemente. Dabei sind die Lebenszykluskosten über die gesamte Bauteillebensdauer kumuliert dargestellt.

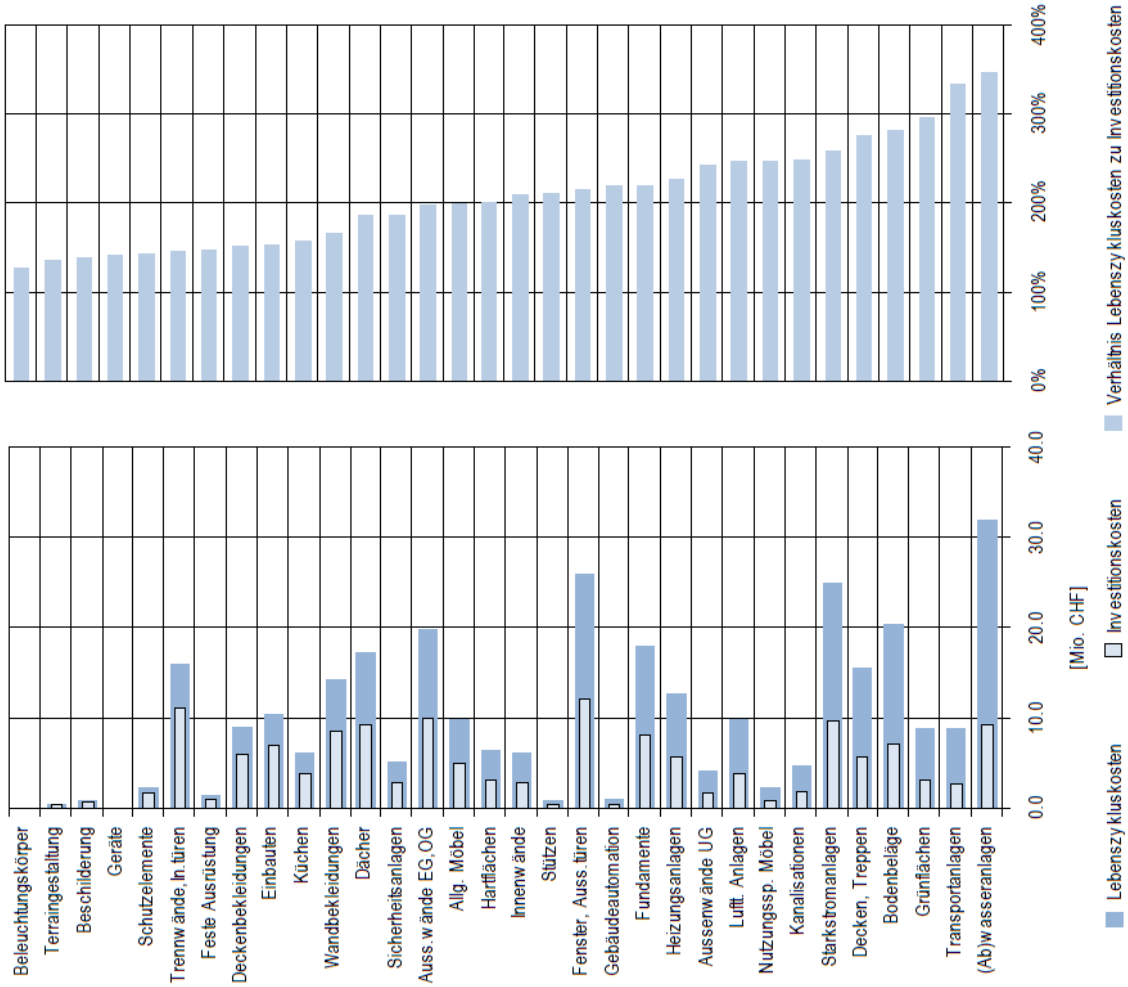


Abbildung 16: Vergleich Investitions- und Lebenszykluskosten aller Bauelemente, Stadt Zürich 2006, S. 38

Es zeigt sich, dass bei den drei Bauelementen mit den höchsten Lebenszykluskosten der Anteil der Investitionskosten weniger als die Hälfte beträgt. Im Falle der 'Bodenbeläge' und der 'Wasser- und Abwasseranlagen' liegt er etwa bei einem Drittel.

3.2.4 *Wahl der zu untersuchenden Bauelemente*

Für die vertiefte Untersuchung der Lebenszykluskosten werden die Bauelemente 'Bodenbeläge' und 'Fenster, Aussentüren und Tore' gewählt. Beide Bauelemente gehören zu denjenigen mit den höchsten Lebenszykluskosten - auch in Bezug auf die Büronutzung. Dabei ist bei beiden der Anteil der Investitionskosten nicht übermässig.

Weiter bieten beide Bauelemente in Bezug auf die Materialisierung und Ausgestaltung verschiedene Varianten, welche einander in der Lebenszyklusbetrachtung gegenübergestellt werden können.

3.3 Bodenbeläge

3.3.1 *Datenbasis Bodenbeläge*

Die Untersuchung der Lebenszykluskosten der Bodenbeläge erfolgt basierend auf Daten aus den folgenden drei Quellen:

1) Empfehlung Nachhaltiges Bauen: Bodenbeläge im Bürobau - Vergleich über 50 Jahre, gemeinsam herausgegeben von der KBOB und der IPB.[73]
2) Lebenszykluskosten von Fussbodenbelägen, FIGR-Bericht Nr. 2 (FIGR), von Martin Lutz [74]
3) Paritätische Lebensdauer-Tabelle, Bewertung von Einrichtungen in Wohn- und Geschäftshäusern [75]

Quelle 1: KBOB/IPB Bodenbeläge im Bürobau - Vergleich über 50 Jahre

Die Daten aus der erstgenannten Quelle stammen aus dem Jahr 2000 und basieren auf folgenden Annahmen, bzw. Rahmenbedingungen:[76]

- Beurteilt wird 1 m^2 Bodenbelag im Regelquerschnitt, inkl. Befestigung und Behandlung des Untergrunds, jedoch ohne Unterlagsboden.
- Die Baukosten beziehen sich auf Flächen von 500 m^2.
- Unterstellt wird eine Büronutzung bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren.
- Es wird eine Qualität für hohe Beanspruchung vorausgesetzt (z.B. Stuhlrolleneignung in den Büroflächen).
- Betreffend Reinigungsaufwand bei den Büroflächen wird von einer mittleren Überstellung mit Mobiliar ausgegangen.
- In Bezug auf die Verkehrsflächen werden ökonomisch und ökologisch optimierte Reinigungssysteme unterstellt.

---

[73] KBOB/IPB 2000
[74] Lutz 2010
[75] HEV/MV 2005
[76] vgl. KBOB/IPB 2000, S. 2

- Die Unterhaltsreinigung basiert auf einem Stundensatz von CHF 40.-, inkl. Lohnnebenkosten, Kosten für Schulung und Kontrolle.

Für die Untersuchungen bzw. Auswertungen werden die Kostenangaben mittels des schweizerischen Baupreisindexes auf den heutigen Stand umgerechnet.[77] Dabei wird der gesamtschweizerische Index für den Neubau von Bürogebäuden gewählt. Da ausser dem Erscheinungsjahr im Dokument keine weiteren Hinweise zum verwendeten Preisniveau ersichtlich sind, wird der April 2000 als Indexstand angenommen. Die Preise werden auf den aktuellsten Stand des Baupreisindexes 'April 2013' umgerechnet.

Quelle 2: FIGR Lebenszykluskosten von Fussbodenbelägen

Der FIGR-Bericht Nr. 2 zu den Lebenszykluskosten von Fussbodenbelägen, ist in seiner 8. Auflage im Januar 2010 in Deutschland erschienen und stellt die zweitgenannte Quelle dar. Der Bericht basiert auf folgenden Annahmen und Grundlagen:[78]

- Die Bauwerksteilkosten (Anschaffungskosten) berücksichtigen die für die fertige Verlegung der Beläge notwendigen Kosten. So sind darin neben den Materialkosten auch Untergrundvorbereitung, Nebenarbeiten sowie Lohn- und Lohnnebenkosten enthalten. Die Kosten für die Sockelleisten sind aufgrund der Vielzahl möglicher Varianten nicht enthalten.
- Die im Bericht genannten Durchschnittspreise basieren auf einer Datenerhebung bei marktführenden Herstellern und beziehen sich auf Flächen von 1000 m^2 in einem Verwaltungsgebäude.
- Die Kosten werden pro m^2 Bodenbelag angegeben.
- Unterstellt wird eine Nutzungsdauer von 50 Jahren.[79]
- Betreffend Reinigungsaufwand wird von einer Flurfläche von 100 m^2 in einem Verwaltungsgebäude ausgegangen. Es wird ein geringer Grad der Überstellung mit Mobiliar unterstellt.
- Personal- und Materialkosten für die Reinigung und Pflege der Bodenbeläge sind inbegriffen.

Um die Preisangaben aus dem in Deutschland entstandenen Bericht mit Preisen aus der Schweiz vergleichbar zu machen, werden diese in einem ersten Schritt preisniveaube-

---

[77] BFS 2013 (Schweizerischer Baupreisindex)
[78] vgl. Lutz 2010, S. 6
[79] vgl. Lutz 2010, S. 43

reinigt. Dies geschieht basierend auf der vom Bundesamt für Statistik herausgegebenen Zusammenstellung der Kaufkraftparitäten.[80] Dabei interessiert, was der 'Warenkorb Baugewerbe' in der Schweiz (in CHF) im Vergleich zu Deutschland (in Euro) im entsprechenden Jahr gekostet hat.

Da der Bericht im Januar 2010 erschienen ist, wird das Preisniveau des letzten Quartals 2009 unterstellt und entsprechend die Kaufkraftparitäten des Jahres 2009 verwendet. In diesem Jahr kostete der 'Warenkorb Baugewerbe' in der Schweiz 229.8 CHF, während dafür in Deutschland 127.3 Euro aufgewendet werden musste. Für die Umrechnung der Preise aus dem Bericht auf das schweizerische Preisniveau ist demnach ein Faktor von gerundet 1.81 anzuwenden.

In einem zweiten Schritt werden auch diese Preise mittels des schweizerischen Baupreisindexes für den Neubau von Bürogebäuden auf den heutigen Stand gebracht und vom Oktober 2009 auf den Preisstand 'April 2013' umgerechnet.

Quelle 3: HEV/MV Paritätische Lebensdauer-Tabelle

Die Paritätische Lebensdauer-Tabelle wurde hinzugenommen, um sie den Angaben aus den anderen beiden Quellen gegenüberzustellen und in den Untersuchungen punktuelle Vergleiche vornehmen zu können. Sie enthält neben Lebensdauerangaben auch diverse Richtpreise zu verschiedenen Bauelementen.[81] Dabei sind für die Verwendung der Angaben folgende Punkte zu berücksichtigen:[82]

- Die Preise wurden im Dezember 2005 bei Unternehmern, Herstellern und Reinigungsinstituten erhoben.
- Die meisten Kostenangaben basieren auf Kleinmengen, so z.B. bei Bodenbelägen, wo eine Zimmerfläche als Mengenangabe zu Grunde liegt.
- Fahrkosten zum Einsatzort sind nicht berücksichtigt.
- Bei den Ersatzkosten sind weder Abbruch- noch Entsorgungskosten enthalten.
- Die Preisangaben dienen lediglich als Grössenordnung und stellen keine tatsächlichen Preisangaben dar.
- Als Nutzung wird der Mietwohnungsbau angenommen

---

[80] BFS 2012 (Kaufkraftparitäten im internationalen Vergleich)
[81] vgl. HEV/MV 2005, S. 7 - 26
[82] vgl. HEV/MV 2005, S. 2 - 3

Die oben beschriebenen Einschränkungen in Bezug auf die Kleinmengen und in Zusammenhang mit teilweise nicht enthaltenen Kostenanteilen, müssen bei der Verwendung der genannten Daten entsprechend berücksichtigt werden, insbesondere auch im Vergleich zu den beiden anderen Datenquellen.

Weiter werden auch hier die Preise mittels des schweizerischen Baupreisindexes für den Neubau von Bürogebäuden auf den heutigen Stand angepasst. Da das Dokument im Dezember 2005 erschienen ist, wird ein Preisstand vom Oktober 2005 angenommen. Die Preise werden auf den Stand 'April 2013' hochgerechnet.

3.3.2 *Untersuchte Bodenbeläge*

Für die Untersuchung wurden insgesamt neun Bodenbeläge ausgewählt. Die Auswahl wurde so getroffen, dass sowohl Beläge, welche sich für Büroräumlichkeiten eignen als auch Beläge, welche eher für Verkehrsflächen prädestiniert sind, berücksichtigt wurden. Weiter wurde darauf geachtet, dass in der Auswahl sowohl elastische und textile als auch Holz- und Steinbeläge mit mindestens einem Beispiel vertreten sind. Folgende Beläge wurden in die Lebenszykluskostenbetrachtung einbezogen:

- Elastische Beläge: Linoleum, Gummi (Kautschuk), PVC
- Holzbeläge: Hartholz versiegelt, Hartholz geölt
- Textile Beläge: Nadelfilz
- Mineralische Beläge: Granit, Kunststein, Hartkeramik

3.3.3 *Lebensdauer von Bodenbelägen*

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Angaben zur Lebensdauer von Bodenbelägen. Je nach Belag weichen die Angaben mehr oder weniger von einander ab. Bei den elastischen Belägen liegen die Angaben für die mittlere Lebensdauer im Bereich von 20 bis 30 Jahren, bei den textilen Belägen zwischen 8 bis 15 Jahren. Bei den Hartholz- und Steinbelägen weichen die verschiedenen Angaben stärker voneinander ab. So liegen die Angaben für harten Naturstein, wie zum Beispiel Granit, zwischen 40 bis 100 Jahren für die mittlere Lebensdauer. Dabei werden auch Maximalwerte von bis zu 150 Jahren genannt. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Zusammenstellung von Lebensdaueranga-

ben aus der Literatur. Die Tabelle stellt einen Auszug dar, die vollständige Zusammenstellung findet sich im Anhang.[83]

Lebensdauer Bodenbeläge Angaben aus der Literatur	Quelle	Minimale Lebensdauer	**Mittlere Lebensdauer**	Maximale Lebensdauer	Datum Publikation
Linoleum					
Linoleum	1)		**20 J.**		2005
Linoleum	7)		**25 J.**		2000
Linoleum (Mittlere Beanspruchung)	8)		**30 J.**		2010
Gummi, Kautschuk					
Gummi, Kautschuk	1)		**20 J.**		2005
Gummi, Kautschuk	7)		**25 J.**		2000
(Mittlere Beanspruchung)	8)		**30 J.**		2010
PVC, Novilon					
PVC, Novilon	1)		**20 J.**		2005
PVC, Novilon	7)		**25 J.**		2000
(Mittlere Beanspruchung)	8)		**30 J.**		2010
Hartholz (Riemen)					
bis 4x renovierbar	1)		**40 J.**		2005
Hartholz (Riemen), versiegelt o. geölt	7)		**40 J.**		2000
Versiegelt / geölt (Unterhalt alle 12 J.)	8)		**> 50 J.**		2010
Textil, Nadelfilz					
Nadelfilz	1)		**8 J.**		2005
Textil, Nadelfilz	7)		**15 J.**		2000
(Mittlere Beanspruchung)	8)		**15 J.**		2010
Naturstein, hart					
Granit, Quarz, Feldspat, etc.	1)		**40 J.**		2005
Naturstein, hart (Granit)	7)		**45 J.**		2000
Naturwerkstein (Granit geschliffen)	8)		**> 50 J.**		2010
Kunststein					
Kunststeinplatten	1)		**40 J.**		2005
Kunststein	7)		**45 J.**		2000
Betonwerkstein (geschliffen)	8)		**> 50 J.**		2010
Keramik, Feinsteinzeugplatten					
Feinsteinzeug	1)		**40 J.**		2005
Keramik, Feinsteinzeugplatten	7)		**40 J.**		2000
Keramikfliesen	8)		**> 50 J.**		2010
Oberflächenbehandlungen					
Versiegelung, Ölung, Oberfl.-Behandl.	1)		**10 J.**		2005
Geölt	7)		**12 J.**		2000
Abschleifen und Behandeln Oberfl.	8)		**12 J.**		

1) HEV/MV Schweizerischer Hauseigentümerverband / Schweizerischer Mieterinnen- und Mieterverband (Hrsg.) (2005): Paritätische Lebensdauer-Tabelle, Bewertung von Einrichtungen in Wohn- und Geschäftsräumen (Zürich 2005)

7) KBOB Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes (Hrsg.) (2000): Empfehlung Nachhaltiges Bauen: Bodenbeläge im Bürobau – Vergleich über 50 Jahre 2000/1. Bern: 2000

8) Lutz, Martin (2010): FIGR-Bericht Nr. 2 – Lebenszykluskosten von Fussbodenbelägen. Metzingen: 2010, 8. Auflage.

Tabelle 10: Lebensdauern von Bodenbelägen, Zusammenstellung von Angaben aus der Literatur

3.3.4 *Erstellungskosten von Bodenbelägen*

Für die Bestimmung der Erstellungskosten von Bodenbelägen wurden einerseits die Empfehlung des KBOB/IBP zu Bodenbelägen im Bürobau [84] und andererseits der

[83] Anhang 1, S. 62

FIGR-Bericht Nr.2 [85] zu Grunde gelegt. Bei einzelnen Belägen wurden die Kostenangaben aus der Paritätischen Lebensdauer-Tabelle hinzugenommen.

3.3.5 *Folgekosten von Bodenbelägen*

Als Folgekosten wurden Reinigungskosten, jährliche und zum Teil periodische Instandhaltungskosten sowie Instandsetzungskosten berücksichtigt.

Der FIGR-Bericht Nr. 2 zu den Lebenszykluskosten von Fussbodenbelägen legt in Bezug auf die Berechnung der Reinigungskosten eine Verkehrsfläche (niedriger Überstellungsgrad) zu Grunde. Damit die Lebenszykluskosten vergleichbar bleiben, werden grundsätzlich für alle Berechnungen die Angaben für Verkehrsflächen verwendet. Inwieweit sich die Lebenszykluskosten der Beläge verändern, wenn dabei Büronutzflächen im Fokus stehen, wird anhand einer vergleichenden Berechnung aufgezeigt.

3.3.6 *Lebenszykluskosten Bodenbeläge - Datenbasis KBOB/IPB*

Tabelle 11 zeigt die Ausgangsdaten [86] und die Lebenszykluskosten der verschiedenen Bodenbeläge, basierend auf der Datenbasis von KBOB/IPB.[87] Abbildung 17 stellt diese Lebenszykluskosten grafisch dar.

Bodenbelag		**Linoleum**	**Gummi**	**PVC**	**Hartholz versieg.**	**Hartholz geölt**	**Nadelfilz**	**Granit**	**Kunst-stein**	**(Hart-) Keramik**
Lebensdauer	Jahre	25	25	25	40	40	15	45	45	40
Period. Instandhaltung	Jahre	keine	keine	keine	15	12	keine	keine	keine	keine
Erstellungskosten										
Erstellungskosten	CHF/m^2	62.1	80.7	68.3	124.1	136.6	74.5	372.4	186.2	173.8
Folgekosten jährlich										
Reinigungskosten jährl.	CHF/m^{2}a	11.2	11.2	11.2	14.9	17.4	14.9	11.2	11.2	11.2
Instandhaltung jährlich	CHF/m^{2}a	2.5	3.7	3.7	3.7	6.2	5.0	7.4	3.7	3.7
Folgekosten periodisch										
Grundbehandl. period.	CHF/m^2	0.0	0.0	0.0	37.2	49.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Instandsetzung (Ersatz)	CHF/m^2	80.7	99.3	86.9	155.2	167.6	93.1	397.3	211.0	198.6
Lebenszykluskosten	**CHF/m^2**	**411.7**	**466.3**	**449.2**	**663.4**	**836.7**	**658.8**	**889.4**	**582.3**	**585.9**

Tabelle 11: Basisdaten Bodenbeläge nach KBOB/IPB mit berechneten Lebenszykluskosten

Es fällt auf, dass der Granitbelag mit ca. CHF 890.- pro m^2 und der geölte Hartholzbelag mit knapp CHF 840.- pro m^2 mit Abstand die höchsten Lebenszykluskosten aufweisen. Beim Granitbelag liegt dies zweifellos an den sehr hohen Investitions- bzw.

---

[84] KBOB/IPB 2000
[85] Lutz 2010
[86] Preise sind auf den Stand des Baupreisindexes von April 2013 umgerechnet
[87] vgl. KBOB/IPB 2000, S. 2

Instandsetzungskosten, welche trotz einer langen Lebensdauer und moderaten Folgekosten nicht mehr kompensiert werden können. Allerdings scheinen die Investitions- bzw. Instandsetzungskosten mit CHF 372.4, bzw. 397.3 [88] pro m^2 aus heutiger Sicht zu hoch gegriffen. Setzt man stattdessen ein Wert von CHF 209.- bzw. 232.- [89] pro m^2 ein, was den Angaben aus der Paritätischen Lebensdauer-Tabelle [90] entspricht, sinken die Lebenszykluskosten des Granitbelages unter CHF 700.- pro m^2. Der Granitbelag wird damit konkurrenzfähig mit dem versiegelten Hartholzbelag und dem Nadelfilz.

Die hohen Lebenszykluskosten des geölten Hartholzbelages liegen dagegen in den vergleichsweise hohen Folgekosten begründet. Alleine für die periodischen Grundbehandlungen fallen in den Lebenszykluskosten knapp CHF 80.- an. Weitere CHF 125.- werden durch die im Vergleich mit dem versiegelten Hartholzbelag höheren jährlichen Folgekosten verursacht.

Wie Abbildung 17 zeigt, erreicht das Linoleum die tiefsten Lebenszykluskosten mit gerundet CHF 410.- pro m^2, gefolgt von PVC- und Gummibelag.

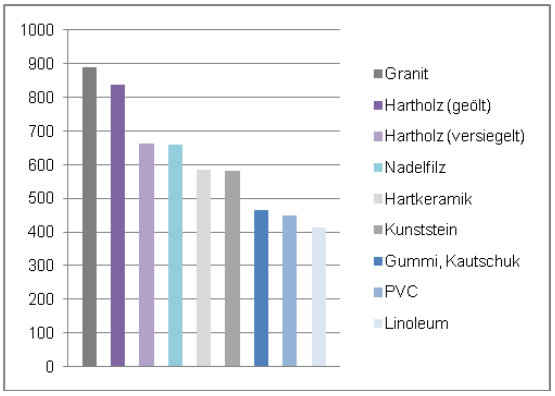


Abbildung 17: Lebenszykluskosten Bodenbeläge berechnet nach Basisdaten KBOB/IPB

Im unteren Mittelfeld liegen der Kunststein- und der Keramikbelag in etwa gleichauf, mit Lebenszykluskosten von 580.- pro m^2. Interessant ist die Gegenüberstellung von Nadelfilz und versiegeltem Hartholzbelag, welche sich beide im oberen Mittelfeld, um CHF 660.- pro m^2 bewegen. Trotz ca. 40% tieferen Investitions- und Instandsetzungskosten von Nadelfilz, sind die Lebenszykluskosten dieser beiden Beläge fast identisch. Dies liegt hauptsächlich an der kurzen Lebensdauer des Nadelfilzes, denn die jährlichen Reinigungskosten sind bei beiden Belägen gleich hoch. Wäre da nicht die periodische

[88] Preise sind auf den Stand des Baupreisindexes von April 2013 umgerechnet
[89] Preise sind auf den Stand des Baupreisindexes von April 2013 umgerechnet
[90] vgl. HEV/MV 2005, S. 17

Grundbehandlung beim Hartholzbelag, so würde der Nadelfilz im Vergleich sogar unterliegen, denn die periodische Grundbehandlung, welche beim versiegelten Hartholzbelag alle 15 Jahre ansteht, schlägt sich mit knapp CHF 45.- in den Lebenszykluskosten nieder.

3.3.7 *Lebenszykluskosten Bodenbeläge - Datenbasis FIGR-Bericht*

Tabelle 12 zeigt die Ausgangsdaten [91] und die Lebenszykluskosten der verschiedenen Bodenbeläge, basierend auf der Datenbasis des FIGR-Berichts Nr. 2.[92] Abbildung 18 stellt diese Lebenszykluskosten grafisch dar.

Bodenbelag		**Linoleum**	**Gummi**	**PVC**	**Hartholz versieg.**	**Hartholz geölt**	**Nadelfilz**	**Granit**	**Kunst-stein**	**(Hart-) Keramik**
Lebensdauer	Jahre	30	30	30	50	50	15	50	50	50
Period. Instandhaltung	Jahre	keine	keine	keine	12	12	keine	keine	keine	keine
Erstellungskosten										
Erstellungskosten	CHF/m^2	46.9	54.4	45.0	121.9	121.9	45.0	146.3	131.3	91.9
Folgekosten jährlich										
Reinigungskosten jährl.	CHF/m^{2}a	22.5	21.4	18.8	19.3	19.3	8.9	18.8	18.8	18.8
Instandhaltung jährlich	CHF/m^{2}a	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Folgekosten periodisch										
Instandhaltung period.	CHF/m^2	0.0	0.0	0.0	28.1	28.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Instandsetzung (Ersatz)	CHF/m^2	61.9	69.4	60.0	-	-	60.0	-	-	-
Lebenszykluskosten	**CHF/m^2**	**648.9**	**630.0**	**550.9**	**610.5**	**610.5**	**327.6**	**577.5**	**563.2**	**525.7**

Tabelle 12: Basisdaten Bodenbeläge nach FIGR-Bericht Nr.2 mit berechneten Lebenszykluskosten

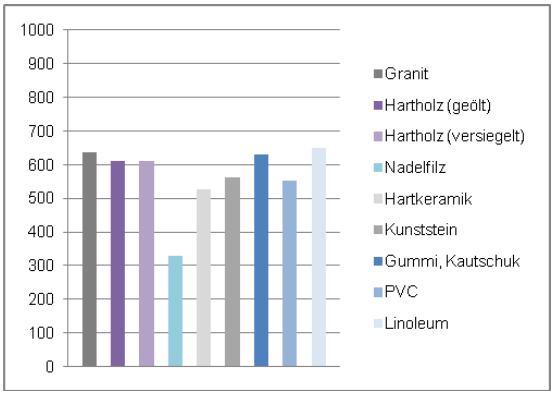


Abbildung 18: Lebenszykluskosten Bodenbeläge berechnet nach Basisdaten aus dem FIGR-Bericht

Es zeigt sich, dass diese Datenbasis zu deutlich anderen Lebenszykluskosten führt, als die Datenbasis des KBOB/IPB. So sind die Lebenszykluskosten nun grundsätzlich tiefer und abgesehen vom Nadelfilzbelag liegen die Lebenszykluskosten der verschiedenen Beläge generell näher beieinander. Während der Linoleumbelag in der vorherigen Be-

[91] Preise sind auf den Stand des Baupreisindexes von April 2013 umgerechnet
[92] Lutz 2010

trachtung am besten abschnitt, ist er hier derjenige mit den höchsten Lebenszykluskosten. Die vermeintlich teuren Stein- und Holzbeläge liegen im Mittelfeld und der Nadelfilzbelag übernimmt mit den tiefsten Lebenszykluskosten die Führung.

Werden die Ausgangsdaten der beiden Quellen einander gegenübergestellt, wird der Grund für die sehr unterschiedlichen Lebenszykluskosten ersichtlich. Bei den Daten des KBOB/IPB liegt die Spanne betreffend Erstellungskosten zwischen dem günstigsten und dem teuersten Belag bei CHF 310.- pro m^2, bei den Daten aus dem FIGR-Bericht bei CHF 100.- pro m^2. Auch der über alle Beläge berechnete Durchschnittspreis liegt bei den KBOB/IPB-Daten mit CHF 142.- pro m^2 deutlich über dem Durchschnittspreis aus den FIGR-Daten von CHF 90.- pro m^2. Mit Ausnahme vom Nadelfilz werden zudem in den Daten des FIGR-Berichts im Durchschnitt fünf bis zehn Jahre längere Lebensdauern verwendet. Zusammen mit den generell näher beieinander liegenden Erstellungskosten führt dies dazu, dass die jährlichen Folgekosten (im Falle des FIGR-Berichts sind dies die Reinigungskosten) ein stärkeres Gewicht erhalten und den entscheidenden Ausschlag für die Höhe der Lebenszykluskosten geben. In der nachfolgenden Abbildung sind im linken Bereich nochmals die Lebenszykluskosten dargestellt. Im rechten Bereich werden die Reinigungskosten gezeigt. Es wird ersichtlich, dass die Lebenszykluskosten mit geringfügigen Abweichungen dem Verlauf der Reinigungskosten folgen.

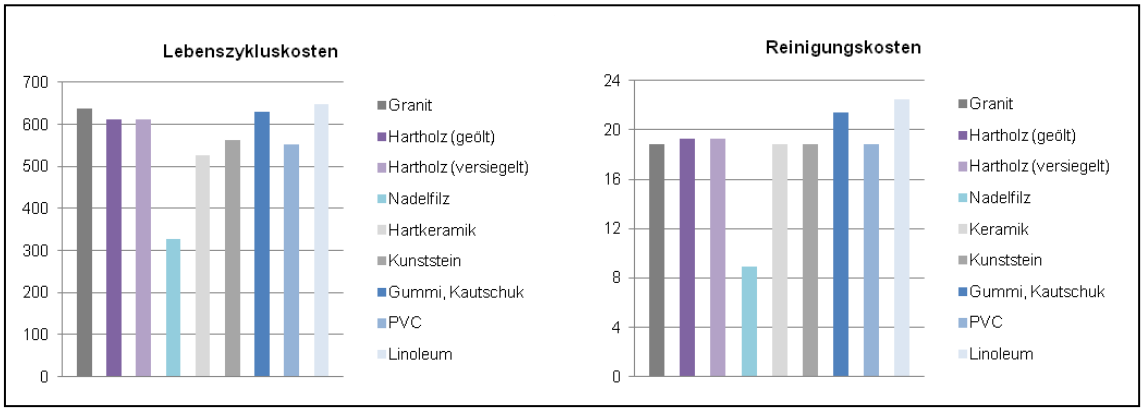


Abbildung 19: Gegenüberstellung Lebenszykluskosten und Reinigungskosten

3.3.8 *Lebenszykluskosten Bodenbeläge – Verkehrs- versus Büroflächen*

Basierend auf der Datengrundlage KBOB/IPB 2000 werden im Folgenden die Lebenszykluskosten von Verkehrsflächen denjenigen von Büroflächen gegenübergestellt. Ausgenommen werden dabei die mineralischen Beläge, da für diese keine ausreichenden

Angaben in Bezug auf Büroflächen zur Verfügung stehen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die entsprechenden Ausgangsdaten.[93]

Bodenbelag		Linoleum	Gummi	PVC	Hartholz versieg.	Hartholz geölt	Nadelfilz	Granit	Kunst-stein	(Hart-) Keramik
Jährliche Folgekosten										
Verkehrsflächen										
Reinigungskosten	CHF/m^{2}a	11.2	11.2	11.2	14.9	17.4	14.9	11.2	11.2	11.2
Instandhaltung	CHF/m^{2}a	2.5	3.7	3.7	3.7	6.2	5.0	7.4	3.7	3.7
Büroflächen										
Reinigungskosten	CHF/m^{2}a	12.4	12.4	12.4	13.7	14.9	17.4	-	-	-
Instandhaltung	CHF/m^{2}a	2.5	3.7	3.7	3.7	6.2	5.0	-	-	-

Tabelle 13: Ausgangsdaten Verkehrsflächen versus Büroflächen, vgl. KBOB 2000, S. 2

Im Vergleich zu den Verkehrsflächen steigen bei den elastischen und textilen Belägen die Reinigungskosten in den Büroflächen an, obwohl die jährliche Häufigkeit der Reinigungen abnimmt. Dies hängt damit zusammen, dass die Flächenleistung im Bürobereich - infolge eines höheren Überstellungsgrads mit Mobiliar - markant nachlässt. Bei den Holzbelägen nimmt die Flächenleistung im Bürobereich zwar ebenfalls ab, doch kann dort im Vergleich zu den Verkehrsflächen auf verschiedene zusätzliche Zwischenreinigungen verzichtet werden, was dazu führt, dass die Reinigungskosten der Holzbeläge im Bürobereich tiefer sind als bei den Verkehrsflächen.[94] Dies gilt gleichermassen auch für die Lebenszykluskosten, was aus Abbildung 20 hervorgeht.

So kann im Bürobereich ein versiegelter Holzbelag mit einer Lebensdauer von 40 oder mehr Jahren, gegenüber einem textilen Belag wie der Nadelfilz, in Bezug auf die Lebenszykluskosten durchaus vorteilhafter sein, obwohl seine Erstellungskosten mehr als das 1.6-fache betragen.

Abbildung 20 zeigt indes, dass die Lebenszykluskosten der anderen betrachteten Beläge im Bereich der Büroflächen - aus besagten Gründen - zunehmen. Dabei ändert sich die Rangfolge nur in Bezug auf den versiegelten Hartholzbelag.

[93] Preise sind auf den Stand des Baupreisindexes von April 2013 umgerechnet
[94] vgl. KBOB/IPB 2000, S. 4 – 7 (Beilagen 1 – 4)

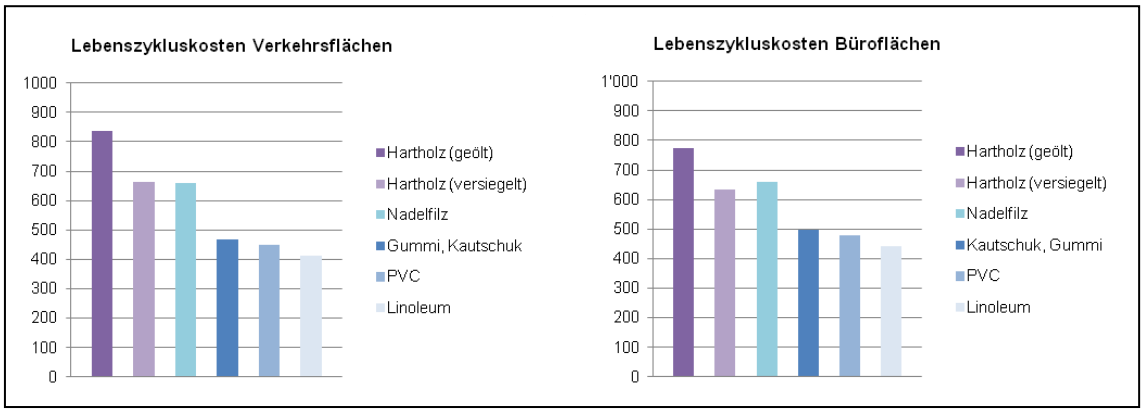


Abbildung 20: Lebenszykluskosten Bodenbeläge Verkehrsflächen versus Büroflächen

3.3.9 *Zusammenfassung Lebenszykluskosten Bodenbeläge*

Die Untersuchung der Lebenszykluskosten von Bodenbelägen basiert grundsätzlich auf zwei unterschiedlichen Datengrundlagen. Entsprechend überrascht es nicht, dass die Ergebnisse nicht identisch sind. Allerdings war nicht zu erwarten, dass die Resultate derart unterschiedlich ausfallen. Denn während das Linoleum in der ersten Auswertung die tiefsten Lebenszykluskosten aufweist, hat es in der zweiten die höchsten.

Es zeigt sich, dass in Bezug auf die Wahl des Bodenbelags den Folgekosten, und dabei speziell den Reinigungskosten, eine grosse Bedeutung zugeordnet werden muss. Denn insbesondere im zweiten Beispiel offenbart sich eine sehr ausgeprägte Abhängigkeit der Lebenszykluskosten von den Reinigungskosten. Dies wird mittels einer Sensitivitätsanalyse veranschaulicht. Ausgehend von den Kostenkennwerten,[95] welche bereits für die Berechnung der Lebenszykluskosten verwendet wurden, werden nun bei verschiedenen Bodenbelägen die Investitions- und die Reinigungskosten in 5%-Schritten nach oben wie nach unten verändert. Die Resultate sind in den nachfolgenden beiden Abbildungen dargestellt. Es fällt auf, dass sich die Veränderung der Erstellungskosten (Abbildung 21) deutlich weniger auf die Lebenszykluskosten auswirkt als die Veränderung der Reinigungskosten (Abbildung 22). Verwendet man für die Sensitivitätsanalyse die Kostenkennwerte aus dem ersten Beispiel, zeigen sich ähnliche Resultate, wenn auch weniger ausgeprägt.[96]

---

[95] Datenbasis FIGR-Bericht
[96] vgl. Anhang 3 - 4, S. 66 - 67

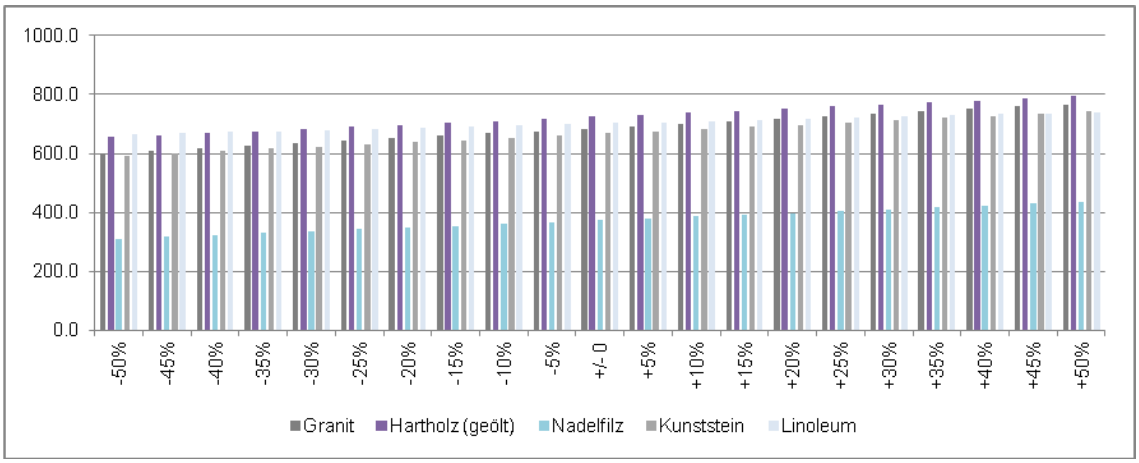


Abbildung 21: Veränderung der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit der Erstellungskosten

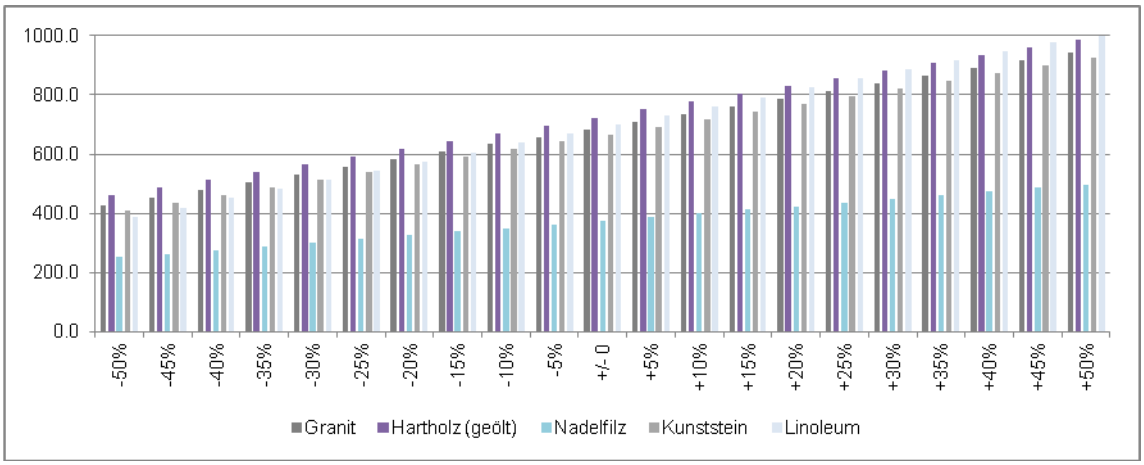


Abbildung 22: Veränderung der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit der Reinigungskosten

Aufgrund der Untersuchung kann somit nicht abschliessend ein Belagstyp auserkoren werden, welcher sich für die Büronutzung im Hinblick auf die Lebenszykluskosten am besten eignet.

Dennoch kann an verschiedenen Beispielen aufgezeigt werden, dass sich eine Investition in höherwertige Materialien in der Lebenszyklusbetrachtung durchaus lohnen kann. So weist der Nadelfilzbelag - zumindest bei der Datenbasis KBOB/IPB - im Vergleich mit dem versiegelten Holzbelag etwa 40% tiefere Erstellungskosten auf, liegt aber betreffend Lebenszykluskosten in etwa mit dem Holzbelag gleichauf. Der Kunststeinbelag mit den zweithöchsten Erstellungskosten liegt bei den Lebenszykluskosten im Mittelfeld und zwar deutlich unterhalb des Nadelfilzbelages.

Wendet man die Angaben aus dem FIGR-Bericht an, müssten in Bezug auf eine Optimierung der Lebenszykluskosten den Holzbelägen gegenüber den vermeintlich günstigeren Gummi- oder Linoleumbelägen der Vorzug gegeben werden.

Aus Investorensicht darf deshalb der Fokus nicht alleine auf den Erstellungskosten liegen. Die Folgekosten - insbesondere die Reinigungskosten - sind in die Betrachtung einzubeziehen. Im Weiteren spielen aber auch die Nutzung und damit die geplante Nutzungsdauer eine entscheidende Rolle. Ist keine langfristige Nutzung geplant, macht es wenig Sinn, viel Geld für eine lange Lebensdauer des Belages auszugeben. Andererseits muss bei den Belägen mit kürzeren Lebensdauern berücksichtigt werden, dass im Falle eines Auswechseln des Belags, neben den Instandsetzungskosten noch weitere Kosten entstehen, beispielsweise weil für die Arbeiten das Mobiliar weggeräumt und gelagert werden muss.

3.4 Fenster

3.4.1 *Datenbasis Fenster*

Die Untersuchung der Lebenszykluskosten der Fenster erfolgt basierend auf Daten aus den folgenden drei Quellen:

1) Schweizerische Baupreisstatistik Oktober 2012, Herausgegeben vom Bundesamt für Statistik.[97]
2) Interviews mit Fensterherstellern
3) Auswertung von Daten aus Bauprojekten

Quelle 1: Schweizerische Baupreisstatistik Oktober 2012

Die schweizerische Baupreisstatistik stellt durchschnittliche Kostenkennwerte von verschiedenen Bauelementen des Hoch- und Tiefbaus zur Verfügung.[98] Dabei werden die Kostenkennwerte nach der Nomenklatur der Elementkostengliederung (EKG) dargestellt. Folgende Rahmenbedingungen sind in Bezug auf die Kennwerte zu erwähnen:

- Die durchschnittlichen Kostenkennwerte basieren auf Nettopreisen, in welchen die Mehrwertsteuer nicht inbegriffen ist.
- Die Preise stammen in der Regel aus effektiv abgeschlossenen Verträgen.
- Für den April-Index bilden die Monate Januar bis April die Basis, für den Oktober-Index sind es die Monate Juli bis Oktober.

---

[97] BFS 2012 (Schweizerische Baupreisstatistik Oktober 2012)
[98] vgl. Anhang 5, S. 68

- Die Kostenkennwerte repräsentieren einen Durchschnitt von verschiedenen Bauobjektstypen und sind als Richtpreise zu verstehen.
- Die Kostenkennwerte basieren auf unterschiedlich grossen Referenzmengen (zwischen 5 und 137 m2 Fensterfläche)

Die schweizerische Baupreisstatistik stellt neben den gesamtschweizerischen Durchschnitts-Kennwerten auch Kennwerte für die 7 offiziellen Grossregionen zur Verfügung. In der vorliegenden Arbeit wurden die gesamtschweizerischen Kennwerte vom Oktober 2011, April 2012 und Oktober 2012 verwendet. Dabei wurden die Kostenangaben mittels des schweizerischen Baupreisindexes auf den heutigen Stand umgerechnet.[99] Es wurde wieder der gesamtschweizerische Index für den Neubau von Bürogebäuden gewählt.

Quelle 2: Interviews mit Fensterherstellern

Informationen aus Gesprächen mit drei verschiedenen Fensterherstellern, bilden die zweite Datengrundlage.[100] Dabei sind folgende Annahmen und Rahmenbedingen zu berücksichtigen:

- Die Preisangaben der Hersteller basieren auf einem fiktiven Bürogebäude mit 3 Geschossen und einer Fensterfläche von total 500 m^2.
- Die Preise stellen Durchschnittspreise dar, welche sowohl ein- und zweifeldrige Fenster als auch ein- und zweiflüglige enthalten können.

Da es sich um aktuelle Preisangaben handelt, war keine Umrechnung aus dem aktuellen Preisstand erforderlich.

Quelle 3: Auswertung von Bauprojekten

Die dritte Datengrundlage basiert auf der Auswertung von verschiedenen Bauprojekten aus den Jahren 2003 bis 2010. Dabei wurden 30 Werkverträge und Offerten von insgesamt 16 Unternehmern ausgewertet. Die Preise wurden mit dem schweizerischen Baupreisindex auf den Stand vom April 2013 umgerechnet.

Für die Auswertung der Holz- und Kunststofffenster standen 11, bzw. 8 Datensätze zur Verfügung. Diese Daten werden für einzelne Vergleiche beigezogen.

---

[99] BFS 2013 (Schweizerischer Baupreisindex)
[100] vgl. Interviews Hersteller, Anhang 6 - 8, S. 69 - 74

Bei den Holz-Metall- und Metallfenstern lagen nur gerade 5 bzw. 2 Datensätze vor. Diese Auswertungen sind entsprechend wenig aussagekräftig und werden hier nicht weiterverwendet.

Weitere Quellen

Weiter werden einzelne ergänzende Angaben auch aus der bereits erwähnten 'Paritätischen Lebensdauer-Tabelle' entnommen.[101]

Die Lebensdauerangaben stützen sich mehrheitlich auf die Dissertation von Ritter ab.[102]

3.4.2 *Untersuchte Fenster*

In die Untersuchung wurden die folgenden vier Fenstertypen einbezogen:

- Holzfenster
- Holz-Metallfenster
- Kunststofffenster
- Metallfenster

Für die Lebenszykluskostenbetrachtung der Metallfenster standen nur die Daten der Baupreisstatistik zur Verfügung.

Das Kunststoff-Metallfenster wurde in der Betrachtung nicht berücksichtigt, da zu wenig Datenmaterial zur Verfügung stand.

3.4.3 *Lebensdauer von Fenstern*

Auch betreffend die Lebensdauer von Fenstern sind in der Literatur ausreichend Daten vorhanden. Je nach Quelle sind die Angaben jedoch recht unterschiedlich. So finden sich beispielsweise in Bezug auf die Lebensdauer des Holzfensters Angaben, welche von 25 Jahren bis 50 Jahren reichen. Das gleiche gilt auch für das Holz-Metall- und das Kunststofffenster. Beim Metallfenster aus Aluminium reicht die Spanne von 30 bis 50 Jahren. Bei den Dichtungen liegen die Angaben zwischen 10 und 20 Jahren und bei den Beschlägen zwischen 25 und 40 Jahren. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Zusam-

---

[101] HEV/MV 2005
[102] vgl. HEV/MV 2005, S. 2 - 3

menstellung von Lebensdauerangaben aus der Literatur. Die Tabelle stellt einen Auszug dar, die komplette Zusammenstellung findet sich im Anhang.[103]

Lebensdauer Fenster Angaben aus der Literatur	Quelle	Minimale Lebensdauer	**Mittlere Lebensdauer**	Maximale Lebensdauer	Datum Publikation
Holzfenster					
Holz, Wärme-/Schallschutzfenster	1)		**25 J.**		2005
Hartholz	2a)	37 J.	**56 J.**	67 J.	2008
Hartholz	2b)	25 J.	**40 J.**	60 J.	2008
Rahmen Hartholz, behandelt	3)	30 J.	**40 J.**	60 J.	2008
Flügel Hartholz, behandelt	3)	30 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Rahmen + Flügel Hartholz	4)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2006
Rahmen + Flügel Hartholz behandelt	5)	20 J.^{5}	**44 J.**	76 J.^{95}	2011
Holz-Metallfenster					
Holz-Metall, Wärme-/Schallsch.-Fen.	1)		**25 J.**		2005
Rahmen + Flügel Aluminium-Holz	3)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Rahmen + Flügel Holz-Aluminium	5)	29 J.^{5}	**42 J.**	58 J.^{95}	2011
Kunststofffenster					
Kunststoff, Wärme-/Schallschutzfen.	1)		**25 J.**		2005
Kunststoff - PVC	2a)	33 J.	**41 J.**	49 J.	2008
Kunststoff - PVC	2b)	20 J.	**30 J.**	40 J.	2008
Rahmen + Flügel Kunststoff	3)	30 J.	**40 J.**	50 J.	2008
Rahmen + Flügel Kunststoff	4)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Rahmen + Flügel Kunststoff	5)	18 J.^{5}	**34 J.**	59 J.^{95}	2011
Kunststoff-Metallfenster					
Rahmen + Fl. Kunststoff-Aluminium	3)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Rahmen + Fl. Kunststoff-Aluminium	5)	22 J.^{5}	**38 J.**	58 J.^{95}	2011
Metallfenster					
Metall, Wärme-/Schallschutz-Fenster	1)		**30 J.**		2005
Aluminium	2a)	38 J.	**54 J.**	65 J.	2008
Aluminium	2b)	25 J.	**35 J.**	50 J.	2008
Rahmen + Flügel Aluminium	3)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Rahmen + Flügel Aluminium	4)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2006
Rahmen + Flügel Aluminium	5)	25 J.^{5}	**44 J.**	73 J.^{95}	2011

J. ^{5} **Bemerkung:** Lebensdauerangaben mit hochgestelltem ^{5} oder ^{95} bedeuten, dass es sich dabei um den "Unteren 5%-Fraktilwert" anstelle des Minimalwerts bzw. um den "Oberen 95%-Fraktilwert" anstelle des Maximalwerts handelt.

1) HEV/MV Schweizerischer Hauseigentümerverband / Schweizerischer Mieterinnen- und Mieterverband (Hrsg.) (2005): Paritätische Lebensdauer-Tabelle, Bewertung von Einrichtungen in Wohn- und Geschäftsräumen (Zürich 2005)

2) BTE Bund Technischer Experten e.V. (Hrsg.) (2008): Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte, BTE Lebensdauerkatalog Stand 14.03.2008, Essen 2008. Online Verfügbar unter: http://www.svrenz.de/downloads.html [abgerufen am 21.07.2013]

2a) Umfrage BTE Auswertung

2b) Empfehlung BTE Arbeitsgruppe

3) IEMB Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin (Hrsg.) (2008): Nutzungsdauerangaben von ausgewählten Bauteilen und Bauteilschichten des Hochbaus für den Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“, Berlin 2008. Online verfügbar unter: http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/ forschungsprojekte/Nutzungsdauern_IEMB-Studie_2008.pdf [abgerufen am 21.07.2013]

4) IEMB Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin (Hrsg.) (2006): Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten, Berlin 2006. Online verfügbar unter: http://ebookbrowse.com/blatt-4-2-lebensdauer-von-bauteilen-pdf-d88897154 [abgerufen am 21.07.2013]

5) Ritter, Frank (2011): Lebensdauer von Bauteilen und Bauelementen - Modellierung und praxisnahe Prognose, Darmstadt 2011 (zugl. Diss. TU Darmstadt 2011)

Tabelle 14: Lebensdauern von Fenstern, Zusammenstellung von Angaben aus der Literatur

[103] Anhang 2, S. 64

Die Berechnung der Lebenszykluskosten der Fenster basiert auf den Lebensdauerangaben aus der Dissertation von Ritter zum Thema 'Lebensdauern von Bauteilen und Bauelementen'.[104] Dies einerseits, weil seine Angaben aus umfangreichen und differenzierten Untersuchungen stammen, andererseits liegen sie vielfach im Bereich des Durchschnitts aus den anderen Werten.

3.4.4 *Erstellungskosten von Fenstern*

Für die Berechnung der Lebenszykluskosten der Fenster werden einerseits die Daten aus der schweizerischen Baupreisstatistik, andererseits die Herstellerangaben aus den Interviews verwendet. Die Daten aus der schweizerischen Baupreisstatistik stehen dabei im Vordergrund, da diese auf aktuellen und breit angelegten Erhebungen basieren.

3.4.5 *Folgekosten von Fenstern*

Als Folgekosten sind grundsätzlich die Reinigungskosten, sowie die Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten zu berücksichtigen. Zudem müsste der Energieverbrauch bei den Lebenszykluskosten der Fenster berücksichtigt werden, da sie für einen erheblichen Anteil des Energieverlusts verantwortlich sind.[105] In der vorliegenden Untersuchung wird jedoch davon ausgegangen, dass aufgrund von Energievorschriften und dem aktuellen Stand der Technik grundsätzlich nur noch Fenster und Gläser mit einem tiefen Wärmedurchgangskoeffizienten (zwischen 0.7 und 0.6 W/m^2K) eingesetzt werden.[106] Der Energieabfluss ist somit bei den verschiedenen Fenstern ähnlich gross und für den Vergleich der Fenster untereinander vernachlässigbar.

Weiter werden in Bezug auf die Folgekosten nachstehende Annahmen getroffen:

- Reinigung: Für die Fensterreinigung wird ein Betrag von CHF 24.- pro m^2 eingesetzt.[107] Es wird davon ausgegangen, dass die Fenster einmal jährlich gereinigt werden.
- Instandhaltung Holzfenster: Für die Lebensdauer des Anstrichs bei den Holzfenstern wird mit 10 Jahren gerechnet.[108] Für den Ersatz des Anstrichs wird pro

---

[104] vgl. Ritter 2011,S. 225 - 226
[105] vgl. Stadt Zürich 2006, S. 47
[106] vgl. Interviews Hersteller, Anhang 6, S. 70 und Anhang 8, S. 74
[107] vgl. HEV/MV 2005, S. 10, Betrag wurde auf den heutigen Stand umgerechneten und aufgerundet
[108] vgl. HEV/MV 2005, S. 10

Laufmeter ein Betrag von CHF 35.- eingesetzt.[109] Pro Quadratmeter Fensterfläche wird mit eine durchschnittliche Rahmenlänge von 4m angenommen. Dies ergibt einen Betrag von CHF 140. pro m^2 Fensterfläche.

- Instandhaltung Gummidichtungen: Für die Lebensdauer von Gummidichtungen werden 10 Jahre untergestellt.[110] Für den Ersatz der Dichtungen werden CHF 24.- pro m^2 berechnet.[111] Mit angenommenen 4 Metern Länge pro Fenster ergibt dies einen Betrag von CHF 96.- pro m^2 Fensterfläche.
- Instandhaltung Fenster allgemein: Instandhaltungsarbeiten wie das Ölen und Nachstellen der Beschläge fallen bei allen Fenstertypen in ähnlichem Ausmass an. Sie haben auf den Vergleich keinen relevanten Einfluss und werden nicht berücksichtigt.
- Instandsetzungskosten: Die Instandsetzungskosten werden gemäss den Angaben aus den Datengrundlagen in die Berechnungen einfliessen.

3.4.6 *Lebenszykluskosten Fenster - Datenbasis 'Schweiz. Baupreisstatistik'*

Tabelle 15 zeigt die Ausgangsdaten und die Lebenszykluskosten der verschiedenen Fenster, basierend auf den Kostenkennwerten aus der schweizerischen Baupreisstatistik.[112] Abbildung 23 stellt die Lebenszykluskosten grafisch dar.

Fenster		Holzfenster	Holz-Metallfenster	Kunststofffenster	Metallfenster
Lebensdauer	Jahre	44	42	34	44
Period. Instandhaltung	Jahre	10	10	10	10
Erstellungskosten					
Erstellungskosten	CHF/m^2	1'115.0	1'350.0	880.0	2'650.0
Folgekosten jährlich					
Reinigungskosten jährlich	CHF/m^2a	24.0	24.0	24.0	24.0
Instandhaltung jährlich	CHF/m^2a	keine berücksichtigt	keine berücksichtigt	keine berücksichtigt	keine berücksichtigt
Folgekosten periodisch					
Instandhaltung periodisch	CHF/m^2	206.5	84.0	84.0	84.0
Instandsetzung (Ersatz)	CHF/m^2	1'320.0	1'570.0	1'055.0	2'850.0 (Annahme)
Lebenszykluskosten	**CHF/m^2**	**2'365.2**	**2'421.9**	**1'952.8**	**3'912.5**

Tabelle 15: Fensterpreise nach Schweizerischer Baupreisstatistik mit berechneten Lebenszykluskosten

Mit knapp CHF 4'000.- pro m^2 Fensterfläche liegt das Metallfenster deutlich über den anderen Fenstern, während das Kunststoffenster mit knapp CHF 2'000.- pro m^2 die

[109] vgl. HEV/MV 2005, S. 10, Betrag wurde auf den heutigen Stand umgerechneten und aufgerundet
[110] vgl. HEV/MV 2005, S. 10
[111] vgl. HEV/MV 2005, S. 10, Betrag wurde auf den heutigen Stand umgerechneten und aufgerundet
[112] BFS 2013 (Schweizerischer Baupreisindex)

tiefsten Lebenszykluskosten aufweist. Holz- und Holz-Metallfenster liegen nahe beieinander im Bereich von CHF 2'365.- und 2'425.- pro m^2.

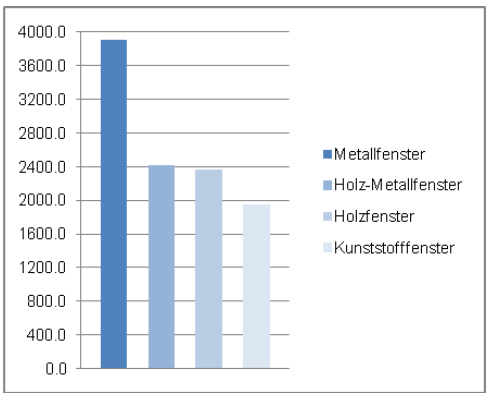


Abbildung 23: Lebenszykluskosten Fenster basierend auf Kostenkennwerten der schweizerische Baupreisstatistik

Wie bereits beschrieben wurde, weisen alle Fenstertypen - abgesehen vom Holzfenster - sehr ähnlich gelagerte Folgekosten auf. Beim Holzfenster macht der periodisch anfallende Ersatz des Anstrichs den einzigen relevanten Unterschied aus. Im Hinblick auf die Rangfolge in der Lebenszyklusbetrachtung werden somit die Erstellungskosten zum entscheidenden Faktor. Nur im Vergleich Holz- zu Holz-Metallfenster können die Folgekosten die Rangfolge beeinflussen.

Dies wird deutlich, wenn die in Abschnitt 3.4.5 angenommenen Einflussgrössen verändert werden. Verkürzt sich zum Beispiel die Lebensdauer des Anstichs auf 8 Jahre, steigen die Lebenszykluskosten des Holzfensters bereits über diejenigen des Holz-Metallfensters an. Allfällige zusätzliche Kosten, beispielsweise wenn für die Erneuerung des Anstrichs Gerüste benötigt werden, würden denselben Effekt haben.

3.4.7 *Lebenszykluskosten Fenster - Datenbasis 'Herstellerangaben'*

In Tabelle 16 sind die Ausgangsdaten und die Lebenszykluskosten der verschiedenen Fenster, basierend auf den Kostenangaben von drei Herstellern aufgezeigt. Im Vergleich stehen Holz-, Holz-Metall- und Kunststofffenster. Abbildung 24 stellt die Resultate grafisch dar.

Fenster A: Schär, B: EgoKiefer, C: Swisswindows		Holzfenster			Holz-Metallfenster			Kunststofffenster		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Lebensdauer	Jahre	44			42			34		
Period. Instandhaltung	Jahre	10			10			10		
Erstellungskosten										
Erstellungskosten	CHF/m^2	614.4	525.0	640.0	638.9	625.0	820.0	433.1	450.0	500.0
Folgekosten jährlich										
Reinigungskosten jährlich	CHF/m^{2}a	24.0			24.0			24.0		
Instandhaltung jährlich	CHF/m^{2}a	keine berücksichtigt			keine berücksichtigt			keine berücksichtigt		
Folgekosten periodisch										
Instandhaltung periodisch	CHF/m^2	206.5			84.0			84.0		
Instandsetzung (Ersatz)	CHF/m^2	702.2	625.0	800.0	724.0	725.0	1'000.0	513.9	550.0	600.0
Lebenszykluskosten	**CHF/m^2**	**1'751.5**	**1'649.2**	**1'797.5**	**1'543.9**	**1'530.9**	**1'781.9**	**1'358.9**	**1'386.2**	**1'449.4**

Tabelle 16: Fensterpreise nach Herstellerangaben mit berechneten Lebenszykluskosten

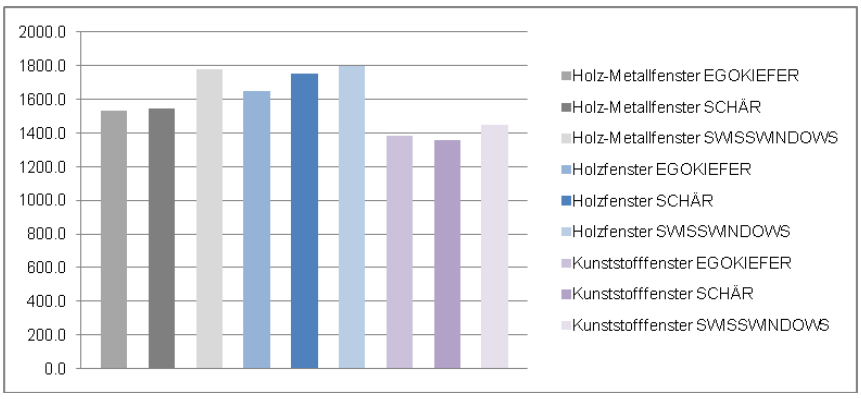


Abbildung 24: Lebenszykluskosten Fenster basierend auf Kosten nach Herstellerangaben

Diese Auswertung zeigt deutlich tiefere Lebenszykluskosten als im vorangegangen Beispiel. Dies liegt an den tieferen Erstellungskosten, da die anderen Einflussgrössen in etwa gleich geblieben sind.

Der Grund für die auffällig tieferen Preise muss in der viel grösseren Referenzmenge (angenommen wurde ein Bürogebäude mit einer Fensterfläche von 500 m^2) und allfällig nicht berücksichtigten Nebenarbeiten vermutet werden. Denn verglichen mit Daten aus einer Auswertung von verschiedenen Bauprojekten, scheinen diese Preise durchaus plausibel. Nachfolgende Tabelle zeigt die ausgewerteten Projekte.

Pos.	Holzfenster	Untersuchte Projekte Neubau	Unternehmer	Basis	Datum	Index	Fensterfl.	Kosten
	U-Wert 0.6 - 0.7 W/M2k				Preis-stand		Mauer-licht m2	**Mauerlicht CHF/m2**
7	U-Wert Glas 0.7	Loftwohnungen Brunnen 21 Wohneinh.	Fenster Nauer	Vertrag	Okt 2005	110.6	1'060.00	372.40
8	U-Wert Glas 0.6	Loftwohnungen Winterthur 30 Wohneinh.	Isofen	Offerte	Apr 2004	106.7	*987.50*	535.60
9	U-Wert Glas 0.6	Loftprojekt Hausen 14 Wohneinheiten	Isofen	Offerte	Okt 2004	108.6	*655.00*	606.80
10	U-Wert Glas 0.6	Loftprojekt Hausen 14 Wohneinheiten	Sägesser Fenster	Offerte	Okt 2004	108.6	*679.17*	486.20
11	U-Wert Glas 0.6	Loftwohnungen Niederglatt 17 Wohneinh.	Isofen	Vertrag	Apr 2004	106.7	*735.83*	710.30
			Berechnung Fensterkosten pro m2				4'117.50	**528.00**

Tabelle 17: Preise für Holzfenster - Auswertung verschiedener Bauprojekte

Weiter fällt in diesem Beispiel auf, dass die Lebenszykluskosten des Holzfensters nun über denjenigen des Holz-Metallfensters liegen. Das Kunststofffenster bleibt das günstigste.

3.4.8 *Zusammenfassung Lebenszykluskosten Fenster*

Auch für die Lebenszykluskostenbetrachtung der Fenster bilden zwei verschiedene Datensätze die Grundlage. Die Resultate fallen indes nicht so unterschiedlich aus wie bei den Bodenbelägen. Zwar gibt es grundsätzlich Unterschiede in der Höhe der Lebenszykluskosten. Und auch in der Gegenüberstellung von Holz- und Holz-Metallfenstern gibt es Abweichungen, doch im grossen Ganzen sind die Resultate vergleichbar.

Bei den Fenstern spielen allerdings die Folgekosten nicht die gleich grosse Rolle, denn die Investitionskosten haben einen deutlich höheren Anteil an den Lebenszykluskosten als vergleichsweise bei den Bodenbelägen.

Dennoch können sie auch hier - zumindest in Bezug auf den Vergleich Holz- zu Holz-Metallfenster - den entscheidenden Ausschlag für die Höhe der Lebenszykluskosten geben.

Ansonsten ist der Spielraum für die Optimierung der Lebenszykluskosten beschränkt, da diese massgeblich durch die Erstellungs- und Instandsetzungskosten bestimmt sind.

4 Schlussbetrachtung

4.1 Fazit

Im Hinblick auf die Optimierung der Lebenszykluskosten von Immobilien, startete die vorliegende Untersuchung mit der Fragestellung, ob es sich aus strategischen Überlegungen lohnen kann, in hochwertigere und damit auch teurere Bauelemente zu investieren, um die Lebenszykluskosten zu senken.

In der Untersuchung konnte dargelegt werden, dass dies durchaus möglich ist. So zeigte sich beispielsweise, dass das teurere Holz-Metallfenster in der Lebenszykluskostenbetrachtung gegenüber dem günstigeren Holzfenster konkurrenzfähig ist und unter gewissen Umständen aus ökonomischer Sicht gar die bessere Lösung darstellt. Bei den Bodenbelägen gab es ähnliche Beispiele.

Es hat sich allerdings auch gezeigt, dass gewisse Voraussetzungen gegeben sein müssen, damit höhere Anfangsinvestitionen nicht zu höheren Lebenszykluskosten führen. So kann ein Bodenbelag trotz tiefen Folgekosten möglicherweise nicht die günstigere Lösung darstellen, wenn seine Erstellungs- und Instandsetzungskosten zu hoch über den im Vergleich stehenden Belägen liegen.

Bei den Bodenbelägen wurde zudem die ausgesprochene Abhängigkeit der Lebenszykluskosten von den Folgekosten ersichtlich. Die Reinigungskosten stellen dabei den entscheidenden Kostentreiber dar.

Bei den Fenstern musste erkannt werden, dass das Optimierungspotential in Bezug auf die Lebenszykluskosten sehr eingeschränkt ist, da die Erstellungs- und Instandsetzungskosten für den grössten Anteil an den Lebenszykluskosten verantwortlich sind.

4.2 Diskussion

Basierend auf der Untersuchung der Lebenszykluskosten von zwei unterschiedlichen Bauelementen konnten verschiedene Aspekte in Bezug auf Möglichkeiten und Grenzen der Optimierung von Lebenszykluskosten aufgezeigt werden. Neben den Lebenszykluskosten sind betreffend der Wahl des geeigneten Bauelements auch weitere Aspekte von Bedeutung. So können beispielsweise Haptik, Design, aber auch funktionale oder bau-

physikalische Gründe ausschlaggebend sein. In jedem Fall ist sind jedoch Nutzung und Nutzungsdauer in den Entscheidungsprozess einzubeziehen.

Bei den Untersuchungen zeigten sich auch Schwierigkeiten betreffend Ausgangsdaten. Denn einerseits ist es grundsätzlich nicht einfach, an geeignete Daten zu gelangen. Dies gilt insbesondere in Bezug auf Kostenkennwerte, welche die Nutzungsphase betreffen. Andererseits bestimmt die Wahl der Datengrundlage massgeblich die Resultate, welche je nach verwendeter Quelle zu sehr unterschiedlichen und zum Teil sogar gegensätzlichen Ergebnissen führten.

Eine weitere Problematik ergibt sich daraus, dass für die Berechnung der Lebenszykluskosten diverse Annahmen getroffen werden müssen, so zum Beispiel betreffend Betrachtungszeitraum, Inflationsrate und Diskontierungssatz. Dies führt dazu, dass die berechneten Lebenszykluskosten einer gewissen Ungenauigkeit unterliegen und entsprechend vorsichtig zu interpretieren sind. Daraus folgt auch, dass die Lebenszykluskostenbetrachtung nur als ergänzendes Instrument neben anderen Aspekten, wie beispielsweise Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit und Architektur verwendet werden soll.

Eine Optimierung der Lebenszykluskosten kann auch losgelöst vom Bauelement erfolgen, unter anderem durch die Berücksichtigung folgender Aspekte:[113]

- Trennung von Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur (Trennung von Elementen mit unterschiedlicher Lebensdauer, Verbesserung der Zugänglichkeit zu Elementen mit geringerer Lebensdauer)
- Flexibilität erhöhen, z.B. mittels Installationsböden (Umnutzungen vereinfachen)
- "Low-Tech" (Technisierungsgrad in der Gebäudetechnik reduzieren)

4.3 Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurden die Bodenbeläge und die Fenster im Rahmen einer Lebenszyklusbetrachtung untersucht. Für eine gesamtheitliche Betrachtung müssten indes noch weitere Bauelemente in die Untersuchung einbezogen werden.

Während im Bereich der Erstellungskosten in Bezug auf diverse Bauelemente Kostenkennwerte zur Verfügung stehen, fehlen vielfach detaillierte Angaben zu den Folgekosten. Hier sind zusätzliche Untersuchungen notwendig.

---

[113] vgl. Interview QualiCasa, Anhang 9, S. 75

Literaturverzeichnis

Baden-Württemberg (2007): Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums über die Richtlinien für die Ermittlung der Verkehrswerte von Grundstücken, Anlage 4: Durchschnittliche wirtschaftliche Gesamtnutzungsdauer bei ordnungsgemäßer Instandhaltung (ohne Modernisierung), Baden-Württemberg 2007, Online verfügbar unter: www.landesrecht-bw.de/jportal/ [abgerufen am 01.08.2013]

BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2010): Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen, Endbericht, Berlin 2010, Online verfügbar unter: http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/documents/2465612 [abgerufen am 25.12.2012]

BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2011): Erläuterungen zur BBSR-Tabelle "Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB", Berlin 2011, Online verfügbar unter: http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeudedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html [abgerufen am 21.07.2013]

BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2011): BBSR-Tabelle "Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB", Berlin 2011, Online verfügbar unter: http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeudedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html [abgerufen am 21.07.2013]

BFE Bundesamt für Energie (Hrsg.) (2005), Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen: Mobilisierung der energetischen Erneuerungspotenziale im Wohnbaubestand, Bern 2005

BFS Bundesamt für Statistik (Hrsg.) (2011): Bau- und Leerwohnungsstatistik der Schweiz 2009/2010, Neuchâtel 2011

BFS Bundesamt für Statistik (Hrsg.) (2011): Bau- und Wohnungswesen 2010, Bau- und Wohnbaustatistik 2010, Neuchâtel 2011

BFS Bundesamt für Statistik (Hrsg.) (2012): Bau- und Wohnungswesen 2011, Bau- und Wohnbaustatistik 2011, Neuchâtel 2012

BFS Bundesamt für Statistik (Hrsg.) (2012): Kaufkraftparitäten im internationalen Vergleich (Stand 14.12.2012), Neuchâtel 2012, Online verfügbar unter:

http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/07/blank/key/02.html [abgerufen am 24.06.2013]

BFS Bundesamt für Statistik (Hrsg.) (2012): Schweizerische Baupreisstatistik Oktober 2012, Neuchâtel 2012, Online verfügbar unter:
Kunststofffenster: kbob.idz-list.ch/ekg/secure/downloads/files/de/ekg-e5.12.xml
Holzfenster: kbob.idz-list.ch/ekg/secure/downloads/files/de/ekg-e5.1.xml
Holz-Metall-Fenster: kbob.idz-list.ch/ekg/secure/downloads/files/de/ekg-e5.2.xml
Fenster aus Alu: kbob.idz-list.ch/ekg/secure/downloads/files/de/ekg-e5.11.xml
[abgerufen am 11.07.2013]

BFS Bundesamt für Statistik (Hrsg.) (2013): Schweizerischer Baupreisindex - Entwicklung der Baupreise (Stand April 2013), Neuchâtel 2013, Online verfügbar unter: http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/05/blank/key/baupreisindex/schweiz.html [abgerufen am 26.07.2013]

BFS Bundesamt für Statistik (Hrsg.) (2013): Schweizerischer Landesindex der Konsumentenpreise (Periode 1913 - 2013), Neuchâtel 2013, Online verfügbar unter: http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/05/blank/key/baupreisindex/schweiz.html [abgerufen am 24.06.2013]

BFU Bundesamt für Umwelt (Hrsg.) (2010): Das Gebäudeprogramm im Startjahr 2010 (Gesamtbericht), Bern 2010

BFU Bundesamt für Umwelt (Hrsg.) (2011): Das Gebäudeprogramm im Jahr 2011 (Gesamtbericht), Bern 2011

BTE Bund Technischer Experten e.V. (Hrsg.) (2008): Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte, BTE Lebensdauerkatalog Stand 14.03.2008, Essen 2008. Online verfügbar unter: http://www.svrenz.de/downloads.html [abgerufen am 21.07.2013]

BFK Bundesamt für Konjunkturfragen, Impulsprogramm IP Bau (1994): Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten - Grundlagendaten für den Unterhalt und die Erneuerung von Wohnbauten, Bern 1994

CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung (Hrsg.) (1995): EKG Elementkostengliederung, Zürich 1995

CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung (Hrsg.) (2000): EKG Elementkostengliederung, Anhang Teilelementgliederung DUEGA Makroelemente, Zürich 2000

CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung (Hrsg.) (2008): Bauleistungen beschreiben und Baukosten ermitteln, Zürich 2008, 2. Aufl.

CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung (Hrsg.) (2012): Leitfaden LCC, Planung der Lebenszykluskosten, Zürich 2011, 1. Aufl.

DIN Deutsches Institut für Normung (Hrsg.) (2008): DIN 18960 Nutzungskosten im Hochbau, Berlin 2008

Faber-Praetorius, Berend, Zippel, Sabine (2012): Integratives Projektmanagement im Lebenszyklus der Immobilie, Hamburg 2012 (zugl. Diss. Univ. Hamburg 2012)

Gantenbein, Kurt (2003): Immobilienrentabilisierung und Wertsteigerung, in: Schalcher, Hans-Rudolf (Hrsg.): Immobilienmanagement - Finanzierung und Bewirtschaftung von Geschäftsliegenschaften, Zürich 2003, S. 89 - 103

GEFMA (2004): Richtlinie 100-1, Facility Management - Grundlagen (Entwurf), Bonn 2004

GEFMA (2004): Richtlinie 200, Kosten im Facility Management - Kostengliederungsstruktur zu GEFMA 100 (Entwurf), Bonn 2004

GEFMA (2006): Richtlinie 220-1, Lebenszykluskostenrechnung im FM - Einführung und Grundlagen (Entwurf), Bonn 2006

Graubner, Carl-Alexander, Riegel, Gerd Wolfgang, Wolf, Benjamin (2006): Life Cycle Costs - Lebenszykluskosten in: ecomed - Handbuch Facility Management, 9. Erg.-Lfg. 6/06,

Graf, Peter (2008): Bauteilkosten in Bezug auf den Gebäudeneuwert - Eine Sammlung von Kostenkennwerten, Zürich 2008

HEV/MV Schweizerischer Hauseigentümerverband / Schweizerischer Mieterinnen- und Mieterverband (Hrsg.) (2005): Paritätische Lebensdauer-Tabelle, Bewertung von Einrichtungen in Wohn- und Geschäftsräumen, Zürich 2005

IFMA Schweiz (Hrsg.) (2005): Kostenmodell für die Immobiliennutzung - Bericht Arbeitsgruppe Kostenmodell, Zürich 2005

IEMB Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin (Hrsg.) (2008): Nutzungsdauerangaben von ausgewählten Bauteilen und Bauteilschichten des Hochbaus für den Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“, Berlin 2008. Online verfügbar unter: http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/ forschungsprojekte/Nutzungsdauern_IEMB-Studie_2008.pdf [abgerufen am 21.07.2013]

IEMB Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin (Hrsg.) (2006): Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten, Berlin 2006. Online verfügbar unter: http://ebookbrowse.com/blatt-4-2-lebensdauer-von-bauteilen-pdf-d88897154 [abgerufen am 21.07.2013]

Kalusche, Wolfdietrich (2004): Technische Lebensdauer von Bauteilen und wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes - Festschrift zum 60. Geburtstag von Professor Dr. Hansruedi Schalcher an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich 2004. Online verfügbar unter: https://www-docs.tu-cottbus.de/bauoekonomie/ public/Forschung/Publikationen/Kalusche-Wolfdietrich/2004/43_technische _lebensdauer.pdf [abgerufen am 23.06.2013]

KBOB/IPB Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes und Interessengemeinschaft privater Professioneller Bauherren (Hrsg.) (2000): Empfehlung Nachhaltiges Bauen: Bodenbeläge im Bürobau - Vergleich über 50 Jahre, Bern 2000

Lutz, Martin (2010): FIGR-Bericht Nr. 2 - Lebenszykluskosten von Fussbodenbelägen, Metzingen 2010, 8. Auflage

Meins, Erika / Hans-Peter Burkhard (2009): Der Nachhaltigkeit von Immobilien einen finanziellen Wert geben: ESI Immobilienbewertung - Nachhaltigkeit inklusive. Zürich 2009, CCRS

Merminod, Pierre / Vicari, Jacques (1984): Handbuch MER, Methode zur Ermittlung der Kosten der Wohnungserneuerung, 1984

Pfarr, Karl-Heinz (1976): Handbuch der kostenbewussten Bauplanung, Wuppertal 1976

Preuss, Norbert / Schöne, Lars Bernhard (2010): Real Estate und Facility Management Aus Sicht der Consultingpraxis, Berlin 2010, 3. vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Ritter, Frank (2011): Lebensdauer von Bauteilen und Bauelementen - Modellierung und praxisnahe Prognose, Darmstadt 2011 (zugl. Diss. TU Darmstadt 2011)

Schröder, Jules (1989): Zustandsbewertung grosser Gebäudebestände, in: Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 17, 27. April 1989, S. 449 - 459, Online verfügbar unter: http://retro.seals.ch/digbib/view?rid=sbz-003:1989:107::255 [abgerufen am 21.07.2013]

Seiler, Marie (2012): Ertragswert, internationale Bewertung und DCF, Unterlagen zur Vorlesung vom 06./19.10.2012, CUREM, Zürich 2012

SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (Hrsg.) (2004): SIA Norm 480 - Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau, Zürich 2004

Simons, K / Hirschberger, H. / Stölting, D. (1987): Lebensdauer von Bauteilen und Baustoffen, Stuttgart 1987

Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (Hrsg.) (2006): LUKRETIA, Lebenszykluskosten - Ressourcen - Energie - Technisierung - Gebäudeautomation, Schlussbericht, Zürich 2006

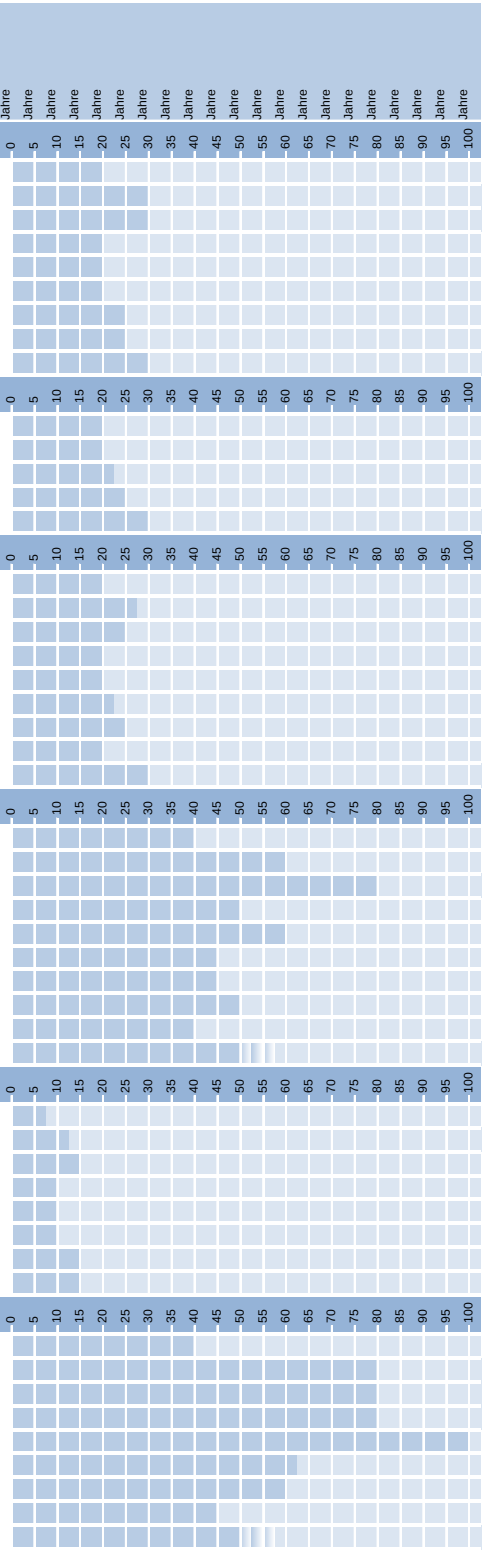
Staub, Peter (2013): Facility Management - Grundlagen und Markt, Unterlagen zur Vorlesung vom 04.01.2013, CUREM, Zürich 2013

Wallbaum Holger, Kytzia Susanne, Kellenberger Samuel (2011): Nachhaltig Bauen - Lebenszyklus, Systeme, Szenarien, Verantwortung, Zürich 2011

Wahrig, Gerhard (1986): Deutsches Wörterbuch, München 1986

Anhang 1 - Zusammenstellung Lebensdauer Bodenbeläge

Lebensdauer Bodenbeläge Angaben aus der Literatur	Quelle	Minimale Lebensdauer	**Mittlere Lebensdauer**	Maximale Lebensdauer	Datum Publikation
Linoleum					
Linoleum	1)		**20 J.**		2005
Linoleum	2a)	23 J.	**29 J.**	41 J.	2008
Linoleum	2b)		**30 J.**		2008
Linoleum	3)	10 J.	**20 J.**	25 J.	2008
Linoleum	4)	15 J.	**20 J.**	25 J.	2006
Linoleum	5)	10 J.[5]	**20 J.**	35 J.[95]	2011
Linoleum	6)	20 J.	**25 J.**		1987
Linoleum	7)		**25 J.**		2000
Linoleum (Mittlere Beanspruchung)	8)		**30 J.**		2010
Gummi, Kautschuk					
Gummi, Kautschuk	1)		**20 J.**		2005
Kautschuk	3)	10 J.	**20 J.**	25 J.	2008
Kautschuk	5)	13 J.[5]	**22 J.**	35 J.[95]	2011
Gummi, Kautschuk	7)		**25 J.**		2000
(Mittlere Beanspruchung)	8)		**30 J.**		2010
PVC, Novilon					
PVC, Novilon	1)		**20 J.**		2005
PVC	2a)	21 J.	**28 J.**	37 J.	2008
PVC	2b)		**25 J.**		2008
PVC	3)	10 J.	**20 J.**	25 J.	2008
PVC	4)	15 J.	**20 J.**	25 J.	2006
PVC	5)	10 J.[5]	**22 J.**	38 J.[95]	2011
PVC	6)	20 J.	**25 J.**		1987
PVC, Novilon	7)		**25 J.**		2000
(Mittlere Beanspruchung)	8)		**30 J.**		2010
Hartholz (Riemen)					
bis 4x renovierbar	1)		**40 J.**		2005
Hartholz	2a)	44 J.	**61 J.**	82 J.	2008
Hartholz	2b)		**80 J.**		2008
Holzparkett / Holzdielen aus Hartholz	3)	30 J.	**50 J.**	70 J.	2008
Hartholz	4)	50 J.	**60 J.**	70 J.	2008
Holzparkett	5)	17 J.[5]	**46 J.**	93 J.[95]	2011
Holzdielen	5)	21 J.[5]	**46 J.**	83 J.[95]	2011
Eichen-Parkett	6)	40 J.	**50 J.**		1987
Hartholz (Riemen), versiegelt o. geölt	7)		**40 J.**		2000
Versiegelt / geölt (Unterhalt alle 12 J.)	8)		**> 50 J.**		2010
Textil, Nadelfilz					
Nadelfilz	1)		**8 J.**		2005
Textil	2a)	6 J.	**12 J.**	16 J.	2008
Textil	2b)		**15 J.**		2008
Textil	4)	8 J.	**10 J.**	20 J.	2006
Teppichböden (Sisal, Baumwolle)	5)	5 J.[5]	**11 J.**	19 J.[95]	2011
Textile Bodenbeläge	6)	7 J.	**10 J.**		1987
Textil, Nadelfilz	7)		**15 J.**		2000
(Mittlere Beanspruchung)	8)		**15 J.**		2010
Naturstein, hart					
Granit, Quarz, Feldspat, etc.	1)		**40 J.**		2005
Naturstein	2a)	60 J.	**82 J.**	100 J.	2008
Naturstein	2b)	60 J.	**80 J.**	100 J.	2008
Naturstein, hart	3)	60 J.	**80 J.**	120 J.	2008
Naturstein, hart	4)	80 J.	**100 J.**	150 J.	2006
Naturstein, hart (Magmatisch)	5)	29 J.[5]	**63 J.**	114J.[95]	2011
Matur- und Kunststeine	6)	40 J.	**60 J.**		1987
Naturstein, hart (Granit)	7)		**45 J.**		2000
Naturwerkstein (Granit geschliffen)	8)		**> 50 J.**		2010



Kunststein					
Kunststeinplatten	1)		**40 J.**		2005
Betonwerkstein, Kunststein	2a)	50 J.	**71 J.**	78 J.	2008
Betonwerkstein, Kunststein	2b)	50 J.	**70 J.**	80 J.	2008
Betonstein, Kunstharz, Terrazzoasph.	3)	40 J.	**70 J.**	100 J.	2008
Kunststein	4)	60 J.	**70 J.**	100 J.	2006
Betonstein, Kunstharz, Terrazzoasph.	5)	26 J.^{5}	**58 J.**	109J.^{95}	2011
Matur- und Kunststeine	6)	40 J.	**60 J.**		1987
Kunststein	7)		**45 J.**		2000
Betonwerkstein (geschliffen)	8)		**> 50 J.**		2010

Keramik, Feinsteinzeugplatten					
Feinsteinzeug	1)		**40 J.**		2005
Keramik	2a)	44 J.	**61 J.**	82 J.	2008
Keramik	2b)		**80 J.**		2008
Fliesen	2a)	32 J.	**55 J.**	63 J.	2008
Fliesen	2b)	30 J.	**40 J.**	60 J.	2008
Steinzeug / Feinsteinzeug	3)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Keramik	4)	50 J.	**60 J.**	70 J.	2006
Keramische Fliesen und Platten	5)	22 J.^{5}	**48 J.**	90 J.^{95}	2011
Keramikplatten	6)	50 J.	**80 J.**		1987
Keramik, Feinsteinzeugplatten	7)		**40 J.**		2000
Keramikfliesen	8)		**> 50 J.**		2010

Oberflächenbehandlungen					
Versiegelung, Ölung, Oberfl.-Behandl.	1)		**10 J.**		2005
Oberflächenbehandlung Lack	3)	5 J.	**8 J.**	10 J.	2008
Oberflächenbehandl. Öl, Wachs	3)	3 J.	**5 J.**	10 J.	2008
Versiegelung, Lack	4)	8 J.	**8 J.**	10 J.	2006
Imprägnierung, Öl, Wachs	4)	3 J.	**4 J.**	5 J.	2006
Versiegelung	5)	4 J.^{5}	**8 J.**	14 J.^{95}	2011
Imprägnierung	5)	2 J.^{5}	**5 J.**	9 J.^{95}	2011
Epoxidbeschichtung	5)	6 J.^{5}	**11 J.**	20 J.^{95}	2011
Versiegelt	6)		**15 J.**		2000
Geölt	7)		**12 J.**		2000
Abschleifen und Behandeln Oberfl.	8)		**12 J.**		

J. ^{5} **Bemerkung:** Lebensdauerangaben mit hochgestelltem ^{5} oder ^{95} bedeuten, dass es sich dabei um den "Unteren 5%-Fraktilwert" anstelle des Minimalwerts bzw. um den "Oberen 95%-Fraktilwert" anstelle des Maximalwerts handelt.

1) HEV/MV Schweizerischer Hauseigentümerverband / Schweizerischer Mieterinnen- und Mieterverband (Hrsg.) (2005): Paritätische Lebensdauer-Tabelle, Bewertung von Einrichtungen in Wohn- und Geschäftsräumen (Zürich 2005)

2) BTE Bund Technischer Experten e.V. (Hrsg.) (2008): Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte, BTE Lebensdauerkatalog Stand 14.03.2008, Essen 2008. Online Verfügbar unter: http://www.svrenz.de/downloads.html [abgerufen am 21.07.2013]

2a) Umfrage BTE Auswertung

2b) Empfehlung BTE Arbeitsgruppe

3) IEMB Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin (Hrsg.) (2008): Nutzungsdauerangaben von ausgewählten Bauteilen und Bauteilschichten des Hochbaus für den Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“, Berlin 2008. Online verfügbar unter: http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/ forschungsprojekte/Nutzungsdauern_IEMB-Studie_2008.pdf [abgerufen am 21.07.2013]

4) IEMB Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin (Hrsg.) (2006): Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten, Berlin 2006. Online verfügbar unter: http://ebookbrowse.com/blatt-4-2-lebensdauer-von-bauteilen-pdf-d88897154 [abgerufen am 21.07.2013]

5) Ritter, Frank (2011): Lebensdauer von Bauteilen und Bauelementen - Modellierung und praxisnahe Prognose, Darmstadt 2011 (zugl. Diss. TU Darmstadt 2011)

6) Simons, K / Hirschberger, H. / Stölting, D. (1987): Lebensdauer von Bauteilen und Baustoffen, Stuttgart 1987, in:

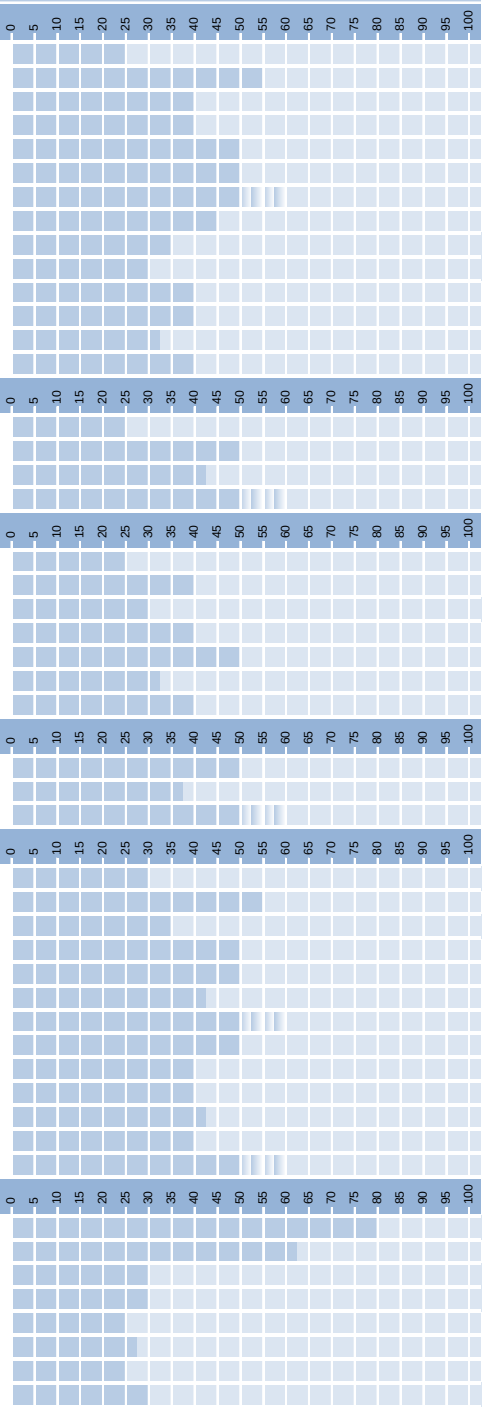
BFK Bundesamt für Konjunkturfragen, Impulsprogramm IP Bau (1994): Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten - Grundlagendaten für den Unterhalt und die Erneuerung von Wohnbauten, Bern 1994

7) KBOB Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes (Hrsg.) (2000): Empfehlung Nachhaltiges Bauen: Bodenbeläge im Bürobau – Vergleich über 50 Jahre 2000/1. Bern: 2000

8) Lutz, Martin (2010): FIGR-Bericht Nr. 2 – Lebenszykluskosten von Fussbodenbelägen. Metzingen: 2010, 8. Auflage.

Anhang 2 - Zusammenstellung Lebensdauer Fenster

Lebensdauer Fenster Angaben aus der Literatur	Quelle	Minimale Lebensdauer	**Mittlere Lebensdauer**	Maximale Lebensdauer	Datum Publikation
Holzfenster					
Holz, Wärme-/Schallschutzfenster	1)		**25 J.**		2005
Hartholz	2a)	37 J.	**56 J.**	67 J.	2008
Hartholz	2b)	25 J.	**40 J.**	60 J.	2008
Rahmen Hartholz, behandelt	3)	30 J.	**40 J.**	60 J.	2008
Flügel Hartholz, behandelt	3)	30 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Rahmen + Flügel Hartholz	4)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2006
Rahmen + Flügel Laubholz behandelt	6)		**≥ 50 J.**		2011
Rahmen + Flügel Hartholz behandelt	5)	20 J.[5]	**44 J.**	76 J.[95]	2011
Weichholz	2a)	29 J.	**36 J.**	44 J.	2008
Weichholz	2b)	20 J.	**30 J.**	40 J.	2008
Rahmen + Flügel Weichholz, behand.	3)	20 J.	**40 J.**	50 J.	2008
Rahmen + Flügel Weichholz	4)	30 J.	**40 J.**	50 J.	2006
Rahmen + Flügel Weichholz behandelt	5)	15 J.[5]	**32 J.**	60 J.[95]	2011
Rahmen + Flügel Nadelholz behandelt	6)		**40 J.**		2011
Holz-Metallfenster					
Holz-Metall, Wärme-/Schallsch.-Fen.	1)		**25 J.**		2005
Rahmen + Flügel Aluminium-Holz	3)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Rahmen + Flügel Holz-Aluminium	5)	29 J.[5]	**42 J.**	58 J.[95]	2011
Rahmen + Flügel Holz-Aluminium	6)		**≥ 50 J.**		2011
Kunststofffenster					
Kunststoff, Wärme-/Schallschutzfen.	1)		**25 J.**		2005
Kunststoff - PVC	2a)	33 J.	**41 J.**	49 J.	2008
Kunststoff - PVC	2b)	20 J.	**30 J.**	40 J.	2008
Rahmen + Flügel Kunststoff	3)	30 J.	**40 J.**	50 J.	2008
Rahmen + Flügel Kunststoff	4)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Rahmen + Flügel Kunststoff	5)	18 J.[5]	**34 J.**	59 J.[95]	2011
Rahmen + Flügel Kunststoff	6)		**40 J.**		2011
Kunststoff-Metallfenster					
Rahmen + Fl. Kunststoff-Aluminium	3)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Rahmen + Fl. Kunststoff-Aluminium	5)	22 J.[5]	**38 J.**	58 J.[95]	2011
Rahmen + Fl. Kunststoff-Aluminium	6)		**≥ 50 J.**		2011
Metallfenster					
Metall, Wärme-/Schallschutz-Fenster	1)		**30 J.**		2005
Aluminium	2a)	38 J.	**54 J.**	65 J.	2008
Aluminium	2b)	25 J.	**35 J.**	50 J.	2008
Rahmen + Flügel Aluminium	3)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Rahmen + Flügel Aluminium	4)	40 J.	**50 J.**	60 J.	2006
Rahmen + Flügel Aluminium	5)	25 J.[5]	**44 J.**	73 J.[95]	2011
Rahmen + Flügel Aluminium	6)		**≥ 50 J.**		2011
Stahl	2a)	35 J.	**50 J.**	67 J.	2008
Stahl	2b)	25 J.	**40 J.**	50 J.	2008
Rahmen + Fl. Stahl verzinkt, beschicht.	3)	30 J.	**40 J.**	50 J.	2008
Rahmen + Flügel Stahl, verzinkt	4)	40 J.	**45 J.**	50 J.	2006
Rahmen + Fl. Stahl verzinkt, beschicht.	5)	22 J.[5]	**39 J.**	62 J.[95]	2011
Rahmen + Flügel Stahl	6)		**≥ 50 J.**		2011
Verglasung					
Einfachverglasung	4)	60 J.	**80 J.**	100 J.	2006
Einfachverglasung	5)	28 J.[5]	**62 J.**	108J.[95]	2011
2-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas	3)	20 J.	**30 J.**	40 J.	2008
3-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas	3)	20 J.	**30 J.**	40 J.	2008
Mehrscheiben-Isolierglas	4)	20 J.	**25 J.**	30 J.	2006
2-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas	5)	13 J.[5]	**27 J.**	48J.[95]	2011
3-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas	5)	13 J.[5]	**25 J.**	42J.[95]	2011
2- oder 3-Scheiben-W.-schutz-Isoliergl.	6)		**30 J.**		2011



Beschläge					
Einfache Beschläge	3)	30 J.	**40 J.**	50 J.	2008
Einfache Beschläge	6)		**30 J.**		2011
Einfache Beschläge	5)	17 J.^{5}	**31 J.**	53 J.^{95}	2011
Drehkipp-, Hebedrehkippbeschläge	3)	20 J.	**25 J.**	35 J.	2008
Drehkippbeschläge	5)	17 J.^{5}	**26 J.**	37 J.^{95}	2011
Drehkipp-, Hebedrehkippbeschläge	6)		**25 J.**		2011
Schwingflügelbeschläge	3)	20 J.	**25 J.**	35 J.	2008
Schwingflügelbeschläge	4)	20 J.	**25 J.**	30 J.	2008
Schwingflügelbeschläge	5)	15 J.^{5}	**25 J.**	37 J.^{95}	2011
Schwingflügelbeschläge	6)		**25 J.**		2011
Schiebebeschläge	3)	20 J.	**30 J.**	35 J.	2008
Schiebebeschläge	4)	20 J.	**25 J.**	30 J.	2006
Schiebebeschläge	5)	15 J.^{5}	**25 J.**	36 J.^{95}	2011
Schiebebeschläge	6)		**30 J.**		2011

Fensterbänke aussen					
Beton, Betonfertigteil oder Kunststein	3)	50 J.	**70 J.**	80 J.	2008
Aluminium	3)	35 J.	**50 J.**	60 J.	2008
Stahl, verzinkt, beschichtet	3)	35 J.	**50 J.**	60 J.	2008

Unterhalt - Anstriche					
Anstrich: Öl-, Kunstharz-,Acrylharzfarbe	1)		**10 J.**		2005
Farbanstrich auf Holz, Lack	2a)	5 J.	**8 J.**	10 J.	2008
Farbanstrich auf Holz, Lack	2b)		**6 J.**	50 J.	2008
Lasur	2a)	4 J.	**6 J.**	8 J.	2008
Lasur	2b)		**6 J.**		2008
Holzschutzanstr. aussen, Lack o. Lasur	3)	5 J.	**8 J.**	15 J.	2008
Holzschutzanstr. aussen, Öle, Wachse	3)	3 J.	**5 J.**	10 J.	2008

Unterhalt - Gummidichtungen					
Ersatz Gummidichtungen	1)		**10 J.**		2005
Verkittungen	3)	5 J.	**10 J.**	15 J.	2008
Verkittung	4)	8 J.	**10 J.**	15 J.	2006
Verkittung	5)	5 J.^{5}	**11 J.**	21 J.^{95}	2011
Glasabdichtungen durch Dichtprofile	3)	15 J.	**20 J.**	30 J.	2008
Glasabdichtungen durch Dichtprofile	4)	15 J.	**20 J.**	25 J.	2006
Flügeldichtungsprofile	3)	15 J.	**18 J.**	25 J.	2008
Dichtprofile	5)	13 J.^{5}	**20 J.**	28 J.^{95}	2011
Dichtprofile	6)		**20 J.**		2011
Glasabdicht. durch Dichtstoffe (Silikon)	3)	10 J.	**12 J.**	25 J.	2008
Dichtstoffe (z.B. Silicone)	5)	7 J.^{5}	**14 J.**	24 J.^{95}	2011
Dichtstoffe	6)		**12 J.**		2011

Reinigung					
Fenster Holz, Doppelverglasung	1)				2005
Fenster Holz o. Kunststoff, Isoliervergl.	1)				2005

J. ^{5} **Bemerkung:** Lebensdauerangaben mit hochgestelltem ^{5} oder ^{95} bedeuten, dass es sich dabei um den "Unteren 5%-Fraktilwert" anstelle des Minimalwerts bzw. um den "Oberen 95%-Fraktilwert" anstelle des Maximalwerts handelt.

1) HEV/MV Schweizerischer Hauseigentümerverband / Schweizerischer Mieterinnen- und Mieterverband (Hrsg.) (2005): Paritätische Lebensdauer-Tabelle, Bewertung von Einrichtungen in Wohn- und Geschäftsräumen (Zürich 2005)

2) BTE Bund Technischer Experten e.V. (Hrsg.) (2008): Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte, BTE Lebensdauerkatalog Stand 14.03.2008, Essen 2008. Online Verfügbar unter: http://www.svrenz.de/downloads.html [abgerufen am 21.07.2013]

2a) Umfrage BTE Auswertung

2b) Empfehlung BTE Arbeitsgruppe

3) IEMB Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin (Hrsg.) (2008): Nutzungsdauerangaben von ausgewählten Bauteilen und Bauteilschichten des Hochbaus für den Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“, Berlin 2008. Online verfügbar unter: http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/ forschungsprojekte/Nutzungsdauern_IEMB-Studie_2008.pdf [abgerufen am 21.07.2013]

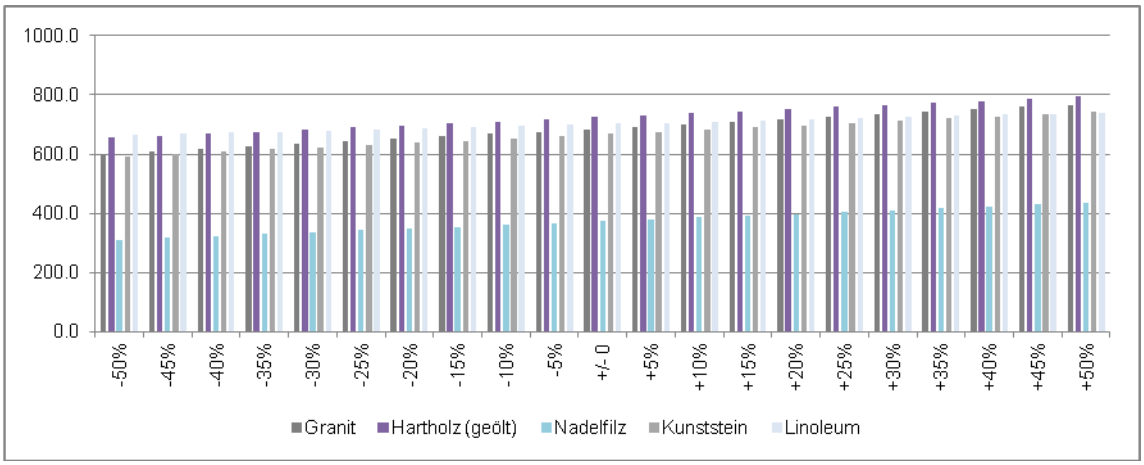
4) IEMB Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin (Hrsg.) (2006): Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten, Berlin 2006. Online verfügbar unter: http://ebookbrowse.com/blatt-4-2-lebensdauer-von-bauteilen-pdf-d88897154 [abgerufen am 21.07.2013]

5) Ritter, Frank (2011): Lebensdauer von Bauteilen und Bauelementen - Modellierung und praxisnahe Prognose, Darmstadt 2011 (zugl. Diss. TU Darmstadt 2011)

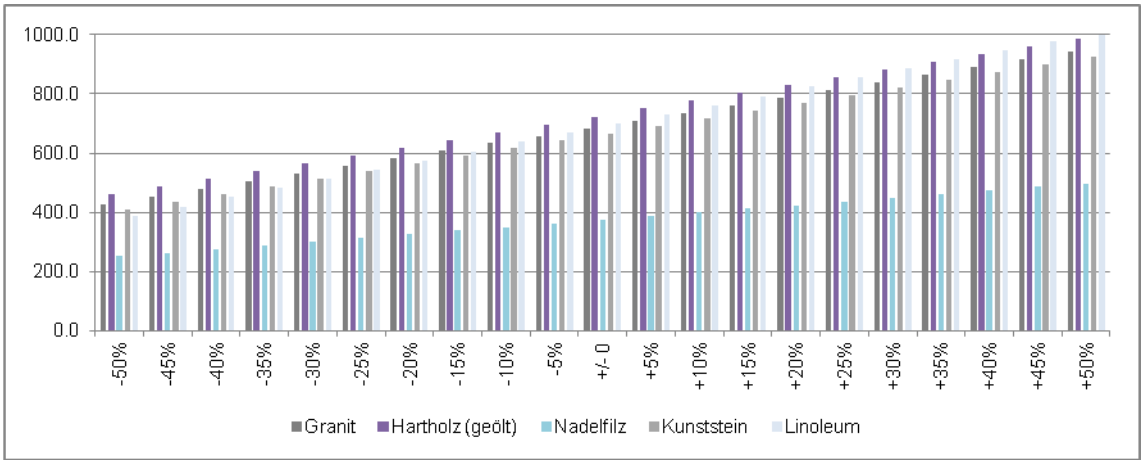
6) BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2011): BBSR-Tabelle "Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB", Berlin 2011, Online verfügbar unter: http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeudedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html [abgerufen am 21.07.2013]

Anhang 3 - Sensitivitätsanalyse Erstellungs- und Reinigungskosten

(Datenbasis FIGR-Bericht Nr. 2)



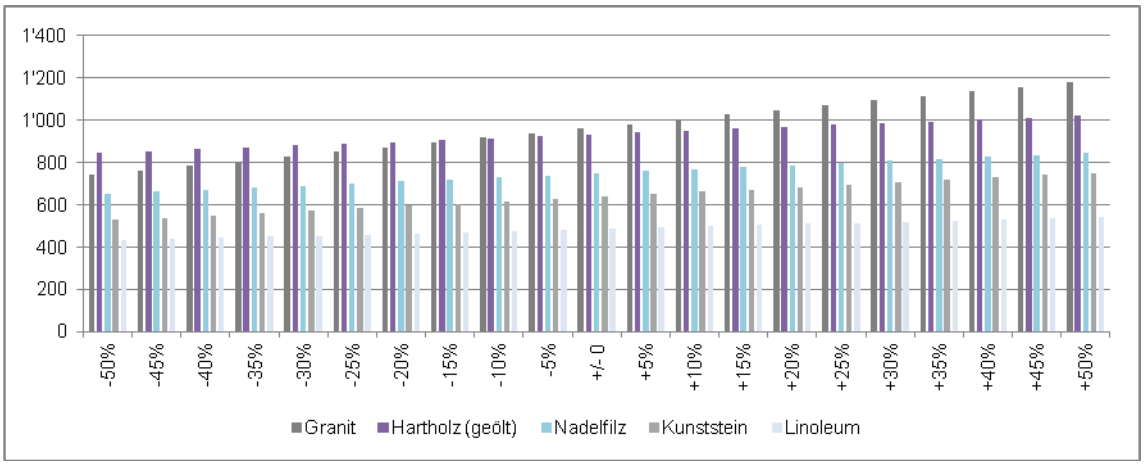
Veränderung der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit der Erstellungskosten



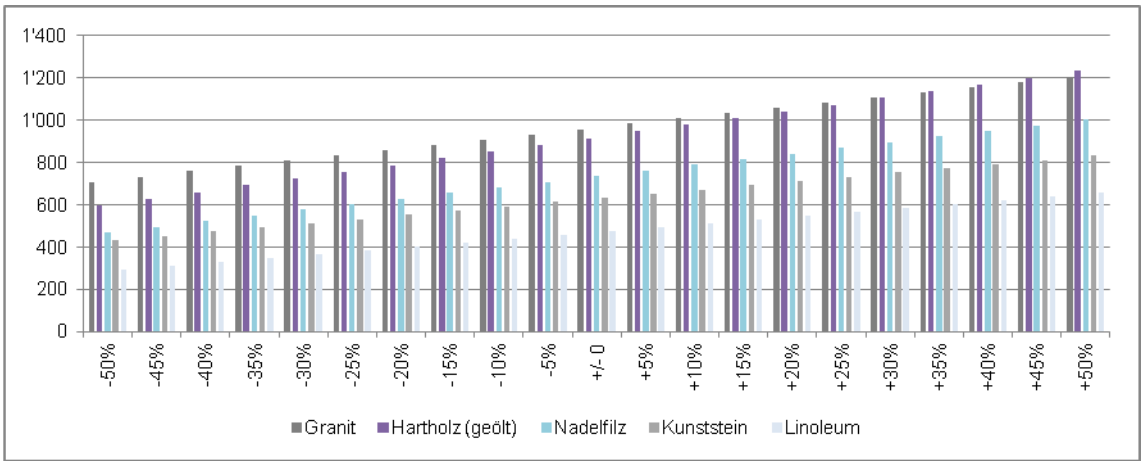
Veränderung der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit der Reinigungskosten

Anhang 4 - Sensitivitätsanalyse Erstellungs- und Reinigungskosten

(Datenbasis KBOB/IPB)



Veränderung der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit der Erstellungskosten



Veränderung der Lebenszykluskosten in Abhängigkeit der Reinigungskosten

Anhang 5 - Auszug Schweizerische Baupreisstatistik Oktober 2012

Elementgruppe	E	Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte	EKG 95
Element	E5	Fenster, Aussentüren	
Bauwerksart	Hochbau		
Preisbasis	Oktober 2012		

Detailbezeichnung des Elements:
Holzfenster einfeldrig, einflüglig
Fenstertyp. IV-Fenster. Ausführungsvarianten. Flügel durch Rahmen abgedeckt. Blendrahmen. Rahmenwetterschenkel, Alu farblos anodisiert. Falzdichtungen. An Ecken umlaufend dicht
Beschläge. Verschlüsse einseitig bedienbar. Drehflügelverschluss mit Drehgriff
Glasart. 3-fach. U_g-Wert nach Norm SN EN 673 W/m2K 0,6. Glasverbund "warme Kante". Schalldämmass R_w dB 32
Oberflächenbehandlung. Deckende Beschichtung. Farbton weiss
Montage. Anschlag innen. Abdichten mit Dichtungsband. Rahmenkanten verdeckt. Befestigung verdeckt. Hohlräume gestopfl

BKP 2001		BKP 221 Fenster, Aussentüren, Tore									
Indexstand Baupreisindex Hochbau im		Oktober 2012		101.9	101.8	101.9	101.7	103.2	100.7	101.9	100.2
Detail des Berechnungselements				Netto Durchschnittspreise ohne Mehrwertsteuer							
Referenzmenge für die Berechnung		m2	14								
Nr. NPK	Text NPK			Schweiz	Genfersee-region	Espace Mittelland	Nordwest-schweiz	Zürich	Ostschweiz	Zentral-schweiz	Tessin
371.212.103	Fenster 1-flg mm 600x1'250	St	19	637.48	776.62	644.95	631.21	609.58	556.56	570.98	673.92
371.212.103	Variante : Holz-Metall-Fenster	St	1	780.80	1'021.27	788.42	745.99	740.67	670.42	641.80	877.95
371.212.103	Variante : Kunststofffenster	St	1	501.99	580.76	547.99	500.94	522.79	436.32	...	474.03
371.219.102	Variante : Alu-Fenster	St	1	1'640.46	...	1'696.90	...	...	...	...	...
	Zuschläge und Nebenarbeiten	%	20								
	© Bundesamt für Statistik										
Netto Durchschnittspreise ohne MWST des Berechnungselements pro		m2		1'019.97	1'242.59	1'031.92	1'009.94	975.33	890.50	913.57	1'078.27

Beispiel Datengrundlage Holzfenster einfeldrig, einflüglig, inkl. Vergleichsdaten Holz-Metallfenster, Kunststofffenster und Metallfenster

Elementgruppe	E	Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte	EKG 95
Element	E5	Fenster, Aussentüren	
Bauwerksart	Hochbau		
Preisbasis	Oktober 2012		

Detailbezeichnung des Elements:
Holz-Metall-Fenster einfeldrig, zweiflüglig. Mit Rahmen und Flügel als Verbundkonstruktion
Fenstertyp. IV-Fenster. Ausführungsvarianten, Flügel durch Rahmen abgedeckt. Blendrahmen. Rahmenwetterschenkel, Alu farblos anodisiert. Falzdichtungen, an Ecken umlaufend dicht
Beschläge. Verschlüsse einseitig bedienbar. Drehkippflügel: Erstöffender Flügel mit Drehkippverschlus und Drehgriff. Zweitöffnender Flügel mit 1 Schnäpper
Glasart. 3-fach. U_g-Wert nach Norm SN EN 673 W/m2K 0,6. Glasverbund "warme Kante". Schalldämmass R_w dB 32
Oberflächenbehandlung des Holzprofils. Deckende Beschichtung. Farbton weiss. Alubauteile, Pulverbeschichtung. Vorbehandlung durch Entfetten, Beizen und Chromatieren. Super-durable-Polyester
Montage. Anschlag innen. Abdichten mit Dichtungsband. Rahmenkanten verdeckt. Befestigung verdeckt. Hohlräume gestopfl

BKP 2001		BKP 221 Fenster, Aussentüren, Tore									
Indexstand Baupreisindex Hochbau im		Oktober 2012		101.9	101.8	101.9	101.7	103.2	100.7	101.9	100.2
Detail des Berechnungselements				Netto Durchschnittspreise ohne Mehrwertsteuer							
Referenzmenge für die Berechnung		m2	35								
Nr. NPK	Text NPK			Schweiz	Genfersee-region	Espace Mittelland	Nordwest-schweiz	Zürich	Ostschweiz	Zentral-schweiz	Tessin
371.213.103	Fenster 2-flg mm 1'400x1'250	St	20	1'312.37	1'560.01	1'365.14	1'271.48	1'279.36	1'189.02	1'127.03	1'346.16
371.213.103	Variante : Holzfenster	St	1	1'092.44	1'227.05	1'121.51	1'064.53	1'085.15	986.27	1'031.05	1'111.50
371.213.103	Variante : Kunststofffenster	St	1	838.89	824.57	937.87	846.61	929.39	764.78	...	904.63
371.219.103	Variante : Alu-Fenster	St	1	2'546.31	...	2'663.47	...	...	...	...	...
	Zuschläge und Nebenarbeiten	%	20								
	© Bundesamt für Statistik										
Netto Durchschnittspreise ohne MWST des Berechnungselements pro		m2		899.91	1'069.72	936.10	871.87	877.28	815.33	772.82	923.08

Beispiel Datengrundlage Holz-Metallfenster einfeldrig, zweiflüglig, inkl. Vergleichsdaten Holzfenster, Kunststofffenster und Metallfenster

Anhang 6 - Interview Fenster Schär AG

Interview Fensterproduzenten **22.07.2013**

Firma: Fenster Schär AG
Adresse: Speerstrasse 1, 9500 Will SG
Interview-Partner: Roger Müller
Funktion: Kalkulation / Offertwesen

Wo liegen die Preise Ihrer verschiedenen Fenstertypen (jeweils Neubau und Sanierung) unter Annahme folgender Rahmenbedingungen:

- Bürogebäude mit 3 Geschossen und einer Fensterfläche von total 500 m2 (Mauerlicht)
- Kosten jeweils pro m2 Fensterfläche (Mauerlicht)
- Kosten inkl. aller für die Lieferung und Montage notwendigen Arbeiten, exkl. Mehrwertsteuer

Fensterpreise pro m2

	Neupreis (inkl. Montage)	**Sanierung** (inkl. Abbruch und Entsorgung)
Holzfenster	*614.4*	*702.2*
Holz-Aluminiumfenster	*638.9*	*724.0*
Kuststofffenster	*433.1*	*513.9*
Kunststoff-Aluminiumfenster	-	-

Das Holz-Metallfenster ca. 3% bis 5% teurer als Holzfenster, z.T. sogar günstiger

Wo sehen Sie die Vor- bzw. Nachteile der einzelnen Fenstertypen, z.B. betreffend

- Reinigungsaufwand für Ihre Produkte
  → *In etwa gleich bei allen Produkten*
- Wartungs- und Unterhaltskosten
  → *In der Regel werden die Fenster im Rahmen der 2-Jahresgarantiearbeiten nochmals einreguliert, ansonsten verursachen sie kaum Unterhaltskosten.*
- Lebensdauer Ihrer Produkte
  → *Ca. 35 Jahre, bei allen Fenster etwa gleich*
- Rezyklierbarkeit
  → *Bei Holz etwas problematischer infolge Farbanstrich (Holzfenster werden in der Regel der Entsorgung zugeführt und nicht rezykliert), bei den anderen Fenster ist die Rezyklierbarkeit gegeben*
- Grauer Energie
  → *keine Angabe*
- Weiterer Kriterien
  → *keine Angabe*

Haben Sie Erfahrungswerte zu Ihren Produkten betreffend

- Jährlichen Reinigungskosten
  → *keine Angabe*

- Jährlichen Wartungs- und Unterhaltskosten
  → *keine Angabe*
- bzw. Lebenszykluskosten
  → *keine Angabe*

Welches sind die kritischen Elemente, welche die Lebensdauer der Fenster beeinflussen, bzw. beeinträchtigen können

- z.B. Beschläge
  → *Grundsätzlich besteht heute eine gute Qualität, mit langer Lebensdauer der Beschläge. Problematisch ist zum Teil eine Abhängigkeit vom Lieferanten. Ändert dieser aus produktionstechnischen Gründen die Beschläge, kann es vorkommen, dass diese bei bestehenden Fenstern nicht mehr eingesetzt werden können und das Fenster entsprechend ausgetauscht werden muss.*
- z.B. Dichtungen
  → *Das Gleich gilt – in abgeschwächter Form – für die Dichtungen*

Wie hat sich in den letzten Jahren der Wärmedurchgangskoeffizient, bzw. der U-Wert von Fenstergläsern entwickelt?

→ *Der Standard liegt heute bei ca. 0.7W/m^{2}K, zum Teil werden jedoch auch noch Fenster mit 2-facher Isolierverglasung und einem U-Wert von 0.9W/m^{2}K verkauft*

Wie hat sich in den letzten Jahren der Preis für Fenstergläser entwickelt?

→ *Preise sind derzeit stabil (Da der Standard heute bei ca. 0.7W/m^{2}K liegt, sind die Absatzmengen genug gross)*

Ist in den nächsten Jahren aus Ihrer Sicht eine weitere Verbesserung des U-Werts von Fenstergläsern möglich, bzw. realistisch?

→ *Nachdem in den letzten Jahren grosse Fortschritte gemacht werden konnten sind die weiteren Entwicklungsmöglichkeiten eher gering.*

→ *Verbesserungen des Wärmedurchgangskoeffizienten können nur noch durch Beschichtungen, Erhöhung der Glasabstände oder zusätzlicher Gläser erreicht werden*

NB1: Glasgewicht: Pro m^2 Fensterfläche und 1mm Dicke → 2.5 Kg

NB2: Einfluss der Füllung des Glaszwischenraums auf den U-Wert (Glasabstand 12mm):

- *Luft: 2.7 W/m^{2}K*
- *Argon: 1.1 W/m^{2}K*
- *Krypton: 1.0 W/m^{2}K*

Gibt es aus Ihrer Sicht noch andere relevante und hier noch nicht diskutierte Aspekte betreffend Lebenszykluskosten von Fenstern?

→ *Der Witterungseinfluss kann eine enormen Effekt auf die Fenster haben (Verschmutzung, Verfärbungen, Lebensdauer)*

→ *Renovationsfenster: Gewisse Hersteller bieten für die Sanierung sogenannte Renovationsfenster an, welche auf den bestehenden Fensterrahmen aufgesetzt werden. Diese Lösung ist insofern problematisch, dass die alten Anschlüsse bestehen bleiben und dort keine Verbesserung betreffend Dichtigkeit, etc. erreicht wird. Weiter dadurch ein Teil der Fensterfläche (Glaslicht) verloren.*

Anhang 7 - Interview EgoKiefer

Interview Fensterproduzenten **17.07.2013**

Firma: EgoKiefer AG
Adresse: Industriestrasse 21, 8304 Wallisellen
Interview-Partner: Sandro Domeisen
Funktion: Leiter Vertrieb Region Zürich

Wo liegen die Preise Ihrer verschiedenen Fenstertypen (jeweils Neubau und Sanierung) unter Annahme folgender Rahmenbedingungen:

- Bürogebäude mit 3 Geschossen und einer Fensterfläche von total 500 m^2 (Mauerlicht)
- Kosten jeweils pro m^2 Fensterfläche (Mauerlicht)
- Kosten inkl. aller für die Lieferung und Montage notwendigen Arbeiten, exkl. Mehrwertsteuer

Fensterpreise pro m2

	Neupreis (inkl. Montage)	**Sanierung** (inkl. Abbruch und Entsorgung)
Holzfenster	*525.-*	*625.-*
Holz-Aluminiumfenster	*625.-*	*725.-*
Kuststofffenster	*450.-*	*550.-*
Kunststoff-Aluminiumfenster	*500.-*	*600.-*

Die Fensterpreise stellen Ø-Werte über verschiedene Fenster dar (einfeldrig, zweifeldrig, einflügelig, zweiflügelig, etc.)

Wo sehen Sie die Vor- bzw. Nachteile der einzelnen Fenstertypen, z.B. betreffend

- Reinigungsaufwand für Ihre Produkte
  → *Kunststofffenster i.d.R. einfacher, ansonsten keine grossen Unterschiede zw. den Produkten*
- Wartungs- und Unterhaltskosten
  → *Bei Holzfenstern ist der Anstrich periodisch zu ersetzen*
  → *Kosten: ca. 100.- pro m^2 Fensterfläche (einseitig) → Aussen alle 5 – 10 Jahre (bei starker Bewitterung alle 5 Jahre), innen ca. all 15 – 20 Jahre.*
- Lebensdauer Ihrer Produkte
  → *Keine relevanten Unterschiede in der Lebensdauer (Nutzungsdauer), meist werden die Fenster im Hinblick auf die Energieeffizienz vor Ablauf der Lebensdauer ausgewechselt.*
- Rezyklierbarkeit
  → *Kunststoff- und Aluminiumfenster werden getrennt und rezykliert, die anderen Fenster werden verbrannt, da die Trennung zu aufwendig ist*
- Grauer Energie
  → *Holzfenster grundsätzlich gut, doch bei Mitberücksichtigung der Lebensdauer, liegt das Holz-Metallfenster vor dem Kunststoff- und dem Holzfenster*
- Weiterer Kriterien
  → *Nein*

Haben Sie Erfahrungswerte zu Ihren Produkten betreffend

- Jährlichen Reinigungskosten
  → *ca. CHF 10.- pro m^2 Fensterfläche*
- Jährlichen Wartungs- und Unterhaltskosten
  → *Geschätzt ca. CHF 15.- bis 20.- pro m^2 und Jahr (Funktionskontrolle, Ölen der Beschläge, Kontrollieren und Fetten der Dichtungen)*
- bzw. Lebenszykluskosten

Welches sind die kritischen Elemente, welche die Lebensdauer der Fenster beeinflussen, bzw. beeinträchtigen können

- z.B. Beschläge
  → *Problematik Verfügbarkeit, z.B. bei Defekten oder nach Eindruck: 10 Jahre (gilt für Rahmen, Beschläge und Dichtungen)*
- z.B. Dichtungen
  → *i.d.R. Keine Probleme*

Wie hat sich in den letzten Jahren der Wärmedurchgangskoeffizient, bzw. der U-Wert von Fenstergläsern entwickelt?

→ *in den letzten 5 Jahren eher stabil*

→ *Ds Gebäudeprogramm des Bundes hat sozusagen einen 'Boom' betreffend Fenster-Sanierungen ausgelöst. Heute sind die Anforderungen allerdings höher um im Rahmen dieses Programms Fördergelder zu erhalten.*

Wie hat sich in den letzten Jahren der Preis für Fenstergläser entwickelt?

→ *Starke Absenkung der Preise, ca. 10% bis 15%*

Ist in den nächsten Jahren aus Ihrer Sicht eine weitere Verbesserung des U-Werts von Fenstergläsern möglich, bzw. realistisch?

→ *Auf keinen Fall im gleichen Ausmass wie in den letzten Jahren. Bei U-Werten von 0.4 – 0.5 W/m^2K ist noch kein 'sinnvolles' Kosten/Nutzen-Verhältnis gegeben*

Gibt es aus Ihrer Sicht noch andere relevante und hier noch nicht diskutierte Aspekte betreffend Lebenszykluskosten von Fenstern?

→ *Ja, Mitbewerber, welche mit minderwertigen Produkten die Preise nach unten drücken und dadurch auch die Lebenszykluskosten negativ beeinflussen*

Anhang 8 - Interview Swisswindows

Interview Fensterproduzenten **22.07.2013**

Firma: swisswindows AG
Adresse: Haltelhusstrasse, 9402 Mörschwil
Interview-Partner: Christian Broder
Funktion: ……

Wo liegen die Preise Ihrer verschiedenen Fenstertypen (jeweils Neubau und Sanierung) unter Annahme folgender Rahmenbedingungen:

- Bürogebäude mit 3 Geschossen und einer Fensterfläche von total 500 m^2 (Mauerlicht)
- Kosten jeweils pro m^2 Fensterfläche (Mauerlicht)
- Kosten inkl. aller für die Lieferung und Montage notwendigen Arbeiten, exkl. Mehrwertsteuer

Fensterpreise pro m2

	Neupreis (inkl. Montage)	**Sanierung** (inkl. Abbruch und Entsorgung)
Holzfenster	*640.-*	*800.-*
Holz-Aluminiumfenster	*820.-*	*1'000.-*
Kuststofffenster	*500.-*	*600.-*
Kunststoff-Aluminiumfenster		

Exkl. Lieferungskosten (abhängig von Distanz zum Objekt)

Wo sehen Sie die Vor- bzw. Nachteile der einzelnen Fenstertypen, z.B. betreffend

- Reinigungsaufwand für Ihre Produkte
  - → *Reinigung: Kunststofffenster grundsätzlich einfacher zu reinigen, Glasreinigung mind. 1x jährlich*
  - → *Pflege: Sowohl Holz als auch Kunststofffenster benötigen Pflege, Kunststofffenster etwas pflegeleichter, bei Holz-Metallfenster keine Pflege notwendig*
- Wartungs- und Unterhaltskosten
  - → *In der Regel werden die Fenster im Rahmen der 2-Jahresgarantiearbeiten nochmals einreguliert, ansonsten werden für den Service-Monteur CHF 118.-/h verrechnet (plus Anfahrtspauschale von CHF 80.-) verursachen sie kaum Unterhaltskosten.*
  - → *Für das fiktive Bürogebäude: ca. 3 Tage Arbeit à 8h, notwendig ca. alle 2 Jahre*
  - → *Beschläge sollten 1x jährlich geölt werden*
- Lebensdauer Ihrer Produkte
  - → *25 – 30 Jahre (wirtschaftliche Lebensdauer)*
  - → *Treiber sind Energieeffizienz und Lärmimmissionen (z.B. Flughafennähe), teilweise stellen auch Sicherheitsaspekte den Grund für einen Fensterersatz dar*
- Rezyklierbarkeit
  - → *Kunststofffenster und Metallfenster → Ja*
  - → *Holzfenster → Nein*

- Grauer Energie
  → *keine Angabe*
- Weiterer Kriterien
  → *keine Angabe*

Haben Sie Erfahrungswerte zu Ihren Produkten betreffend

- Jährlichen Reinigungskosten
  → *keine Angabe*
- Jährlichen Wartungs- und Unterhaltskosten
  → *keine Angabe*
- bzw. Lebenszykluskosten
  → *keine Angabe*

Welches sind die kritischen Elemente, welche die Lebensdauer der Fenster beeinflussen, bzw. beeinträchtigen können

- z.B. Beschläge
- z.B. Dichtungen
  → *In der Regel ist das gesamte Fenster "nicht mehr genehm" und wird ersetzt*

Wie hat sich in den letzten Jahren der Wärmedurchgangskoeffizient, bzw. der U-Wert von Fenstergläsern entwickelt?

→ *in den letzten 5 Jahren eher stabil*
→ *3-fach Isolierverglasung (IV3) ist Standard, 0.6 W/m^{2}K*

Wie hat sich in den letzten Jahren der Preis für Fenstergläser entwickelt?

→ *Preissteigerungen bei den Gasen haben auch zu höheren Preisen bei den Fenstern bzw. Gläsern geführt*
→ *Demgegenüber hat die Technologieentwicklung eher zu einer Preissenkung geführt*

Ist in den nächsten Jahren aus Ihrer Sicht eine weitere Verbesserung des U-Werts von Fenstergläsern möglich, bzw. realistisch?

→ *Ev. 4. Glasebene, Problematik besteht bei der Wärmeentwicklung*

Gibt es aus Ihrer Sicht noch andere relevante und hier noch nicht diskutierte Aspekte betreffend Lebenszykluskosten von Fenstern?

→ *Keine Angabe*

Anhang 9 - Interview QualiCasa

Interview QualiCasa 15.07.2013

Firma:	QualiCasa AG
Adresse:	Schulstrasse 11, 8542 Wiesendangen
Interview-Partner:	Rolf Truninger
Funktion:	Geschäftsführer

Welches sind aus Ihrer Sicht …..

- **die wichtigsten Fragestellungen in Bezug auf die Lebenszykluskosten von Immobilien**

  → Die Nutzung steht an vorderster Stelle
    - Ein Kindergarten kann zum Beispiel nach 15 Jahren obsolet sein
    - Ein Medizinalgebäude muss ev. nach wenigen Jahren infolge von Technologieänderungen umgebaute werden

  → Die Nutzung definiert Nutzungsdauer und Betriebskosten – beides sehr relevante Faktoren in der Lebenszykluskostenbetrachtung

  → Es gilt, mit geeigneten Massnahmen zukünftige Risiken zu minimieren, eine Betrachtung nur der finanziellen Aspekte reicht dabei nicht aus, es ist auch eine Risikobetrachtung notwendig

- **die einfachsten Möglichkeiten Lebenszykluskosten zu senken**

  → Dafür gibt es verschiedene Konzepte, welche nebeneinander eingesetzt werden können
    - Höhere Flexibilität einbauen, z.B. durch Trennung von Hülle und Inhalt (Containerlösung analog Produktionsstrasse), z.B. anwendbar für Medizinalgebäude (Weiterverwendung der Hülle bei gleichzeitigem 'Austauschs' des Inhalts)
    - Höhere Flexibilität durch Einbau von Installationsböden → eliminiert zukünftiges Risiko von Nutzungsänderungen, da mit wenig Aufwand umgenutzt werden kann
    - Nutzerkonforme Bauelemente einsetzen: Ein Granitbelag auf einem Hohlboden macht wenig Sinn, ist jedoch auf einer Betondecke mit TABS-System folgerichtig
    - Auch die Trennung von Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur stellt ein sinnvolles Konzept dar, wenn dadurch die Zugänglichkeit zu Elementen mit geringerer Lebensdauer gewährleistet wird

  → Wichtig ist dabei, dass die Nutzung nicht eingeschränkt wird, ansonsten die Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt ist

- **die kritischen Bauelemente oder Teilelemente in Bezug auf die Lebenszykluskosten**

  → Generell: Nein, aber es gibt:
    - Kritische Ausführungsarten oder Kombinationen von Bauelementen (z.B. bei sehr unterschiedlichen Lebensdauern)
    - Bauelemente kritisch sind, weil nicht gut zugänglich (auch für Reparaturen)

- **allfällige kritische Komponenten an Bauelement oder Teilelementen**

  → Gebäude haben sogenannte Verbundsysteme (Bauteilkombinationen oder Fertigbauteile) wie zum Beispiel Fenster. Bei unterschiedlichen Lebensdauern der Komponenten kann dies zu folgenden Problemen führen:
    - Beschläge und Dichtungen sind zum Teil nicht mehr lieferbar
    - Bei der Gebäudetechnik kann es vorkommen, dass Ersatzteile nicht mehr verfügbar sind und statt Komponenten ganze Anlagen ausgewechselt werden müssen

Welches sind aus Ihrer Sicht sinnhafte Konzepte oder allgemeine Grundsätze, welche in Bezug auf die Optimierung von Lebenszykluskosten erwähnt werden sollten?

→ Einige wurden bereits genannt, weiter gilt es grundsätzlich das Zusammenspiel von Nutzung, Gebäude und Technik als System zu verstehen

→ Weitere Konzepte:
  - Low-Tech, weniger ist mehr (in Bezug auf Gebäudetechnik). Ein tieferer Technisierungsgrad reduziert die Lebenszykluskosten (in der Regel ohne relevante Einbussen im Komfort)
  - Normierung und Standardisierung (Portfolio-Sicht) der eingesetzten Komponenten

Wie schätzen Sie den Stand in der Bauwelt ein betreffend

- **Kenntnisstand zur Thematik Nachhaltigkeit / Lebenszykluskosten**

  → Das Thema wird breit diskutiert bis auf Ebene Hersteller, die Problematik besteht darin, dass
    - oft Hersteller, welche gute nachhaltige Produkte anbieten, nicht berücksichtigt werden, weil sie teurer sind. Andere, günstigere (und weniger nachhaltige Produkte) verdrängen ihre Produkte
    - das Verständnis für die Zusammenhänge fehlt teilweise noch → die Diskussion müsste nicht über Investitionen sondern über Lebenszykluskosten geführt werden

- **Umsetzung der Grundsätze Nachhaltigkeit / Lebenszykluskosten**

  - Unterschiedlich, Investoren die wollen finden oft keine Gesamtlösungen

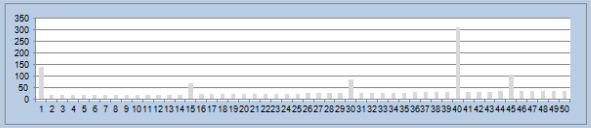
Anhang 10 - Berechnungsbeispiel Lebenszykluskosten

Bodenbelag Hartholz versiegelt

DCF Bewertung Bauelemente

Bauelement	Details	Datenursprung	Jahr
Bodenbeläge	Hartholz versiegelt	KBOB / IPB	2000

Betrachtungs-Zeitraum	50	Jahre
Lebensdauer des Bauelements	40	Jahre
Restnutzungsdauer am Ende der Betrachtungsperiode	10	Jahre
Periodische Grundbehandlung Boden	15	Jahre
Keine Investition mehr ab Jahr	47	
Inflationsrate (Durchschnitt aus den letzten 25 Jahren)	1.5	%
Diskontierungszinssatz	5.00	%
Korrektur Baukostenindex Hocbau	1.24	%



	2000	2013	
Erstellungskosten (Erstinvestition Bauelement)	100	124.1	CHF pro m² Bauelement
Instandsetzungskosten (Ersatzinvestition Bauelement)	125	155.2	CHF pro m² Bauelement
Grundbehandlung (Erstinvestition Beschichtung)	30	37.2	CHF pro m² Bauelement

	2000	2013	
Kapitalkosten	0	0	CHF pro m² Bauelement
Verwaltungskosten	0	0	CHF pro m² Bauelement
Betriebskosten	**2000**	**2013**	
Ver- und Entsorgung	15	18.6	CHF pro m² Bauelement
Reinigung und Pflege	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Überwachungs- und Instandhaltungskosten	12	14.9	CHF pro m² Bauelement
Kontroll- und Sicherheitsdienste	3	3.7	CHF pro m² Bauelement
Abgaben und Beiträge	0	0.0	CHF pro m² Bauelement

Planjahr	2013 (1)	2014 (2)	2015 (3)	2016 (4)	2017 (5)	2018 (6)	2019 (7)	2020 (8)	2021 (9)	2022 (10)	2023 (11)	2024 (12)	2025 (13)	2026 (14)	2027 (15)	2028 (16)	2029 (17)	2030 (18)	2031 (19)	2032 (20)	2033 (21)	2034 (22)	2035 (23)	2036 (24)	2037 (25)	2038 (26)	2039 (27)	2040 (28)	2041 (29)	2042 (30)	2043 (31)	2044 (32)	2045 (33)	2046 (34)	2047 (35)	2048 (36)	2049 (37)	2050 (38)	2051 (39)	2052 (40)	2053 (41)	2054 (42)	2055 (43)	2056 (44)	2057 (45)	2058 (46)	2059 (47)	2060 (48)	2061 (49)	2062 (50)	2063 (51)
Erstellungskosten (Erstbelag)	**124.1**																																																		
Betriebskosten	**18.6**	**18.9**	**19.2**	**19.5**	**19.8**	**20.1**	**20.4**	**20.7**	**21.0**	**21.3**	**21.6**	**21.9**	**22.3**	**22.6**	**22.9**	**23.3**	**23.6**	**24.0**	**24.3**	**24.7**	**25.1**	**25.5**	**25.8**	**26.2**	**26.6**	**27.0**	**27.4**	**27.8**	**28.3**	**28.7**	**29.1**	**29.5**	**30.0**	**30.4**	**30.9**	**31.4**	**31.8**	**32.3**	**32.8**	**33.3**	**33.8**	**34.3**	**34.8**	**35.3**	**35.9**	**36.4**	**36.9**	**37.5**	**38.1**	**38.6**	**39.2**
Ver- und Entsorgung	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reinigung und Pflege	14.9	15.1	15.3	15.6	15.8	16.0	16.3	16.5	16.8	17.0	17.3	17.5	17.8	18.1	18.3	18.6	18.9	19.2	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.3	22.6	22.9	23.3	23.6	24.0	24.3	24.7	25.1	25.5	25.8	26.2	26.6	27.0	27.4	27.8	28.3	28.7	29.1	29.5	30.0	30.4	30.9	31.4
Jährliche Überwachungs- und Instandhaltungskosten	3.7	3.8	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8	4.9	4.9	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8
Periodische Instandhaltungskosten		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kontroll- und Sicherheitsdienste	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Abgaben und Beiträge	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Instandsetzungskosten (Belagsersatz)		**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**277.3**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**
Total relevante Lebenszykluskosten	**142.8**	**18.9**	**19.2**	**19.5**	**19.8**	**20.1**	**20.4**	**20.7**	**21.0**	**21.3**	**21.6**	**21.9**	**22.3**	**22.6**	**68.8**	**23.3**	**23.6**	**24.0**	**24.3**	**24.7**	**25.1**	**25.5**	**25.8**	**26.2**	**26.6**	**27.0**	**27.4**	**27.8**	**28.3**	**86.0**	**29.1**	**29.5**	**30.0**	**30.4**	**30.9**	**31.4**	**31.8**	**32.3**	**32.8**	**310.6**	**33.8**	**34.3**	**34.8**	**35.3**	**107.6**	**36.4**	**36.9**	**37.5**	**38.1**	**38.6**	**39.2**
Exit Value																																																		322.1	
Present Value Lebenszykluskosten	136.0	17.1	16.6	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.1	12.6	12.2	11.8	11.4	33.1	10.7	10.3	10.0	9.6	9.3	9.0	8.7	8.4	8.1	7.9	7.6	7.3	7.1	6.9	19.9	6.4	6.2	6.0	5.8	5.6	5.4	5.2	5.1	4.9	44.1	4.6	4.4	4.3	4.1	12.0	3.9	3.7	3.6	3.5	31.5	3.3
Diskontierte LZK per 01.01.2014	**663.4**																																																		

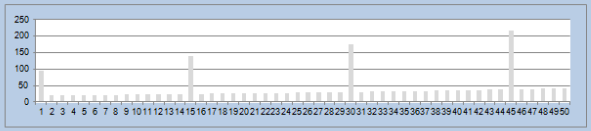
Anhang 11 - Berechnungsbeispiel Lebenszykluskosten

Bodenbelag Nadelfilz

DCF Bewertung Bauelemente

Bauelement	Details	Datenursprung	Jahr
Bodenbeläge	Nadelfilz	KBOB / IPB	2000

Betrachtungs-Zeitraum	50	Jahre
Lebensdauer des Bauelements	15	Jahre
Restnutzungsdauer am Ende der Betrachtungsperiode	5	Jahre
Periodische Grundbehandlung Boden	15	Jahre
Keine Investition mehr ab Jahr	47	
Inflationsrate (Durchschnitt aus den letzten 25 Jahren)	1.5	%
Diskontierungszinssatz	5.00	%
Korrektur Baukostenindex Hocbau	1.24	%



	2000	2013	
Erstellungskosten (Erstinvestition Bauelement)	60.0	74.5	CHF pro m² Bauelement
Instandsetzungskosten (Ersatzinvestition Bauelement)	75.0	93.1	CHF pro m² Bauelement
Grundbehandlung (Erstinvestition Beschichtung)	0.0	0.0	CHF pro m² Bauelement

	2000	2013	
Kapitalkosten	0	0	CHF pro m² Bauelement
Verwaltungskosten	0	0	CHF pro m² Bauelement
	2000	2013	
Betriebskosten	16	19.9	CHF pro m² Bauelement
Ver- und Entsorgung	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Reinigung und Pflege	12	14.9	CHF pro m² Bauelement
Überwachungs- und Instandhaltungskosten	4	5.0	CHF pro m² Bauelement
Kontroll- und Sicherheitsdienste	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Abgaben und Beiträge	0	0.0	CHF pro m² Bauelement

Planjahr	2013 1	2014 2	2015 3	2016 4	2017 5	2018 6	2019 7	2020 8	2021 9	2022 10	2023 11	2024 12	2025 13	2026 14	2027 15	2028 16	2029 17	2030 18	2031 19	2032 20	2033 21	2034 22	2035 23	2036 24	2037 25	2038 26	2039 27	2040 28	2041 29	2042 30	2043 31	2044 32	2045 33	2046 34	2047 35	2048 36	2049 37	2050 38	2051 39	2052 40	2053 41	2054 42	2055 43	2056 44	2057 45	2058 46	2059 47	2060 48	2061 49	2062 50	2063 51
Erstellungskosten (Erstbelag)	**74.5**																																																			
Betriebskosten	**19.9**	**20.2**	**20.5**	**20.8**	**21.1**	**21.4**	**21.7**	**22.0**	**22.4**	**22.7**	**23.1**	**23.4**	**23.7**	**24.1**	**24.5**	**24.8**	**25.2**	**25.6**	**26.0**	**26.4**	**26.8**	**27.2**	**27.6**	**28.0**	**28.4**	**28.8**	**29.3**	**29.7**	**30.1**	**30.6**	**31.0**	**31.5**	**32.0**	**32.5**	**33.0**	**33.4**	**33.9**	**34.5**	**35.0**	**35.5**	**36.0**	**36.6**	**37.1**	**37.7**	**38.2**	**38.8**	**39.4**	**40.0**	**40.6**	**41.2**	**41.8**
Ver- und Entsorgung	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reinigung und Pflege	14.9	15.1	15.3	15.6	15.8	16.0	16.3	16.5	16.8	17.0	17.3	17.5	17.8	18.1	18.3	18.6	18.9	19.2	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.3	22.6	22.9	23.3	23.6	24.0	24.3	24.7	25.1	25.5	25.8	26.2	26.6	27.0	27.4	27.8	28.3	28.7	29.1	29.5	30.0	30.4	30.9	31.4
Jährliche Überwachungs- und Instandhaltungskosten	5.0	5.0	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.4	8.5	8.6	8.7	8.9	9.0	9.1	9.3	9.4	9.6	9.7	9.8	10.0	10.1	10.3	10.5
Periodische Instandhaltungskosten		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kontroll- und Sicherheitsdienste	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Abgaben und Beiträge	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Instandsetzungskosten (Belagsersatz)		**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**114.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**143.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**179.3**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**
Total relevante Lebenszykluskosten Exit Value	**94.3**	**20.2**	**20.5**	**20.8**	**21.1**	**21.4**	**21.7**	**22.0**	**22.4**	**22.7**	**23.1**	**23.4**	**23.7**	**24.1**	**139.2**	**24.8**	**25.2**	**25.6**	**26.0**	**26.4**	**26.8**	**27.2**	**27.6**	**28.0**	**28.4**	**28.8**	**29.3**	**29.7**	**30.1**	**174.0**	**31.0**	**31.5**	**32.0**	**32.5**	**33.0**	**33.4**	**33.9**	**34.5**	**35.0**	**35.5**	**36.0**	**36.6**	**37.1**	**37.7**	**217.5**	**38.8**	**39.4**	**40.0**	**40.6**	**41.2** 186.3	**41.8**
Present Value Lebenszykluskosten	89.9	19.3	17.7	17.1	16.5	16.0	15.4	14.9	14.4	13.9	13.5	13.0	12.6	12.2	66.9	11.4	11.0	10.6	10.3	9.9	9.6	9.3	9.0	8.7	8.4	8.1	7.8	7.6	7.3	40.3	6.8	6.6	6.4	6.2	6.0	5.8	5.6	5.4	5.2	5.0	4.9	4.7	4.6	4.4	24.2	4.1	4.0	3.8	3.7	19.8	3.5
Diskontierte LZK per 01.01.2014	**658.8**																																																			

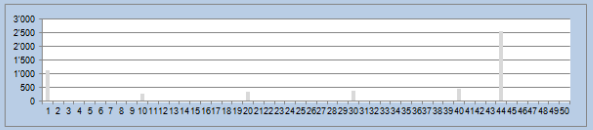
Anhang 12 - Berechnungsbeispiel Lebenszykluskosten

Holzfenster

DCF Bewertung Bauelemente

Bauelement	Details	Fenster	Glas	Datenursprung	Jahr
Fenster	Holzfenster	Einfeldrig, zweiflügl.	IV3, 0.6W/m2K	BFS	2013

Betrachtungs-Zeitraum	50	Jahre
Lebensdauer des Bauelements	44	Jahre
Restnutzungsdauer am Ende der Betrachtungsperiode	6	Jahre
Periodischer Instandhaltung (Anstrich, Dichtungen)	10	Jahre
Keine Investition mehr ab Jahr	47	
Inflationsrate	1.5	%
Diskontierungszinssatz	5.00	%
Zinssatz		
Korrektur Baukostenindex Hocbau	1.00	%



	2013	2013	
Erstellungskosten (Erstinvestition Bauelement)	1'115.0	1'115.0	CHF pro m² Bauelement
Instandsetzungskosten (Ersatzinvestition Bauelement)	1'320.0	1'320.0	CHF pro m² Bauelement
Periodische Instandhaltungskosten	236.0	236.0	CHF pro m² Bauelement

	2013	2013	
Kapitalkosten	0	0	CHF pro m² Bauelement
Verwaltungskosten	0	0	CHF pro m² Bauelement
	2013	2013	
Betriebskosten	24	24.0	CHF pro m² Bauelement
Ver- und Entsorgung	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Reinigung	24	24.0	CHF pro m² Bauelement
Überwachungs- und Instandhaltungskosten	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Kontroll- und Sicherheitsdienste	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Abgaben und Beiträge	0	0.0	CHF pro m² Bauelement

EXIT

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063
Planjahr	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	51
Erstellungskosten (Erstbelag)	**1115.0**																																																		
Betriebskosten	**24.0**	**24.4**	**24.7**	**25.1**	**25.5**	**25.9**	**26.2**	**26.6**	**27.0**	**297.3**	**27.9**	**28.3**	**28.7**	**29.1**	**29.6**	**30.0**	**30.5**	**30.9**	**31.4**	**345.0**	**32.3**	**32.8**	**33.3**	**33.8**	**34.3**	**34.8**	**35.3**	**35.9**	**36.4**	**400.4**	**37.5**	**38.1**	**38.6**	**39.2**	**39.8**	**40.4**	**41.0**	**41.6**	**42.3**	**464.7**	**43.5**	**44.2**	**44.9**	**45.5**	**46.2**	**46.9**	**47.6**	**48.3**	**49.0**	**49.8**	**50.5**
Ver- und Entsorgung	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reinigung und Pflege	24.0	24.4	24.7	25.1	25.5	25.9	26.2	26.6	27.0	27.4	27.9	28.3	28.7	29.1	29.6	30.0	30.5	30.9	31.4	31.8	32.3	32.8	33.3	33.8	34.3	34.8	35.3	35.9	36.4	37.0	37.5	38.1	38.6	39.2	39.8	40.4	41.0	41.6	42.3	42.9	43.5	44.2	44.9	45.5	46.2	46.9	47.6	48.3	49.0	49.8	50.5
Jährliche Überwachungs- und Instandhaltungskosten	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Periodische Instandhaltungskosten		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	269.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	313.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	363.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	421.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kontroll- und Sicherheitsdienste	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Abgaben und Beiträge	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Instandsetzungskosten (Belagsersatz)		**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**2503.9**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**
Total relevante Lebenszykluskosten	**1139.0**	**24.4**	**24.7**	**25.1**	**25.5**	**25.9**	**26.2**	**26.6**	**27.0**	**297.3**	**27.9**	**28.3**	**28.7**	**29.1**	**29.6**	**30.0**	**30.5**	**30.9**	**31.4**	**345.0**	**32.3**	**32.8**	**33.3**	**33.8**	**34.3**	**34.8**	**35.3**	**35.9**	**36.4**	**400.4**	**37.5**	**38.1**	**38.6**	**39.2**	**39.8**	**40.4**	**41.0**	**41.6**	**42.3**	**464.7**	**43.5**	**44.2**	**44.9**	**2549.4**	**46.2**	**46.9**	**47.6**	**48.3**	**49.0**	**49.8**	**50.5**
Exit Value																																																		265.7	
Present Value Lebenszykluskosten	1084.8	22.1	21.4	20.6	20.0	19.3	18.7	18.0	17.4	182.5	16.3	15.7	15.2	14.7	14.2	13.7	13.3	12.8	12.4	130.0	11.6	11.2	10.8	10.5	10.1	9.8	9.5	9.2	8.8	92.6	8.3	8.0	7.7	7.5	7.2	7.0	6.7	6.5	6.3	66.0	5.9	5.7	5.5	297.9	5.1	5.0	4.8	4.6	4.5	27.5	4.2
Diskontierte LZK per 01.01.2014	**2365.2**																																																		

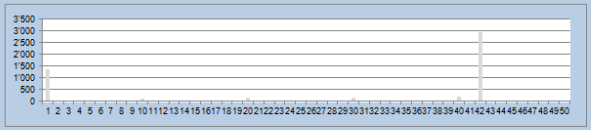
Anhang 13 - Berechnungsbeispiel Lebenszykluskosten

Holz-Metallfenster

DCF Bewertung Bauelemente

Bauelement	Details	Fenster	Glas	Datenursprung	Jahr
Fenster	Holz-Metallfenster	Einfeldrig, zweiflügl.	IV3, 0.6W/m2K	BFS	2013

Betrachtungs-Zeitraum	50	Jahre
Lebensdauer des Bauelements	42	Jahre
Restnutzungsdauer am Ende der Betrachtungsperiode	8	Jahre
Periodischer Instandhaltung (Dichtungen)	10	Jahre
Keine Investition mehr ab Jahr	47	
Inflationsrate	1.5	%
Diskontierungszinssatz	5.00	%
Zinssatz		
Korrektur Baukostenindex Hocbau	1.00	%



	2013	2013	
Erstellungskosten (Erstinvestition Bauelement)	1'350.0	1'350.0	CHF pro m² Bauelement
Instandsetzungskosten (Ersatzinvestition Bauelement)	1'570.0	1'570.0	CHF pro m² Bauelement
Periodische Instandhaltungskosten	96.0	96.0	CHF pro m² Bauelement

	2013	2013	
Kapitalkosten	0	0	CHF pro m² Bauelement
Verwaltungskosten	0	0	CHF pro m² Bauelement
Betriebskosten	24	24.0	CHF pro m² Bauelement
Ver- und Entsorgung	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Reinigung	24	24.0	CHF pro m² Bauelement
Überwachungs- und Instandhaltungskosten	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Kontroll- und Sicherheitsdienste	0	0.0	CHF pro m² Bauelement
Abgaben und Beiträge	0	0.0	CHF pro m² Bauelement

EXIT

Planjahr	2013 1	2014 2	2015 3	2016 4	2017 5	2018 6	2019 7	2020 8	2021 9	2022 10	2023 11	2024 12	2025 13	2026 14	2027 15	2028 16	2029 17	2030 18	2031 19	2032 20	2033 21	2034 22	2035 23	2036 24	2037 25	2038 26	2039 27	2040 28	2041 29	2042 30	2043 31	2044 32	2045 33	2046 34	2047 35	2048 36	2049 37	2050 38	2051 39	2052 40	2053 41	2054 42	2055 43	2056 44	2057 45	2058 46	2059 47	2060 48	2061 49	2062 50	2063 51
Erstellungskosten (Erstbelag)	**1350.0**																																																			
Betriebskosten	**24.0**	**24.4**	**24.7**	**25.1**	**25.5**	**25.9**	**26.2**	**26.6**	**27.0**	**137.2**	**27.9**	**28.3**	**28.7**	**29.1**	**29.6**	**30.0**	**30.5**	**30.9**	**31.4**	**159.2**	**32.3**	**32.8**	**33.3**	**33.8**	**34.3**	**34.8**	**35.3**	**35.9**	**36.4**	**184.8**	**37.5**	**38.1**	**38.6**	**39.2**	**39.8**	**40.4**	**41.0**	**41.6**	**42.3**	**214.5**	**43.5**	**44.2**	**44.9**	**45.5**	**46.2**	**46.9**	**47.6**	**48.3**	**49.0**	**49.8**	**50.5**
Ver- und Entsorgung	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reinigung und Pflege	24.0	24.4	24.7	25.1	25.5	25.9	26.2	26.6	27.0	27.4	27.9	28.3	28.7	29.1	29.6	30.0	30.5	30.9	31.4	31.8	32.3	32.8	33.3	33.8	34.3	34.8	35.3	35.9	36.4	37.0	37.5	38.1	38.6	39.2	39.8	40.4	41.0	41.6	42.3	42.9	43.5	44.2	44.9	45.5	46.2	46.9	47.6	48.3	49.0	49.8	50.5
Jährliche Überwachungs- und Instandhaltungskosten	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Periodische Instandhaltungskosten		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	109.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	127.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	147.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	171.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kontroll- und Sicherheitsdienste	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Abgaben und Beiträge	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Instandsetzungskosten (Belagsersatz)		**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**2890.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**
Total relevante Lebenszykluskosten	**1374.0**	**24.4**	**24.7**	**25.1**	**25.5**	**25.9**	**26.2**	**26.6**	**27.0**	**137.2**	**27.9**	**28.3**	**28.7**	**29.1**	**29.6**	**30.0**	**30.5**	**30.9**	**31.4**	**159.2**	**32.3**	**32.8**	**33.3**	**33.8**	**34.3**	**34.8**	**35.3**	**35.9**	**36.4**	**184.8**	**37.5**	**38.1**	**38.6**	**39.2**	**39.8**	**40.4**	**41.0**	**41.6**	**42.3**	**214.5**	**43.5**	**2934.9**	**44.9**	**45.5**	**46.2**	**46.9**	**47.6**	**48.3**	**49.0**	**49.8**	**50.5**
Exit Value																																																		342.9	
Present Value Lebenszykluskosten	1308.6	22.1	21.4	20.6	20.0	19.3	18.7	18.0	17.4	84.2	16.3	15.7	15.2	14.7	14.2	13.7	13.3	12.8	12.4	60.0	11.6	11.2	10.8	10.5	10.1	9.8	9.5	9.2	8.8	42.8	8.3	8.0	7.7	7.5	7.2	7.0	6.7	6.5	6.3	30.5	5.9	378.1	5.5	5.3	5.1	5.0	4.8	4.6	4.5	34.2	4.2
Diskontierte LZK per 01.01.2014	**2421.9**																																																			

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema „Optimierung von Lebenszykluskosten durch strategische Investitionen - Eine Untersuchung auf Ebene Bauelement“ selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe.
Alle Stellen die wörtlich oder sinngemäss aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Falle durch Angabe der Quelle (auch der verwendeten Sekundärliteratur) als Entlehnung kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen und wurde auch noch nicht veröffentlicht.

Neftenbach, den 12.08.2013

_____

Christian Lauterburg