

Masterthesis
zur Erlangung des
Master of Science in Real Estate (CUREM)

***Lifecycle-Kosten auf der Basis dynamischer Restnutzungsdauern
von Bauelementen***

Name: Silvio Wullschleger
Adresse: Wassermatte 4 in 8965 Berikon
Eingereicht bei: Dieter Kräuchi
Prof. Dr. Christian Stoy
Abgabedatum: 15. August 2008

VORWORT UND DANKSAGUNG

Das Thema Gebäudezustandsplanung im Immobilienportfolio, Lifecycle-Kosten und dynamische Restnutzungsdauern von Bauelementen beschäftigt mich seit dem Jahre 1999. Als Praktikant absolvierte ich ein Industriepraktikum in der MIBAG und schrieb eine Diplomwahlfacharbeit mit dem Titel ‚Gebäudezustandsplanung im Immobilienportfolio‘ unter der Betreuung von Herrn Prof. Paul Meyer der ETHZ, Herrn Dr. Angelius Eisinger vom Amt für Konjunkturforschung sowie Herrn Dr. Marko Virant von der MIBAG. Seit 1999 verfolge ich die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit diesem Thema in der Fachliteratur und habe mich auch im Beruflichen, wenn sich die Gelegenheit bot, mit diesem Thema auseinandergesetzt. Derzeit aktuell ist das Thema insbesondere aufgrund der ersten PPP-Projekte (Public Privat Partnership) in der Schweiz. Für den laufenden Wettbewerb für das PPP-Projekt Gefängnis- und Verwaltungsneubau in Burgdorf des Kantons Bern habe ich aktuell die Teilprojektleitung für das Facility Management, welches die Kalkulation der Betriebskosten und die Kalkulation des Lifecycle-Fonds umfasst.

So war es für mich naheliegend, dieses Fachgebiet als Thema für meine Masterthesis zu wählen. Mein ganz besonderer Dank für die zielstrebige Unterstützung gilt insbesondere meinem Betreuer Herrn Dieter Kräuchi und meinem Koreferenten Herrn Prof. Dr. Christian Stoy.

Ein spezieller Dank gilt all meinen Gesprächspartnern aus der Praxis, die mit mir dieses interessante Thema diskutierten und mir viele Anregungen und Impulse zur Weiterentwicklung meiner Ideen gaben.

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT UND DANKSAGUNG	I
INHALTSVERZEICHNIS.....	II
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS.....	VI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VII
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Theoretische Basis: Baukostenkalkulation	3
2.2 Elementkostengliederung	4
2.3 Theoretische Basis: Immobilienkosten Nutzungsphase	5
2.4 Theoretische Basis: Lifecycle-Kosten.....	6
2.5 Normenwerke Bauwerkserhaltung	7
2.5.1 SIA Norm 469 Erhaltung von Bauwerken	7
2.5.2 DIN-Norm 31 051 Instandhaltung	8
2.5.3 Differenzen zwischen den Normenwerken DIN 31 051 und SIA 469	8
2.5.4 Begriffsgrundlage DIN-Norm 31 051	9
2.6 Theoretische Basis: Bauteilalterung	9
2.6.1 Die Methode Schröder	10
2.6.2 Untersuchungen im Rahmen des IP-Bau	14
2.6.3 Das Forschungsprojekt DUEGA.....	17
2.6.4 Europäisches Forschungsprojekt JOULE	19
2.7 Kosten für Instandhaltung SIA	20
3 Modellbildung.....	23
3.1 Erstellungskosten.....	23
3.2 Kosten Nutzungsphase	24
3.2.1 Betriebs- und Verwaltungskosten	25
3.3 Instandsetzungskosten	26
3.4 Instandsetzungszeitpunkt	29
3.4.1 Prinzip der Kurvenverschiebung.....	30
3.4.2 Wahrscheinlichkeitsoberfläche	31
3.4.3 Dynamische Restnutzungsdauer	32
3.4.4 Mathematische Umsetzung der dynamischen Restnutzungsdauer	34
3.4.5 Instandsetzungskosten und Instandsetzungszeitpunkt	36
4 Zusammenfassung	37

5 Umsetzung	40
5.1 Projektbeschrieb Science Park in Basel	40
5.2 Berechnung der Erstellungskosten	42
5.3 Berechnung der Nutzungskosten	42
5.3.1 Betriebs- und Nebenkosten	42
5.3.2 Verwaltungskosten	43
5.3.3 Instandsetzungskosten Betrachtungszeitpunkt Planung	43
5.3.4 Instandsetzungskosten (Betrachtungszeitpunkt Budgetierung im Bestand)	46
ANHANG 1: Mathematische Grundlagen der Bauteilalterung	50
ANHANG 2: Datenblatt Aussenputz / Flachdach	52
ANHANG 3: Erstellungskosten Science Park	53
ANHANG 4: Betriebs- und Verwaltungskosten Science Park	55
ANHANG 5: Szenarien DCF Bewertung Science Park Planungsphase	56
ANHANG 6: Budgetplanungsbeispiel für das Element ‚E1 Dächer‘	58
LITERATURVERZEICHNIS	59
EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG	61

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Anwendungsgebiete der Arbeitshilfsmittel des CRB	3
Abbildung 2: Aufbau der Elementkostengliederung	4
Abbildung 3: Übersicht über die Kosten in der Nutzungsphase SIA d0165	5
Abbildung 4: Hauptbegriffe der Bauwerkserhaltung SIA Norm 469.....	7
Abbildung 5: Unterteilung der Instandhaltung gemäss DIN 31 051	8
Abbildung 6: SIA-Norm 469 und der DIN-Norm 31 051 im Vergleich	8
Abbildung 7: Begriffsgrundlage DIN-Norm unter Verwendung des Begriffes Instandhaltung SIA.....	9
Abbildung 8: Strukturaufbau der Methoden und der jeweiligen EDV Lösungen	10
Abbildung 9: Altersentwertungskurve gemäss Jules Schröder.....	11
Abbildung 10: Instandsetzungskosten und idealer Instandsetzungszeitpunkt.....	12
Abbildung 11: Ideale Instandsetzungszeitpunkte verschiedener Bauteile	14
Abbildung 12: IP-Bau, Alterungsverhalten von Bauteilen.....	15
Abbildung 13: Transformation der Bauteilalterungskurve in einen Wahrscheinlichkeitsraum	20
Abbildung 14: Instandhaltungskosten in Abhängigkeit des Wertverlustes	21
Abbildung 15: Berechnung der Erstellungskosten mittels EKG	23
Abbildung 16: Funktionalität der Elementkostengliederung	25
Abbildung 17: Berechnung der Betriebs- und Verwaltungskosten	25
Abbildung 18: Kalkulation der Instandsetzungskosten	27
Abbildung 19: Darstellung des Instandsetzungsbedarfes über 50 Jahre	28
Abbildung 20: Mathematische Grundlage der Altersentwertungsfunktion am Beispiel Aussenputz mit $a=2.38$; $T=60$; $W_{\ddot{u}}=0.795$; $t_{\ddot{u}}=6$	29
Abbildung 21: Prinzip der Kurvenverschiebung	30
Abbildung 22: Auswertung des mathematischen Entwertungsmodells	31
Abbildung 23: Wahrscheinlichkeitsoberfläche.....	31
Abbildung 24: Wahrscheinlichkeitsfläche der dynamischen Nutzungsdauer.....	32
Abbildung 25: Bestimmung der dynamischen Restnutzungsdauer	33
Abbildung 26: Lineare Regressionsgeraden der Wahrscheinlichkeiten	34
Abbildung 27: Matrix der Regressionsgeraden für Aussenputz.....	34

Abbildung 28:	Formel für die Bestimmung des Interventionszeitpunktes t_i abgeleitet aus dem aktuellen Zustand a und dem Alter eines Bauteils t_a.....	35
Abbildung 29:	Beispiel mathematischer Bestimmung der Restnutzungsdauern	35
Abbildung 30:	Modellbildung für die Instandsetzungskosten mit dynamischen Instandsetzungszeitpunkten	36
Abbildung 31:	Modellbildung Lifecycle-Kosten.....	37
Abbildung 32:	Matrix der Regressionsgeraden am Beispiel Aussenputz.....	38
Abbildung 33:	Formel für die Bestimmung des Interventionszeitpunktes t_i abgeleitet aus dem aktuellen Zustand und dem Alter eines Bauteils.....	38
Abbildung 34:	Zusammenfassung der Ergebnisse in einer DCF Bewertung	39
Abbildung 35:	Querschnitt Science Park Basel	41
Abbildung 36:	Kumulierter Instandsetzungsbedarf über 50 Jahre	44
Abbildung 37:	DCF Bewertung für durchschnittliches Alterungsverhalten	44
Abbildung 38:	Wahrscheinlichkeitsflächen der beiden Dachkonstruktionen	48
Abbildung 39:	Mathematische Funktion Aussenputz	50
Abbildung 40:	Prinzip der Kurvenverschiebung	51
Abbildung 41:	DCF Bewertung in der Wahrscheinlichkeitsfläche {25%,0%}	56
Abbildung 42:	DCF Bewertung in der Wahrscheinlichkeitsfläche {50%}	56
Abbildung 43:	DCF Bewertung in der Wahrscheinlichkeitsfläche {100%,75%}	57

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Kostenberechnung auf der Stufe Makroelement	24
Tabelle 2:	Kostenberechnung auf der Stufe Teilelement	24
Tabelle 3:	Kostenberechnung auf der Stufe Berechnungselement.....	24
Tabelle 4:	Kalkulation der Betriebs- und Verwaltungskosten analog den Erstellungskosten.....	26
Tabelle 5:	Erweiterung der EKG Kalkulation mit Instandsetzungskosten	27
Tabelle 6:	Erstellungskosten Science Park auf Stufe Makroelemente	42
Tabelle 7:	Berechnung Betriebskosten Science Park	43
Tabelle 8:	Berechnung Verwaltungskosten Science Park	43
Tabelle 9:	DCF Werte für die unterschiedlichen Alterungsverhalten.....	45
Tabelle 10:	Gebäudezustandsplanung auf der Basis EKG	46
Tabelle 11:	Berechnung des Elements ,E1 Dächer'	47
Tabelle 12:	Beurteilung des Elements ,E1 Dächer' im Jahr 2038.....	48
Tabelle 13:	Vergleich der drei Sanierungsmassnahmen	49
Tabelle 14:	Berechnung der Erstellungskosten auf Stufe Element.....	54
Tabelle 15:	Detaillierte Berechnung der Betriebs- und Verwaltungskosten.....	55
Tabelle 16:	Beispiel Budgetplanung für das Element ,E1 Dächer'.....	58

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BKKS	Baukosten Kennzahlen System
BKP	Baukostenplan
CRB	Schweizerische Zentralstelle für Bauregionalisierung
DCF	Discounted Cashflow
DIN	Deutsche Industrie Norm
DUEGA	Diagnosemethode für Unterhalts- und Erneuerungsplanung verschiedener Gebäudearten
EKG	Elementkostengliederung
EPIQR	Energy Performance, Indoor Environment Quality, Retrofit
GVW	Gebäudeversicherungswert
IH-Qualität	Instandhaltungsqualität
IPD-Index	Investor Property Databank Index
IP-Bau	Impulsprogramm-Bau des Bundesamtes für Konjunkturfragen
MEDIC	Prediction Methode of probable Detioriation Scenarios and Refurbishment Investment Budgets
NPK	Normpositionenkatalog
PPP-Projekte	Public Privat Partnership Projekte
SIA	Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein

1 Einleitung

Investoren und Eigentümer erwarten heute aus ihren Portfolios eine wesentlich höhere Wertschöpfung und fordern, da Fehlentscheide nicht automatisch durch Inflation und Wertsteigerung kompensiert werden, eine Aussage über die Lifecycle-Kosten einer Immobilie. Die Zeiten der Yield Compression mit den stetig steigenden Immobilienwerten durch Änderung des Kapitalisierungszinssatzes sind vorbei. Die Wertsteigerung wird in Zukunft vor allem auf der Fähigkeit der einzelnen Investoren beruhen, die Kostenseite über den Gesamtprozess eines Immobilieninvestments zu planen und zu steuern.

Das Thema Lifecycle-Kosten gewinnt an zusätzlicher Brisanz durch Fragestellungen im Zusammenhang mit PPP-Projekten sowie durch die Integration der Betriebskosten in Totalunternehmersubmissionen. Die Herausforderung von PPP-Projekte besteht darin, den gesamten Cashflow einer Investition über die 25 bis 35-jährige Laufzeit der Verträge bereits in der Planungsphase zu bestimmen, damit dieser von einem Finanzintermediär zu einem konstanten, jährlichen Schulddienst über die Laufzeit mit den determinierten Jahresausgaben finanziert werden kann.

Bei den Immobilienbewertern stellt man fest, dass die Frage des zukünftigen Instandsetzungsbedarfes, des -zeitpunktes und der damit verbundenen -kosten nur sehr rudimentär bewertet wird. Dies beruht darauf, dass in der Praxis wie in der Literatur diese Fragestellung entweder von der rein finanzwirtschaftlichen oder von der rein technischen Seite angegangen wird. Eine Synthese dieser beiden Felder unterbleibt. Je nach Bewerter werden nachhaltig gebaute Objekte mit geringerem Investitionsbedarf gleich bewertet wie solche Objekte mit schlechter Substanz. Nachhaltigkeit wird oft nicht in der Bewertung miteinbezogen und somit im Immobilienwert nicht berücksichtigt.

Die Kernaufgabe dieser Arbeit ist die Beschreibung eines Modells für die Quantifizierung der Bau-, Betriebs-, Verwaltungs- und Instandsetzungskosten von Immobilien über den Lebenszyklus. Auf der Basis der Elementkostengliederung wird ein durchgängiges System erarbeitet, das von der Erstellung, über die Zustandserfassung im Bestand, der Analyse des Alterungsverhaltens, der Prognose der Nutzungsdauer bis zu dem dar-

aus abgeleiteten Instandsetzungsbedarf die Lifecycle-Kosten einer Immobilie transparent darstellt.

Als Novum wird die Theorie der dynamischen Restnutzungsdauer von Bauelementen erarbeitet. Diese Theorie basiert auf den bisherigen Untersuchungen über das Alterungsverhalten von Bauelementen.

In der Abschätzung von Nutzungsdauern von Bauelementen ging man von statistischen Mittelwerten aus. Die theoretische Basis hierfür beruht auf den Untersuchungsergebnissen im Rahmen des IP-Baus und des europäischen Forschungsprojektes JOULE (EPFL), sowie auf der Methode Schröder.

Diese oben genannten Methoden werden dargestellt und auf deren Basis eine Modellbildung für eine probabilistische, dynamische Restnutzungsdauer entwickelt. Dabei orientiert sich diese Arbeit an der Methode MEDIC.

Die Prozesskette wird in Excel erarbeitet und an einem Beispielobjekt illustriert.

Die Anwendungsgebiete und der Hauptnutzen dieser Arbeit kann in den folgenden vier Punkten zusammengefasst werden:

- Bereits in der Planungsphase können die Lifecycle-Kosten berechnet werden.
- Das führt zu Planungssicherheit bei Investoren und ermöglicht eine risikolose Kalkulation bei PPP-Projekten und Investitionsentscheiden.
- Die Budgetierung der Instandsetzungskosten bei Bestandsimmobilien wird transparent und nachvollziehbar.
- Investitionen in nachhaltige Bausubstanz können durch die Bewertung realistischer beurteilt werden, was unter Umständen zu Aufwertungen führen kann .

2 Grundlagen

2.1 Theoretische Basis: Baukostenkalkulation

Die Baukostenkalkulation in der Schweiz erfolgt auf der Basis der Normenwerke der Schweizerischen Zentralstelle für Bauregionalisierung (CRB). Dabei finden für die Planung die Elementkostengliederung (EKG) und der Baukostenplan (BKP) Anwendung. Die Submission der Bauleistungen erfolgt auf den detaillierten Angaben im Normpositionenkatalog (NPK) Bau und Bauhandbuch. Die drei Standards sind grösstenteils miteinander kompatibel, so dass eine Durchgängigkeit gewährleistet ist. Die Elementkostengliederung konnte sich in den letzten Jahren immer mehr als Standard etablieren. Dies nicht ohne Grund, denn durch die Gliederung in Bauelemente kann bereits in einer frühen Projektphase eine wesentlich schnellere und präzisere Baukostenschätzung erfolgen als durch die Gliederung in ausführungsorientierten Arbeitsgattungen. Im Jahre 2000 ergänzte der CRB die Elementkostengliederung mit dem Anhang Teilelementgliederung DUEGA-Makroelemente als künftiger Standard für die Unterhalts- und Erneuerungsplanung für verschiedene Gebäudearten in unterschiedlichen Phasen der Bewirtschaftung, Planung und Projektierung. Damit hat sie den schweizerischen Standard für die baulichen und technischen Lifecycle-Kosten-Berechnungen geschaffen. Eine Gesamtbetrachtung der Kosten und Erträge über den gesamten Lebenszyklus ist damit jedoch immer noch nicht möglich.

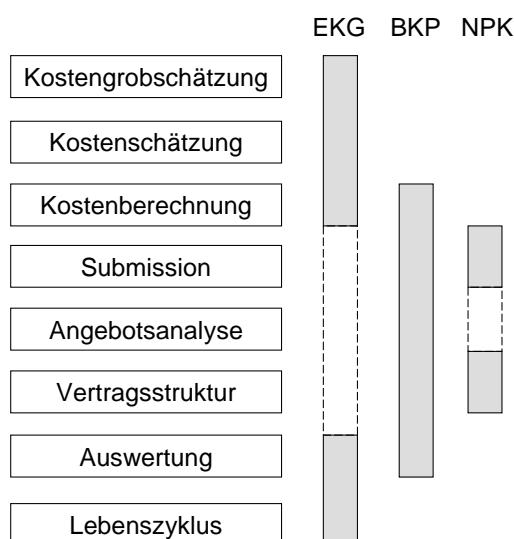


Abbildung 1: Anwendungsbereiche der Arbeitshilfsmittel des CRB

2.2 Elementkostengliederung

Der Aufbau der Elementkostengliederung erfolgt nach funktionalen Elementen. Die EKG und die Baukostendaten sind so aufgebaut, dass sie die gewohnten Arbeitsmittel Normpositionen NPK Bau und Bauhandbuch sinnvoll ergänzen und damit einen weiteren Bestandteil eines durchgängigen Systems bilden, das von der Baukostenplanung bis zur Kostenabrechnung und –auswertung reicht.

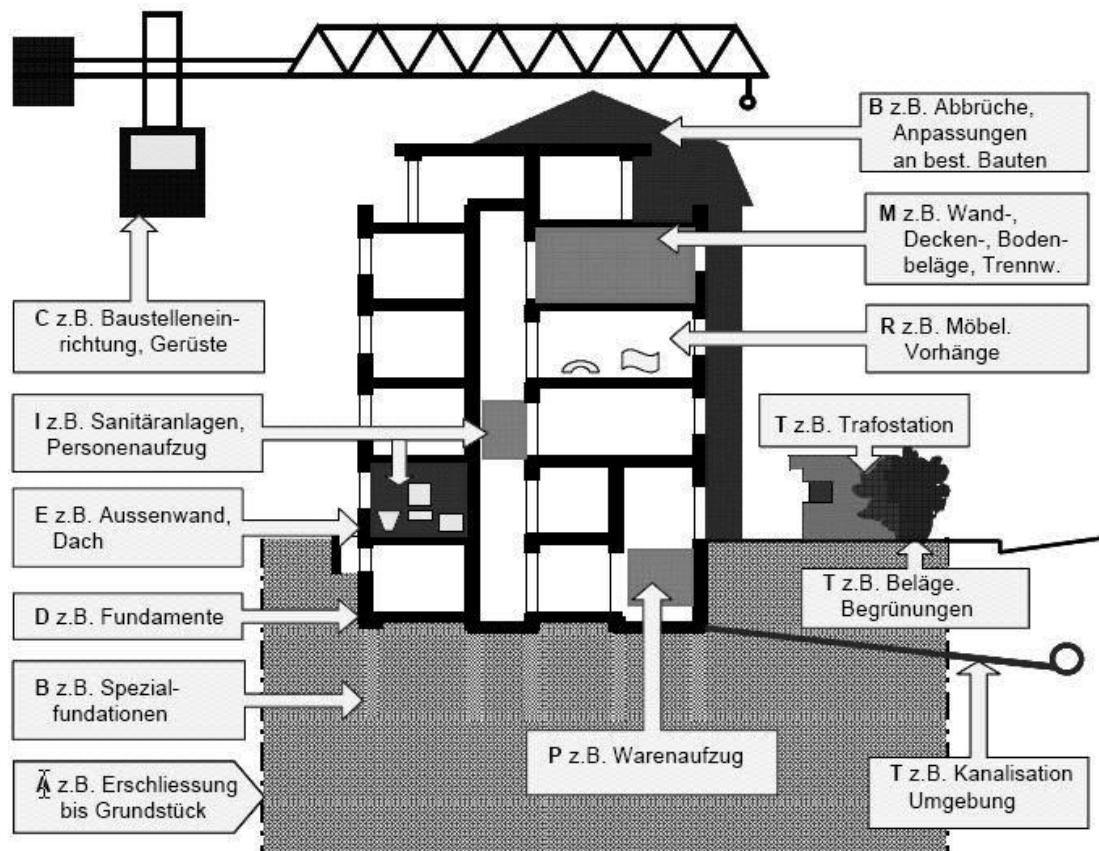


Abbildung 2: Aufbau der Elementkostengliederung¹

Die Besonderheit der EKG liegt im Erfassen eines Gebäudes als Summe von Elementen, welche sowohl qualitativ wie auch quantitativ definiert werden. Dadurch ist ein Gebäude in einer klaren Modellstruktur abbildbar und wird somit mit anderen Gebäuden vergleichbar.

¹ Quelle: Stoy Christian (2007): Vorlesungsskript Kostenplanung vom 11.08.2007; Folie 19

2.3 Theoretische Basis: Immobilienkosten Nutzungsphase

Eine Standardisierung der Kosten in der Nutzungsphase ist in der Schweiz bis heute noch nicht erfolgt. Der CRB publizierte 1977 den Liegenschaftenkontenplan (LKP), der jedoch keine allgemeine Anwendung findet. Jeder einzelne Eigentümer verwendet meist einen individuellen Kontenplan. Auch unter den Immobilienbewertern hat sich kein einheitlicher Standard durchgesetzt. Eine grobe Kostengliederung der Immobilienkosten in der Nutzungsphase wurde vom SIA in der d0165 Kennzahlen im Immobilienmanagement publiziert.

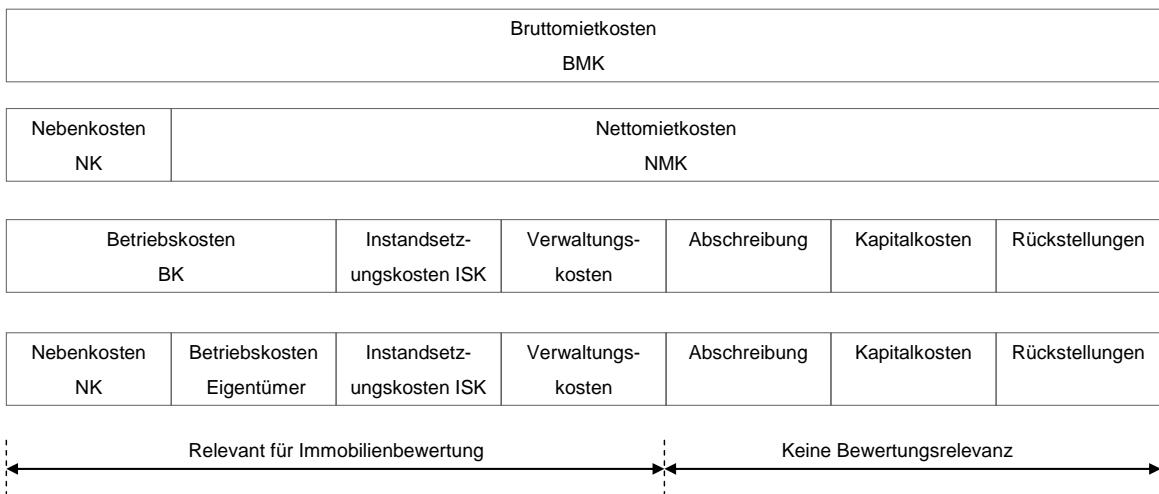


Abbildung 3: Übersicht über die Kosten in der Nutzungsphase SIA d0165

Die Publikation wollte vielen verschiedenen Anforderungen gerecht werden. Dies führte zu einer Vermischung zwischen den Anforderungen der Betrachtung der Immobilie als Selbstnutzer und der Immobilie als Investitionsobjekt. So werden in der Publikation ebenfalls die Umzugskosten erwähnt. Analysiert man die Publikation unter dem Blickwinkel der Immobilie als Investitionsobjekt und der Immobilienbewertung, so kann eine schlüssige Struktur für die Standardisierung der Kosten für die Nutzungsphase abgeleitet werden. Diese ist: Betriebskosten, bestehend aus Nebenkosten und Betriebskosten Eigentümer, Instandsetzungskosten, Verwaltungskosten, Abschreibung, Kapitalkosten und Rückstellung. Aus Bewertungssicht sind die Kosten Abschreibung, Kapitalkosten und Rückstellungen nicht relevant, da diese in der gängigen DCF-Bewertung nicht berücksichtigt werden.

2.4 Theoretische Basis: Lifecycle-Kosten

Die Grundlage für Lifecycle-Kosten ist der - Discounted Cash Flow (DCF). Diese Methode hat sich in der Bewertung von Immobilien als neuer Standard bereits weitgehend etabliert. Auf der internationalen Ebene basiert auch der Investor Property Databank Index (IPD-Index) im Wesentlichen auf der DCF-Methode, welche besagt, dass der Wert eines Vermögensbestandteils der Gesamtheit der Nutzleistungen, die der Bestandteil vom Bewertungszeitpunkt an über den Betrachtungszeitraum leisten kann, entspricht. Dabei werden die Nutzleistungen im Zeitablauf geschätzt und auf den Bewertungszeitpunkt abdiskontiert. Ein Vermögensbestandteil ist demnach nur soviel wert, wie die Summe der auf den Bewertungszeitpunkt abdiskontierten Nettonutzleistungen. In der Immobilienbewertung hat sich weitgehend ein Zweiperioden-Modell etabliert. Dabei werden für die ersten 10 Jahre die Nettozahlungsströme detailliert abgeschätzt und die Zahlungsströme des Exitjahres (Jahr 11) als ewige Rente auf den Bewertungszeitpunkt abdiskontiert. In der Praxis stellt man fest, dass die meisten Bewertungen für Instandsetzungen und den damit zusammenhängenden Kosten von durchschnittlichen Nutzungszeiten ausgehen und ein Bezug zur effektiven Bauteilalterung fehlt. Mittels dieser Arbeit wird ein Weg aufgezeigt, der diese Unschärfe in der Bewertung verbessern kann.

2.5 Normenwerke Bauwerkserhaltung

2.5.1 SIA Norm 469 Erhaltung von Bauwerken

Die SIA Norm 469 Erhaltung von Bauwerken bezieht sich auf die fachgerechte und wirtschaftliche Erhaltung von Bauwerken unter Berücksichtigung ihrer kulturellen Werte. Bestandteile des Bauwerkes sind dabei definitionsgemäß: Tragwerk, Gebäudehülle, Ausbau und technische Anlagen. Die Norm soll fachübergreifend und für alle Arten von Bauwerken und deren gesamten Nutzungsdauer gelten.

Bauwerkserhaltung		
Überwachung	Unterhalt	Veränderung
Überwachung Feststellen und Bewerten des Zustandes mit Empfehlungen für das weitere Vorgehen	Unterhalt Bewahren oder Wiederherstellen eines Bauwerks ohne wesentliche Änderung der Anforderungen	Veränderung Eingreifen in ein Bauwerk zwecks Anpassung an neue Anforderungen
Beobachtung Überprüfen der Gebrauchstauglichkeit durch einfache und regelmässige Kontrollen (i.d.R. visuell)	Instandhaltung Bewahren der Gebrauchstauglichkeit durch einfache und regelmässige Massnahmen	Anpassung Anpassen des Bauwerks an veränderte Anforderungen, ohne wesentliche Eingriffe in das Bauwerk
Inspektion Feststellen des Zustandes durch gezielte, in der Regel visuelle und einfache Untersuchungen mit Bewertung desselben	Instandsetzung Wiederherstellen der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit für eine festgelegte Dauer.	Umbau Anpassen an neue Anforderungen, mit wesentlichen Eingriffen in das Bauwerk
Kontrollmessung Messtechnisches Überwachung ausgewählter Kenngrössen	Erneuerung Wiederherstellen eines gesamten Bauwerks oder Teilen desselben in einem mit dem ursprünglichen Neubau vergleichbaren Zustand	Erweiterung Anpassen an neue Anforderungen durch Hinzufügen neuer Bauwerksteile
Funktionskontrolle Gezieltes Überprüfen des Funktionierens von technischen Anlagen und anderen Teilen eines Bauwerks	Restaurierung Instandsetzen eines Bauwerks von bedeutendem kulturellen Wert unter Bewahrung der vorhandenen Bausubstanz	Rekonstruktion Nachbilden von früheren, nicht mehr vorhandenen Teilen eines Bauwerks

Abbildung 4: Hauptbegriffe der Bauwerkserhaltung SIA Norm 469²

² Quelle: Meyer Paul (1997): Gesamtleitung von Bauten; Vorlesungsskript September 1997; GL 12 / S. 4

2.5.2 DIN-Norm 31 051 Instandhaltung

In der DIN-Norm 31 051 wird die Instandhaltung als die Massnahme zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes von technischen Mitteln eines Systems verstanden.

Die Massnahmen beinhalten Wartung, Inspektion und Instandsetzung sowie Verbesserung. Sie schliessen die Abstimmung der Instandhaltungsziele mit den Unternehmenszielen und die Festlegung der entsprechenden Instandhaltungsstrategien mit ein.

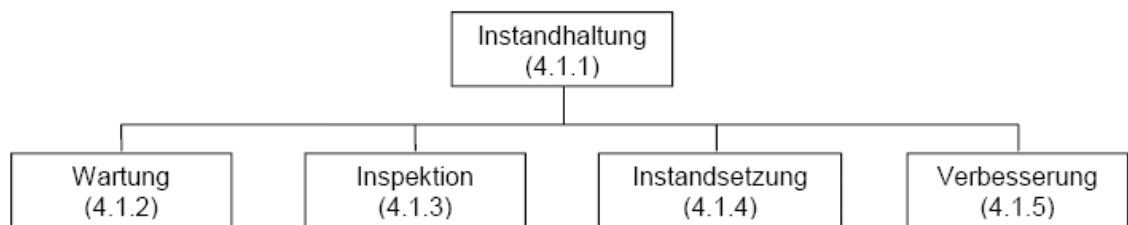


Abbildung 5: Unterteilung der Instandhaltung gemäss DIN 31 051

2.5.3 Differenzen zwischen den Normenwerken DIN 31 051 und SIA 469

Die DIN-Norm 31 051 und die SIA-Norm 469 weisen einige Differenzen auf, so dass für diese Arbeit um Missverständnisse zu vermeiden eine saubere Begriffsdefinition erfolgen muss.

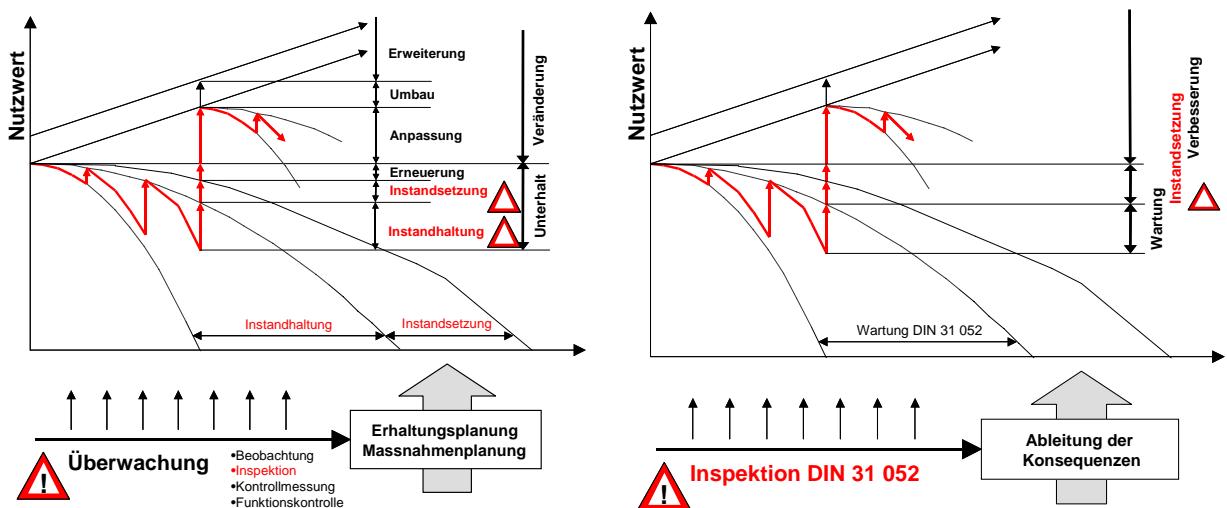


Abbildung 6: SIA-Norm 469 und der DIN-Norm 31 051 im Vergleich

In der vorhergehenden Abbildung stellt die linke Seite die Begriffe gemäss SIA 469 mit den Überschneidungen der Begrifflichkeit zur DIN-Norm 31 051 dar. Die rechte Seite zeigt die analoge Darstellung in umgekehrter Reihenfolge.

2.5.4 Begriffsgrundlage DIN-Norm 31 051

Grundlage dieser Arbeit ist die DIN-Norm 31 051 unter der Verwendung des Begriffes Instandhaltung gemäss SIA. Diese Definition kommt dem allgemeinen schweizerischen Sprachgebrauch am nächsten.

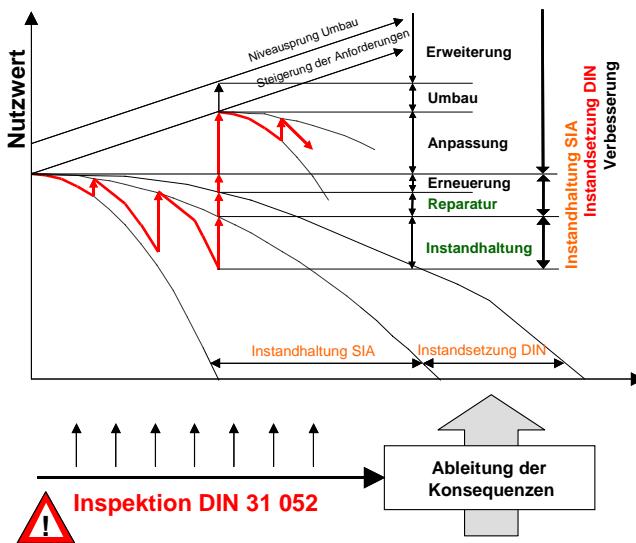


Abbildung 7: Begriffsgrundlage DIN-Norm unter Verwendung des Begriffes Instandhaltung SIA

2.6 Theoretische Basis: Bauteilalterung

Die Bewirtschaftung und insbesondere die Instandsetzung von grossen Immobilienbeständen wurde am Ende der achtziger Jahre als Problem erkannt. Viele Gebäude kamen in einer Phase der wirtschaftlichen Stagnation und sinkender Immobilienpreise gleichzeitig in eine erste Sanierungsphase. In der jüngsten Zeit, in der Phase der Yield Compression, wurden die Aufwendungen für Instandsetzungen von Immobilien und deren Auswirkungen auf den Total Return vernachlässigt. Die Experten sind sich am Ende der Phase der Yield Compression grösstenteils einig, dass der Total Return in absehbarer Zukunft nur noch durch die Steuerung der Kostenseite gesteigert werden kann.

Mit dem Erkennen der Problematik wurden in den 90er Jahren diverse Theorien, Methoden und dazugehörige Softwareanwendungen entwickelt. Der Lösungsprozess ist dabei noch lange nicht abgeschlossen. Das untenstehende Aufbaudiagramm zeigt die Entwicklung der Lösungsansätze seit Ende der achtziger Jahre.

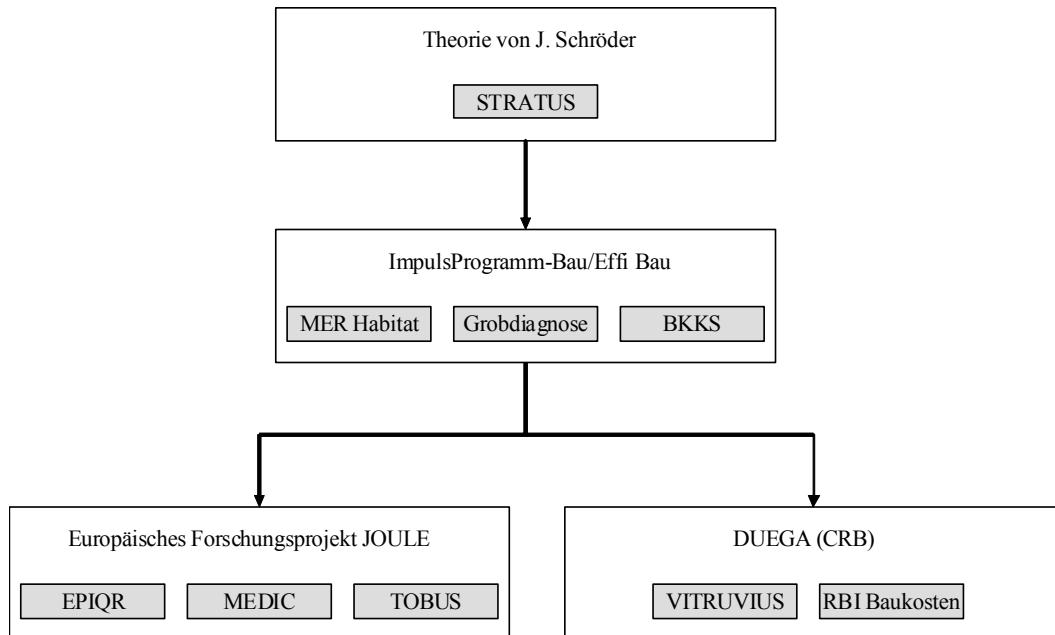


Abbildung 8: Strukturaufbau der Methoden und der jeweiligen EDV Lösungen

2.6.1 Die Methode Schröder

Jules Schröder vom Hochbauinspektorat des Kantons Zürich entwickelte ein mathematisches Modell, mit welchem die Bauteilalterung quantifiziert werden kann und aufgrund von verschiedenen Instandsetzungszyklen die zu erwarteten Kosten mit einer Genauigkeit von +/-20% abgeschätzt werden können. Auf der Basis des Systems Schröder entwickelte die Firma Basler&Hofmann AG die Software Stratus. Die Methode Schröder wurde in verschiedenen SIA-Heften publiziert. Die beste Zusammenfassung erfolgte durch den Lehrstuhl von Professor Paul Meyer der ETHZ und wurde im Vorlesungsskript ‚Gesamtleitung von Bauten‘ veröffentlicht. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf dieses Vorlesungsskript.

Die Altersentwertung:

Basis des Systems bildet das mathematische Verhältnis zwischen dem Wert (W) und dem Alter (t) eines Bauteils. Ein kleiner Wert entspricht einem hohen Alter und umgekehrt. Beide ergänzen sich im linearen Fall zu 1. Die Wertabnahme verläuft jedoch selten linear. Um die Kurvenkrümmung variieren zu können, ist t mit einem variablen Exponenten (a) versehen. Dem Bauteil können zwei unterschiedliche Alterungsphasen zugeordnet werden. Das Verhalten folgt dann in jeder Phase der beschriebenen Gesetzmässigkeit zwischen Wert und Alter, je nach dem individuell definierten Exponenten a.

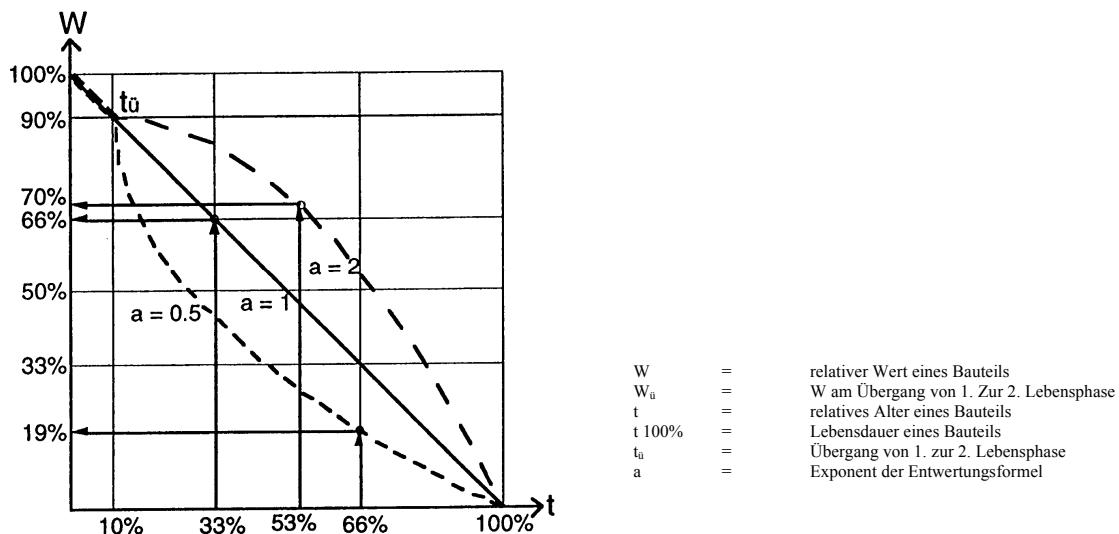


Abbildung 9: Altersentwertungskurve gemäss Jules Schröder³

Allgemein:

$$W = 1 - t^a$$

Reduziert:

$$W = W_ü - W_ü [(t - t_ü) / (1 - t_ü)]^a$$

Die Funktion der reduzierten Altersentwertung entspricht der Annahme, dass eine sofortige Abschreibung durch kleinere Montagedefekte (Verschmutzung etc.) um 10% erfolgt, bzw. der max. Zustandswert 90% beträgt (gilt nur bei $t_ü = 0.1$).

Die Entwertung einzelner Bauteile erfolgt mit unterschiedlichem Verhalten. Die meisten Bauteile altern in der ersten Hälfte ihrer Lebensdauer relativ langsam und verlieren anschliessend zunehmend an Wert.

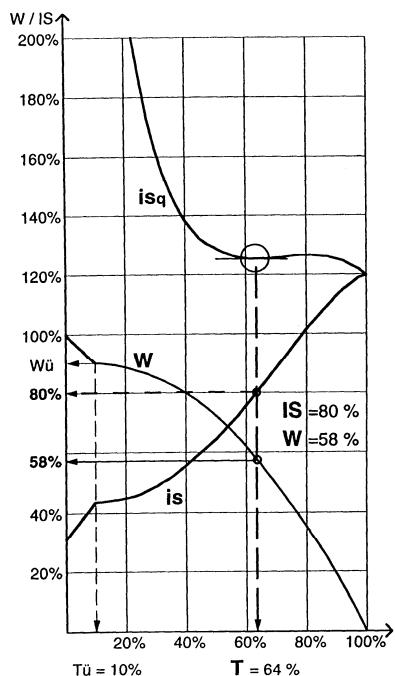
³ Quelle: Meyer Paul (1997): Gesamtleitung von Bauten; Vorlesungsskript September 1997; GL 12 / S. 7

- $a=2$ allgemeiner Fall: z.B. Dach, Fassade
 $a=1$ lineare Entwertung: z.B. Haustechnik
 $a=0.5$ rasche Altersentwertung: z.B. eindringende Feuchtigkeit

Instandsetzungskosten und Instandsetzungszeitpunkt von Bauteilen:

Für die Instandsetzungskosten sind zwei Aspekte mit gegenläufigen Tendenzen zu berücksichtigen:

- Je neuer ein Bauteil, desto kleiner, und je älter ein Bauteil, desto grösser ist der Instandsetzungsbedarf.
- Je neuer ein Bauteil, desto schlechter bzw. je älter ein Bauteil, desto besser ist das Verhältnis zwischen Instandsetzungsaufwand und –ertrag.



W	=	relativer Wert eines Bauteils
t	=	relatives Alter eines Bauteils
is_q	=	relative Instandsetzungskosten pro Zeiteinheit
is	=	relative Instandsetzungskosten zu einem bestimmten Zeitpunkt
f	=	Instandsetzungsfaktor
b	=	Exponent zu W in der Instandsetzungsformel
T	=	idealer Instandsetzungszeitpunkt eines Bauteils

Normalfall: Kurve für Bauteil mit $a_2 = 2$

Abbildung 10: Instandsetzungskosten und idealer Instandsetzungszeitpunkt⁴

Die Kosten einer Instandsetzung zu einem bestimmten Zeitpunkt ergeben sich aus dem abgebauten Wert ($1-W$), multipliziert mit dem Instandsetzungsfaktor (f).

⁴ Quelle: Meyer Paul (1997): Gesamtleitung von Bauten; Vorlesungsskript September 1997; GL 12 / S. 8

Der Instandsetzungsfaktor f bestimmt das Verhältnis zwischen Aufwand und Ertrag in Abhängigkeit des bisher erfolgten Wertverlustes ($1-W$). Der Exponent (b) kann variiert werden (Normalfall $b=5$).

$$is = f (1 - W)$$

$$f = 1 + [W / (1 - W^b)]$$

Der Ideale Instandsetzungszeitpunkt T ist derjenige Zeitpunkt, zu welchem die niedrigsten relativen Instandsetzungskosten pro Zeiteinheit (is_q) notwendig sind.

$$is_q = is / t$$

Die Instandsetzungskosten pro Zeiteinheit (is_q) ergeben sich aus der Division der Instandsetzungskosten (is) und dem relativen Alter des Bauteils (t). Diese Funktion hat im Normalfall bei T ein erstes Minimum.

$T = 64\%$ der gesamten Lebensdauer des Bauteils

$W = 58\%$ des ursprünglichen Wertes des Bauteils (Restwert)

$IS = 80\%$ des ursprünglichen Wertes des Bauteils (Instandsetzungskosten)

Der Restwert des Bauteils plus Instandsetzungskosten überschreitet mit 138% die ursprünglichen Erstellungskosten. Die Gründe dafür können sein: Kleinaufträge, Beschädigungen angrenzender Bauteile bei den Instandsetzungsarbeiten, etc.

Ideale Instandsetzungszeitpunkte von Bauteilen:

Um der bauteilspezifischen Alterungscharakteristik Rechnung zu tragen, werden neben dem Normalfall (Rohbau, Steildach, Fassade, Fenster und Innenausbau) sechs Spezialfälle formuliert. Bei den Bauteilen Rohbau massiv und Heizung ist der Phasenübergang vom linearen zum exponentiellen Alterungsverlauf verschoben. Elektroanlagen bleiben über lange Zeit in gutem Zustand und verlieren anschliessend rasch an Wert. Für die übrigen haustechnischen Anlagen wird ein linearer Alterungsverlauf beschrieben.

Normalfall:

Rohbau
Steildach
Fassade
Fenster
Innenausbau

Spezialfall 1:

Flachdach
Wärmeverteilung
Sanitär
Elektro

Spezialfall 2:

Wärmeerzeugung
übrige Technik

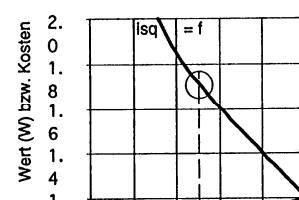
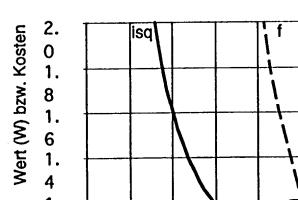
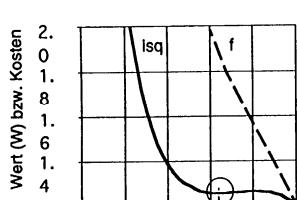


Abbildung 11: Ideale Instandsetzungszeitpunkte verschiedener Bauteile⁵

Stratus basiert auf der Methode Schröder. Es ist ein Bewertungsinstrument, zur strategischen Planung des Unterhalts von Gebäudebeständen. Sie erlaubt eine Schätzung des jährlichen Instandsetzungsbedarfs. Anhand der Ergebnisse können Strategien mit Prioritäten für den Einsatz der verfügbaren Mittel festgelegt werden. Die Kosten für Erneuerungsmassnahmen müssen separat erfasst werden. In der Regel werden die Instandsetzungskosten eines Gebäudes in Prozent des Neuwertes berechnet (GVW + nicht versicherte Teile). Die Stratus-Methode erlaubt eine genauere Bestimmung dieser Kosten. Die Instandsetzungskosten werden für die bewerteten zwölf Bauteile einzeln berechnet. Der Zustand der Bauelemente wird vor Ort durch eine Fachperson erhoben. Dazu sind das Protokoll der Gebäudeversicherung und Auskünfte der Hauswartung und/oder der Verwaltung notwendig.

2.6.2 Untersuchungen im Rahmen des IP-Bau

Im Rahmen des IP-Bau wurde unter anderem das Alterungsverhalten, die Nutzungsdauer und der Ersatzzeitpunkt von verschiedenen Bauteilen untersucht.

⁵ Quelle: Meyer Paul (1997): Gesamtleitung von Bauten; Vorlesungsskript September 1997; GL 12 / S. 9

Alterungsverhalten: Die Bauteile eines Gebäudes sind aus verschiedenen Materialien hergestellt. Jedes Material hat ein spezifisches Alterungsverhalten und gibt somit dem Bauteil eine spezifische Nutzungsdauer. Die einzelnen Bauteile benötigen beständige Wartung. Trotzdem werden sie altern und trotzdem wird ihr Wert abgebaut.

Die Entwertungskurven enthalten den Mittelwert sowie die Minimal- und Maximalwerte in Abhängigkeit des Bauteilalters, der Lage, des Materials, der Verarbeitung etc. Ein solides Bauteil entspricht der Entwertungskurve im Bereich L_e/L_{\max} , während ein Bauteil mit kurzlebigen Materialien und/oder extremer Position bzw. vernachlässigtem Unterhalt sich im Streubereich L_{\min}/e bewegt. Die Lesegenauigkeit der Grafik liegt in der Bandbreite von 5 Jahren.

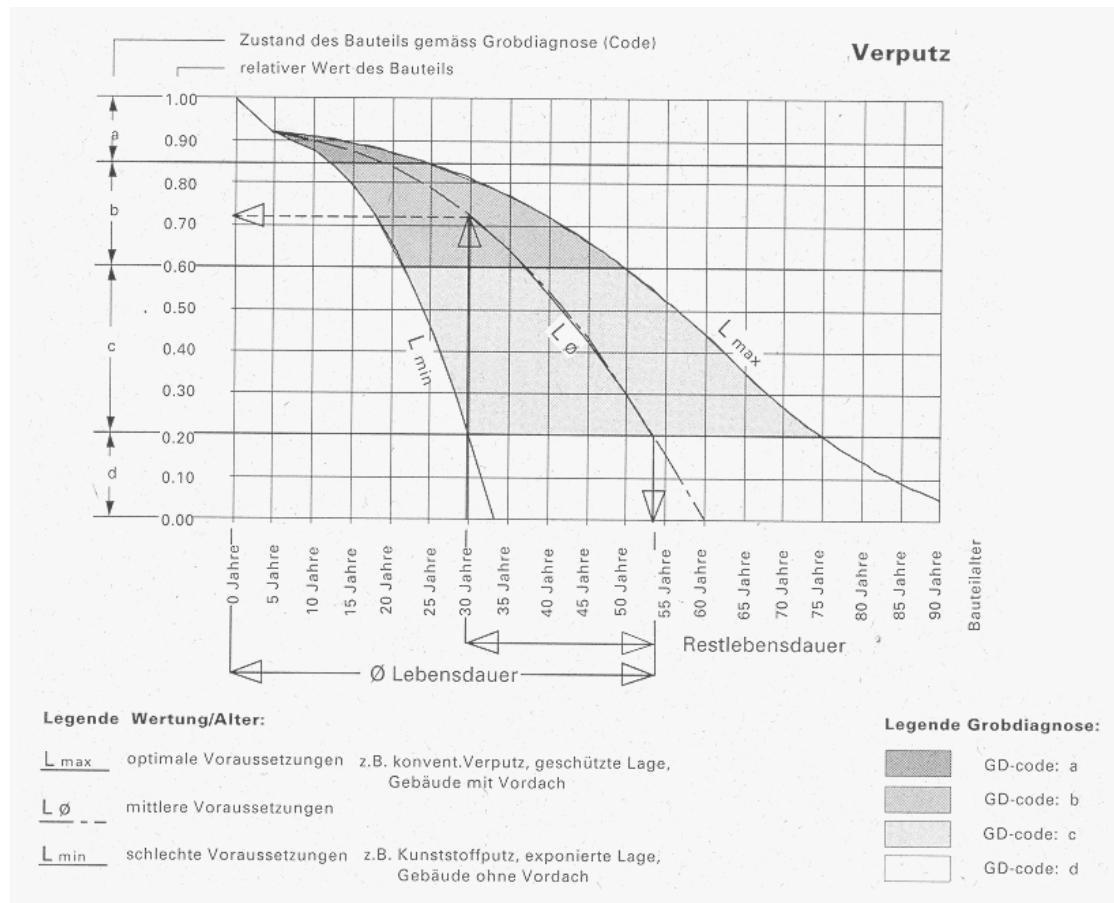


Abbildung 12: IP-Bau, Alterungsverhalten von Bauteilen⁶

MER Habitat dient zur Erfassung der Schäden, Mängel und Erneuerungskosten von Wohnbauten. Die Methode erlaubt Erneuerungsstrategien sowohl für einzelne Wohngebäude als auch für ganze Gebäudebestände zu entwickeln. Es ist eine Methode zur Diagnose des Ist-Zustandes, zur Schätzung der Instandsetzungskosten und zur Erhebung

⁶ Quelle: Meyer Paul (1997): Gesamtleitung von Bauten; Vorlesungsskript September 1997; GL 12 / S. 6

des Energieverbrauchs (die Kosten für Erneuerungsmassnahmen sind separat zu berechnen). Die Methode geht allerdings davon aus, dass Wohnungen nach einem vorgegebenen Standard, ähnlich demjenigen von Sozialwohnungen, und nach den gängigen Regeln der Baukunst saniert werden müssen, weshalb sich eine eigentliche Projektierung erübrigt. Der Zustand der Bauelemente wird vor Ort durch eine Fachperson, allenfalls ergänzt durch Experten (Fachingenieure), erhoben.

IP-Bau Grobdiagnose/Merip gibt einen ersten Überblick über den baulichen Zustand und die Instandsetzungskosten einer Wohnliegenschaft und liefert die Basis zur Projektierung einer baulichen Erneuerung. Sie eignet sich für einfache Wohngebäude bzw. Wohn- und Gewerbegebäuden ohne Spezialkonstruktionen. Sie schätzt die gesamten Instandsetzungskosten und liefert Hinweise über den Energieverbrauch der Bauten (Energiekennzahl). Neubauteile und Umbauten müssen kostenmäßig separat erfasst werden. Es wird im Einzelnen sichtbar, wo der grösste Instandsetzungsbedarf besteht und wo die Instandsetzungskosten hauptsächlich anfallen. Zusammen mit der separat berechneten Energiekennzahl und der Eingriffstiefe können Hinweise für ein Vorprojekt abgeleitet werden. Die Berechnungen können von Hand oder mit EDV-Programm durchgeführt werden. Honorare, Nebenkosten und Mehrwertsteuer sind in den Gesamtkosten inbegriffen. Die Beurteilung der Bauteile wird vor Ort durch eine Fachperson durchgeführt. Sondierungen sind nicht nötig.

IP-Bau Projektierungshilfe ist eine Weiterführung der Grobdiagnose und setzt diese als Ausgangspunkt zur Erarbeitung eines Vorprojektes voraus. Das Instrument basiert auf einer Vorgehensmethode mittels Datenbanken (Intas – Intelligenter Assistent) und einem EDV-Programm. Die Methode ist je nach der Art der verwendeten Datenbanken für beliebige Bauten anwendbar. Sie besteht darin, dass das zu diagnostizierende Gebäude schrittweise von der Grobdiagnose zu einem optimalen Erneuerungskonzept geführt wird, indem der Erneuerungsbedarf dem Erneuerungspotential gegenüber gestellt wird.

BKKS ist eine Entwicklung der Effi Bau Initiative. Das Baukosten Kennzahlensystem soll in einfacher Weise einen Kostenüberblick bei Neubauten aufgrund des Raumprogramms und zudem eine Kostenaussage für Erneuerungsarbeiten an bestehenden Bauten liefern. Des weiteren informiert es über Finanzierungsmethoden und Steueraspekte.

2.6.3 Das Forschungsprojekt DUEGA

Beim Forschungsprojekt DUEGA - Diagnosemethode für die Unterhalts- und Erneuerungsplanung verschiedener Gebäudearten - handelt es sich um eine Weiterentwicklung der vom Impulsprogramm IP-Bau herausgegebenen Grobdiagnose für Wohnbauten. Die im IP-Bau erarbeiteten Grundlagen wurden anhand der praktischen Erfahrungen angepasst und für die Anwendung bei allen Gebäudearten erweitert. Sie wurden zudem in die bestehende Systematik der CRB-Arbeitsmittel integriert (DUEGA-Makroelemente) und liefern damit standardisierte Daten.

Das Forschungsprojekt befasste sich mit der Entwicklung einer Methode und Gliederungsstruktur als künftiger Standard für die Unterhalts- und Erneuerungsplanung für verschiedene Gebäudearten in unterschiedlichen Phasen der Bewirtschaftung, Planung und Projektierung. Die DUEGA-Gliederung sollte als Standardgliederung für Zusatzmodule wie Ökologie-, Energie-, Finanz-, Renditeplanung usw. herangezogen werden können.

Die Anforderungen an eine rasche und transparente Kostenaussage erfordern ein stufengerechtes Vorgehen mit individuellen Bearbeitungstiefen. Dies entspricht einer Top-Down-Arbeitsweise (Abstufung anhand vorhandener Informationen und Kostenrelevanz). Die Hauptpunkte sind:

- Transparente Darstellung der Kosten in einer standardisierten, elementorientierten Struktur für unterschiedliche Szenarien (einerseits als Entscheidungsgrundlage für die Bauherrschaft, andererseits als Kostenrahmen für die projektierenden Planer). Im Gegensatz zu IP-Bau Grobdiagnosen, deren Einsatzmöglichkeit sich auf einfache Wohnbauten beschränkt, kann die DUEGA-Methode unabhängig von Gebäudeart und -nutzung eingesetzt werden.
- Die DUEGA-Methode muss für den Architekten, der sich auch mit Diagnose, Planung und Ausführung eines Einzelobjektes befasst, wie auch für den Bewirtschafter von Immobilienportfolios, der sich primär auf Managementebene für komprimierte Informationen interessiert, gleichermaßen einsetzbar sein.
- Berücksichtigung der bestehenden Elementkostengliederung EKG. Damit kann erreicht werden, dass über die Auswertung abgerechneter Projekte Kennziffern für künftige Beurteilungen anderer Bauwerke herangezogen werden können, so wie dies heute bei Neubauten möglich ist.

- Die DUEGA-Methode kann dank Integration in die bestehenden Arbeitsmittel des CRB in allen Phasen der Diagnose, Planung, Realisierung und Nutzung eingesetzt werden. Dabei kann für jede Projektstufe die optimale Struktur verwendet werden. Durch die klare Definition der einzelnen Gliederungsstufen ist die Durchgängigkeit gewährleistet.

RBI Baukosten ist eine Softwarelösung, deren Haupteinsatzgebiet das Projektieren von Neubauten mit Hilfe der Elementkostengliederung ist. Für Renovationen und Umbauten stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- ausführliche Dokumentation des Objekts und aller Elemente (Erfassungstiefe ist frei wählbar, Top-Down-Prinzip)
- Datenaustausch mit anderen Programmen
- Zuweisung von Mengengliederungen
- Vorgaberechnung mit Kennzahlen aus Vergleichsobjekten
- Integration von CRB-Textbausteinen (Zustands- und Massnahmencodes)
- Erstellen von Berichten über den Zustand mit zahlreichen Darstellungsvarianten
- Preiszuordnung auf beliebigen Ebenen möglich (Top-Down-Prinzip)
- Erstellen einer Verbindung zur Ausschreibung nach Arbeitsgattungen durch Preisaufbau mit Leistungspositionen

Vitruvius ist ein Immobilienanalyse-, Planungs- und Managementsystem. Der Aufbau ist modular. Die einzelnen Bestandteile umfassen Objektinventar, Raum und Flächen, Energie, Erträge und Betriebskosten, Immobilienbewertung, Finanzierung, Kostenplanung / Diagnose, Szenarien und Managementinfos. Die Gebäudediagnose und die Kostenplanung basieren auf der Grobdiagnose. Die Gliederung der Elemente ist frei wählbar, das heisst, dass der Anwender seine diagnoseentscheidenden Elemente auf der Basis des EKG selbst zusammenstellen kann und auf seine eigenen bisherigen Datenbanken zurückgreifen kann. Die Zustandsaufnahme der Bauteile erfolgt im Rahmen einer Begehung durch eine Fachperson, unter Umständen ist der Bezug von Experten angezeigt. Für die Datenerfassung steht ein mobiles Datenerfassungsprogramm zur Verfügung.

2.6.4 Europäisches Forschungsprojekt JOULE

Das internationale Interesse an einer europäischen Weiterentwicklung der IP-Bau Grobdiagnose/Merip hat zum Projekt JOULE geführt. Neben England sind Frankreich, Deutschland, Dänemark, Griechenland, die Niederlande und die Schweiz beteiligt.

Ein Gebäude wird wie bei der IP-Bau Grobdiagnose durch 50 Elemente beschrieben. Die Beschränkung auf diese geringe Anzahl von Elementen folgt der Annahme, dass mit geeigneter Auswahl der zu untersuchenden Bauelemente ein Grossteil der Kosten abgedeckt werden und damit eine Steigerung der Genauigkeit, durch die Beschreibung mit weiteren Elementen, den zeitlichen Mehraufwand der Erfassung nicht rechtfertigen würde. Da ein derartiges Verfahren möglichst den gesamten Altbaubestand abdecken soll, müssen die einzelnen Elemente in Unterkategorien, sogenannte Typen, eingeteilt werden. Auf diese Art werden baukonstruktive Unterschiede berücksichtigt.

EPIQR ist eine von der Europäischen Union im Rahmen des JOULE-Programms geförderte Software. EPIQR steht dabei für die Betrachtung der Energie (Energy Performance), der Wohnraumqualität (Indoor Environment Quality) und für die Berücksichtigung von Modernisierungsmassnahmen (Retrofit) an bewohnten Altbauten. Ziel des Projekts war die Entwicklung einer Software, welche durch multimediale Unterstützung den Anwendern eine möglichst einfach zu bedienende Arbeitsoberfläche bieten soll, um den baulichen Zustand bewohnter Altbauten schnell erfassen zu können. Das Instrument eignet sich für Wohngebäude und Gewerbegebäude mit mindestens drei Wohnungen.

Neben Architekten und Planern, die EPIQR für eine erste Grobanalyse eines renovierungsbedürftigen Altbaus verwenden können, sind Bewirtschaftungsfirmen und Eigentümer zur Planung des Instandsetzungsbedarfs angesprochen. Ebenso kommen Banken und Investoren in Frage, die bei der Entscheidungsfindung zum Kauf eines Gebäudes durch eine kostengünstige Schnellbewertung wertvolle Zusatzinformationen über den zu erwartenden Instandsetzungsbedarf einer Immobilie erhalten können. Schliesslich seien noch Energieberater genannt, die potentielle Energieeinsparungen im Gesamtkontext eines Gebäudes betrachten wollen. Die Genauigkeit liegt etwa zwischen 5% und 10%.

Die Beurteilung erfolgt im Rahmen einer Begehung vor Ort durch eine Fachperson. Bewohnerverhalten wird durch Fragebögen erhoben. Das Programm weist darauf hin, wenn zusätzlich Experten beigezogen werden sollen.

TOBUS ist ein europäisches Forschungsprojekt auf der Basis von EPIQR mit dem Anwendungsgebiet Büro- und Verwaltungsgebäude. Das Forschungsprojekt wurde im September 1998 lanciert.

MEDIC (Prediction Methode of probable Detoriation Scenarios and Refurbishment Investment Budget) beinhaltet eine neue Methode, welche die Bauteilalterung nicht mehr über die Altersentwertungskurve, sondern über eine stochastische Abbildung formuliert. Die Altersentwertungskurve wird in eine Wahrscheinlichkeitsfläche in Abhängigkeit der Zeit transformiert. Der grosse Vorteil liegt in der Möglichkeit, dass für das einzelne Bauelement der Qualitätsstandard, die Umwelteinflüsse oder die bisherige Wartungsqualität mitberücksichtigt werden können.

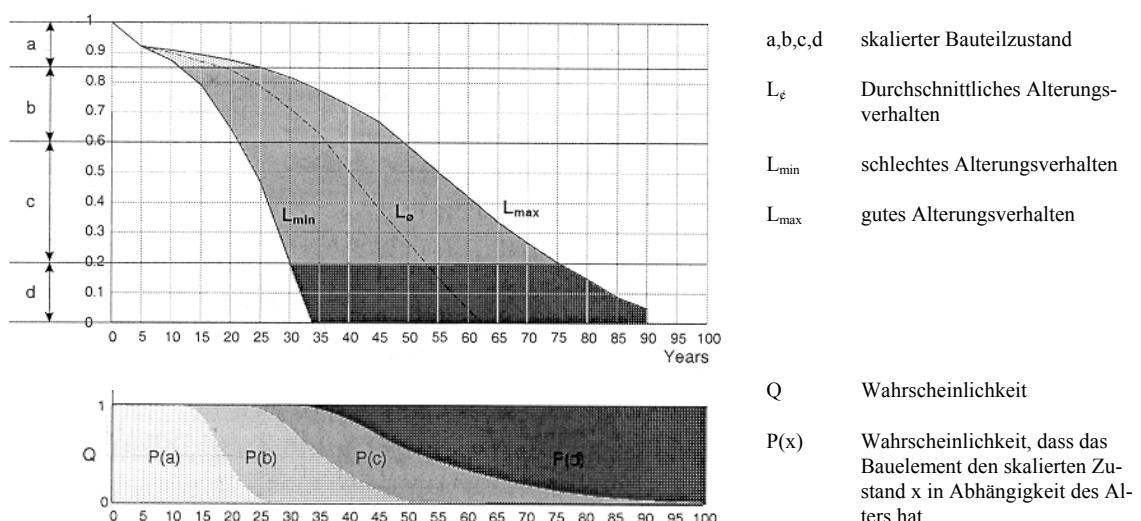
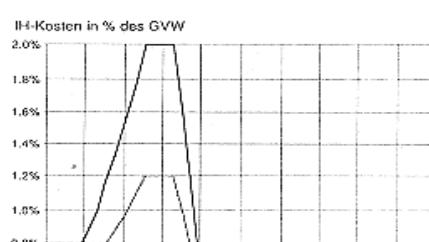


Abbildung 13: Transformation der Bauteilalterungskurve in einen Wahrscheinlichkeitsraum⁷

2.7 Kosten für Instandhaltung SIA

In der Publikation 'Optimierung von Instandsetzungszyklen und deren Finanzierung bei Wohnbauten' (ETHZ Prof. Paul Meyer) ist eine Modellbildung für die Instandhaltungskosten in der Abhängigkeit des Wertverlustes eines Bauwerkes untersucht worden. Die Modellannahmen sind die Folgenden (Begriffe gemäss SIA):



Die Instandhaltungskosten werden empirisch in der Abhängigkeit des Wertverlustes und der menschlichen Verhaltensweise abgebildet.

Dabei werden vier Phasen unterschieden:

1. Mit der zunehmenden Entwertung steigen die Instandhaltungskosten.
2. Ab einem gewissen notwendigem Aufwand ist die Schmerzgrenze erreicht und der Instandhaltungsaufwand verharrt auf einem hohen Niveau
3. Der Wertverlust ist soweit fortgeschritten, dass im weiteren Verlauf keine Instandhaltungen mehr geleistet werden.
4. Um weitere Folgeschäden zu verhindern, nimmt der Instandhaltungsaufwand wieder zu.

Abbildung 14: Instandhaltungskosten in Abhängigkeit des Wertverlustes⁸

Die Instandhaltungsqualität wird in Prozent angegeben. Dies hat die Bedeutung:

- 100% IH-Qualität: Alle Instandhaltungsmassnahmen werden gemäss dem Unterhaltsplan (SIA 469) erfüllt. Dadurch wird die normale Lebensdauer der Bauteile erreicht.
- 50% IH-Qualität: Nebst den vorschriftsgemässen Service- und Kontrollarbeiten werden Reparaturen und technische Reinigungsarbeiten nur notdürftig und verspätet bzw. nur in grossen zeitlichen Abständen durchgeführt. Der Aufwand beträgt 50% der Kosten bei einer IH-Qualität von 100%.
- 0% IH-Qualität: Es wird auf jegliche Instandhaltungsmassnahmen verzichtet, welche über die vorschriftsgemässen Tätigkeiten hinausgehen. Dadurch wird die Lebensdauer der Bauteile reduziert.

Für die Kosten der Instandhaltung gibt es in der Literatur und Theorie keine verbindlichen Angaben. Die wesentlichen Merkmale sind jedoch:

- Die Kosten für die Instandhaltung werden in einem Prozentsatz der Baukosten respektive des Gebäudeversicherungswertes ausgedrückt.

⁸ Meyer Paul: Optimierung von Instandsetzungszyklen und deren Finanzierung bei Wohnbauten (Vorabzug); Zürich 1998

- Die Kosten für die Instandhaltung sind im Zeitverlauf nicht konstant, sondern sind vom Bauteilalter abhängig.
- Die Kosten für die Instandhaltung sind von der gewählten Instandhaltungsstrategie abhängig.

3 Modellbildung

3.1 Erstellungskosten

Die Basis für Bestimmung der Kosten von Immobilieninvestitionen ist die Elementkostengliederung. Die untenstehende Abbildung stellt den Zusammenhang dar, wie auf der Basis der Elementkostengliederung die Investitionskosten ermittelt werden.

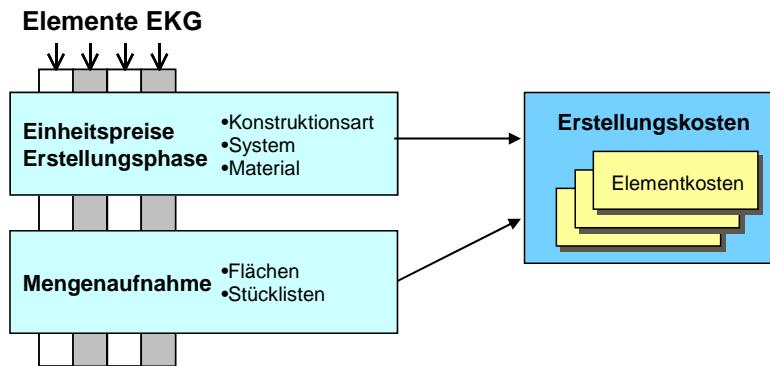


Abbildung 15: Berechnung der Erstellungskosten mittels EKG

Die Berechnung der Erstellungskosten eines Bauwerkes mit Hilfe der Elementkostengliederung basiert auf einem modularen Aufbau, das ein Gebäude in funktionale Einheiten aufteilt (beispielsweise Decken, Außenwände, Fenster etc.). Die Erstellungskosten errechnen sich aus den Summe der Kosten der einzelnen funktionalen Einheiten, die sich durch die Multiplikation von Menge mit Einheitspreis ergeben.

Je nach Konstruktionsart, Systemwahl oder Materialisierung resultieren daraus andere Einheitspreise. Für die einzelnen Einheitspreise existieren nur sehr wenige öffentlich zugängliche Daten. Die meisten Unternehmungen hüten diese Kennwerte als Firmengeheimnis.

Bei der Berechnung mit der Elementkostengliederung werden unterschiedliche Detaillierungsstufen unterschieden: Makroelemente, Teilelemente, Berechnungselemente. Auf der folgenden Seite sind diese Detaillierungsstufen illustriert.

Elementgruppen	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	%
A Grundstück	GSF	m2	8'700	1'972	17160'000	
B Bauvorbereitung	GSF	m2	8'700	694	6037'800	
C Allgemeines zu Rohbau Gebäude	BGF	m2	52'963	21	1127'428	1.58%
D Rohbau Gebäude bis OK Bodenpl.	Fläche BP AK Fund.	m2	4'888	388	1'894'332	2.66%
E Rohbau Gebäude oberhalb Bodenpl.	BGF	m2	52'963	772	40862'406	57.40%
I Installationen und Transportanlagen	BGF	m2	52'963	218	11'526'290	16.19%
M Ausbau Gebäude	BGF	m2	52'963	150	7920'543	11.13%
R Betriebliche Betriebsanlagen	UNE	m2	20'175			0.00%

Tabelle 1: Kostenberechnung auf der Stufe Makroelement

I	Installationen und Transportanl.	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
I0	Starkstromanlagen	BGF	m2	52'963	55	2'898'074	74
I1	Telekommunikat, Sicherheitsanl.	BGF	m2	52'963	60	3'185'063	81
I2	Heizungsanlagen	EBF	m2	43'528	42.20	1'836'743	47
I3	Luft- und kältetechnische Anlagen	LTV	m3	21'631	15	324'461	8
I4	Wasser- und Abwasseranlagen	Anzahl San. App.	Stück	345	3'549	1'224'450	31
I5	Spezielle Anlagen	GL/BGF	m2	52'963	14	750'000	19
I6	Transportanlagen	Anzahl Anlagen	Stück	21	62'262	1'307'500	33
I7	Gebäudeautomation	BGF	m2	52'963	-	-	-
I8	Gasanlagen	BGF	m2	52'963	-	-	-
Total I		BGF	m2	52'963	218	11'526'291	294.23

Tabelle 2: Kostenberechnung auf der Stufe Teilelement

I2	Heizungsanlagen	EBF	m2	43'528	42.20	1'836'743	47
I2 100	Energiezuleitung, -lager	Anzahl Anlagen	Stück	1	424'829.07	424'829	11
I2 200	Wärmeerzeugungsanlagen	Anzahl Anlagen	Stück	1	99'487.00	99'487	3
I2 300	Wärmeverteileitungen	EBF	m2	43'528	6.21	270'185	7
I2 400	Wärmeverbraucher	EBF	m2	43'528	23.94	1'042'242	27
I2 500	Kaminanlagen	Anzahl Anlagen	Stück	-	12'000.00	-	-

Tabelle 3: Kostenberechnung auf der Stufe Berechnungselement

Dabei gilt: je detaillierter die Berechnung erfolgt, umso genauer ist das Resultat. Für eine sinnvolle Berechnung sollte deshalb die Kostenberechnung auf der Stufe Berechnungselement erfolgen.

3.2 Kosten Nutzungsphase

Analog der Kalkulation der Erstellungskosten gilt auch für die Kostenkalkulation in der Nutzungsphase, dass diese am besten mittels Summenbildung der Einzelprodukte aus Mengen und Einheitspreis erfolgt. Beispielsweise ergibt sich das Bewirtschaftungshonorar aus der Multiplikation des Nettomietzinses mit einem Prozentsatz oder die Reinigungskosten aus der Multiplikation der Fläche mit einem Einheitspreis auf der Basis der Service Levels.

Zum Erzielen einer Durchgängigkeit wird die Funktionalität der Elementkostengliederung genutzt, um die Kosten in der Nutzungsphase abzubilden. Hierfür erfolgt eine

Erweiterung der Einheitsgrößen. Diese sind abgeleitet aus der SIA d0165 Betriebskosten, Instandsetzungskosten und Verwaltungskosten.

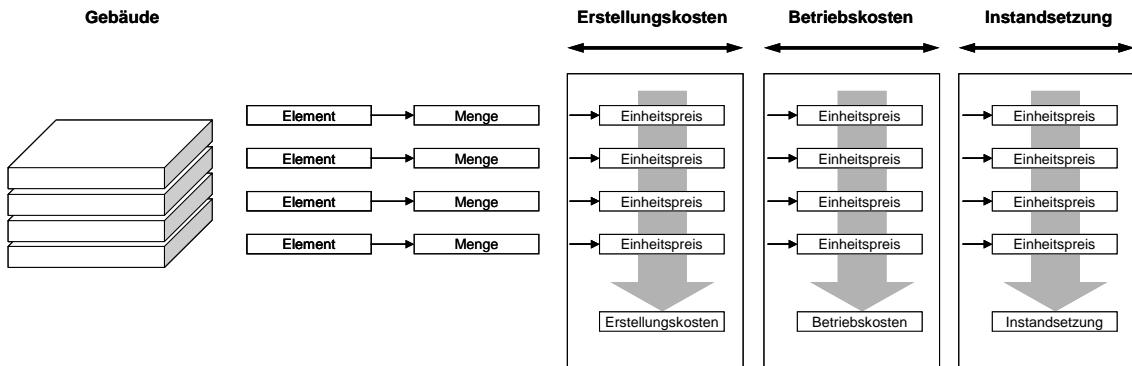


Abbildung 16: Funktionalität der Elementkostengliederung

3.2.1 Betriebs- und Verwaltungskosten

Die Betriebs- und Verwaltungskosten über den Zeitverlauf basieren auf einem Einheitspreis für die Nutzungsphase, der Mengenaufnahme und dem allgemeinen Bauzustand. Die Einheitspreise variieren hierbei meist aufgrund der Service Levels, der ursprünglichen Systemwahl und Materialisierung, wie auch des allgemeinen Zustandes. Die Elemente der EKG werden zum Erzielen der Durchgängigkeit gemäss SIA d0165 mit den Kostenblöcken Betriebs- und Verwaltungskosten erweitert.

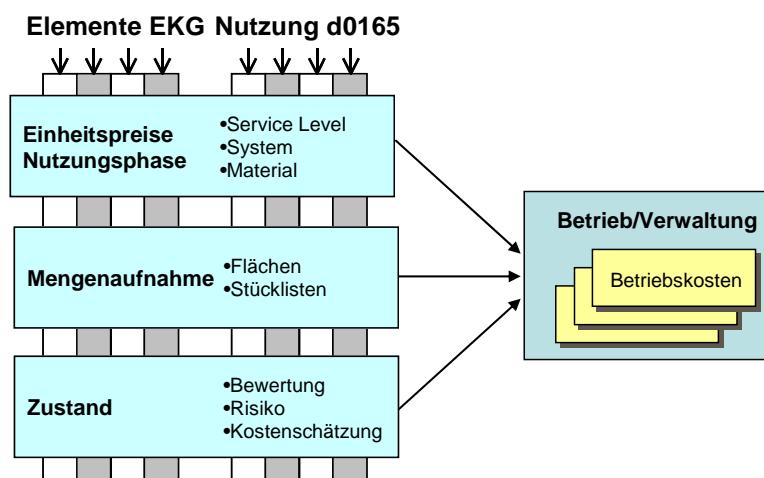


Abbildung 17: Berechnung der Betriebs- und Verwaltungskosten

Die Umsetzung für die Kalkulation der Betriebs- und Verwaltungskosten stellt sich folgendermassen dar:

BK	Betriebskosten	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
BK0	Kleinreparaturen Rohbau I+II, Ausbau	Mietfläche	m2	38'648	0.70	27'054	0.69
BK1	Wartung, Betrieb Elektroanlagen	Mietfläche	m2	38'648	2.20	85'026	2.17
BK2	Wartung, Betrieb HLKK - Anlagen	Mietfläche	m2	38'648	0.45	17'392	0.44
BK3	Wartung, Betrieb Sanitäranlagen	Mietfläche	m2	38'648	1.30	50'243	1.28
BK4	Wartung, Betrieb Transportanlagen	Mietfläche	m2	38'648	0.98	37'870	0.97
BK5	Allgemeinstrom	Mietfläche	m2	38'648	0.80	30'919	0.79
BK6	Wasser, Abwassergebühr	Kubikmeter	m3	21'600	2.70	58'320	1.49
BK7	Gas, Wärme, Dampf, ...	M3, kWh, l	—	626'142	1.20	751'368	1.07

Quelle?

Tabelle 4: Kalkulation der Betriebs- und Verwaltungskosten analog den Erstellungskosten

3.3 Instandsetzungskosten

Die Theorien für die Bestimmung der Instandsetzungskosten basieren analog den Erstellungskosten auf der Summe der Einzelprodukte von Erstellungskosten multipliziert mit einem Instandsetzungsfaktor. Bei der Methode Schröder beispielsweise erfolgt die Bestimmung der Instandsetzungskosten durch die Multiplikation der Erstellungskosten pro Bauteil, gebildete aus einer prozentualen Annahme des Anteils an dem Gebäudeversicherungswert mit den Instandsetzungsfaktoren. Die Funktionalität der Elementkosten gliederung kann genutzt werden und ist somit auch für die Bestimmung der Instandsetzungskosten der richtige Raster. Für die Instandsetzungskosten gilt:

$$\text{Instandsetzungskosten} = \text{Menge} \times \text{Einheitspreis Erstellung} \times \text{Instandsetzungsfaktor}$$

Der Instandsetzungsfaktor ist dabei auch von Zustand und Alter eines Bauelements abhängig und muss gegebenenfalls variiert werden.

Die öffentliche Verfügbarkeit von Erfahrungskennwerten für die Bestimmung der Instandsetzungsfaktoren ist analog der Einheitspreise bei den Erstellungskosten nicht allgemein verfügbar. Die Kalkulation der Instandsetzungskosten stellt sich folgendermaßen dar:

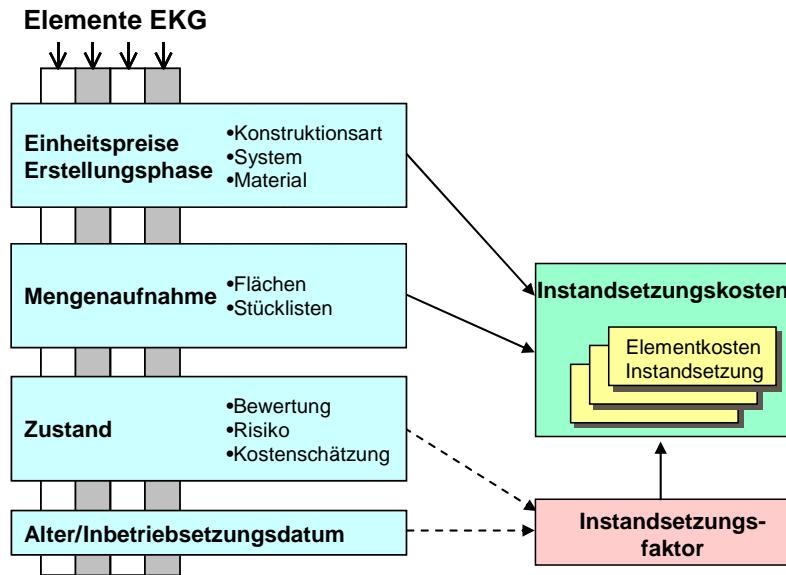


Abbildung 18: Kalkulation der Instandsetzungskosten

Erweitert man die Kostenkalkulation der Erstellungskosten mit dem Instandsetzungsfaktor ergibt sich die folgende Kalkulationsgrundlage.

Element	I	Installationen und Transportanl.	Bezugsmenge	Einheit	Neubau		Instandsetzung	
					Menge	Kennwert	Betrag	IS-Faktor
I2	Heizungsanlagen	EBF	m2	43'528	42.20	1'836'743	122	2'246'574
I2 100	Energieleitung, -lager	Anzahl Anlagen	Stück	1	424'829,07	424'829	130	552'278
Gas	kW	2'124			120,00	-	130	-
Fernwärme	kW	2'124	100%	200,00	424'829	130	552'278	
Oeltank innen	m3	488,75			158,29	-	130	-
Oeltank aussen	m3	488,75			407,67	-	130	-
I2 200	Wärmezeugungsanlagen	Anzahl Anlagen	Stück	1	99'486,54	99'487	120	119'384
Gasbrenner	kW	2124,15			16,41	-	105	-
Ölbrenner	kW	2124,15			11,27	-	105	-
Kombibrenner	kW	2124,15			28,41	-	105	-
Kessel/Wärmetauscher	kW	1911,73	100%	52,04	99'487	120	119'384	
I2 300	Wärmeverteilungen	EBF	m2	43'528	6,21	270'185	120	324'223
Hauptverteilung der Heizgruppen	Anzahl	-		45	6'004,12	270'185	120	324'223
I2 400	Wärmeverbraucher	EBF	m2	43'528	23,94	1'042'242	120	1'250'690
Radiatoren	kW	1'046	90%	1'040,88	979'506	120	1'175'407	
Luftheritzer	kW	1'046		500,00	-	120	-	
Thermoaktive Decken	kW	1'046		900,00	-	70	-	
Abgehängte Kühldecken	kW	1'046		1'300,00	-	120	-	
Bodenheizung	kW	1'046	10%	600,00	62'736	120	75'283	
I2 500	Kaminanlagen	Anzahl Anlagen	Stück	-	12'000,00	-	120	-

Tabelle 5: Erweiterung der EKG Kalkulation mit Instandsetzungskosten

Die einzelnen Bauelemente weisen, je detaillierter man diese analysiert, unterschiedliche Instandsetzungssintervalle auf. Das Amt für Bundesbauten hat in der Publikation „Nutzungszeiten von Gebäuden und Bauteilen“ für die Elemente E, I, M und T eine umfassende Sammlung an durchschnittlichen Nutzungszeiten veröffentlicht. Beispiels-

weise für das Element ‚E1 Dächer‘ variieren die Nutzungszeiten der Dacheindeckung in Metall zwischen 15 Jahren für Blech gestrichen und 50 Jahre für Chrom-Titan-Zink Bleche. Dies zeigt, dass für die Terminierung der Instandsetzungszeitpunkte eine genaue Analyse der Materialisierung und Systemwahl erfolgen muss.

Erweitert man die Prozesskette Erstellungskosten, Instandsetzungskosten mit dem Instandsetzungszeitpunkt, kann der gesamte Geldfluss einer Bauinvestition über den Zeitverlauf berechnet werden.

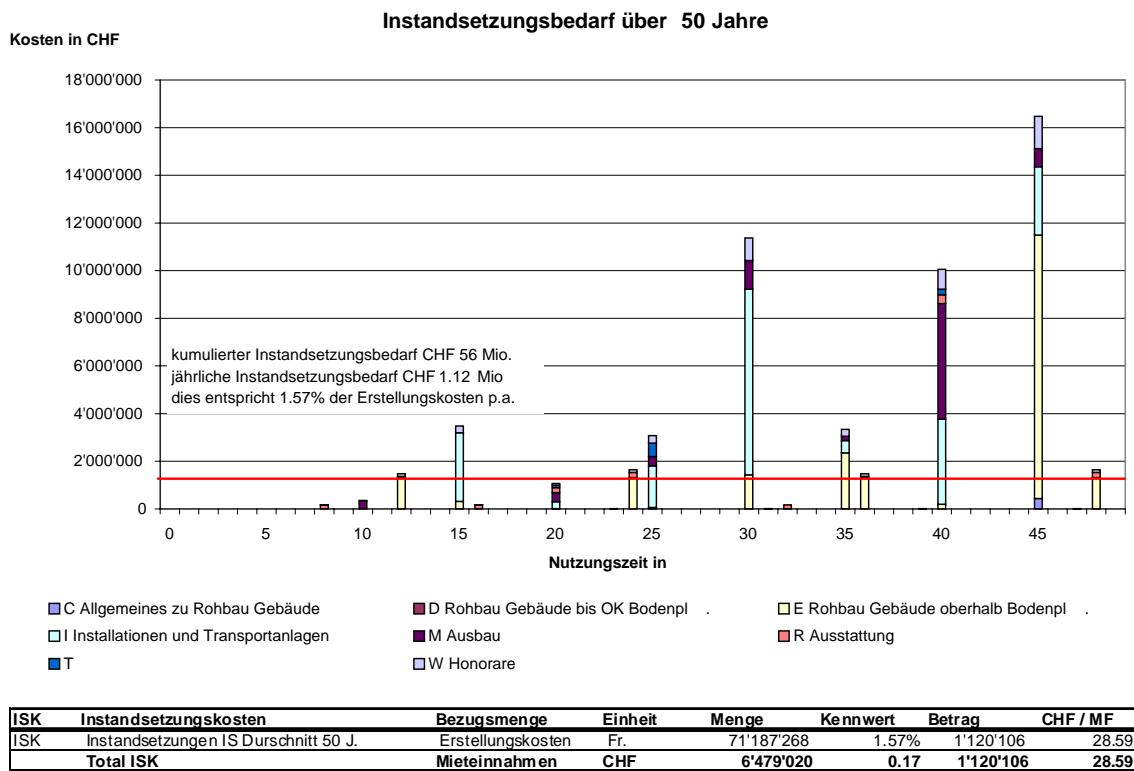


Abbildung 19: Darstellung des Instandsetzungsbedarfes über 50 Jahre

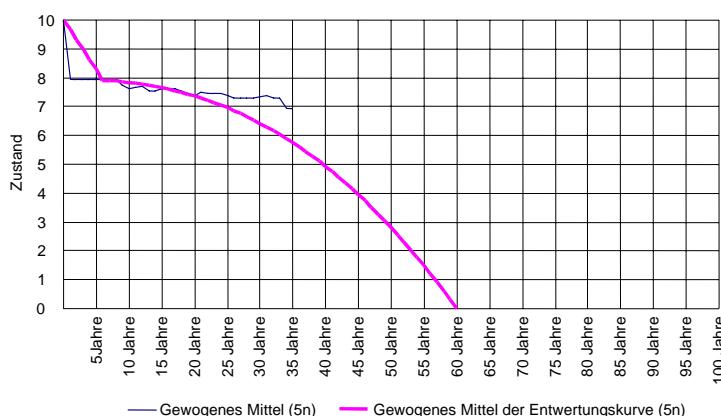
In der obenstehenden Abbildung ist der Instandsetzungsbedarf pro Element auf Stufe EKG Makroelement über die Nutzungsphase mit durchschnittlichen Nutzungszeiten der Bauelemente dargestellt. Die eingezzeichnete rote Linie stellt den durchschnittlichen jährlichen Kapitalbedarf dar, der für die Deckung dieser Instandsetzungsaufwendungen über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren notwendig ist.

3.4 Instandsetzungszeitpunkt

Die genannten Instrumente beschrieben das Alterungsverhalten und den damit verbundenen Instandsetzungszeitpunkt eines Bauelementes unter Berücksichtigung einer durchschnittlichen Nutzungsdauer und vernachlässigten das jeweilige Alterungsverhalten. Die Gebäudezustandserfassung im Rahmen des IP-Baus hat klar dargestellt, dass das Alterungsverhalten sehr stark variiert und dass eine Modellbildung für eine dynamische Restnutzungsdauer sinnvoll ist.

Im folgenden wird ein System beschrieben, das durch die Beurteilung des Zustandes und des Alters von Bauelementen erlaubt, die dynamische Restnutzungsdauern zu generieren. Dies erfolgt am Beispiel Aussenputz und kann auf sämtliche andere Bauelemente übertragen werden. Die Datengrundlage hierfür ist die Gebäudezustandserfassung von 400 Gewerbeimmobilien eines Portfolios eines institutionellen schweizer Investors durch einen Dienstleister. Die Erfassung des Gebäude- und Anlagezustandes erfolgte mit allgemeinen Bewertungsnoten auf einer Skala von 1-10.

Aus den einzelnen Messpunkten (x- und y-Werte auf dem Koordinatensystems) wird eine durchschnittliche Kurve gebildet (blaue Kurve: gewogenes Mittel 5n) und der durchschnittliche Koeffizient a bei stimmiger Festsetzung der Werte T, $W_{\bar{u}}$ und $x_{\bar{u}}$ berechnet. Die genaue Herleitung der einzelnen Formeln ist im Anhang beschrieben.



relative Entwertungskurve:	absolute Entwertungskurve:	Koeffizient a:
$W = W_{\bar{u}} - W_{\bar{u}} \left[\frac{t - t_{\bar{u}}}{1 - t_{\bar{u}}} \right]^a$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $t = x / T$ $t_{\bar{u}} = x_{\bar{u}} / T$ $W = y$ </div>	$y = W_{\bar{u}} - W_{\bar{u}} \left[\frac{x - x_{\bar{u}}}{T - x_{\bar{u}}} \right]^a$	$a = \frac{\ln \left[\frac{y - W_{\bar{u}}}{W_{\bar{u}} - W_{\bar{u}}} \right]}{\ln \left[\frac{x - x_{\bar{u}}}{T - x_{\bar{u}}} \right]}$

Abbildung 20: Mathematische Grundlage der Altersentwertungsfunktion am Beispiel Aussenputz mit $a=2.38$; $T=60$; $W_{\bar{u}}=0.795$; $t_{\bar{u}}=6$

3.4.1 Prinzip der Kurvenverschiebung

Ausgehend von der gewogenen, mittleren Entwertungsfunktion wird der probabilistische Verlauf des Alterungsverhaltens für die einzelnen Messpunkte extrapoliert. Der Koeffizient a wird als Grundcharakteristik des Alterungsverhaltens eines Bauteils betrachtet und ist somit konstant.

Die Grundfunktion (T_2) wird durch den Messpunkt B (real erfasster Zustand und Alter) gestreckt respektive gestaucht (T_{neu}). Das Prinzip basiert auf den Korrekturfaktoren $x\%$ und $y\%$, die aus der Abweichung des Lotes durch den Messpunkt B auf die Grundfunktion resultieren.

Aussenputze $a=2.38$ $T=60$ $W_{\text{ü}}=0.795$ $t_{\text{ü}}=6$

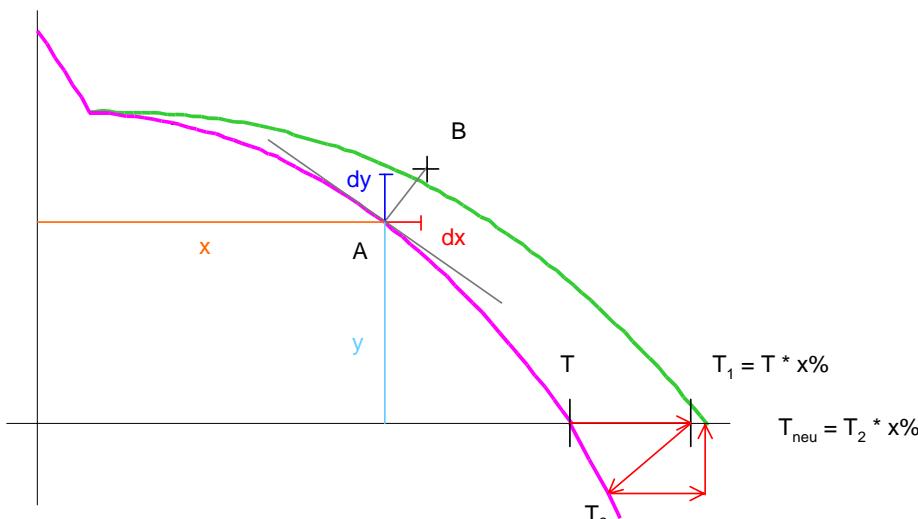


Abbildung 21: Prinzip der Kurvenverschiebung

Durch diese Extrapolation kann der Alterungsverlauf eines Bauteils näherungsweise abgebildet werden. Die Gesamtheit dieser Funktionen stellt die Altersentwertung eines Bauteils dar. In der Aussage ist die von diesen Funktionen beschriebene Fläche mit den Kurven in der Publikation von IP-Bau „Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten“ identisch.

Aussenputze $a=2.38$ $T=60$ $W_{\text{ü}}=0.795$ $t_{\text{ü}}=6$

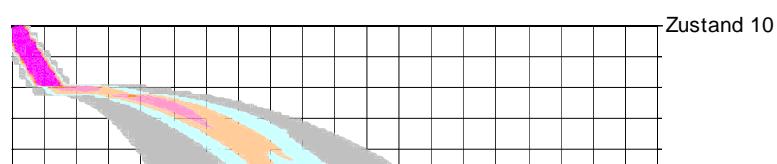


Abbildung 22: Auswertung des mathematischen Entwertungsmodells

3.4.2 Wahrscheinlichkeitsoberfläche

Da mittels dieser mathematischen Modellbildung das Alterungsverhalten der erfassten Bauteile über die gesamte Lebensdauer quantifizierbar wird, kann daraus auch eine Aussage über die Anzahl Nennungen eines Zustandes in der Abhängigkeit des Alters abgeleitet werden. Dies kann in der Form einer Wahrscheinlichkeitsoberfläche visualisiert werden.

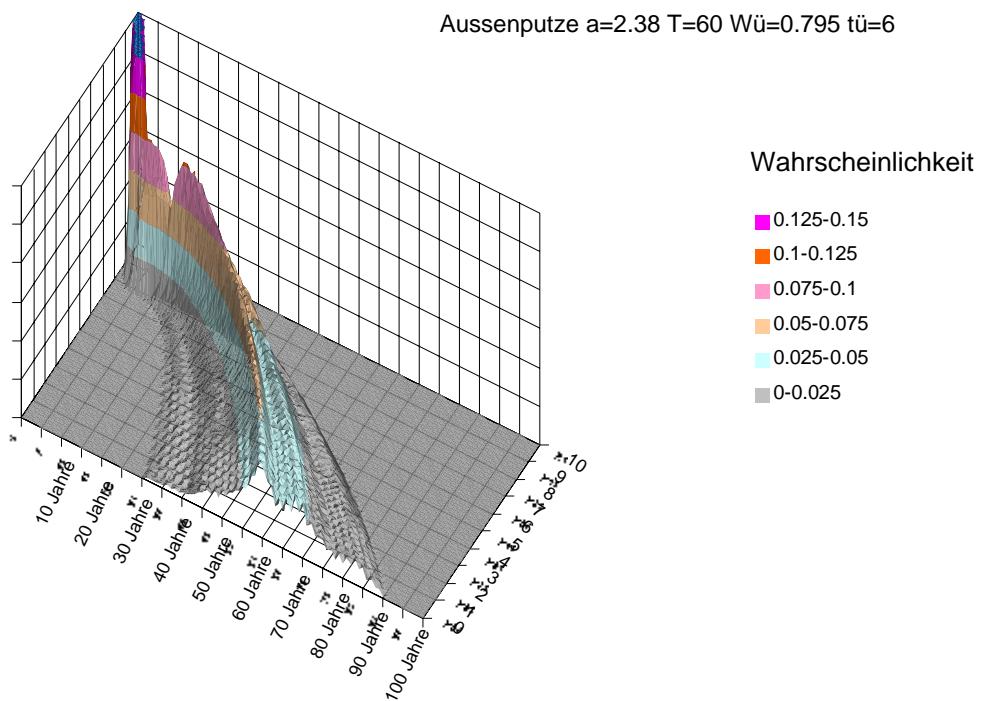


Abbildung 23: Wahrscheinlichkeitsoberfläche

3.4.3 Dynamische Restnutzungsdauer

In der bisherigen Theoriebildung der Bauteilalterung ging man von einer statischen Nutzungsdauer aus. Mittels der Wahrscheinlichkeitsoberfläche ist es möglich, das Alterungsverhalten dynamisch zu quantifizieren. In Abhängigkeit des festgestellten Wertverlustes eines Bauteils wird eine Wahrscheinlichkeitsaussage über den zukünftigen Alterungsverlauf abgeleitet. Die Methodik basiert auf der Auswertung der Wahrscheinlichkeit eines Zustandes in Abhängigkeit des Alters. Durch die bessere Vorhersehbarkeit erfolgt eine Dynamisierung der Nutzungsdauer in Bezug auf eine Prognose des weiteren Alterungsverhaltens.

Systematik:

Aussenputze $a=2.38$ $T=60$ $Wü=0.795$ $tü=6$

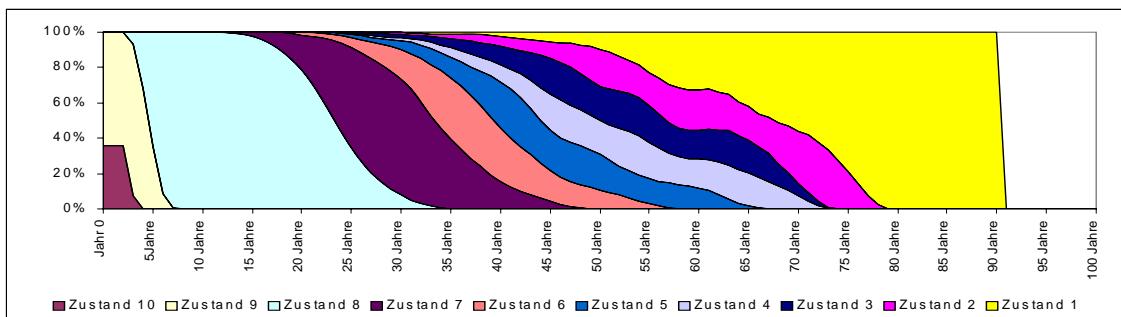


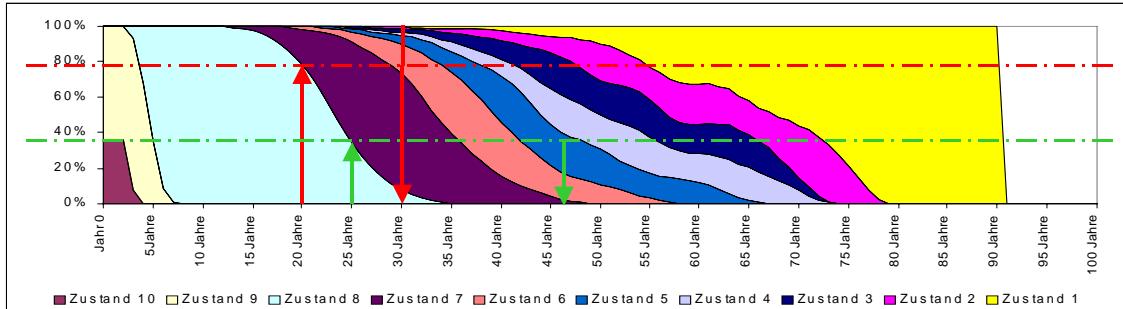
Abbildung 24: Wahrscheinlichkeitsfläche der dynamischen Nutzungsdauer

Die y-Achse repräsentiert die Gesamtheit der erfassten Bauteilzustände. Auf ihr ist die Wahrscheinlichkeit eines Bauteils abzulesen, den Zustand (1-10) aufzuweisen.

Aus der Abbildung lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Ein 10 jähriger Aussenputz hat sicherlich einen Zustand 8
- Ein 20 jähriger Aussenputz hat mit 78% Wahrscheinlichkeit einen Zustand 8 und mit 22% Wahrscheinlichkeit einen Zustand 7
- Ein 25 jähriger Aussenputz hat mit 35% Wahrscheinlichkeit einen Zustand 8, mit 58% Wahrscheinlichkeit einen Zustand 7 und mit einer Wahrscheinlichkeit von 7% ist der Zustand bereits schlechter als 7

Lässt man die Hypothese gelten, dass sich aus dem bisherig eingetretenen Wertverlust eines Bauteils das weitere Alterungsverhalten quantifizieren lässt, kann folglich die dynamische Restnutzungsdauer eines Bauteils bestimmt werden.



Anwendungsbeispiel: Lebensdauer von 30 Jahren bis Zustand 5 mit Wahrscheinlichkeit von 50 % erreicht
Lebensdauer von 46 Jahren bis Zustand 7 mit Wahrscheinlichkeit von 50 % erreicht

Abbildung 25: Bestimmung der dynamischen Restnutzungsdauer

Beispiel 1: schlechtes Alterungsverhalten

- Wenn ein 20 jähriger Aussenputz den Zustand 7 aufweist, so ist der bisherig eingetretene Wertverlust bereits sehr gross und er weist ein schlechtes Alterungsverhalten auf. Dies kann auf die Konstruktionsart wie auch auf Umwelteinflüsse zurückzuführen sein. Für den weiteren Verlauf der Alterung kann gesagt werden, dass er sich in der Wahrscheinlichkeitsfläche $\{100\%, 78\%\}$ bewegen wird. Wenn der Interventionszeitpunkt als Zustand 5 definiert wird, so ist dieser mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% in 10 bis 12 Jahren erreicht (dynamische Restnutzungsdauer). Die total Nutzungsdauer wird damit zwischen 30 bis 32 Jahren angenommen.

Beispiel 2: gutes Alterungsverhalten

- Hat ein 25 jähriger Aussenputz immer noch einen Zustand von 7, so verfügt dieser über ein sehr gutes Alterungsverhalten. Der weitere Verlauf dieses spezifischen Aussenputzes wird sich in der Wahrscheinlichkeitsfläche $\{36\%, 0\%\}$ bewegen. Ist der Interventionszeitpunkt Zustand 5, so ist dieser in diesem Fall mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% in 21 bis 25 Jahren erreicht (dynamische Restnutzungsdauer). Die total Nutzungsdauer wird damit zwischen 46 bis 50 Jahren angenommen.

3.4.4 Mathematische Umsetzung der dynamischen Restnutzungsdauer

Die Wahrscheinlichkeitsfläche der dynamischen Nutzungsdauern kann mittels der linearen Regressionsgeraden der einzelnen Zustandskurven dargestellt werden. Die mathematische Abbildung dieser Datenmenge erfolgt vereinfacht in der Form einer Matrix, die die Koeffizienten a und b der linearen Regressionsgerade der einzelnen Alters- Zustandskurven enthält.

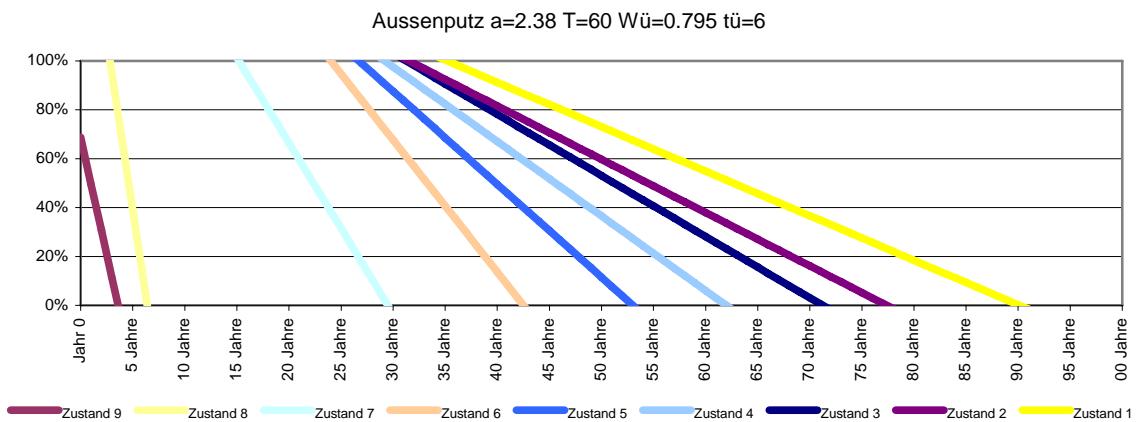


Abbildung 26: Lineare Regressionsgeraden der Wahrscheinlichkeiten

$$\begin{bmatrix} a_9 & b_9 \\ a_8 & b_8 \\ a_7 & b_7 \\ a_6 & b_6 \\ a_5 & b_5 \\ a_4 & b_4 \\ a_3 & b_3 \\ a_2 & b_2 \\ a_1 & b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6875 & -0.1904 \\ 1.7968 & -0.2811 \\ 2.0625 & -0.0699 \\ 2.2968 & -0.0540 \\ 2.0156 & -0.0380 \\ 1.8906 & -0.0305 \\ 1.7813 & -0.0250 \\ 1.6875 & -0.0218 \\ 1.6406 & -0.0182 \end{bmatrix}$$

$$p = a_z + b_z \times t_a$$

t_a Aktuelles Bauteilalter
 p Wahrscheinlichkeit dass ein Bauteil mit dem Alter t_a den Zustand z hat
 a_z Koeffizient a der linearen Geraden gleichung beim aktuellen Zustand z
 b_z Koeffizient b der linearen Geraden gleichung beim Zustand z

Abbildung 27: Matrix der Regressionsgeraden für Aussenputz

Mit der Geradengleichung mit den Koeffizienten a_z und b_z gemäss aktuellem Zustand und aktuellem Bauteilalter kann die Wahrscheinlichkeitsfläche bestimmt werden, in welcher das Bauteil bisher gealtert ist. Gesucht wird in diesem Zusammenhang, wie mit einer 50% Wahrscheinlichkeit der weitere Alterungsverlauf bis zum Interventionszeitpunkt t_i verlaufen wird.

Das weitere Alterungsverhalten ist in der Funktion des zukünftigen Alterungsverhaltens bis zum Interventionszustand dargestellt. Auch in dieser Funktion wird die 50% Wahrscheinlichkeit des weiteren Alterungsverhaltens eingesetzt.

Wenn man $p_{50\%}$ mit der Funktion des bisherigen Alterungsverhalten ersetzt und nach t_i auflöst, so erhält man den Instandsetzungszeitpunkt bei gewähltem Interventionszustand. Diese Funktion beschreibt die dynamische Nutzungsdauer eines Bauelements auf der Basis des aktuellen Bauteilalters und Bauteilzustandes.

bisheriges Alterungsverhalten für den Fall $p < 0.5$:

$$p_{50\%} = \frac{a_z + b_z \times t_a}{2}$$

zukünftiges Alterungsverhalten bis zum Interventionszustand:

$$p_{50\%} = a_i + b_i \times t_i$$

Instandsetzungszeitpunkt bei gewünschtem Interventionszustand:

$$t_i = \frac{p_{50\%} - a_i}{b_i}$$

$$t_i = \frac{a_z + b_z \times t_a - 2a_i}{2b_i}$$

bisheriges Alterungsverhalten für den Fall $p \geq 0.5$:

$$p_{50\%} = \frac{1 + a_z + b_z \times t_a}{2}$$

zukünftiges Alterungsverhalten bis zum Interventionszustand:

$$p_{50\%} = a_i + b_i \times t_i$$

Instandsetzungszeitpunkt bei gewünschtem Interventionszustand:

$$t_i = \frac{p_{50\%} - a_i}{b_i}$$

$$t_i = \frac{1 + a_z + b_z \times t_a - 2a_i}{2b_i}$$

$p_{50\%}$ Weiteres Alterungsverhalten des Bauteils mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 %

a_z Koeffizient a der linearen Geraden
gleichung beim aktuellen Zustand z
 b_z Koeffizient b der linearen Geraden
gleichung beim Zustand z
 t_a Aktuelles Bauteilalter

a_i Koeffizient a der linearen Geraden
gleichung beim Interventionszustand i
 b_i Koeffizient b der linearen Geraden
gleichung beim Interventionszustand i
 t_i Interventionszeitpunkt

Abbildung 28: Formel für die Bestimmung des Interventionszeitpunktes t_i abgeleitet aus dem aktuellen Zustand a und dem Alter eines Bauteils t_a

Zur Veranschaulichung kann das im Abschnitt „3.4.3 Dynamische Restnutzungsdauer“ grafisch illustrierte Beispiel mathematisch nachvollzogen werden:

Aktueller Zustand 7
Aktuelles Alter 25
Interventionszustand 5

Aktueller Zustand 7
Aktuelles Alter 20
Interventionszustand 5

$$t_i = \frac{a_z + b_z \times t_a - 2a_i}{2b_i}$$

$$t_i = \frac{2.0625 + (-0.0699) \times 25 - 2 \times 2.0156}{2 \times (-0.0380)}$$

$$t_i = 48.89 \text{ Jahre}$$

$$t_i = \frac{1 + a_z + b_z \times t_a - 2a_i}{2b_i}$$

$$t_i = \frac{1 + 2.0625 + (-0.0699) \times 20 - 2 \times 2.0156}{2 \times (-0.0380)}$$

$$t_i = 31.14 \text{ Jahre}$$

Abbildung 29: Beispiel mathematischer Bestimmung der Restnutzungsdauern

3.4.5 Instandsetzungskosten und Instandsetzungszeitpunkt

Das Modell für die Berechnung der Instandsetzungskosten kann mit der Modellbildung des Interventionszeitpunktes mit dynamischen Restnutzungsdauern erweitert werden. Somit stellt sich das Gesamtmodell folgendermassen dar:

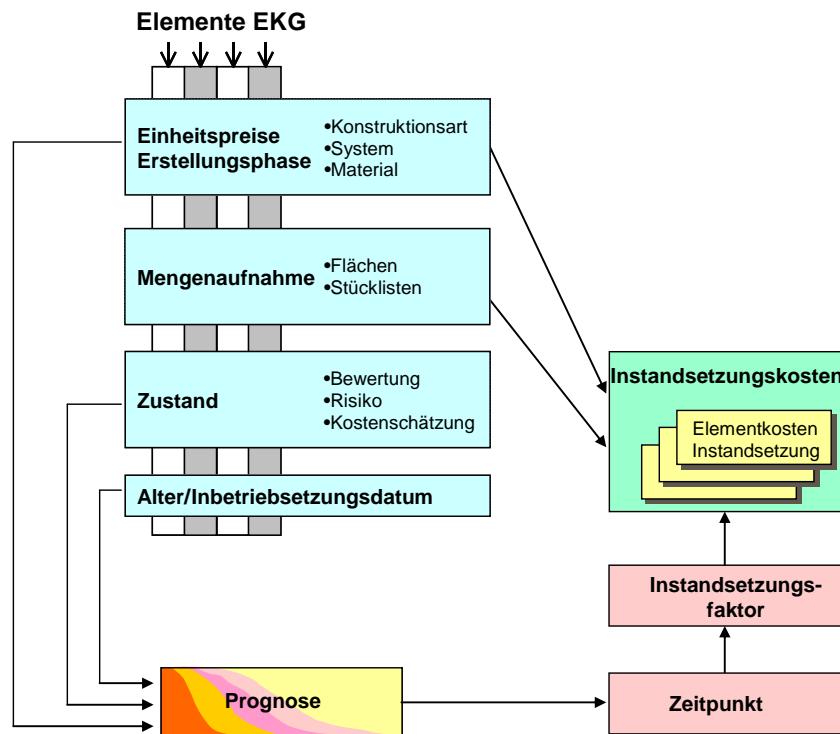


Abbildung 30: Modellbildung für die Instandsetzungskosten mit dynamischen Instandsetzungszeitpunkten

Diese Modellbildung hat insbesondere Einfluss auf die Budgetierung und Bewertung von Bestandesimmobilien und auf die Steuerung von Lifecycle-Fonds bei PPP-Projekten. Der Kapitalbedarf über den Zeitverlauf kann somit proaktiv gesteuert werden und transparent abgebildet werden. Dies steht wesentlich im Gegensatz zur heutigen Praxis, die sämtliche Immobilieninvestitionen mit denselben Instandsetzungsprämissen bewertet. Damit ist eine Möglichkeit geschaffen, Investitionen in eine nachhaltige Bausubstanz auch von der Bewertungsseite her korrekt abzubilden und im Immobilienwert auch dementsprechend zu berücksichtigen.

4 Zusammenfassung

Die Kostenseite einer Immobilieninvestition kann unter Vernachlässigung der finanziellen Kosten auf die Hauptblöcke Erstellungskosten, Betriebs- und Verwaltungskosten und Instandsetzungskosten reduziert werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde aufgezeigt, welche Instrumente für die jeweilige Kostenkalkulation heute vorliegen. Für die Bestimmung der Erstellungs- und Instandsetzungskosten hat sich in der Schweiz die Elementkostengliederung als Methodik durchgesetzt. Für die Betriebs- und Verwaltungskosten wurde eine aus der Elementkostengliederung abgeleitete Struktur entwickelt. Leider werden die Einheitspreise wie auch die Instandsetzungsfaktoren durch die einzelnen Marktteilnehmer als Firmengeheimnisse gehütet und es erfolgt keine öffentliche Sammlung und Publikation.

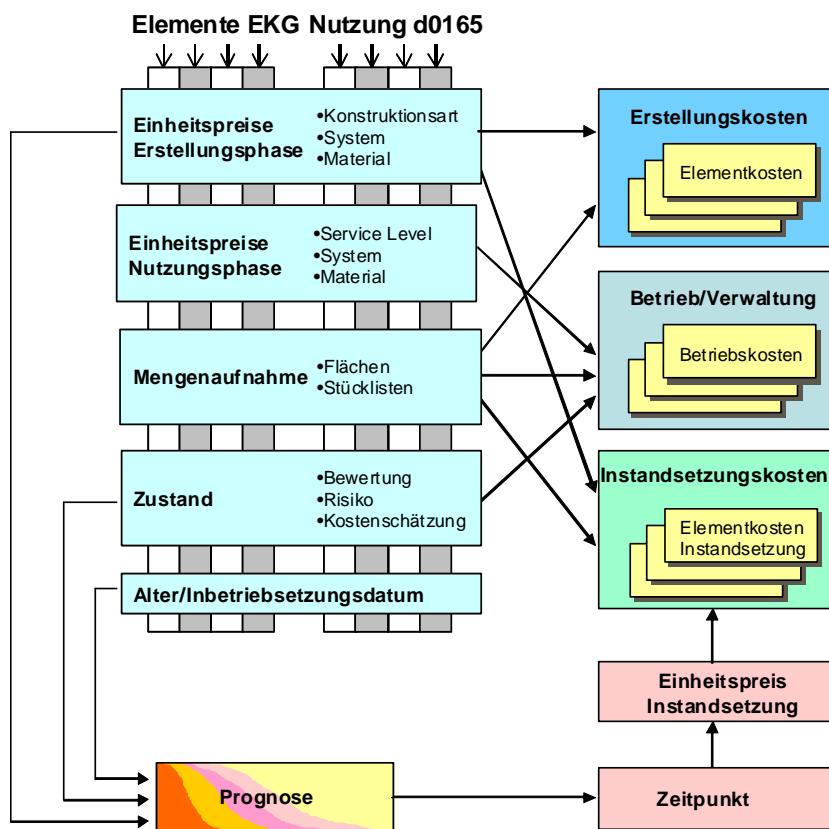


Abbildung 31: Modellbildung Lifecycle-Kosten

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Algorithmus entwickelt, wie aus dem aktuellen Zustand eines Bauteils in Abhängigkeit des Alters das wahrscheinliche weitere Alterungsverhalten bestimmt werden kann und unter Vorgabe des gewünschten Interventionszustandes der Instandsetzungszeitpunkt bestimmt werden kann.

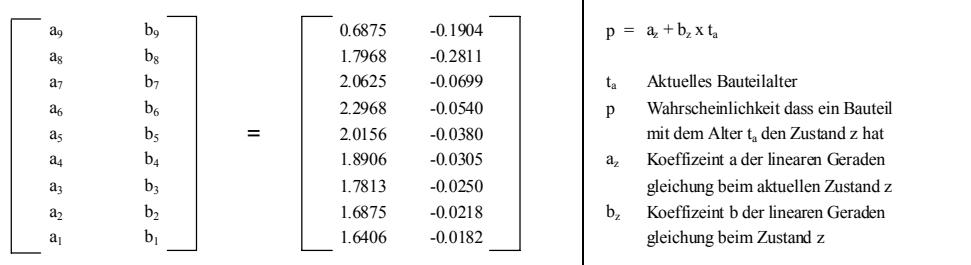


Abbildung 32: Matrix der Regressionsgeraden am Beispiel Aussenputz

bisheriges Alterungsverhalten für den Fall $p < 0.5$:

$$p_{50\%} = \frac{a_z + b_z \cdot t_a}{2}$$

zukünftiges Alterungsverhalten bis zum Interventionszustand:

$$p_{50\%} = a_i + b_i \cdot t_i$$

Instandsetzungszeitpunkt bei gewünschtem Interventionszustand:

$$t_i = \frac{p_{50\%} - a_i}{b_i}$$

$$t_i = \frac{a_z + b_z \cdot t_a - 2a_i}{2b_i}$$

bisheriges Alterungsverhalten für den Fall $p \geq 0.5$:

$$p_{50\%} = \frac{1 + a_z + b_z \cdot t_a}{2}$$

zukünftiges Alterungsverhalten bis zum Interventionszustand:

$$p_{50\%} = a_i + b_i \cdot t_i$$

Instandsetzungszeitpunkt bei gewünschtem Interventionszustand:

$$t_i = \frac{p_{50\%} - a_i}{b_i}$$

$$t_i = \frac{1 + a_z + b_z \cdot t_a - 2a_i}{2b_i}$$

$p_{50\%}$ Weiteres Alterungsverhalten des Bauteils mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 %

a_z Koeffizient a der linearen Geraden gleichung beim aktuellen Zustand z
 b_z Koeffizient b der linearen Geraden gleichung beim Zustand z
 t_a Aktuelles Bauteilalter

a_i Koeffizient a der linearen Geraden gleichung beim Interventionszustand i
 b_i Koeffizient b der linearen Geraden gleichung beim Interventionszustand i
 t_i Interventionszeitpunkt

Abbildung 33: Formel für die Bestimmung des Interventionszeitpunktes t_i abgeleitet aus dem aktuellen Zustand und dem Alter eines Bauteils

Diese Methodik der dynamischen Restnutzungsdauern ist ein Novum und wird derzeit noch nicht auf dem Markt angewendet. Dabei muss jedoch hinzugefügt werden, dass eine streng mathematische Determination des Instandsetzungszeitpunktes nicht zulässig ist. Für eine seriöse Beurteilung muss immer ein Fachmann die Situation qualifizieren und quantifizieren.

Die Anwendung von dynamischen Restnutzungsdauern ist insbesondere bei der Abwicklung von PPP-Projekten zur Steuerung des Cashflows, bei der Bewertung von Immobilien mittels DCF-Methode und für das Management von Immobilienportfolios von Interesse.

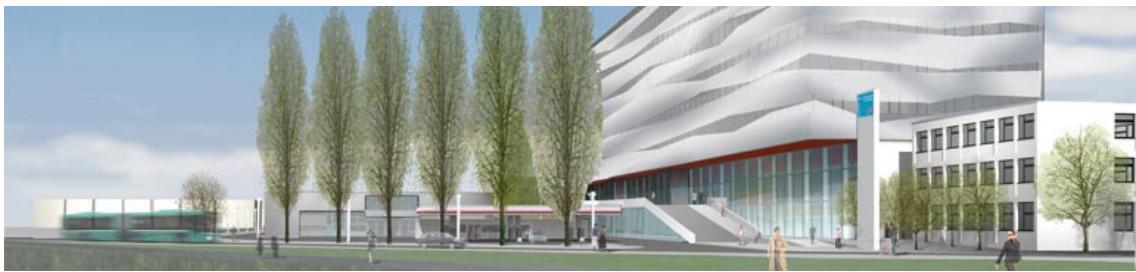
Abbildung 34: Zusammenfassung der Ergebnisse in einer DCF Bewertung

Die erarbeiteten Berechnungsgrundlagen lassen sich am besten in einer DCF-Bewertung zusammenfassen. Die obenstehende Abbildung zeigt ein Zweiperioden-Modell, in welchem die Erstellungskosten in der Form der Anlagenkosten, die Betriebs- und Verwaltungskosten, die Instandsetzungskosten und zusätzliche der Bruttoertrag dargestellt werden.

5 Umsetzung

In diesem Kapitel erfolgt die Umsetzung des vorgestellten Systems anhand eines konkreten Beispiels aus der Praxis. Für das Bauelement Flachdach erfolgt eine Simulation der Relevanz der dynamischen Restnutzungsdauern. Die Instandsetzungszeitpunkte der übrigen Bauelemente werden, aufgrund der noch nicht erfolgten Auswertung des Alterungsverhaltens, herkömmlich, d.h. mittels statischen Nutzungsdauern berücksichtigt.

5.1 Projektbeschrieb Science Park in Basel



Auf den Grundmauern eines früheren Lagerhauses erhebt sich am Verkehrsknoten Basel Nord der SCIENCE PARK BASEL. Das Gebäude stellt mit seiner beeindruckenden Architektur, seiner verkehrsgünstigen Anbindung und seinen variablen Nutzungsmöglichkeiten ein Novum dar. Die innovative, 230 Meter lange Membranfassade gibt dem Gebäude einen unverwechselbaren Charakter und den zukünftigen Mieterinnen eine einzigartige Adresse in Basel.

Der ab Juli 2007 entstehende Langbau bildet das Rückgrat des Stück für Stück wachsenden SCIENCE PARK BASEL. Das Gebäude gliedert sich in einen Sockel mit Auffahrtsrampe und Höhenstrasse, ein überhöhtes Eingangsgeschoss und ein aufgesetztes Volumen mit sechs Geschossen.

Im Erdgeschoss sind die Anlieferzonen auf Umgebungsniveau angeordnet, darüber bildet die Höhenstrasse eine Kommunikationsebene, von der aus die Haupteingänge, Empfänge, Auditorien und Räume mit öffentlichem Charakter auf der Galerie zugänglich sind. Während mit der Verkleidung der Obergeschosse die Grossform (Macro) betont wird, werden im Eingangsgeschoss die fünf Teilgebäude farblich akzentuiert, um eine differenzierte Wahrnehmung (Micro) zu gewährleisten.

Das Gebäude ist von weitem sichtbar und wird durch die innovative Membranfassade zu einem unverwechselbaren Landmark. Die Membran verfremdet den einfachen Kubus und lässt im Macromassstab ein Spiel von Reflexionen und Einblicken entstehen. Je nach Blickwinkel und Lichtverhältnissen zeigt sich das gebänderte Gerippe des Gebäudes oder das leichte, luftige Kleid, das durch seine Verformungen ein bewegtes Licht- und Schattenspiel entstehen lässt und dem über dem verglasten Eingangsgeschoss schwebenden Körper eine grosse Leichtigkeit verleiht.⁹

⁹ Quelle: www.sienceparkbasel.ch

Eigentümer	Tivona Promotion AG
Objektadresse	Science Park Basel, Hochbergerstrasse 60-62, CH-4057 Basel
Baujahr	Baubeginn im Jahre 2007 erfolgt
Grundstücksfläche	8'700 m ²
Mietfläche	Mietflächen ab 200 m ² bis 30'000 m ² Mietfläche je Geschoss ca. 900 m ² Labor, Büro 31'880 m ² Lagerfläche 6'768 m ² total 31'880 m ²
Mietpreise	ab 190 CHF/m ² und Jahr core & shell
Ausbaustandard	Core & Shell Gebäudehülle, Treppenhäuser, Aufzüge, haustechnische Basisausstattung bis Schacht
Dimensionen	Länge 230 m, 5 Gebäude à 46 m, Breite 24 m, Höhe 40 m
Konstruktion	erschütterungshemmende Skelettbauweise
Stützenraster	5.80 x 7.80 m
Lichte Raumhöhe	3.50 m in Regelgeschossen
Gebäudestruktur	

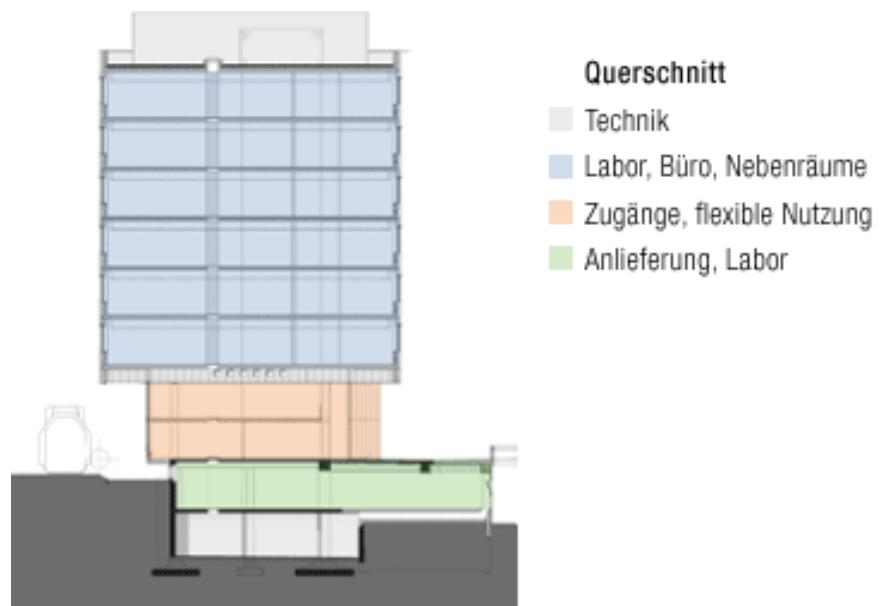


Abbildung 35: Querschnitt Science Park Basel¹⁰

¹⁰ Quelle: www.scienceparkbasel.ch

5.2 Berechnung der Erstellungskosten

Die Berechnung der Erstellungskosten für den Science Park in Basel erfolgt auf der Ebene Berechnungselement. Die Detailberechnung befindet sich im Anhang.

Elementgruppen	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	%
A Grundstück	GSF	m2	8'700	1'972	17'160'000	
B Bauvorbereitung	GSF	m2	8'700	694	6'037'800	
C Allgemeines zu Rohbau Gebäude	BGF	m2	52'963	21	1'127'428	1.58%
D Rohbau Gebäude bis OK Bodenpl.	Fläche BP AK Fund.	m2	4'888	388	1'894'332	2.66%
E Rohbau Gebäude oberhalb Bodenpl.	BGF	m2	52'963	772	40'862'406	57.40%
I Installationen und Transportanlagen	BGF	m2	52'963	218	11'526'290	16.19%
M Ausbau Gebäude	BGF	m2	52'963	150	7'920'543	11.13%
P Bauliche Betriebseinrichtungen	HNF	m2	39'175	-	-	0.00%
Q Betriebsausstattung	HNF	m2	39'175	-	-	0.00%
R Ausstattung	HNF	m2	39'175	12	470'097	0.66%
T Umgebung	Bearbeitete UGF	m2	2'400	411	986'850	1.39%
V Baunebenkosten	Element B:U	Fr.	70'825'746	0.03	2'284'755	
W Honorare	Element A:T	Fr.	87'985'746	0.07	6'399'322	8.99%
X Übergangskosten, Unvorhergeseh.	Element A:W	Fr.	94'385'068	0.05	4'719'253	
Z MWSt (in Elementenkosten enthalten)	Element A:X	Fr.	101'389'077	0.06	6'055'214	
BKP 2						
	Mietflächen	m2	39'175	1'588	62'203'571	
	Volumen SIA 116	m3	222'864	279	62'203'571	
Total Erstellungskosten					1'817	71'187'268
	Mietflächen	m2	39'175	1'817	71'187'268	100%
	Volumen SIA 116	m3	222'864	319	71'187'268	
Total Anlagekosten					2'588	101'389'077
	Mietflächen	m2	39'175	2'588	101'389'077	

Tabelle 6: Erstellungskosten Science Park auf Stufe Makroelemente

5.3 Berechnung der Nutzungskosten

5.3.1 Betriebs- und Nebenkosten

Die Berechnung der Betriebskosten für den Science Park basiert auf Benchmarks und auf konkreten Intensitätsabschätzungen. Es wird davon ausgegangen, dass sämtliche möglichen Nebenkosten auch als solche in den Mietverträgen stipuliert werden und abgesehen von einem Leerstandsrisiko sämtliche Kosten an die Mieter überwälzt werden können.

In diesem Zusammenhang ist auf dem schweizerischen Immobilienmarkt bei Neubauten festzustellen, dass einige Investoren der Formulierung der Mietnebenkostenklauseln ein wesentlich höheres Augenmerk schenken. In Anlehnung an die angelsächsischen Mietmärkte werden zusätzliche Leistung, wie beispielsweise das Bewirtschaftungshonorar oder die Versicherungsprämien, in die Nebenkosten integriert. Dies steht im Gegensatz zum schweizerischen Mietrecht. Ganz geschickt ergänzen Eigentümer die Nebenkosten mit dem Passus, dass, falls einige dieser Positionen durch ein Gericht nicht als umlagefähig anerkannt werden, diese Positionen dann Bestandteil der Miete werden und sich der Mietzins dementsprechend anpasst. In der Berechnung der Betriebskosten für das Projekt Science Park wird diese neue Tendenz nicht angewendet, sondern nur

Kleinreparaturen, wie in Geschäftsmietverträgen allgemein üblich, in die Nebenkosten integriert. Die detaillierte Berechnung der Betriebskosten befindet sich im Anhang.

BK	Betriebskosten	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
BK0	Kleinreparaturen Rohbau I+II, Ausbau	Mietfläche	m2	38'648	0.70	27'054	0.69
BK1	Wartung, Betrieb Elektroanlagen	Mietfläche	m2	38'648	2.20	85'026	2.17
BK2	Wartung, Betrieb HLKK - Anlagen	Mietfläche	m2	38'648	0.45	17'392	0.44
BK3	Wartung, Betrieb Sanitäranlagen	Mietfläche	m2	38'648	1.30	50'243	1.28
BK4	Wartung, Betrieb Transportanlagen	Mietfläche	m2	38'648	0.98	37'870	0.97
BK5	Allgemeinstrom	Mietfläche	m2	38'648	0.80	30'919	0.79
BK6	Wasser, Abwassergebühr	Kubikmeter	m3	21'600	2.70	58'320	1.49
BK7	Gas/Heizöl/Brennstoff	Mietfläche	m2	38'648	1.90	73'312	1.87
BK8	Aussenanlagen	Mietfläche	m2	38'648	0.76	29'490	0.75
BK9	Anschlussgebühren	Mietfläche	m2	38'648	0.05	1'932	0.05
BK10	Reinigung Allgemeinflächen	Mietfläche	m2	38'648	4.81	185'916	4.75
BK11	Fensterreinigung aussen	Mietfläche	m2	38'648	0.93	35'971	0.92
BK12	Entsorgung	Mietfläche	m2	38'648	1.90	73'432	1.87
BK13	Bewachung	Mietfläche	m2	38'648	0.50	19'233	0.49
BK14	Hauswartung	Mietfläche	m2	38'648	4.63	179'116	4.57
BK15	Mietnebenkostenabrechnung	Mietnebenkosten	CHF	905'226	3.0%	27'157	0.69
Total Nebenkosten		Mietfläche	m2	38'648	24.12	932'382	23.80
BK16	Mietnebenkostenertrag pauschal	Mietfläche pauschal	m2	0		0	-
BK17	Mietnebenkostenertrag Aconto	Mietfläche Aconto	m2	38'585	15.00	578'775	14.77
BK18	Nachforderung Mietnebenkosten	Mietfläche	m2	38'585	9.16	353'607	9.03
Total Ertrag NK		Mietfläche	m2	38'585	24.16	932'382	23.80
NK zulasten Nebenkosten		Mietfläche	m2	38'585	24.16	932'382	23.80
NK zulasten Eigentümer		Mietfläche	m2	38'585	0.00	0	0.00
BK19	Instandhaltungskosten SIA	Erstellungskosten	Fr.	711'872'68	0.40%	284'749	7.27
BK zulasten Eigentümer total		Mietfläche	m2	38'585	7.38	284'749	7.27

Tabelle 7: Berechnung Betriebskosten Science Park

5.3.2 Verwaltungskosten

VK	Verwaltungskosten	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
VK0	Bewirtschaftungshonorar	Ist Mietzinsen	Fr.	6'154'950	2.5%	153'874	3.93
VK1	Versicherungen	GV Wert	Fr.	94'385'068	0.210%	198'209	5.06
VK2	Liegenschafts- und Grundsteuer	Steuerwert	Fr.	94'385'068	0.050%	47'193	1.20
VK3	Miteigentumsanteil	GL/Element A:W	Fr.	94'385'068	-	-	-
VK4	Baurechtszinsen	GL/Element A:W	Fr.	94'385'068	-	-	-
VK5	Wiedervermietung, Promotion	Faktor für dynamische Betrachtungen			10%	-	-
Total VK		Mieteinnahmen	CHF	6'154'950	0.06	399'275	10.19

Tabelle 8: Berechnung Verwaltungskosten Science Park

5.3.3 Instandsetzungskosten Betrachtungszeitpunkt Planung

Im Rahmen der Gebäudeplanung und –erstellung kann man von dynamischen Restnutzungsdauern noch keinen Gebrauch machen, da sich das Alterungsverhalten der Bauelemente noch nicht explizit am Gebäude selbst gezeigt hat. Die Erkenntnisse aus der Wahrscheinlichkeitsoberfläche lassen sich jedoch sehr gut für Szenarioüberlegungen verwenden. Dieselbe Baumassnahme kann man in den unterschiedlichen Wahrscheinlichkeitsflächen altern lassen, beispielsweise in den Wahrscheinlichkeitsflächen {100%, 75%}, {50%} und {25%, 0%}. Für das Projekt Science Park würde sich der Instandsetzungsbedarf für diese drei Szenarien folgendermassen darstellen:

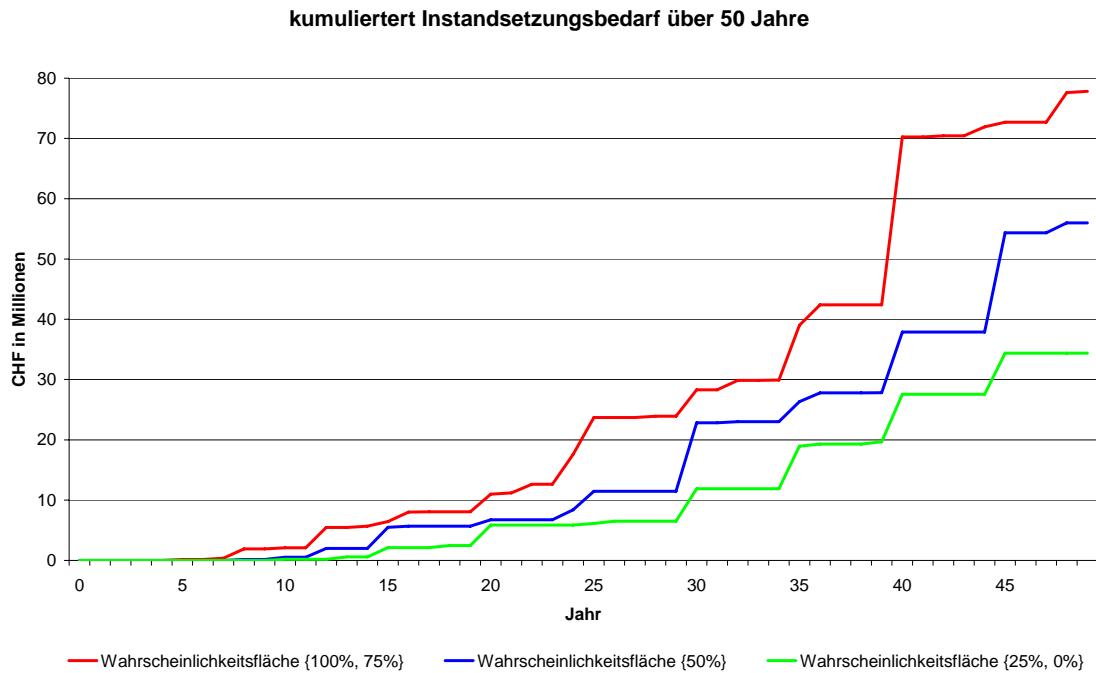


Abbildung 36: Kumulierter Instandsetzungsbedarf über 50 Jahre

Fasst man die kalkulierten Werte in der DCF-Bewertung zusammen, so erhält man bei der Annahme eines Alterungsverhaltens in der Wahrscheinlichkeitsfläche {50%} einen DCF-Wert von CHF 102.9 Millionen bei totalen Anlagekosten von CHF 101.4 Millionen. Das heisst, dass das Projekt mit einer grossen Wahrscheinlichkeit rentabel ist.

Zeilenschema	Ergebnis 2008	Budget 2009	2010	2011	2012	2013	Planung 2014	2015	2016	2017	2018	Exit 2018
Bruttomiete Soll	0	6'154'950	6'216'500	6'278'664	6'341'451	6'404'866	6'468'914	6'533'603	6'598'939	6'664'929	6'731'578	6'731'578
Leerstand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erneuerungsaufwände	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bruttoertrag	0	6'154'950	6'216'500	6'278'664	6'341'451	6'404'866	6'468'914	6'533'603	6'598'939	6'664'929	6'731'578	6'731'578
Leerstand in % Bruttomiete Soll	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BK: Betriebskosten zulässig Eigentümer	0	284'749	287'598	290'472	293'377	296'311	299'274	302'267	305'289	308'342	311'426	311'426
VK0 Bewirtschaftungshonorar	0	153'874	155'413	156'967	158'537	160'122	161'723	163'340	164'974	166'623	168'290	168'290
VK1 Versicherungen	0	198'209	200'191	202'193	204'215	206'257	208'320	210'403	212'507	214'632	216'778	216'778
VK2 Liegenschafts- und Grundsteuer	0	47'193	47'665	48'142	48'623	49'109	49'600	50'096	50'597	51'103	51'614	51'614
VK3 Miteigentumsanteil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VK4 Baurechtszinsen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VK5 Wiedervermietung Promotion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betriebs- und Verwaltungskosten	0	684'025	690'865	697'774	704'752	711'799	718'917	726'106	733'367	740'701	748'108	748'108
BK+VK in % Bruttomiete Soll	0.00	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11
IS Instandsetzungskosten weiterhaltend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171'115	0	351'912
Nettoertrag	0	5'470'925	5'525'634	5'580'891	5'636'699	5'693'066	5'749'997	5'807'497	5'894'457	5'924'228	5'631'558	5'514'884
IS Instandsetzungskosten wertvermehrend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash Flow vor finanziellen Kosten	0	5'470'925	5'525'634	5'580'891	5'636'699	5'693'066	5'749'997	5'807'497	5'894'457	5'924'228	5'631'558	5'514'884
Durchschn. Brutto-Soll-Rendite	6.35											
Durchschn. Brutto-Ertrags-Rendite	6.35											
Durchschn. Netto-Rendite	5.59											
Nutzfläche m ²	38585											
Kapitalisierung Restwert	5.50%	5470'925	5'525'634	5'580'891	5'636'699	5'693'066	5'749'997	5'807'497	5'894'457	5'924'228	5'631'558	5'514'884
Verkaufskosten	2.00%											
Jährliche Mietsteigerung	1.00%	0.974	0.923	0.875	0.829	0.786	0.745	0.706	0.669	0.634	0.601	0.601
Kapitalisierung Ertragswert	5.50%	5326'409	5'099'216	4'881'714	4'673'490	4'474'146	4'283'306	4'100'606	3'811'175	3'758'252	3'386'337	5'088'288
Leerstand in % Sollmiete	1.00%	5.98	6.04	6.10	6.16	6.23	6.29	6.35	6.41	6.48	6.54	
Jährliche Kostensteigerung	7.00%	5.32	5.37	5.42	5.48	5.53	5.59	5.64	5.53	5.76	5.47	
Kapitalisierung Wertvermehrung												
Anlagekosten		Wert	Kap. Ertrag	Kap. Rest	Fr./m²							
		101'389'077										
DCF-Wert		102'882'940	5.50%	5.50%	2'666							
Marktwert 2nd Op.												
Bewertung(en) per:												

Abbildung 37: DCF Bewertung für durchschnittliches Alterungsverhalten

Die Szenarien für die drei verschiedenen Alterungsverhalten der Bauelemente ergibt folgende DCF-Werte:

Alterungsverhalten	DCF Wert in CHF	Anlagekosten in CHF	Differenz in CHF
Wahrscheinlichkeitsfläche {100%, 75%}	100'045'222	101'389'077	-1'343'855
Wahrscheinlichkeitsfläche {50%}	102'882'940	101'389'077	1'493'863
Wahrscheinlichkeitsfläche {25%, 0%}	104'863'671	101'389'077	3'474'594

Tabelle 9: DCF Werte für die unterschiedlichen Alterungsverhalten

Dieses Beispiel zeigt, dass für die gesamthafte Projektbetrachtung eine Auseinandersetzung mit den Betriebs-, Verwaltungs- und Instandsetzungskosten unabdingbar ist. Diese Erkenntnis setzt sich langsam auch am Investitionsmarkt durch. In vielen Totalunternehmersubmissionen sind diese Kostenblöcke konzeptionell darzustellen und zu quantifizieren. Dies wird sowohl von Privaten wie auch von der öffentlichen Hand gefordert. Insbesondere für die öffentliche Hand wird dies im Rahmen von PPP-Projekten voraussichtlich noch eine viel stärkere Gewichtung erhalten und erfordert auf der ausführenden Seite ein viel grösseres Know-How über Aufbau von Projektgesellschaften, Finanzierung, Bau, Betrieb und Lifecycle-Fonds, um den gestellten Anforderungen gerecht zu werden.

PPP-Vertragswerke sind so aufgebaut, dass nach Ablauf der Vertragsdauer das Gebäude an den Staat in einer spezifizierten Qualität zurückfällt. Wird dies nicht erfüllt, so müssen vom Projektpartner Sicherheiten und Strafen geleistet werden. Somit ist es notwendig, den Gebäudezustand a priori richtig quantifizieren zu können und die jährlichen Instandsetzungen des Lifecycle-Fonds zielgerichtet zu verwenden um den vertragskonformen Zustand am Ende der Vertragslaufzeit zu erreichen. Die dargestellten Möglichkeiten der dynamischen Restnutzungsdauern können für diese Überlegungen eine grosse Hilfestellung bilden. Der nächste Abschnitt führt in diese Thematik ein, indem der Budgetierungsprozess während der Nutzungsphase des Projektes Sciencepark illustriert wird.

5.3.4 Instandsetzungskosten (Betrachtungszeitpunkt Budgetierung im Bestand)

Im Rahmen des Budgetierungprozesses von Immobilien durch die Bewirtschaftung erfolgt meist auch Zustandsbewertung. Oft stellt man fest, dass diese sich viel mehr mit dem Zustand der Waschmaschinen und der Briefkästen auseinandersetzt, als mit den wirklichen Herausforderungen der Instandsetzung. Für viele Assetmanager sind das Budget und die Zustandsbewertung neben der DCF-Bewertung durch den beauftragten Bewerter jedoch der einzige Bezugspunkt zu dem Alterungsverhalten Ihrer Immobilien. Verfügt das Gebäude über eine Gas- oder Ölheizung? Fragestellungen, die nur mit Aufwand beantwortet werden können. In der Bauphase lagen alle Informationen bis ins letzte Detail vor, seit der Bauabnahme ging viel verloren. Das vorgestellte System der Lifecycle-Kosten-Betrachtung auf der Basis EKG schliesst diese Lücke. Die Durchgängigkeit wird gewährleistet und wird für die Berechnung der Instandsetzungskosten gefordert.

Für die Budgetierung und Zustandsbewertung wird die Elementkostengliederung mit den sinnvollen notwendigen Spalten ergänzt. Wird minimal das Inbetriebsetzungsjahr angegeben, kann die Budgetierung durch den Vorschlag eines durchschnittlichen Instandsetzungszeitpunktes unterstützt werden und mit Hilfe von Instandsetzungsfaktoren ein Vorschlagswert für die Instandsetzungskosten gemacht werden. Für eine abschliessende Beurteilung hinsichtlich Zeitpunkt und Kosten sowie Zuweisung von wertvermehrenden Investitionen wird immer Spezialistenwissen gefordert sein und sie muss im Gesamtkontext erfolgen. Durch die zusätzliche Angabe des Zustandes des Bauelementes kann die Budgetierung mittels dynamischen Restnutzungsdauern unterstützt werden. Des weiteren werden in dem Beispiel noch das Personen- und Sachrisiko beurteilt, sowie allgemeine Bemerkungen geführt.

Instandsetzungsstrategie:			Inbetrieb- setzungsjahr aktueller Zustand 1-10	Interventions- zustand 1-10 nicht bewerbar/ nicht zugänglich Sonderinspekt. notwendig	Risiko 1-3		Bemerkungen
					Personenrisiko	Sachwertrisiko	
	Zeitpunkt frühzeitig						
	Zeitpunkt durchschnittlich						
<input checked="" type="checkbox"/>	Zeitpunkt spät						
	Crash Strategie						
<input checked="" type="checkbox"/>	Standard beibehalten						
	Standard ausbauen, entwickeln						
E	Rohbau Geb. oberh. Bodenpl.	Betrag	CHF / MF	2008			
E0	Decken, Treppen und Balkone	9'345'892	238.57	2008	-	-	-
E1	Dächer	3'277'052	83.65	2008	-	-	-
E2	Stützen	7'007'448	178.88	2008			
E3	Aussenwände zu UG	588'829	15.03	2008			
E4	Aussenwände zu EG und OG	6'097'522	155.65	2008	-	-	-
E5	Fenster, Außentüren und -tore	7'206'068	183.95	2008	-	-	-
E6	Innenwände (Rohbau)	7'109'070	181.47	2008	-	-	-
E7	Ergänzende Leistungen	230'526	5.88	2008			
Total E		40'862'406	1'043.07	2008	-	-	-

Tabelle 10: Gebäudezustandsplanung auf der Basis EKG

Die Illustration für die Umsetzung der Gebäudezustandsplanung und die Budgetierung erfolgt anhand des Beispieles Flachdach. Gemäss Baubeschrieb des Objektes Sciencepark sind zwei verschiedene Dachkonstruktionen vorgesehen: Auf dem sechsten Obergeschoss ist die Systemwahl Betondecke mit Foamglas, die Tragstruktur der Technikaufbauten ist eine Stahlkonstruktion mit einem extensiv begrünten Umkehrdach. Die Berechnungselemente basieren somit auf der folgenden Kalkulation:

E	Rohbau Geb. oberh. Bodenpl.	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
E1	Dächer	F Dächer	m2	10'752	344.08	3699'536	94.44
	E1 100 Tragwerk Steildach	F Steildach	m2	-	#DIV/0!	-	-
	Holztragwerk	F Steildach	-	-	105	-	-
	Stahltragwerk	F Steildach	-	-	123	-	-
	E1 200 Tragwerk Flachdach	F Flachdach	m2	7'752	157	1215'126	31
	Tragwerk Beton	F Flachdach	-	7'752	25%	165	319'770
	Tragwerk Stahl	F Flachdach	-	7'752	75%	154	895'356
	Tragwerk Holz	F Flachdach	-	7'752	-	134	-
	E1 300 Entwässerung, Durchdring. Abschlüsse	F Flachdach	m2	7'752	80	620'000	16
			Vorschlag	Rechenwert	pro Einheit	Betrag	CHF / MF
	Dachwassereinläufe Flachdach	Stück	78	80	1'000	80'000	2.04
	Dachwasserentsorgungsleitung Flachdach	Laufmeter	2'860	2'800	125	350'000	8.93
	Durchdringung klein Flachdach	Stück	177	180	300	54'000	1.38
	Durchdringung gross (Kamine etc.) Flachdach	Stück	66	20	800	16'000	0.41
	Randabschluss Flachdach	Laufmeter	609	1'200	100	120'000	3
	Dachrinne Steildach	Laufmeter	-	-	80	-	-
	Ablaufröhr Steildach	Laufmeter	-	-	100	-	-
	Durchdringungen klein Steildach	Stück	177	-	300	-	-
	Durchdringungen gross (Kamine etc.) Steildach	Stück	66	-	800	-	-
	Firstabschluss Steildach	Laufmeter	-	-	80	-	-
	Traufabschluss Steildach	Laufmeter	-	-	160	-	-
	Ortabschluss Steildach	Laufmeter	-	-	45	-	-
	Dachkelle Steildach	Laufmeter	-	-	100	-	-
	E1 400 Dachdeckungen, -bekleidungen	F Steildach	m2	-	#DIV/0!	-	-
	Innere Verkleidung Steildach	F Steildach	-	-	45	-	-
	Wärmedämmung Steildach	F Steildach	-	-	32	-	-
	Metall Sandwichplatten (Industrie) Steildach	F Steildach	-	-	85	-	-
	Kupferblech Steildach	F Steildach	-	-	140	-	-
	Titan, Reinzinkblech Steildach	F Steildach	-	-	170	-	-
	Faserzement Wellplatten/ Wellblech Steildach	F Steildach	-	-	25	-	-
	Faserzement Schiefer Steildach	F Steildach	-	-	45	-	-
	Ziegeldächer Beton Steildach	F Steildach	-	-	89	-	-
	Ziegeldächer Ton Steildach	F Steildach	-	-	102	-	-
	E1 500 Flachdachbeläge	F Flachdach	m2	7'752	107	831'402	21
	Kiesklebedach	F Flachdach	7'752	-	68	-	-
	PVC Warmdach	F Flachdach	7'752	-	70	-	-
	PVC Umkehrdach	F Flachdach	7'752	75%	76	441'864	11
	Foamglas	F Flachdach	7'752	25%	105	203'490	5
	Druckfeste Isolation	F Flachdach	7'752	-	10	-	-
	Dachbegrünung extensiv	F Flachdach	7'752	75%	32	186'048	5
	Beton Flachdach im Erdreich	F Flachdach UG	-	-	397	-	-
	Gussasphalt Flachdach im Erdreich	F Flachdach UG	-	-	50	-	-
	Folie mit Schutz-Mörtel Flachdach im Erdreich	F Flachdach UG	-	-	20	-	-
	E1 600 Dacheinbauten, Aufbauten	F Flachdach	m2	7'752	6	43'008	1
	Glas Oblichtbänder Flachdach	m2	-	-	1'800	-	-
	Lichtkuppel fest Flachdach	m2	-	-	500	-	-
	Lichtkuppel beweglich Flachdach	m2	-	-	800	-	-
	Bewegungs Automatik Flachdach	Stück	-	-	1'000	-	-
	Ausstieg Flachdach	Stück	-	-	2'000	-	-
	Dachflächenfenster Steildach	Stück	-	-	800	-	-
	Verdunkelung Lamellen Steildach	Stück	-	-	700	-	-
	Verdunkelung Stoff Steildach	Stück	-	-	400	-	-
	Bewegungs Automatik Steildach	Stück	-	-	1'000	-	-
	Blitzschutzanlagen	F Dächer	10'752	80%	5	43'008	1
	E1 700 Vordächer	F Vordach	m2	3'000	330.00	990'000	25
	Vordach auskragend	F Vordach	3'000	-	220	-	-
	Vordach verkleidet	F Vordach	3'000	-	450	-	-
	Vordach Stahl, Glaskonstruktion	F Vordach	3'000	60%	550	990'000	25

Tabelle 11: Berechnung des Elementes „Dächer“

Den gewählten Konstruktionsarten unterliegen unterschiedliche Alterungsverhalten. Während bei einem Umkehrdach die mittlere Nutzungszeit ca. 30 Jahre beträgt, liegt die mittlere Nutzungszeit eines Foamglasdaches bei ca. 35 Jahren. Durch die Kalkulation

der Instandsetzungskosten mittels EKG auf dieser Detaillierungsstufe kann diesem Umstand Rechnung getragen werden und die Terminierung der Dachsanierung sinnvoll gestaltet werden. Somit wäre im Jahre 2033 die Sanierung des Umkehrdaches und im Jahre 2038 die Sanierung des Foamglasdaches notwendig. Unter der Berücksichtigung der dynamischen Restnutzungsdauer kann in diesem Beispiel die Terminierung der Instandsetzungen geplant werden und es können die beiden Instandsetzungszyklen aufeinander abgestimmt werden. Die Gebäudezustandsbeurteilung ergibt beispielsweise das folgende Resultat:

Instandsetzungsstrategie: Betrachtungszeitpunkt Budget 2038				Inbetrieb- setzungsfahr- taktueller Zustand 1-10	Interventions- zustand 1-10	Risiko 1-3	Bemerkungen
	Zeitpunkt frühzeitig	Zeitpunkt durchschnittlich	Zeitpunkt spät				
x	Zeitpunkt frühzeitig						
	Zeitpunkt durchschnittlich						
	Zeitpunkt spät						
x	Crash Strategie						
	Standard belassen						
	Standard ausbauen, entwickeln						
E	Rohbar Geb. oberh. Bodenpl.	Betrag	CHF / MF				
E1	Dächer	3'699'536	94.44	7	4		
E1 200	Tragwerk Flachdach	1215'126	31	8	4	-	-
	Tragwerk Beton	319'770	8	2008	8	4	
	Tragwerk Stahl	895'356	23	2008	8	4	
E1 300	Entwässerung, Durchdring. Abschlüsse	620'000	16	6	4	-	-
	Dachwassereinläufe Flachdach	80'000	2.04	2008	6	4	
	Dachwasserentsorgungsleitung Flachdach	350'000	8.93	2008	6	4	
	Durchdringung klein Flachdach	54'000	1.38	2008	6	4	
	Durchdringung gross (Kamine etc.) Flachdach	16'000	0.41	2008	7	4	
	Randabschluss Flachdach	120'000	3	2008	6	4	
E1 500	Flachdachbeläge	831'402	21	6	4	-	-
	PVC Umkehrdach	441'864	11	2008	4	4	1 Dach ist sanierungsbedürftig Dachabschnitt in sehr gutem Zustand
	Foamglas	203'490	5	2008	6	4	
	Dachbegrünung extensiv	186'048	5	2008	6	4	1
E1 600	Dacheinbauten, Aufbauten	43'008	1	-	-	-	-
	Blitzschutzanlagen	43'008	1	2008	8	4	

Tabelle 12: Beurteilung des Elements ,E1 Dächer' im Jahr 2038

Das Element ,E1 500 Flachdachbeläge' ist auf unterschiedliche Art und Weise gealtert. Das PVC Umkehrdach ist nach 30 Jahren am Ende seiner Nutzungsdauer. Die Foamglaskonstruktion hat nach wie vor einen guten Zustand. Für die Wahrscheinlichkeitsoberfläche bedeutet dies:

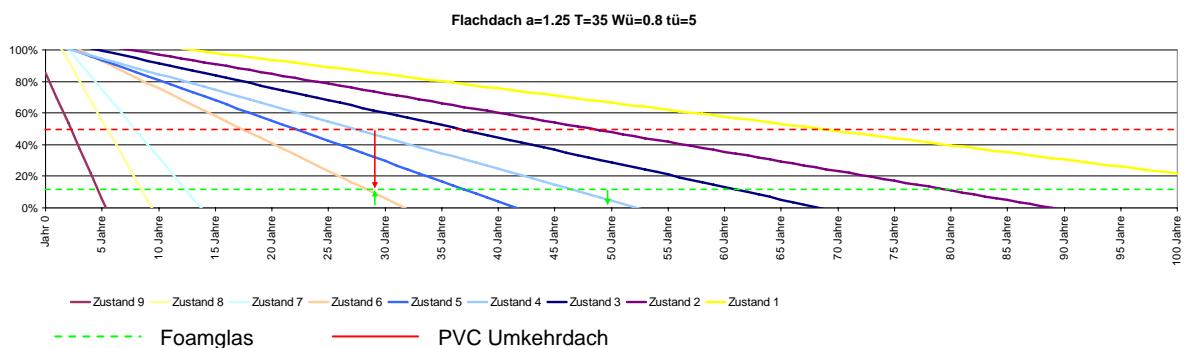


Abbildung 38: Wahrscheinlichkeitsflächen der beiden Dachkonstruktionen

Unter Bezug der Wahrscheinlichkeitsoberfläche für das Bauelement Flachdach ist bei der Foamglaskonstruktion mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% der Interventionszustand von 4 erst in 20 Jahren erreicht. Aufgrund dieser Überlegung kann es sinnvoll

sein, die Sanierungen zu etappen. Die DCF-Werte für die einzelnen Massnahmen ergeben folgende Werte:

Jahr		2038	2043	2058	2068	2073
Kosten der Massnahmen in CHF:						
- Instandsetzung der Dächer im Jahr 2038		1'250'000			1'250'000	
- Etappierte Sanierung zum Zeitpunkt der mittleren Nutzungsdauer		990'000	405'000		990'000	405'000
- Etappierte Sanierung zum Zeitpunkt dynamische Restnutzungsdauer		990'000		405'000	990'000	
Diskontierungsfaktor (5.5 %)	Total	0.974	0.745	0.334	0.195	0.149
Abdiskontierte Kosten der Massnahmen in CHF:						
- Variante Instandsetzung der Dächer im Jahr 2038	1'216'981	1'216'981	0	0	244'180	0
- Etappierte Sanierung zum Zeitpunkt der mittleren Nutzungsdauer	1'265'543	963'849	301'694	0	193'391	60'533
- Etappierte Sanierung zum Zeitpunkt dynamische Restnutzungsdauer	1'098'988	963'849	0	135'139	193'391	0

Tabelle 13: Vergleich der drei Sanierungsmassnahmen

Die Variante Etappierung der Instandsetzungen mit dynamischer Restnutzungsdauer wirkt sich auf den DCF-Wert positiv aus, da sie die geringsten Kosten bedeutet. Unter der Annahme, dass die herkömmlichen Immobilienbewerter für Instandsetzungskosten durchschnittliche Erfahrungswerte zugrunde legen, kann aufgrund dieser einfachen Überlegung gegebenenfalls eine belegbare Wertsteigerung erfolgen.

Dieses einfache Beispiel illustriert ein mögliches Anwendungsgebiet der dynamischen Restnutzungsdauern. Nur unter Einbezug einer solchen neuartigen Kalkulations- und Bewertungstheorie können Lifecycle-Kosten und nachhaltige Investitionen sinnvoll bewertet und beurteilt werden. Dieser Weg ist noch weit, doch eine Rundschau in der Industrie zeigt, dass der Bedarf für eine neue langfristige Betrachtungsweise vorhanden ist.

ANHANG 1: Mathematische Grundlagen der Bauteilalterung

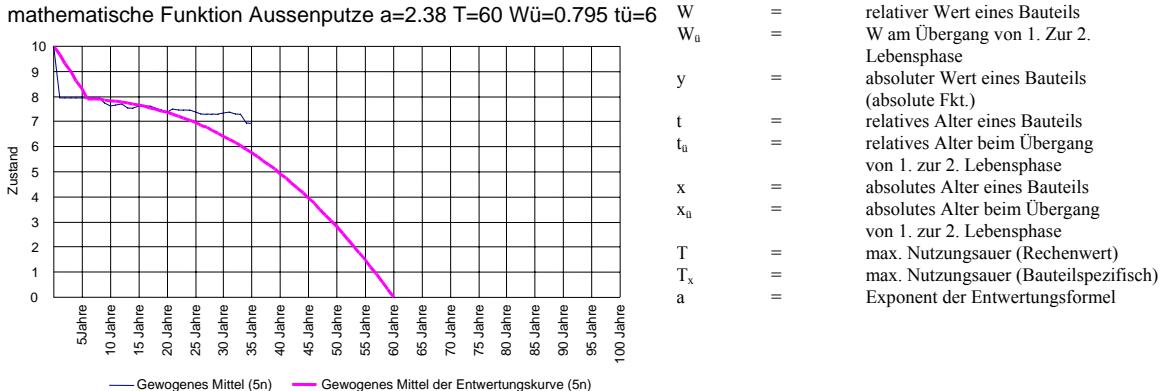


Abbildung 39: Mathematische Funktion Aussenputz

1. Relative Altersentwertungsfunktion gemäss Schröder

Allgemein: $W = 1 - t^a$

Reduziert: $W = W_{ü} - W_{ü} \left[\frac{t - t_{ü}}{1 - t_{ü}} \right]^a$

2. Absolute Altersentwertungsfunktion

Dabei gilt: $t = \frac{x}{T}$; $t_{ü} = \frac{x_{ü}}{T}$; $W = y$

Absolut: $y = W_{ü} - W_{ü} \left[\frac{x - x_{ü}}{T - x_{ü}} \right]^a$

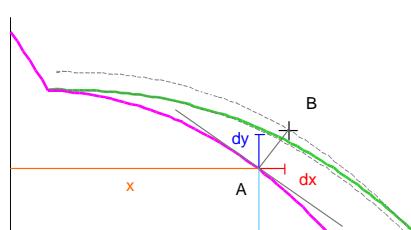
3. Koeffizient a berechnen

Dabei gilt: $W_{ü} = \text{const}$; $x_{ü} = \text{const}$; $T = \text{const}$

$$\frac{y - W_{ü}}{-W_{ü}} = \left[\frac{x - x_{ü}}{T - x_{ü}} \right]^a$$

$$a = \ln \left[\frac{y - W_{ü}}{-W_{ü}} \right] \left[\frac{x - x_{ü}}{T - x_{ü}} \right] = \frac{\ln \left[\frac{y - W_{ü}}{-W_{ü}} \right]}{\ln \left[\frac{x - x_{ü}}{T - x_{ü}} \right]} = \frac{\ln \left[\frac{y - W_{ü}}{-W_{ü}} \right]}{\ln [x - x_{ü}] - \ln [T - x_{ü}]}$$

Prinzip der Kurvenverschiebung:



W	=	relativer Wert eines Bauteils
$W_{ü}$	=	W am Übergang von 1. Zur 2. Lebensphase
y	=	absoluter Wert eines Bauteils (absolute Fkt.)
t	=	relatives Alter eines Bauteils
$t_{ü}$	=	relatives Alter beim Übergang von 1. zur 2. Lebensphase
x	=	absolutes Alter eines Bauteils
$x_{ü}$	=	absolutes Alter beim Übergang von 1. zur 2. Lebensphase
T	=	max. Nutzungsauer (Rechenwert)

Abbildung 40: Prinzip der Kurvenverschiebung

4. Lot auf Entwertungskurve durch Messpunkte

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \mathbf{A}_x \\ \mathbf{A}_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{f}(\mathbf{x}) \end{pmatrix} ; \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} \mathbf{B}_x \\ \mathbf{B}_y \end{pmatrix}$$

$$\overrightarrow{\mathbf{AB}} = \begin{pmatrix} \mathbf{A}_x - \mathbf{B}_x \\ \mathbf{A}_y - \mathbf{B}_y \end{pmatrix} = \sqrt{(\mathbf{A}_x - \mathbf{B}_x)^2 + (\mathbf{A}_y - \mathbf{B}_y)^2}$$

$$= \sqrt{(\mathbf{x} - \mathbf{B}_x)^2 + (\mathbf{W}_{\ddot{u}} - \mathbf{W}_{\ddot{u}} \left[\frac{\mathbf{x} - \mathbf{x}_{\ddot{u}}}{\mathbf{T} - \mathbf{x}_{\ddot{u}}} \right]^a - \mathbf{B}_y)^2}$$

Das Lot hat den minimalsten Abstand: \rightarrow Iterationsprozess

5. Prinzip der Kurvenverschiebung

$$\text{Dabei gilt: } \mathbf{x} \% = \frac{\mathbf{dx} + \mathbf{x}}{\mathbf{x}} ; \quad \mathbf{y} \% = \frac{\mathbf{dy} + \mathbf{y}}{\mathbf{y}}$$

Verschiebungsfunktion:

$$\mathbf{y} = \mathbf{W}_{\ddot{u}} - \mathbf{y} \% \cdot \mathbf{W}_{\ddot{u}} \left[\frac{\mathbf{x} - \mathbf{x} \% \cdot \mathbf{x}_{\ddot{u}}}{\mathbf{x} \% \cdot (\mathbf{T}_x - \mathbf{x}_{\ddot{u}})} \right]^a$$

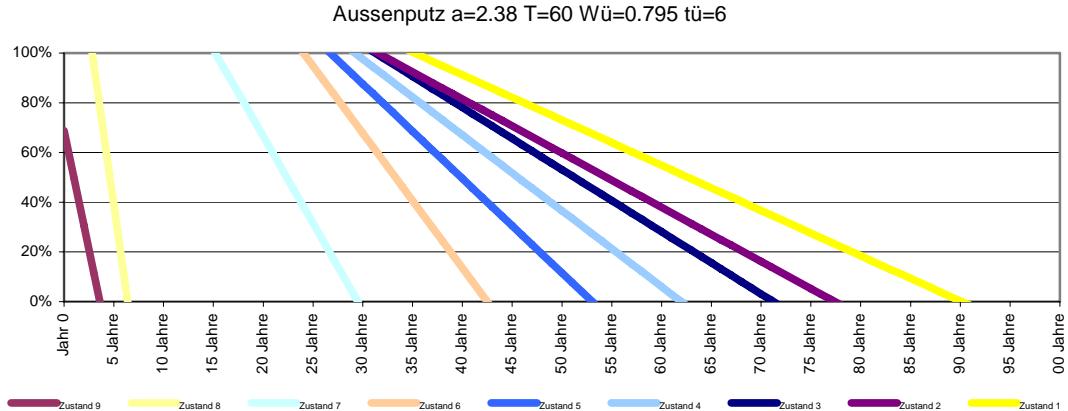
6. Bestimmung des maximalen Alters \mathbf{T}_{neu}

Dabei gilt: $\mathbf{T}_1 = \mathbf{T} \cdot \mathbf{x} \% \rightarrow$ Lot durch \mathbf{T}_1 bestimmen (siehe Punkt 4.) $\rightarrow \mathbf{T}_2$

$$\overrightarrow{\mathbf{T}_1 \mathbf{T}_2} = \sqrt{(\mathbf{x} - \mathbf{T}_1)^2 + (\mathbf{W}_{\ddot{u}} - \mathbf{y} \% \cdot \mathbf{W}_{\ddot{u}} \left[\frac{\mathbf{x} - \mathbf{y} \% \cdot \mathbf{x}_{\ddot{u}}}{(\mathbf{T}_1 - \mathbf{x}_{\ddot{u}}) \cdot \mathbf{x}_{\ddot{u}}} \right]^a)^2}$$

$$\mathbf{T}_{\text{neu}} = \mathbf{T}_2 \cdot \mathbf{x} \%$$

ANHANG 2: Datenblatt Aussenputz / Flachdach



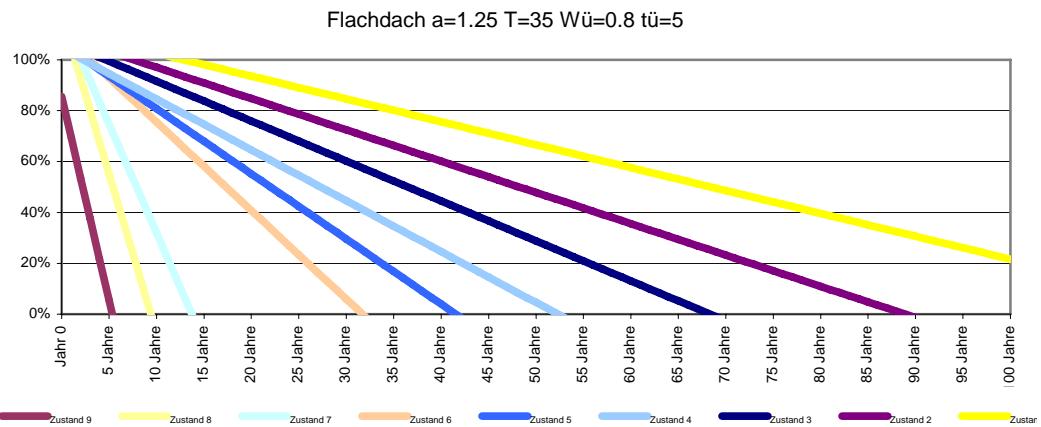
$$\begin{bmatrix} a_9 & b_9 \\ a_8 & b_8 \\ a_7 & b_7 \\ a_6 & b_6 \\ a_5 & b_5 \\ a_4 & b_4 \\ a_3 & b_3 \\ a_2 & b_2 \\ a_1 & b_1 \end{bmatrix}$$

||

$$\begin{bmatrix} 0.6875 & -0.1904 \\ 1.7968 & -0.2811 \\ 2.0625 & -0.0699 \\ 2.2968 & -0.0540 \\ 2.0156 & -0.0380 \\ 1.8906 & -0.0305 \\ 1.7813 & -0.0250 \\ 1.6875 & -0.0218 \\ 1.6406 & -0.0182 \end{bmatrix}$$

$$p = a_z + b_z \times t_a$$

t_a Aktuelles Bauteilalter
 p Wahrscheinlichkeit dass ein Bauteil mit dem Alter t_a den Zustand z hat
 a_z Koeffizient a der linearen Geraden gleichung beim aktuellen Zustand z
 b_z Koeffizient b der linearen Geraden gleichung beim Zustand z



$$\begin{bmatrix} a_9 & b_9 \\ a_8 & b_8 \\ a_7 & b_7 \\ a_6 & b_6 \\ a_5 & b_5 \\ a_4 & b_4 \\ a_3 & b_3 \\ a_2 & b_2 \\ a_1 & b_1 \end{bmatrix}$$

||

$$\begin{bmatrix} 0.8549 & -0.1598 \\ 1.1793 & -0.1254 \\ 1.1759 & -0.0856 \\ 1.1034 & -0.0348 \\ 1.0638 & -0.0256 \\ 1.0459 & -0.0200 \\ 1.0731 & -0.0157 \\ 1.0935 & -0.0123 \\ 1.1161 & -0.0090 \end{bmatrix}$$

$$p = a_z + b_z \times t_a$$

t_a Aktuelles Bauteilalter
 p Wahrscheinlichkeit dass ein Bauteil mit dem Alter t_a den Zustand z hat
 a_z Koeffizient a der linearen Geraden gleichung beim aktuellen Zustand z
 b_z Koeffizient b der linearen Geraden gleichung beim Zustand z

ANHANG 3: Erstellungskosten Science Park

A	Grundstück	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
A0	Erwerb und Nebenkosten	GSF	m2	8'700	1'800.00	15'660'000	399.74
A1	Ver- und Entsorgung des Grundst.	Leitungslänge	m	300	3'000.00	900'000	22.97
A2	Erschl. Grund. durch Verkehrsanl.	F Verkehrsanlage	m2	150	4'000.00	600'000	15.32
A3	Finanzierung vor Baubeginn	Element A0:A5-A3	Fr.	17'160'000	-	-	-
A4	Betriebsaufwand und -ertrag	GL/GSF	m2	8'700	-	-	-
A5	Bestandesaufnahme	GSF	m2	8'700	-	-	-
Total A		GSF	m2	8'700	1'972.41	17'160'000	438.03
B	Bauvorbereitung	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
B0	Gemeins. Baustelleneinrichtung	Element B1:T	Fr.	70'825'746	-	-	-
B1	Rodungen, Abbrüche, Demontage	GL/GGF	m2	8'700	250.00	2'175'000	55.52
B2	Def. Anpassung best. Bauwerke	GL/GGF	m2	8'700	240.00	2'088'000	53.30
B3	Def. Anpass. Umgeb., Erschliess.	GL/GGF	m2	8'700	104.00	904'800	23.10
B4	Prov. Bauwerke	GL/GGF	m2	8'700	-	-	-
B5	Prov. Anpass. best. Bauwerke	GL/GGF	m2	8'700	-	-	-
B6	Prov. Anp. bei Umgeb. und Erschl.	GL/GGF	m2	8'700	-	-	-
B7	Prov. Massnahmen Baugrube	GL/GGF	m2	8'700	-	-	-
B8	Spez. Fundation und spez. Bauvorber.	GL/GGF	m2	8'700	100.00	870'000	22.21
Total B		GSF	m2	8'700	694	6'037'800	154.12
C	Allgemeines zu Rohbau	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
C0	Allg. Baustelleneinrichtungen	Summe D+E	Fr.	42'756'738	0.01	427'567	10.91
C1	Fassadengerüste	Aussenwandflächen	m2	31'989	13.60	435'045	11.11
C2	übrige Gerüste	BGF	m2	52'963	5.00	264'815	6.76
Total C		BGF	m2	52'963	21	1'127'428	28.78
D	Rohbau Gebäude bis OK Bodenpl.	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
D0	Baugrubenauhub	Aushubvolumen	m3	31'863	9.50	302'702	7.73
D1	Hinterfüllungen	V Hinterfüllung	m3	15'583	5.50	85'709	2.19
D2	Fundamente und Bodenplatte	GGF	m2	4'700	140.00	658'000	16.80
D3	Kanalisation im Gebäude	L Kanalatis, Sickerl.	m	2'423	350.00	847'921	21.64
Total D		Fläche BP AK Fund.	m2	4'888	388	1'894'332	48.36
E	Rohbau Geb. oberh. Bodenpl.	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
E0	Decken, Treppen und Balkone	BGF+AGF-GGF	m2	55'963	167.00	9'345'892	238.57
E1	Dächer	F Dächer	m2	10'752	304.79	3'277'052	83.65
E2	Stützen	Stützenlängen	m	16'684	420.00	7'007'448	178.88
E3	Aussenwände zu UG	F Aussenwände UG	m2	3'099	190.00	588'829	15.03
E4	Aussenwände zu EG und OG	F Aussenwände OG	m2	20'325	300.00	6'097'522	155.65
E5	Fenster, Aussentüren und -tore	F Fenster/Tür/Tor	m2	8'564	841.39	7'206'068	183.95
E6	Innenwände (Rohbau)	Wandflächen	m2	55'324	128.50	7'109'070	181.47
E7	Ergänzende Leistungen	Element I	Fr.	11'526'290	0.02	230'526	5.88
Total E		BGF	m2	52'963	772	40'862'406	1'043.07
I	Installationen und Transportanl.	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
I0	Starkstromanlagen	BGF	m2	52'963	55	2'898'074	74
I1	Telekommunikat., Sicherheitsanl.	BGF	m2	52'963	60	3'185'063	81
I2	Heizungsanlagen	EBF	m2	43'528	42.20	1'836'743	47
I3	Luft- und kältetechnische Anlagen	LTV	m3	21'631	15	324'461	8
I4	Wasser- und Abwasseranlagen	Anzahl San. App.	Stück	345	3'549	1'224'450	31
I5	Spezielle Anlagen	GL/BGF	m2	52'963	14	750'000	19
I6	Transportanlagen	Anzahl Anlagen	Stück	21	62'262	1'307'500	33
I7	Gebäudeautomation	BGF	m2	52'963	-	-	-
I8	Gasanlagen	BGF	m2	52'963	-	-	-
Total I		BGF	m2	52'963	218	11'526'290	294.23
M	Ausbau Gebäude	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
M0	Allg. Ausbauarbeiten Gebäude	Summe M1:M8	Fr.	22'416'630	0.02	448'333	11.44
M1	Trennwände und Innentüren	F Trennwände	m2	5'453	232.76	1'269'151	32.40
M2	Schutzelemente	GL/BGF	m2	52'963	9.00	513'180	13.10
M3	Bodenbeläge	F Bodenbeläge	m2	47'667	51.20	2'440'495	62.30
M4	Wandverkleidungen	F Wandverkleidung	m2	111'237	25.10	2'792'051	71.27
M5	Deckenverkleidungen	F Deckenverkleidung	m2	47'667	20.00	457'334	11.67
M6	Einbauten, Grünanlagen Gebäude	GL/BGF	m2	52'963	-	-	-
M7	Klein- und Haushaltküchen	Anzahl Küchen	Stück	-	-	-	-
M8	Ergänzende Leistungen	Element I	Fr.	11'526'290	-	-	-
Total M		BGF	m2	52'963	150	7'920'543	202.18
P	Bauliche Betriebseinrichtungen	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
P0	Allg. Baustelleneinrichtungen	Summe P1:P8	Fr.	-	-	-	-
P1	Starkstromanlagen	GL/HNF	m2	39'175	-	-	-
P2	Telekommunikat., Sicherheitsanl.	GL/HNF	m2	39'175	-	-	-
P3	Heizungsanlagen	EBF	m2	43'528	-	-	-
P4	Lufttechnische Anlagen	LTV	m3	21'631	-	-	-
P5	Wasser- und Abwasseranlagen	GL/HNF	m2	39'175	-	-	-
P6	Spezielle Anlagen	GL/HNF	m2	39'175	-	-	-
P7	Transportanlagen	Anzahl Anlagen	Stück	11	-	-	-
P8	Ergänzende Leistungen	Summe P1:P7	Fr.	-	-	-	-
Total P		HNF	m2	39'175	-	-	-

Q	Betriebsausrüstung	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
Q0	Apparate	HNF	m2	39'175		-	-
Q1	Feste Ausrüstung	HNF	m2	39'175		-	-
Q2	Produktionsanlage	HNF	m2	39'175		-	-
Q3	Spezielle Inbetriebsetzung	HNF	m2	39'175		-	-
Q4	Energieversorgung	HNF	m2	39'175		-	-
Q5	Steuerungs- und Sicherheitsanl.	HNF	m2	39'175		-	-
Q6	Transportmittel	HNF	m2	39'175		-	-
Total Q		HNF	m2	39'175		-	-
R	Ausstattung	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
R0	Allgemeine Möbel	HNF	m2	39'175		-	-
R1	Nutzungsspezifische Möbel	HNF	m2	39'175		-	-
R2	Geräte	HNF	m2	39'175	1.00	39'175	1.00
R3	Beleuchtungskörper	HNF	m2	39'175	7.50	293'811	7.50
R4	Beschilderung	HNF	m2	39'175	2.50	97'937	2.50
R5	Kleininventar	HNF	m2	39'175	1.00	39'175	1.00
R6	Textilien	HNF	m2	39'175		-	-
R7	Verbrauchsmaterial	HNF	m2	39'175		-	-
R8	Künstlerischer Schmuck	HNF	m2	39'175		-	-
Total R		HNF	m2	39'175	12	470'097	12.00
T	Umgebung	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
T0	Allg. Baustelleneinricht, Gerüste	Element T1:T8	Fr.	967'500	0.02	19'350	0.49
T1	Terraingestaltung	V Erdbewegung	m3	2'400	25.00	60'000	1.53
T2	Umgebungsbauwerke	GL/UGF	m2	2'400	90.00	216'000	5.51
T3	Ver-, Entsorgungsleit. im Grundst.	Leitungslänge	m	300	350.00	105'000	2.68
T4	Grünflächen	F Grünfläche	m2	400	50.00	20'000	0.51
T5	Hartflächen	F Hartflächen	m2	1'400	320.00	448'000	11.44
T6	Einfriedungen (Umgebung)	L Einfriedung	m	450	50.00	22'500	0.57
T7	Elektro- und Wasserinstallationen	GL/UGF	m2	2'400	20.00	48'000	1.23
T8	Ausstattung und Geräte	GL/UGF	m2	2'400	20.00	48'000	1.23
Total T		Bearbeitete UGF	m2	2'400	411	986'850	25.19
V	Baunebenkosten	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
V0	Allgemeine Baunebenkosten	Element B:U	Fr.	70'825'746		-	-
V1	Wettbewerbe	Element B:U	Fr.	70'825'746		-	-
V2	Bewilligungen und Gebühren	Element B:U	Fr.	70'825'746	0.005	354'129	9.04
V3	Vergütungen an Dritte	GL/Element B:U	Fr.	70'825'746		-	-
V4	Finanzierung ab Baubeginn	Element A:T+W	Fr.	94'385'068		-	-
V5	Bauherrenleistungen	Element B:T+W	Fr.	77'225'068	0.025	1'930'627	49.28
V6	Vermessungen, Vermarchung	GL/Element B:U	Fr.	70'825'746		-	-
V7	Kunst am Bau	GL/Element B:U	Fr.	70'825'746		-	-
Total V		Element B:U	Fr.	70'825'746	0	2'284'755	58.32
W	Honorare (gemäss SIA)	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
W0	Honorare Grundstückserwerb	Element A	Fr.	17'160'000	0.01	171'600	4.38
W1	Honorare Bauvorbereitung	Element B	Fr.	6'037'800	0.05	301'890	7.71
W2	Honorare Bauwerk	Elemente C:O	Fr.	63'330'999	0.09	5'699'790	145.50
W3	Honorare Betriebseinrichtung	Element P	Fr.	-	0.09	-	-
W4	Honorare Betriebsausrüstung	Element Q	Fr.	-	0.09	-	-
W5	Honorare Ausstattung	Element R	Fr.	470'097	0.04	18'804	0.48
W6	Honorare Umgebung	Element T	Fr.	986'850	0.21	207'239	5.29
Total W		Element A:T	Fr.	87985'746	0.07	6'399'322	163.35
X	ÜK und Unvorhergeseh.	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
X0	Rückstellungen	GL/Element A:W	Fr.	94'385'068		-	-
X1	Teuerung	Element A:W	Fr.	94'385'068		-	-
X2	Unvorhergesehenes	Element A:W	Fr.	94'385'068	0.050	4'719'253	1.00
Total X		Element A:W	Fr.	94'385'068	0	4'719'253	120.47
Z	Mehrwertsteuer MWSt	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF
Z0	MWSt für Grundstückserwerb	Element A1:A5	Fr.	1'500'000	0.071	105'948	2.70
Z1	MWSt für Bauvorbereitung	Element B	Fr.	6'037'800	0.071	426'462	10.89
Z2	MWSt für Bauwerk	Element C:D:E:I:M	Fr.	63'330'999	0.071	4'473'193	114.18
Z3	MWSt für Betriebseinrichtungen, - ausrüstung	Element P:Q	Fr.	-	0.071	-	-
Z4	MWSt für Ausstattung	Element R	Fr.	470'097	0.071	33'204	0.85
Z5	MWSt für Umgebung	Element T	Fr.	986'850	0.071	69'703	1.78
Z6	MWSt für Baunebenkosten	Element V	Fr.	2'284'755	0.071	161'377	4.12
Z7	MWSt für Honorare	Element W	Fr.	6'399'322	0.071	451'997	11.54
Z8	MWSt für ÜK und Unvorhergesehenes	Element X	Fr.	4'719'253	0.071	333'330	0.07
Total Z		Element A:X	Fr.	101'389'077	0.06	6'055'214	154.57

Tabelle 14: Berechnung der Erstellungskosten auf Stufe Element

ANHANG 4: Betriebs- und Verwaltungskosten Science Park

BK	Betriebskosten	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF	
BK0	Kleinreparaturen Rohbau I+II, Ausbau	Mietfläche	m2	38'648	0.70	27'054	0.69	
BK1	Wartung, Betrieb Elektroanlagen	Mietfläche	m2	38'648	2.20	85'026	2.17	
BK2	Wartung, Betrieb HLKK - Anlagen	Mietfläche	m2	38'648	0.45	17'392	0.44	
BK3	Wartung, Betrieb Sanitäranlagen	Mietfläche	m2	38'648	1.30	50'243	1.28	
BK4	Wartung, Betrieb Transportanlagen	Mietfläche	m2	38'648	0.98	37'870	0.97	
		Bezugsmenge	Einheit	Faktor	pro Einheit	Betrag	CHF / MF	
	Personenaufzüge	Anzahl		6	140%	1'800	15'120	0.39
	Warenaufzüge	Anzahl		5	150%	2'500	18'750	0.48
	Rolltreppen	Anzahl				13'500	-	-
	Fassadenbefahranlage	Ja / Nein		-		3'500	-	-
	Anpassrampen	Anzahl		10	100%	400	4'000	0.10
	Hebebühne	Anzahl				550	-	-
BK5	Allgemeinstrom	Mietfläche	m2	38'648	0.80	30'919	0.79	
BK6	Wasser, Abwassergebühr	Kubikmeter	m3	21'600	2.70	58'320	1.49	
BK7	Gas/Heizöl/Brennstoff	Mietfläche	m2	38'648	1.90	73'312	1.87	
		Bezugsmenge	Einheit	Faktor	Kennwert	Betrag	CHF / MF	
	Gas	kWh		488'749		-	-	
	Fernwärme	kWh		488'749	100%	0.1500	73'312	1.87
	Öl	Liter		488'749		-	-	
BK8	Aussenanlagen	Mietfläche	m2	38'648	0.76	29'490	0.75	
		Fläche	Anteil in %	Interval p. a.	pro Einheit	Betrag	CHF / MF	
	Reinigung Hartflächen		1'400	50%	52	0.35	12'740	0.33
	Winterdienst Hartflächen		1'400	40%	10	1.50	8'400	0.21
	Grünflächenpflege		400	100%	12	0.55	2'640	0.07
	Laubbeseitigung		2'400	50%	4	0.80	3'840	0.10
	Pflege Bepflanzung		400	50%	2	2.80	1'120	0.03
	Baum- und Strauchschnitt	Anzahl		10	1	75.00	750	0.02
BK9	Anschlussgebühren	Mietfläche	m2	38'648	0.05	1'932	0.05	
BK10	Reinigung Allgemeinflächen	Mietfläche	m2	38'648	4.81	185'916	4.75	
		Fläche	Anteil in %	Interval p. a.	pro Einheit	Betrag	CHF / MF	
	F Allgemeinfläche		9'018	73%	12	0.15	11'850	0.30
	F Sanitärfächen allgemeinbereich		9'018	7%	260	0.72	118'177	3.02
	F Treppenhäuser allgemeinbereich		9'018	20%	52	0.34	31'889	0.81
	Fensterreinigung Allgemeinfläche		8'564		1	9.5	-	-
	Verbrauchsmaterial (Sanitär)	Anzahl Mitarbeiter		1'500	50%	32.00	24'000	0.61
BK11	Fensterreinigung aussen	Mietfläche	m2	38'648	0.93	35'971	0.92	
		Bezugsmenge	Einheit	Interval p. a.	pro Einheit	Betrag	CHF / MF	
	Fensterreinigung aussen	F Fenster/Tür/Tor		8'564	1.00	4.2	35'971	0.92
	Miete Skywalker etc.	F Fenster/Tür/Tor		8'564		9.0	-	-
BK12	Entsorgung	Mietfläche	m2	38'648	1.90	73'432	1.87	
BK13	Bewachung	Mietfläche	m2	38'648	0.50	19'233	0.49	
		Bezugsmenge	Einsatzzeit	Einheit	pro Einheit	Betrag	CHF / MF	
	Einsatz Arbeitstage	Einsatzzeit pro Tag	Stunden	0.6	14'152.0	8'491	0.22	
	Einsatz Feiertage	Einsatzzeit pro Tag	Stunden	1.2	7'018.0	8'422	0.21	
	Alarmeinsätze	Einsätze pro Jahr	Anzahl	10	120.0	1'200	0.03	
	Übermittlungsgebühr	Alarmübermittlung	Prozent	40%	2'800.0	1'120	0.03	
BK14	Hauswartung	Mietfläche	m2	38'648	4.63	179'116	4.57	
		Bezugsmenge	Einheit	LE	pro Einheit	Betrag	CHF / MF	
	Koordinator	Leistungseinheit	LE	0.20	151'200.0	30'240	0.77	
	Techniker	Leistungseinheit	LE	0.60	114'660.0	68'796	1.76	
	Hauswart	Leistungseinheit	LE	0.80	100'100.0	80'080	2.04	
	Teilzeitpersonal	Leistungseinheit	LE		88'200.0	-	-	
BK15	Mietnebenkostenabrechnung	Mietnebenkosten	CHF	905'226	3.0%	27'157	0.69	
	Total Nebenkosten	Mietfläche	m2	38'648	24.12	932'382	23.80	
BK16	Mietnebenkostenentrag pauschal	Mietfläche pauschal	m2	0		0	-	
BK17	Mietnebenkostenentrag Akonto	Mietfläche Akonto	m2	38'585	15.00	578'775	14.77	
BK18	Nachforderung Mietnebenkosten	Mietfläche	m2	38'585	9.16	353'607	9.03	
	Total Ertrag NK	Mietfläche	m2	38'585	24.16	932'382	23.80	
	NK zulasten Nebenkosten	Mietfläche	m2	38'585	0.00	0	0.00	
	NK zulasten Eigentümer	Mietfläche	m2	38'585	0.00	0	0.00	
BK19	Instandhaltungskosten IHK	Erstellungskosten	Fr.	71187'268	0.40%	284'749	7.27	
	BK zulasten Eigentümer total	Mietfläche	m2	38'585	7.38	284'749	7.27	
VK	Verwaltungskosten	Bezugsmenge	Einheit	Menge	Kennwert	Betrag	CHF / MF	
VK0	Bewirtschaftungshonorar	Ist Mietzinsen	Fr.	6'154'950	2.5%	153'874	3.93	
VK1	Versicherungen	GV Wert	Fr.	94'385'068	0.210%	198'209	5.06	
VK2	Liegenschafts- und Grundsteuer	Steuerwert	Fr.	94'385'068	0.050%	47'193	1.20	
VK3	Miteigentumsanteil	GL/Element A:W	Fr.	94'385'068	-	-	-	
VK4	Baurechtszinsen	GL/Element A:W	Fr.	94'385'068	-	-	-	
VK5	Wiedervermietung, Promotion	Faktor für dynamische Betrachtungen			10%	-	-	
	Total VK	Mieteinnahmen	CHF	6'154'950	0.06	399'275	10.19	

Tabelle 15: Detaillierte Berechnung der Betriebs- und Verwaltungskosten

ANHANG 5: Szenarien DCF Bewertung Science Park Planungsphase

Abbildung 41: DCF Bewertung in der Wahrscheinlichkeitsfläche {25%,0%}

Abbildung 42: DCF Bewertung in der Wahrscheinlichkeitsfläche {50%}

Zeilenschema	Ergebnis 2008	Budget 2009	2010	2011	2012	2013	Planung 2014	2015	2016	2017	2018	Exi 2018
Brutomiete Soll	0	6'154'950	6'216'500	6'278'664	6'341'451	6'404'866	6'468'914	6'533'603	6'598'939	6'664'929	6'731'578	6'731'578
Leerstände	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etragsausfälle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bruttoertrag	0	6'154'950	6'216'500	6'278'664	6'341'451	6'404'866	6'468'914	6'533'603	6'598'939	6'664'929	6'731'578	6'731'578
Leerstand in % Bruttomiete Soll	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BKE Betriebskosten zulasten Eigentümer	0	284'749	287'596	290'472	293'377	296'311	299'274	302'267	305'289	308'342	311'426	311'426
VK0 Bewirtschaftungshonorar	0	153'874	155'413	156'967	158'537	160'122	161'723	163'340	164'974	166'623	168'290	168'290
VK1 Versicherungen	0	198'209	200'191	202'193	204'215	206'257	208'320	210'403	212'507	214'632	216'778	216'778
VK2 Liegenschafts- und Grundsteuer	0	47'193	47'665	48'142	48'623	49'109	49'600	50'096	50'597	51'103	51'614	51'614
VK3 Mietgegenwartsumsatzteil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VK4 Baurechtszinsen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VK5 Wiedervermietung Promotion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betriebs- und Verwaltungskosten	0	684'025	690'865	697'774	704'752	711'799	718'917	726'106	733'367	740'701	748'108	748'108
BK-VK in % Bruttomiete Soll	0,00	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11
IS Instandsetzungskosten werterhaltend	0	0	0	0	0	165'982	0	193'329	1'550'609	0	165'982	632787
Nettoertrag	0	5'470'925	5'525'634	5'580'891	5'636'699	5'527'084	5'749'997	5'614'168	4'314'963	5'924'228	5'817'488	5'350'683
IS Instandsetzungskosten wertvermehrend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cash Flow vor finanziellen Kosten	0	5'470'925	5'525'634	5'580'891	5'636'699	5'527'084	5'749'997	5'614'168	4'314'963	5'924'228	5'817'488	5'350'683
Durchschr. Brutto-Soll-Rendite	6,35											
Durchschr. Brutto-Ertrags-Rendite	6,35											
Durchschr. Netto-Rendite	5,44											
Nutzfläche m ²	38585											
Kapitalisierung Rendwert	5,50%	5'470'925	5'525'634	5'580'891	5'636'699	5'527'084	5'749'997	5'614'168	4'314'963	5'924'228	5'817'488	95'339'444
Verkaufs kosten	2,00%											
Jährliche Miete steige rung	1,00%	0,974	0,923	0,875	0,829	0,786	0,745	0,706	0,669	0,634	0,601	0,601
Kapitalisierung Ertragswert	5,50%	5'326'409	5'099'216	4'881'714	4'673'490	4'343'702	4'283'306	3'964'098	2'887'910	3'758'252	3'498'140	57'329'893
Leerstand in % Sollmiete												
Jährliche Kosten steige rung	1,00%	6,15	6,21	6,28	6,34	6,40	6,47	6,53	6,60	6,66	6,73	
Kapitalisierung Wertvermehrung	7,00%	5,47	5,52	5,58	5,63	5,52	5,75	5,61	4,31	5,92	5,81	

Abbildung 43: DCF Bewertung in der Wahrscheinlichkeitsfläche {100%,75%}

ANHANG 6: Budgetplanungsbeispiel für das Element ‚E1 Dächer‘

Instandsetzungsstrategie: Betrachtungszeitpunkt Budget 2038			Inbetrieb- setzungsjahr	Vorschlagswert								Risiko 1-3		Bemerkungen
	Zeitpunkt frühzeitig	Zeitpunkt durchschnittlich		2038	2039	2040	2041	2042	2043	7	4	aktueller Zustand 1-10	Interventionszustand 1-10	
x	Zeitpunkt durchschnittlich	Zeitpunkt spät										nicht bewertbar / nicht zugänglich		
	Crash Strategie											Sonderinspekt. notwendig		
x	Standard beibehalten											Personenrisiko	Sachwertrisiko	
	Standard ausbauen, entwickeln													
E	Rohbau	Geb. oberh. Bodenpl.	Betrag	CHF / MF										
E1	Dächer		3'699'536	94.44	990	2'487	-	-	-	405	296			
	E1 200 Tragwerk Flachdach		1'215'126	31	-	-	-	-	-	-	-	8	4	-
	Tragwerk Beton		319'770	8	2008	-						8	4	
	Tragwerk Stahl		895'356	23	2008	-						8	4	
	E1 300 Entwässerung, Durchdring. Abschlüsse		620'000	16	225	744	-	-	-	170	-	6	4	-
	Dachwassereinläufe Flachdach		80'000	2.04	2008	60	96			36	-	6	4	
	Dachwasserentsorgungsleitung Flachdach		350'000	8.93	2008	50	420			20	-	6	4	
	Durchdringung klein Flachdach		54'000	1.38	2008	15	65			50	-	6	4	
	Durchdringung gross (Kamine etc.) Flachdach		16'000	0.41	2008	20	19			-		7	4	
	Randabschluss Flachdach		120'000	3	2008	80	144			64	-	6	4	
	E1 500 Flachdachbeläge		831'402	21	740	753	-	-	-	220	244	6	4	-
	PVC Umkehrdach		441'864	11	2008	520	530			-		4	4	1 Dach ist sanierungsbedürftig
	Foamglas		203'490	5	2008	-				220	244	6	4	Dachabschnitt in sehr gutem Zustand
	Dachbegrünung extensiv		186'048	5	2008	220	223			-		6	4	1
	E1 600 Dacheinbauten, Aufbauten		43'008	1	25	-	-	-	-	15	52	-	-	-
	Blitzschutzanlagen		43'008	1	2008	25	-			15	52	8	4	

Tabelle 16: Beispiel Budgetplanung für das Element ‚E1 Dächer‘

LITERATURVERZEICHNIS

Amt für Bundesbauten (1995): Nutzungszeiten von Gebäuden und Bauteilen; Amt für Bundesbauten; Bern 1995

CRB (1989-1999): Diverse Artikel aus Bulletin CRB, Jahrgänge 1989-1999.

DIN 31051 Grundlagen der Instandhaltung (Juni 2003): Deutsche Norm; Beuth Verlag GmbH; Berlin 2003.

Genre J.-L., Flourentzou F., Faist A. (1998): EPIQR: a new refurbishment concept; Second European Conference: Energy Performance and Indoor Climate in Buildings (EPIC); Lyon 19.-21. November 1998.

Genre J.-L., Flourentzou F., Faist A. (1998): MEDIC: Prediction methode of probable detoriations scenarios and refurbishment investment budgets; Second European Conference: Energy Performance and Indoor Climate in Buildings (EPIC), Lyon 19.-21. November 1998.

Impulsprogramm des Bundesamtes für Konjunkturfragen (1994): Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten; Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale: Bern 1994.

LKP Liegenschaftenkontenplan (1977): Norm SNV 506 501; CRB, Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung: Zürich 1977.

Meyer Paul (1997): Gesamtleitung von Bauten; Vorlesungsskript September 1997; ETHZ, Zürich 1997.

Meyer Paul (1998): Baukosten-Kennzahlensystem – Benchmark für Neubauten, Kostenrichtwerte für Gebäudeerneuerung; Bundesamt für Berufsbildung und Technologie, ETHZ, Zürich 1998.

Meyer Paul (1998): Optimierung von Instandsetzungszyklen und deren Finanzierung bei Wohnbauten (Vorabzug), Zürich 1998.

SIA dokumentation d0165 Kennzahlen im Immobilienmanagement (2000): SIA: Zürich 2000.

SIA-Norm 469 Erhaltung von Bauwerken (1997): SIA: Zürich 1997.

SIA / Tech 21 (1989-2008): Diverse Artikel aus SIA / Tech 21 – Heften, Jahrgänge 1989-2008.

Stoy Christian (2007): Vorlesungsskript Kostenplanung vom 11.08.2007; CUREM, Zürich 2007

www.crb.ch, Allgemeine Informationen zu DUEGA.

www.effi-bat.epfl.ch, Informationsmaterial zu JOULE und EPIQR, diverse Vorträge.

www.sienceparkbasel.ch, Informationsmaterial zum Projekt Science Park Basel

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Masterthesis

,Lifecycle-Kosten auf der Basis dynamischer Restnutzungsdauern von Bauelementen'

selbst angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Berikon, den 15. 08. 2008

Unterschrift