



Doctoral Thesis

Life Cycle Costs of Underground-Stations

submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Doctor of Science in Civil Engineering
of the Vienna University of Technology, Faculty of Civil Engineering

Dissertation

Lebenszykluskosten von U-Bahnstationen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der technischen Wissenschaft
eingereicht an der Technischen Universität Wien Fakultät für Bauingenieurwesen
von

Dipl.-Ing. Andreas Makovec
Matrikelnummer 0525632

Gutachter: O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c.
Hans Georg Jodl
Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Technische Universität Wien

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid
Institut für Bau- & Infrastrukturmanagement
ETH Zürich

Danksagung

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Hans Georg Jodl, der nicht nur zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen hat, sondern mir bereits während der Zeit an der Technischen Universität Wien ermöglicht hat, wertvolle Erfahrungen für die Zukunft zu sammeln.

Ein herzlicher Dank geht auch nach Zürich an Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid für den Einsatz als Zweitbegutachter meiner Arbeit.

Desweiteren möchte ich mich bei jenen Bedanken, die diese Dissertation möglich gemacht haben: Arch. Dipl.-Ing. Gerhard Moßburger, Dipl.-Ing. Günter Steinbauer, Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Ossberger sowie allen Mitarbeitern der Wiener Linien, die mich tatkräftig mit Daten und ihrer Expertise unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gilt auch meinem früheren Vorgesetzten und heutigem Freund Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Schranz M.Sc. für die fachliche, aber besonders für die moralische Unterstützung während der Erstellung dieser Arbeit.

Danke auch an meine Freunde und Kollegen, die mich immer wieder motiviert und für den notwendigen Ausgleich gesorgt haben.

Eine Dissertation ist manchmal auch ein steiniger Weg. Umso schöner ist es, wenn man auf die Unterstützung seiner Familie zählen kann.

Ein besonderer Dank gilt meiner Freundin Irene, die mittlerweile eine halbe Bauingenieurin geworden ist.

Kurzfassung

Der Verkehrsbetrieb Wiener Linien GmbH & CO KG (im Folgendem als Wiener Linien bezeichnet) beförderte im Jahr 2012 mehr als 900 Mio. Fahrgäste, davon benutzten ca. 590 Mio. das Wiener U-Bahnnetz. Im Vergleich beförderte die ÖBB ca. 460 Mio. Fahrgäste. Die U-Bahn leistet daher einen wesentlichen Beitrag zur Mobilität in Wien. Um diese Dienstleistung erbringen zu können, ist eine entsprechende bauliche Infrastruktur notwendig.

Die Wiener Linien GmbH & Co KG ist ein zukunftsorientiertes Unternehmen und daher bestrebt eine nachhaltige Infrastruktur zu errichten. Das bedeutet, bereits in der Planungsphase werden Folgekosten von Gebäuden mit berücksichtigt, um vorhandene Optimierungspotentiale nutzen zu können. Am 10.08.2011 wurde daher ein Forschungsprojekt gestartet, um die Lebenszykluskosten von U-Bahn-Stationen zu untersuchen. Ziel dieser Arbeit ist es, das bestehende Netz zu analysieren und Strategien für die Zukunft abzuleiten.

André Malraux schrieb folgendes Zitat: „Wer in der Zukunft lesen will, muss in der Vergangenheit blättern.“ Dieses Zitat trifft den Kern dieser Arbeit.

U-Bahn-Stationen sind aufgrund ihrer hohen Komplexität nicht mit anderen Gebäudetypen vergleichbar. Dies hat zur Folge, dass bestehende LCC-Programme und die darin hinterlegten Daten nicht geeignet sind, um zuverlässige Prognosen zu erstellen. Daher war es notwendig, ein völlig neues Modell zu entwickeln, das diesen Ansprüchen gerecht wird.

Modelle werden auf Basis gewonnener Erfahrungen bzw. Daten erstellt. Im Zuge dieser Arbeiten wurden aus den unterschiedlichsten Quellen Daten erhoben und miteinander verknüpft. Dies ermöglicht, Buchhaltungsdaten, persönliche Aufzeichnungen sowie persönliche Erfahrungen der Experten in einem einzigen Modell zu bündeln. Die unterschiedliche Detailtiefe der Daten erfordert eine flexible Struktur des Modells. Eine hierarchische Struktur, wie sie z.B. in bestehender Software vorausgesetzt wird, ist somit nicht umsetzbar. Das erstellte Modell berücksichtigt die heterogene Detailtiefe der Daten und liefert je nach Kostenart eine bestmögliche Prognose.

Jede Prognose ist mit Unschärfen behaftet. Die Prognose von Lebenszykluskosten reicht weit in die Zukunft, zusätzlich wird diese von einer Vielzahl äußerer Randbedingungen beeinflusst. Faktoren wie Verzinsung und Preisentwicklungen spielen daher eine zentrale Rolle. Im Zuge dieser Arbeit werden die maßgebenden Preisentwicklungen analysiert und in das Modell integriert. Jede Kostenart kann mit einem entsprechenden Index angepasst werden. Dies ermöglicht, eine fundierte Prognose zukünftiger Budgets zu erstellen.

Auch wenn jede Prognose mit Unschärfen behaftet ist, ist der Autor davon überzeugt, dass diese einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung von Lebenszykluskosten beitragen kann.

Abstract

The public transport company of Vienna, Wiener Linien GmbH & Co (in the following referred to as Wiener Linien), runs a vast and highly frequented net of underground railways. The company considers the sustainability of their infrastructure by looking at Life-Cycle-Costs (LCC) in the early stages of the design process of their new underground stations, thereby creating a sustainable infrastructure. Furthermore Wiener Linien are planning a next phase where the already existing infrastructure will be analysed in order to develop future strategies, which is the starting point of this thesis.

The aim of this thesis is to create a reliable model which accurately predicts future costs of the Wiener Linien's underground system. Underground stations are highly complex buildings, which is why existing LCC programs and databases cannot adequately predict their cost. The new calculation model presented in this thesis was developed on the grounds of accounting data, personal records and personal experience of Wiener Linien staff. Seeing as the level of detail in the data is heterogenous, the model's structure has to be fairly flexible in order to provide the best possible prognosis.

Like any forecast, the LCC provided by this model is also affected by blurring. There are a number of external constraints, such as interest rate and inflation, which influence a prognosis that extends far into the future. In this thesis, however, particular attention was given to first analysing and then integrating the relevant rising prices. Each type of cost can be adjusted individually to an appropriate index, allowing for well-founded and precise forecasts of future budgets. Even though the model presented in this thesis cannot completely diminish blurring, the author is convinced that the model can make a significant contribution to the optimization of life-cycle-cost.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Methodik	4
2.1	Daten.....	4
2.2	Parameterstudie.....	5
2.3	Datenaufbereitung.....	5
2.3.1	Finanzbuchhaltung/Kostenrechnung.....	5
2.3.2	Persönliche Erfahrungen der Fachreferenten	6
2.4	Datenanalyse.....	7
2.5	Prognose der äußeren Randbedingungen.....	8
2.6	Konzept.....	8
3	Statistische Grundlagen der Datenauswertung	10
3.1	Deskriptive Statistik.....	10
3.1.1	Grundlagen Histogramm-Verteilung.....	10
3.1.2	Grundlagen – Kennzahlen	11
3.2	Regressionsanalyse	12
3.2.1	Modellformulierung.....	12
3.2.2	Schätzung der Regressionsfunktion	12
3.2.3	Bestimmtheitsmaß	13
3.2.4	F-Statistik	14
3.3	Zeitreihenanalyse - Zeitregression.....	14
3.3.1	Visualisierung der Zeitreihe.....	14
3.3.2	Formulierung eines Modells	15
3.3.3	Qualität der Prognose.....	15
4	Investitionsrechnung.....	17
4.1	Statische Modelle	17
4.1.1	Kostenvergleichsrechnung.....	17
4.2	Dynamische Modelle – Kapitalwertmethode	18
4.2.1	Beispiel Aufzinsung – Endwert.....	19
4.2.2	Beispiel Abzinsung – Barwert	19
5	Bedarfsermittlung.....	20
5.1	Flächenbedarf.....	20
5.1.1	Datenbestand – Raumliste Instandhaltung.....	20
5.1.2	Datenaufbereitung.....	21
5.1.3	Datenauswertung.....	21
5.1.4	Datenbestand – Raumliste Reinigung.....	24
5.1.5	Datenaufbereitung.....	25

5.1.6	Datenauswertung.....	25
5.2	Gegenüberstellung der Raumlisen	27
5.3	Statistische Auswertung der wichtigsten Raumkategorien	30
5.3.1	Technikraum	30
5.3.2	Bahnsteig.....	33
5.3.3	Gang.....	36
5.3.4	Passage.....	39
5.3.5	Lager/Archiv	42
5.3.6	Stiege.....	45
5.3.7	Halle.....	47
5.3.8	Leerraum	50
5.3.9	Sanitärraum.....	52
5.3.10	Sonstige Flächen.....	55
5.3.11	Gesamte Station.....	58
5.4	Flächenbedarf – Abhängig von der Höhenlage.....	61
5.5	Flächenbedarf – Entwicklung über die Zeit.....	63
5.5.1	Raumbuch Instandhaltung	63
5.5.2	Besonderheiten Otto-Wagner-Stationen	64
5.5.3	Raumliste Reinigung.....	66
5.5.4	Besonderheiten Otto-Wagner-Stationen	67
6	Kosten – äußere Randbedingungen.....	68
6.1	Inflation – Verbraucherpreisindex.....	69
6.2	Modellvergleich linear – exponentiell.....	71
6.3	Tariflohnindex.....	72
6.4	Energiepreise.....	73
6.5	Großhandelspreisindex	76
6.6	Baupreisindex Hochbau gesamt.....	77
6.7	Sonstige Indizes	79
6.8	Verzinsung.....	79
6.9	Baukostenveränderungen – Aufzüge	80
7	Kritische Betrachtung der Modelle	84
7.1	Modell – Keine Preissteigerung, keine Verzinsung.....	84
7.2	Modell – Preissteigerung, keine Verzinsung	85
7.3	Modell – Preissteigerung, Verzinsung 4%.....	87
7.4	Modell – Zinsvergleich Barwert	89
7.5	Fazit.....	90
8	Kosten.....	93

8.1	Überblick der Buchhaltung	93
8.1.1	CO Nummern.....	93
8.1.2	PSP Element.....	93
8.1.3	Kostenstellen – Kostenarten	93
8.2	Stationsaufsicht	95
8.2.1	Daten	95
8.2.2	Datenauswertung.....	95
8.3	Reinigung	98
8.3.1	Daten	98
8.3.2	Datenauswertung.....	100
8.4	Bauliche Instandhaltung	130
8.4.1	Daten	130
8.4.2	Datenauswertung.....	137
8.4.3	Instandhaltung – Gewerke.....	150
8.5	Bauliche Instandsetzung	152
8.5.1	Daten	152
8.5.2	Datenauswertung.....	153
8.5.3	Entwicklung der Instandsetzungskosten.....	155
8.6	Winterdienst.....	157
8.6.1	Daten	157
8.6.2	Datenauswertung.....	159
8.7	Aufzüge	161
8.7.1	Planungsvorschriften.....	161
8.7.2	Ausschreibungsbedingungen	161
8.7.3	Daten	162
8.7.4	Kosten Neubau	164
8.7.5	Kosten Wartung	166
8.8	Fahrtreppen	171
8.8.1	Planungsvorschriften.....	171
8.8.2	Ausschreibungsbedingungen	171
8.8.3	Daten	172
8.8.4	Kosten Neubau	175
8.8.5	Kosten Wartung	178
8.8.6	Maschinenleistung Fahrtreppe	183
8.8.7	Fahrtreppe vs. Aufzug.....	184
8.9	Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär (HKLS).....	186
8.9.1	Daten	186

8.9.2	Errichtungskosten.....	187
8.9.3	Instandhaltungskosten.....	190
8.9.4	Instandsetzungskosten	192
8.10	Strom	195
8.10.1	Daten.....	195
8.10.2	Datenauswertung.....	197
8.11	Fernwärme und Gas.....	210
8.11.1	Daten.....	210
8.11.2	Datenauswertung.....	210
8.12	Sonstige Kosten – Gebühren.....	214
8.12.1	Daten.....	214
8.12.2	Datenauswertung.....	215
8.12.3	Grundsteuer	215
8.12.4	Gebühren für Müllabfuhr/Müllentsorgung	216
8.12.5	Gebühren Wasser und Abwasser.....	218
8.13	Verwaltung.....	220
9	Dokumentation	221
9.1	Outputparameter (Kosten)	221
9.1.1	Örtliche Zuordnung der Kosten.....	221
9.1.2	Kostenarten	221
10	LCC-Berechnungstool	222
10.1	Allgemeine Daten.....	223
10.2	Stationsaufsicht.....	224
10.3	Winterdienst.....	226
10.4	Reinigung.....	227
10.5	Aufzüge	228
10.6	Fahrtreppen.....	229
10.7	Strom	230
10.8	Heizung.....	232
10.9	HKLS	233
10.10	Bauliche Instandhaltung/Instandsetzung	234
10.11	Gebühren/sonstige Kosten	235
10.12	Ergebnisse	236
11	LCC-Vergleichstool.....	239
11.1	Eingabe Basisdaten.....	239
11.2	Eingabe Variante.....	240
11.3	Ergebnisse	241

11.4	Detaillierte Ergebnisse	243
11.5	Anwendungsbereich.....	245
12	Resümee.....	246

Abkürzungen

BGF	Bruttogeschoßfläche
BMWFJ	Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend
EPI	Energiepreisindex
exkl.	exklusive
GHPI	Großhandelspreisindex
HKLS	Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär
KV	Kollektivvertrag
LC	Lebenszyklus
LCC	Lebenszykluskosten
LV	Leistungsverzeichnis
MSR	Mess- und Regelungstechnik
MwSt.	Mehrwertsteuer
PA	Pauschale
R ²	Bestimmtheitsmaß
Sig.	Signifikanz
SPSS	Statistiksoftware IBM SPSS Statistics
TLI	Tariflohnindex
TLL	Trockenlöschleitung
VE	Verrechnungseinheit
VPI	Verbraucherpreisindex
IBM	International Business Machines Corporation
ÖSPI	Österreichischer Strompreisindex
BKI	Baukostenindex

1 Einleitung

Die Wiener U-Bahn leistet einen wesentlichen Beitrag zur Mobilität in der Stadt. Damit verbunden ist eine Vielzahl an Bestandsgebäuden, zusätzlich wird das Netz ständig erweitert, um den Anforderungen gerecht zu werden.

Die Nachhaltigkeit von Gebäuden spielt eine immer wichtigere Rolle. Dies betrifft nicht nur die ökologische, sondern in einem hohem Maß die ökonomische Nachhaltigkeit. U-Bahnstationen haben eine sehr lange Lebensdauer, welche die eines typischen Bürogebäudes bei weitem übertrifft. Die Kosten im Betrieb überschreiten daher die Errichtungskosten. Umso wichtiger ist es, Folgekosten prognostizieren und in der Folge optimieren zu können.

Im österreichischen Normungswesen findet man zwei Normen, die sich mit Lebenszykluskosten von Gebäuden beschäftigen. Dies sind die ÖNORM B1801-1¹ und ÖNORM B1801-2². Die ÖNORM B1801-1 umfasst die Errichtung von Objekten und gibt dabei Hilfestellung bei der Kosten- und Terminplanung, sowie bei der Gliederung der Bauteile und Leistungen. Für die Abschätzung der Errichtungskosten existieren bereits wirksame Werkzeuge, um mit fortschreitendem Planungsverlauf zufriedenstellende Prognosen der Errichtungskosten erzielen zu können. Die Forschungsarbeit beschränkt sich daher ausdrücklich auf die Objekt-Folgekosten (exklusive Objektbeseitigung). Diese werden in der ÖNORM B1801-2 geregelt und in 9 Hauptgruppen eingeteilt:

- Verwaltung
- Technischer Gebäudebetrieb
- Ver- und Entsorgung
- Reinigung und Pflege
- Sicherheit
- Gebäudedienste
- Instandsetzung, Umbau
- Sonstiges
- Objektbeseitigung, Umbau

Im Unterschied zur DIN 18960³ werden keine Kapitalkosten (Finanzierungskosten) berücksichtigt, da diese von der Finanzierung und den Beteiligten abhängig und somit nur begrenzt vergleichbar sind.

Mittlerweile gibt es eine Reihe von Softwarelösungen, die eine Hilfestellung bei der Prognose von Lebenszykluskosten sein können. Im Rahmen einer Diplomarbeit⁴ wurden die zwei in Österreich gängigsten Softwarelösungen näher untersucht, um die Anwendbarkeit auf U-Bahnstationen bzw. die Stärken und Schwächen bestehender Software beurteilen zu können. Die betrachteten Programme waren ABK-LEKOS der Firma ibdata GmbH und LEGEP der Firma WEKA MEDIA GmbH & Co.KG. Es stellte sich heraus, dass diese Programme nur begrenzt auf U-Bahnstationen anwendbar sind. Aufgrund der

¹ [18] ÖNORM B 1801-1:2009-06-01

² [19] ÖNORM B 1801-2:2011-04-01, S.7

³ [2] DIN 18960:2008-02, S.7

⁴ [27] Steinschaden, Winkler, 2012

besonderen Anforderungen und der intensiven Nutzung sind die implementierten Kostenansätze nicht auf U-Bahnstationen anwendbar. Auch die bei Wohn- und Bürogebäuden üblichen Modelle sind nicht übertragbar, da diese nicht mit den Daten der Wiener Linien kompatibel sind. Es war daher notwendig, ein maßgeschneidertes Prognosemodell zu entwickeln, das die Komplexität der U-Bahnstationen und die damit verbundene Komplexität der Daten abbilden kann. Dies ist immer dann sinnvoll, wenn besondere Anforderungen an das Prognosemodell gestellt werden und existierende Modelle diese nicht abdecken können.⁵

Geschichtliche Entwicklung der U-Bahn

Die U-Bahn in Wien hat bereits eine lange Geschichte. Zum 40. Jubiläum wurde die Historie in dem Buch „Das Wiener U-Bahn-Netz“⁶ aufgearbeitet, die wiedergegebenen Inhalte sind diesem Buch entnommen.

Um die bauliche Struktur der Wiener U-Bahn-Stationen zu verstehen, ist es notwendig, die Entstehungsgeschichte der U-Bahn-Stationen zu kennen. Dies betrifft vor allem die Linie U4 und Teile der U6, die bereits um 1898 als Stadtbahn geführt wurden. Aus dieser Zeit stammen die heute noch erhaltenen Stationen von Otto Wagner, welche besondere Anforderungen an die bauliche Erhaltung stellen.

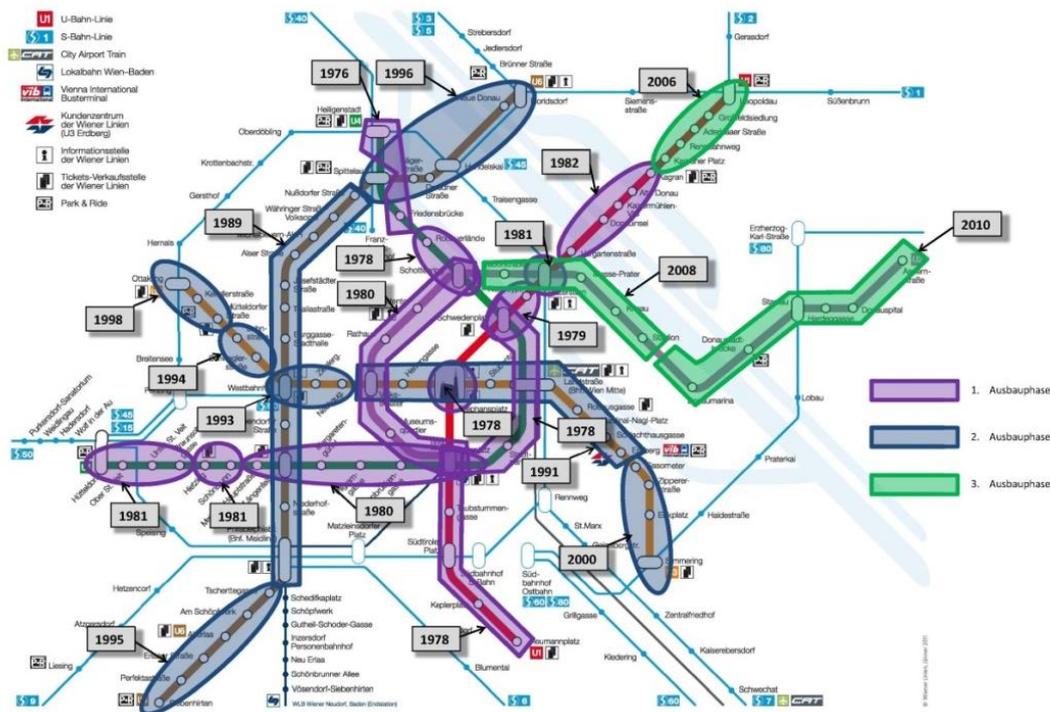


Abbildung 1.1: Stationsgruppierung nach Eröffnungsdatum⁷

⁵ Vgl. [10] Jodl, 2010,
[11] Jodl, 2010,
[6] Girmscheid, 2006
[5] Girmscheid, 2007

⁶ [8] Hödl, 2009

⁷ Die Eröffnungszeitpunkte wurden aus folgenden Quellen entnommen und in den Netzplan eingetragen:
[8] Hödl, 2009, [9] Hödl, 2011

Die erste Ausbaustufe der Wiener U-Bahn wurde 1978 eröffnet. Seit dieser Zeit wurde das Wiener U-Bahnnetz Stück für Stück erweitert und wuchs so zu einem umfangreichen Verkehrsnetz. Für die Analyse der Lebenszykluskosten ist diese Entwicklung von zentraler Bedeutung, da im Laufe der Zeit unterschiedliche Ausbaustandards zur Anwendung kamen und der Gebäudebestand durch 3 wesentliche Ausbauphasen geprägt ist.

In Abbildung 1.1 ist die schrittweise Erweiterung des Wiener U-Bahnnetzes zu erkennen. Die verschiedenen Farben stellen unterschiedliche Ausbauphasen dar, weiters wurden die Stationen nach Eröffnungsdatum gruppiert.

2 Methodik

Lebenszykluskosten werden von einer Vielzahl an Parametern beeinflusst. Diese können in einem direkten Zusammenhang mit dem Gebäude stehen (Entwurf, gewählte Materialien usw.) und somit direkt beeinflusst werden. Es gibt aber auch Einflussgrößen die nur indirekt beeinflusst werden können, wie z.B. Preissteigerungen oder die Verzinsung (Zinssatz). Diese Einflussgrößen werden in weiterer Folge als äußere Randbedingungen bezeichnet.

2.1 Daten

Jede Prognose basiert auf Erfahrungen der Vergangenheit. Um eine bestmögliche Prognose liefern zu können, müssen daher möglichst viele Erfahrungen (Daten) in das Prognosemodell einfließen. Dabei werden Daten aus Neubau, Nutzung, Erneuerung und Rückbau benötigt.⁸

In dieser Arbeit wurden Daten der Wiener Linien⁹, der Statistik Austria und der Literatur herangezogen. Die verwendeten Datenquellen sind in Abbildung 2.1 dargestellt.

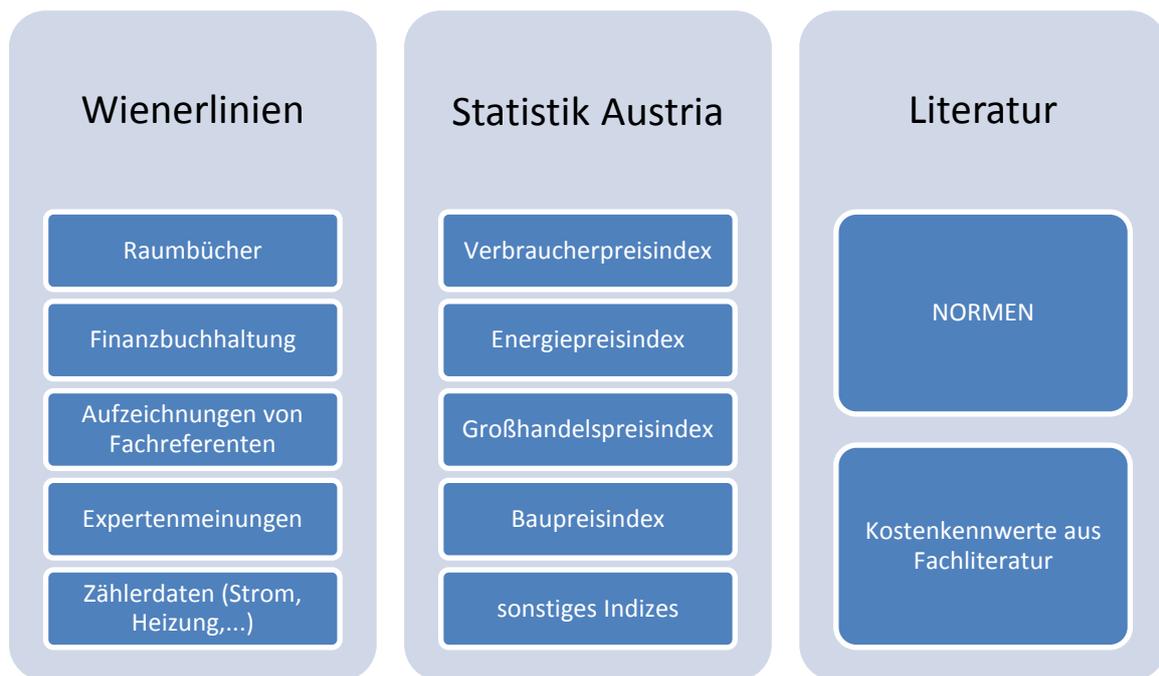


Abbildung 2.1: Datenbasis

Seitens der Wiener Linien fließen sowohl Kostendaten als auch Informationen der Gestaltung der Stationen (Flächen, Höhenlage, Aufzüge Fahrtreppen, usw.) in das Prognosemodell ein. Diese wurden teilweise mit Werten der Literatur ergänzt. Die Daten der Statistik Austria dienen der Prognose der äußeren Randbedingungen.

⁸ Vgl. [13] König et al., 2009, S.19

⁹ Wiener Linien GmbH & Co KG: Betreiber des Wiener U-Bahnnetzes

2.2 *Parameterstudie*

Viele Untersuchungen über Lebenszykluskosten beschränken sich auf die Analyse von Bauteilkosten. Dies ist nach Meinung des Autors jedoch zu kurz gegriffen. Die Arbeit geht daher einen Schritt weiter und versucht zu klären, welche Parameter für den Bedarf an Flächen, Aufzügen, Fahrtreppen usw. verantwortlich sind und wie groß deren Auswirkung auf die Lebenszykluskosten des gesamten Gebäudes ist.

Der Zusammenhang zwischen Bedarf und Lebenszykluskosten ist in Formel (1) verdeutlicht.

$$\text{Lebenszykluskosten} = \sum \text{Bedarf}_i(\text{Parameter}) \cdot \text{LCC}_i \quad (1)$$

Die wichtigsten Einflussparameter einer Station sind dabei:

- Höhenlage der Station
- Anzahl der Linien in einer Station
- Baujahr (Ausbauphase)

Diese Einflussparameter werden mit Hilfe der Stochastik untersucht und deren Einfluss auf Flächen, Aufzüge, Fahrtreppen usw. dargestellt.

2.3 *Datenaufbereitung*

Der Kern jeder Lebenszykluskostenbetrachtung ist die Ermittlung von Kostenkennwerten und deren Einflussparametern. Bei der Prognose von Lebenszykluskosten eines Gebäudes treten Kosten häufig in großen Zyklen auf. Daher ist es wichtig Daten über einen möglichst langen Zeitraum für die Analyse heranzuziehen. In der Regel wurden diese jedoch nicht expliziert für die LCC-Prognose erfasst. Dies hat zur Folge, dass die erhobenen Daten sehr heterogen sind. Der Umgang mit solchen Daten und mögliche Lösungen zur Datenaufbereitung wurden im Artikel: „Datenerhebung für Lebenszykluskosten bestehender Bauwerke“¹⁰ gezeigt und soll zum besseren Verständnis kurz wiedergeben werden.

Die Erstellung einer Kostenprognose benötigt zwei wesentliche Informationen:

- Höhe der Kosten
- Intervall der Kosten

Aufbauend auf diesen Informationen werden die Lebenszykluskosten berechnet. Vor Beginn der Analyse der Daten ist es notwendig, die vorhandenen Informationen aufzubereiten und zu verknüpfen. Die Möglichkeiten der Aufbereitung sind dabei von der Art und der Herkunft der Daten abhängig.

2.3.1 *Finanzbuchhaltung/Kostenrechnung*

Ein Teil der Kostendaten kann aus der Finanzbuchhaltung gewonnen werden. Diese ist gesetzlich vorgeschrieben und muss mindestens über einen Zeitraum von 7 Jahren aufbewahrt werden (siehe §132 Bundesabgabenordnung). Die Dokumentation erfolgt jedoch nach anderen Gesichtspunkten als die einer Lebenszykluskostenbetrachtung. In

¹⁰ [22] Schranz Christian, Makovec Andreas, Jodl Hans Georg, 2013

der Regel stehen die Erfordernisse der kaufmännischen Leitung des Unternehmens im Mittelpunkt, eine detaillierte Zuordnung der Kosten auf Bauteilebene wird daher nicht angestrebt.

Es existieren jedoch Belege, auf Basis derer man eine Kostenzuordnung rekonstruieren kann. Dabei wird im Umsatzsteuergesetz §11 festgehalten, welche Informationen ein Beleg enthalten muss.

Die für die Lebenszyklusbetrachtung wichtigsten Informationen sind dabei:

- **Datum:** wichtig für die Herleitung des Kostenintervalls
- **Entgelt:** Höhe der Kosten
- **Kostenstelle:** gibt eine organisatorische oder örtliche Zuordnung der Kosten an, und ist im Wesentlichen für den Detaillierungsgrad der Kosten verantwortlich
- **Kostenart:** lässt Rückschlüsse auf die erbrachte Leistung zu und ist daher wichtig für Zuordnung der Kosten
- **Name des liefernden Unternehmers:** Diese Information kann genutzt werden, um Rückschlüsse auf die gelieferte Leistung zu ziehen. Die Analyse dieser Information ermöglicht über den Umweg des Lieferanten, Kosten entsprechenden Gewerken zuzuordnen und in weiterer Folge sogar den Bauteilen.

Die angeführten Informationen sind in Abbildung 2.2 dargestellt.

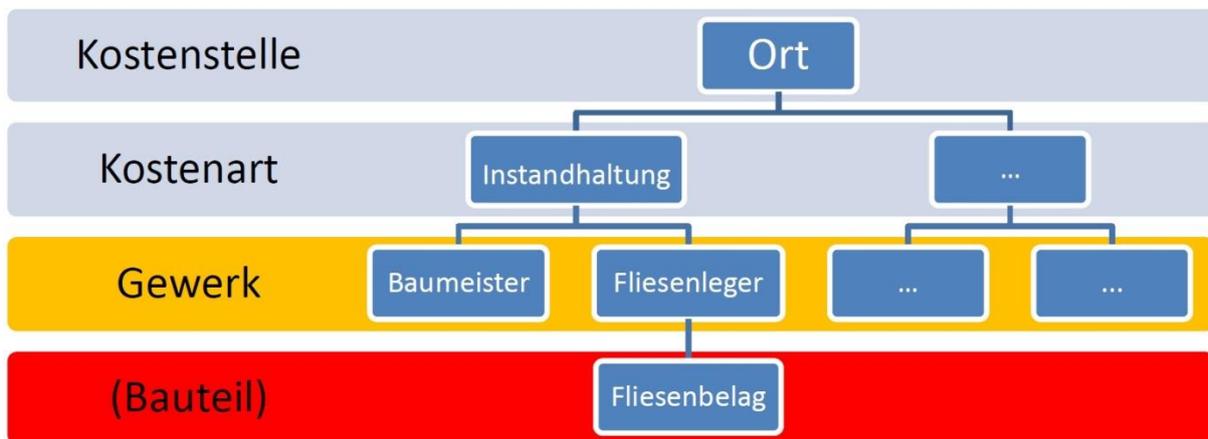


Abbildung 2.2: Kostengliederung

2.3.2 Persönliche Erfahrungen der Fachreferenten

Eine Reihe an Informationen kann aus der Finanzbuchhaltung/Kostenrechnung gewonnen werden. Diese entsprechen aber in der Regel nicht der erforderlichen Tiefe, um spezifische Prognosen der Lebenszykluskosten erstellen zu können. Dies ist z.B. der Fall, wenn mehrere Gebäude unter einer Kostenstelle zusammengefasst werden. Aus diesem Grund ist die Einbeziehung der Expertise der zuständigen Fachreferenten und deren Dokumentation notwendig, um die Informationen zu verdichten. Diese zusätzlichen Informationen liefern dabei einen wertvollen Beitrag, um eventuelle Optimierungspotentiale der Lebenszykluskosten aufzudecken.

2.4 Datenanalyse

Der Detaillierungsgrad der Daten steht in einem direkten Zusammenhang mit der Genauigkeit des Prognosemodells. Je spezifischer Kosten zugeordnet und Einflussparameter bekannt sind desto präzisere Prognosen können erstellt werden. Unterschiedliche, vom Detaillierungsgrad der Daten abhängige Analysemethoden ermöglichen die Nutzung des gesamten Informationspotentials der Daten. Abbildung 2.3 zeigt die angewandten Verfahren in Abhängigkeit des Detaillierungsgrads der Daten.

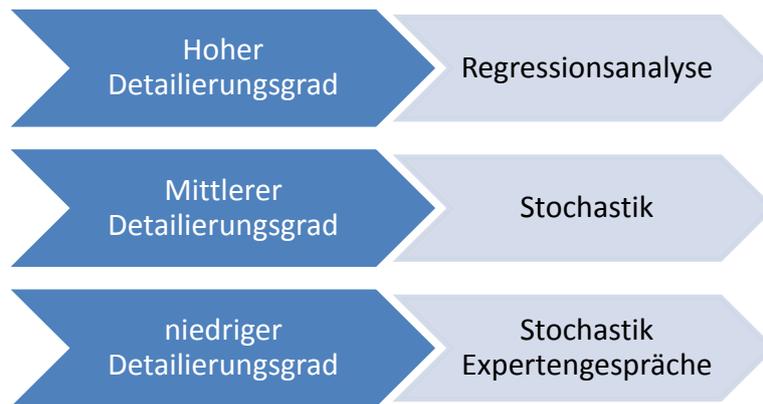


Abbildung 2.3: Analyse der Kosten

Dies führt dazu, dass jede Kostenart entsprechend dem Detaillierungsgrad der Daten modelliert wird. Dies Vorgehensweise widerspricht der gängigen Software die eine einheitliche Detailstufe voraussetzt, ermöglicht aber den höchstmöglichen Informationsgehalt und damit die bestmögliche Prognose der Lebenszykluskosten.

In Abbildung 2.4 werden zwei Möglichkeiten der Modellierung dargestellt.

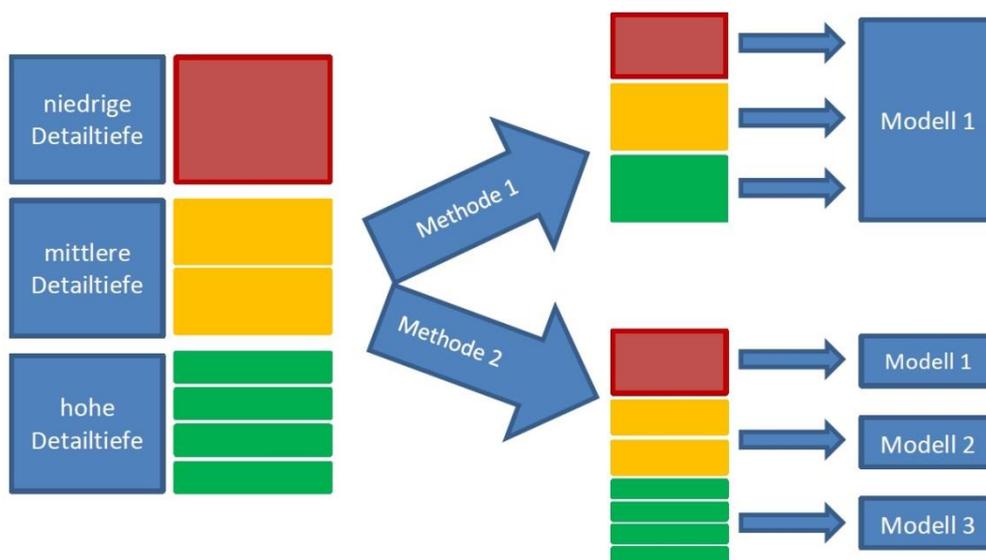


Abbildung 2.4: Modellierungsvarianten für Daten mit unterschiedlicher Detailtiefe

Methode 1: Erstellung eines Prognosemodells mit einem einheitlichen Detaillierungsgrad der Daten.

Methode 2: Anpassung des Modells an die jeweiligen Daten

2.5 Prognose der äußeren Randbedingungen

Lebenszykluskosten werden über einen sehr langen Zeitraum prognostiziert. Dabei ist festzuhalten, dass diese keine konstante Größe über den Lebenszyklus eines Gebäudes darstellen. Sie werden z.B. von äußeren Randbedingungen wie Preissteigerungen und Verzinsung beeinflusst. Daher ist die Integrierung dieser Einflüsse in das Prognosemodell erforderlich. Bei bisherigen Modellen werden diese Einflüsse meist mit einem Prozentsatz berücksichtigt. Dies entspricht auch der Vorgehensweise der bestehenden Software.

Bei der Analyse der Preissteigerungen stellte sich jedoch heraus, dass die Entwicklung der Preise einem linearen Trend folgt und nicht einem exponentiellem. Aus diesem Grund wurden Zeitreihenanalysen der verschiedenen Kostenindizes durchgeführt. Diese ermöglichen, Kostengruppen mit einem spezifischen Index anzupassen und so eine verbesserte Prognose der Lebenszykluskosten zu erhalten. Dies ist vor allem dann von Bedeutung, wenn sich Kostengruppen sehr unterschiedlich entwickeln.

2.6 Konzept

Um die gewonnen Ergebnisse auch in der Praxis anwenden zu können, wurden diese verknüpft und in einem LCC-Prognosemodell zusammengeführt. Dazu sind die Bereiche Bedarfsanalyse, Verzinsung, Preissteigerung und die Ergebnisse der Kostenanalyse in einem Modell zusammengefasst. Eine schematische Darstellung der Vorgehensweise ist in Abbildung 2.5 dargestellt.

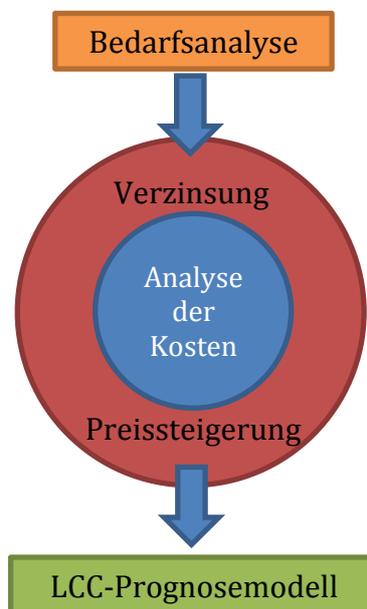


Abbildung 2.5: LCC-Prognosemodell

Im ersten Schritt werden die Randbedingungen der Station festgelegt. Abhängig von der *Höhenlage*, der *Anzahl der Linien* und des *Ausbautyps* ergeben sich anschließend durchschnittliche Flächen bzw. der Bedarf an Fahrtreppen und Aufzügen. Dieser Schritt be-

herbergt nach Meinung des Autors das größte Optimierungspotential und sollte mit besonderer Sorgfalt durchgeführt werden.

Im nächsten Schritt werden den ermittelten Flächen, Fahrtreppen usw. Kosten zugeordnet. Diese sind ebenfalls von einer Reihe an Parametern abhängig. Bei der Reinigung sind die Kosten z.B. vom Reinigungsintervall und der geforderten Qualität der Reinigung abhängig. Nach Abschluss dieses Arbeitsschritts sind die aktuellen jährlichen Kosten bekannt.

Im dritten Schritt werden die so ermittelten Kosten mit den äußeren Randbedingungen für die Zukunft hochgerechnet. Diese betrifft die Prognose der Preissteigerungen der einzelnen Kostenarten sowie eine entsprechende Verzinsung dieser.

Zusammen ergibt dies ein LCC-Prognosemodell, welches in einem Berechnungsprogramm umgesetzt ist. Dieses ermöglicht den Vergleich unterschiedlicher Varianten und bereits in einer sehr frühen Planungsphase die Ermittlung der Lebenszykluskosten. Dabei können Optimierungspotentiale erkannt und genutzt werden sowie langfristig die Kosten von U-Bahnstationen gesenkt werden.

Aufgrund des enormen Umfangs wird auf die Wiedergabe der Excel-Auswertungen verzichtet.

3 Statistische Grundlagen der Datenauswertung

Statistik ist die Lehre von Methoden zur Gewinnung, Charakterisierung und Beurteilung von zahlenmäßigen Informationen über die Wirklichkeit (Empirie).¹¹

Die Statistik ist daher ein wichtiges Werkzeug, um die Vergangenheit zu analysieren und mit ihrer Hilfe Prognosen für die Zukunft zu erstellen. In den folgenden drei Unterkapiteln werden die wichtigsten Verfahren vorgestellt, die in dieser Arbeit zur Anwendung kommen.

3.1 Deskriptive Statistik

Die deskriptive Statistik wird auch als „beschreibende Statistik“ bezeichnet. Sie ermöglicht, große Datensätze zu strukturieren und darzustellen, sodass daraus Schlüsse gezogen werden können. Die wesentlichen Bestandteile der deskriptiven Statistik sind Diagramme (Histogramme, Verteilungskurven) und Kennzahlen, die den Datensatz möglichst gut beschreiben.

Die folgenden Definitionen und Formeln sind folgendem Buch entnommen: Peter Lippe; Deskriptive Statistik, 7.Auflage, Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, München 2006. Diese sollen zum besseren Verständnis kurz wiedergegeben werden und die Lesbarkeit der Arbeit verbessern.

Zur Förderung der Übersichtlichkeit wird auf Einzelzitate der Formeln bzw. Definitionen verzichtet und für die Unterkapitel 3.1.1 sowie 3.1.2 auf das Buch verwiesen.

3.1.1 Grundlagen Histogramm-Verteilung

Eine Form der Datenaufbereitung ist die Darstellung in Diagrammen. Hier bieten sich folgende Darstellungsformen an:

- Absolute Häufigkeit
- Relative Häufigkeit
- Absolute Klassenhäufigkeit
- Relative Klassenhäufigkeit
- Dichte (Histogramm)
- Verteilung (Summenfunktion der Dichte)

¹¹ [14] Lippe, 2006, S.5

Die Berechnung der erforderlichen Werte ist wie folgt definiert:

X ... Variable mit den Ausprägungen x_i

x_i ... Ausprägung der Variable X

n_j ... Absolute Häufigkeit

N_i ... Absolute Summenhäufigkeit $N_i = N(x_i) = n(X \leq x_i) = \sum_{j=1}^i n_j$

H_i ... Relative Summenhäufigkeit $H_i = H(x_i) = h(X \leq x_i) = \sum_{j=1}^i h_j/n$

b_k ... Klassenbreite $b_k = x_k - x_{k-1}$

n_k ... Absolute Klassenhäufigkeit $n_k = n(x_{k-1} < x \leq x_k)$

h_k ... Relative Klassenhäufigkeit $h_k = n_k/n$

h_k^* ... Dichte $h_k^* = h_k/b_k$

$\sum_{k=1}^k h_k^*$... Verteilungsfunktion

3.1.2 Grundlagen – Kennzahlen

Der Datensatz kann neben Diagrammen mit Kennzahlen beschrieben werden. Die erforderlichen Formeln sind in der folgenden Tabelle angeführt.

$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v$... Arithmetisches Mittel

$Z = \tilde{x}_{0,5}$... Median $Z = \tilde{x}_{0,5} = \begin{cases} x_{[(n+1)/2]}, & \text{falls } n \text{ ungerade} \\ 1/2[x_{(n/2)} + x_{(n/2+1)}], & \text{falls } n \text{ gerade} \end{cases}$
ist der Wert, der in einer der Größe nach geordneten Reihe in der Mitte steht

$q = \tilde{x}_p$... Quantil $\tilde{x}_p = \begin{cases} x_{[np+1]}, & \text{wenn } np \text{ nicht ganzzahlig ist} \\ \frac{1}{2}(x_{[np]} + x_{[np+1]}), & \text{wenn } np \text{ ganzzahlig ist} \end{cases}$
... ist jener Wert, bei dem p % kleiner sind als q. Für p gilt: $0 < p < 1$

s^2 ... Varianz $s^2 = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^m (x_v - \bar{x})^2$

s ... Standardabweichung $s = \sqrt{s^2}$

3.2 Regressionsanalyse

Die Kapitel 3.2 und 3.3 sind aus folgendem Buch entnommen: Backhaus et al.: Multivariate Analysemethoden, 13. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2011. Zum besseren Verständnis wird der Inhalt kurz wiedergegeben.

Die Regressionsanalyse bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten, Daten statistisch zu analysieren. Sie kann dazu verwendet werden, den Zusammenhang zwischen Variablen zu erfassen und die Wechselwirkungen zu quantifizieren. In der Regel wird die Beziehung zwischen einer „abhängigen Variable“ und mehreren „unabhängigen Variablen“ analysiert. Diese Art der Regression wird auch als multiple Regressionsanalyse bezeichnet.

Aus der Analyse kann ein Modell abgeleitet werden, mit dessen Hilfe die „abhängige Variable“ (Y) bei Kenntnis der „unabhängigen Variablen“ (X_i) prognostiziert wird.

Die Analyse stützt sich dabei auf den vorhandenen Datensatz und versucht Korrelationen zwischen den Variablen aufzuzeigen. Zu bedenken ist jedoch, selbst wenn eine Korrelation offensichtlich scheint, muss dies kein eindeutiger Nachweis dieser Korrelation sein. Diese Bedingung ist notwendig, aber nicht hinreichend. Es liegt daher immer in der Verantwortung des Anwenders, die richtigen Schlüsse, unter Berücksichtigung von spezifischem Fachwissen, aus den Ergebnissen zu ziehen.

Backhaus et al. beschreiben diesen Umstand wie folgt:¹²

Es soll hier betont werden, dass sich weder mittels Regressionsanalyse noch sonstiger statistischer Verfahren Kausalität zweifelsfrei nachweisen lassen. Vielmehr vermag die Regressionsanalyse nur Korrelationen zwischen Variablen nachzuweisen. Dies ist zwar eine notwendige, aber noch keine hinreichende Bedingung für Kausalität.

Der funktionale Zusammenhang kann dann wie folgt beschrieben werden:

$$Y = f(X_i) \quad (2)$$

3.2.1 Modellformulierung

Die Regressionsanalyse zählt zu den strukturprüfenden Verfahren. Das bedeutet, dass vor der Analyse ein zu prüfendes Modell formuliert werden muss. Dieses Modell beinhaltet die Definition einer vermuteten Beziehung zwischen der abhängigen Variablen Y und den unabhängigen Variablen X_i . Der Anwender muss daher jene Variablen X_i auswählen, bei denen er eine Auswirkung auf Y vermutet. Diese Auswahl ist von enormer Bedeutung für alle weiteren Untersuchungen, die Qualität der Ergebnisse hängt entscheidend davon ab.

3.2.2 Schätzung der Regressionsfunktion

Bei der einfachen linearen Regression lautet die Schätzung der Regressionsfunktion wie folgt:

¹² [1] Backhaus et al., 2011, S.57

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 \cdot X \quad (3)$$

\hat{Y} ... Schätzung der abhängigen Variablen Y

b_0 ... konstantes Glied

b_1 ... Regressionskoeffizient

X ... unabhängige Variable

Für einzelne Werte gilt:

$$\hat{y}_k = b_0 + b_1 \cdot x_k \quad (4)$$

Das Residuum¹³ kann dann wie folgt definiert werden:

$$e_k = y_k - \hat{y}_k \quad (5)$$

Für die einzelne Beobachtung gilt:

$$y_k = b_0 + b_1 \cdot x_k + e_k \quad (6)$$

Die Zielfunktion lautet dann:

$$\sum_{k=1}^K e_k^2 = \sum_{k=1}^K [y_k - (b_0 + b_1 x_k)]^2 \rightarrow \min \quad (7)$$

Diese Summe soll bei der Methode der kleinsten Abstandsquadrate auf ein Minimum reduziert werden. Daher ist es notwendig, diese Zielfunktion partiell nach b_0 und b_1 abzuleiten und 0 zu setzen. Diese Vorgehensweise liefert folgendes Ergebnis:

$$b_1 = \frac{K(\sum x_k y_k) - (\sum x_k)(\sum y_k)}{K(\sum x_k^2) - (\sum x_k)^2} \quad (8)$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \quad (9)$$

Nicht immer kann eine abhängige Variable durch nur eine unabhängige Variable erklärt werden. Dann ist es erforderlich, eine multiple Regression durchzuführen. Was anhand der einfachen Regression gezeigt wurde, kann auf die multiple Regression analog übertragen werden (siehe [1] Backhaus et al., 2011).

3.2.3 Bestimmtheitsmaß

Nach jeder Regressionsanalyse ist die Qualität der Kurvenanpassung an die Daten zu überprüfen. Eine Möglichkeit ist das sogenannte Bestimmtheitsmaß:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K (y_k - \hat{y}_k)^2}{\sum_{k=1}^K (y_k - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\text{nicht erklärte Streuung}}{\text{Gesamtstreuung}} \quad (10)$$

Der Wertebereich von R liegt zwischen 0 und 1. Dabei bedeutet 1 vollkommene Übereinstimmung der Regressionsfunktion mit den beobachteten Werten. Das Quadrieren der Abstände verhindert, dass sich positive und negative Abweichungen gegenseitig aufheben.

¹³ [1] Backhaus et al., 2011: Die in einer vorgegebenen Regressionsgleichung nicht erfassten Einflussgrößen der empirischen Y-Werte schlagen sich in Abweichungen von der Regressionsgeraden nieder. Die Abweichungen lassen sich durch eine Variable e repräsentieren, deren Werte e_k als Residuen bezeichnet werden.

3.2.4 F-Statistik

Das Bestimmtheitsmaß beschreibt die Qualität der Kurvenanpassung, der Umfang der Beobachtungen geht jedoch nicht ein. Eine Regressionsanalyse von 2 Datenpunkten würde daher ein Bestimmtheitsmaß von 1 liefern. Die F-Statistik ermöglicht es, eine Signifikanz der Regression unter Berücksichtigung von Qualität und Umfang der Stichproben anzugeben.

Die Formel zur Berechnung des F-Wertes lautet wie folgt:

$$F_{emp} = \frac{R^2/J}{(1 - R^2)/(K - J - 1)} \quad (11)$$

J ... Zahl der unabhängigen Variablen

K ... Zahl der Beobachtungen

Der berechnete F-Wert ist dann mit einem theoretischen F-Wert (Tabellenwert) zu vergleichen, abhängig vom definierten Signifikanzniveau. Das Signifikanzniveau beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass die Nullhypothese abgelehnt wird. Das Signifikanzniveau ist somit eine Vertrauenswahrscheinlichkeit, dass die gewählte unabhängige Variable maßgebend ist.

Ist der berechnete F-Wert größer als der tabellarische, theoretische F-Wert, dann kann der Zusammenhang zwischen „abhängiger“ und „unabhängigen“ Variablen als signifikant angesehen werden. In SPSS¹⁴ wird sowohl F-Wert als auch die Signifikanz ausgewertet.

Eine Signifikanz 0,000 bedeutet, dass diese unabhängige Variable zu einer Wahrscheinlichkeit von 100 % maßgebend für die abhängige Variable ist. 0,05 bedeutet daher eine Vertrauenswahrscheinlichkeit von 95%.

Unterschreitet eine Variable die vorher definierte Vertrauenswahrscheinlichkeit ist sie aus der Regression zu entfernen.

3.3 Zeitreihenanalyse - Zeitregression

Die Zeitreihenanalyse ist eine besondere Form der Regressionsanalyse, bei der die unabhängige Variable die Zeit ist. Bei der Analyse und anschließender Prognose wird unterstellt, dass sich vergangene Prozesse auf die Zukunft übertragen lassen.

3.3.1 Visualisierung der Zeitreihe

Zu Beginn der Analyse ist es vorteilhaft die Zeitreihe grafisch darzustellen. Diese erste Auswertung kann bereits wichtige Hinweise für eine Prognose liefern. Da wir annehmen, dass die einzige unabhängige Variable die Zeit ist, kann der Zusammenhang in jedem Fall 2-dimensional dargestellt werden. Aus der Beurteilung der Visualisierung folgt dann die Formulierung eines geeigneten Modells.

¹⁴ Statistiksoftware IBM SPSS Statistics

3.3.2 Formulierung eines Modells

Abgeleitet von der Visualisierung der Daten, muss ein geeignetes Modell gewählt werden. Im einfachsten Fall ist ein linearer Zusammenhang gegeben und man kann das Modell wie folgt formulieren:

$$Y = \alpha + \beta \cdot t \quad (12)$$

Die Schätzung der Parameter kann dann mit der in Kapitel 3.2 beschriebenen Regressionsanalyse erfolgen.

3.3.3 Qualität der Prognose

Je weiter die Prognose in die Zukunft reicht, desto unsicherer wird sie. Die Genauigkeit ist daher von der Größe des Prognoseintervalls abhängig. Der zweite wichtige Parameter ist der Umfang des Stützintervalls. Je länger der Datenbestand zurückreicht, desto bessere Prognosen können erstellt werden. Das Stützintervall und das Prognoseintervall müssen in einem angemessenen Verhältnis zueinander stehen, um eine seriöse Aussage treffen zu können (siehe Abbildung 3.1).

Vor allem weit in die Zukunft reichende Prognosen, z.B. über den Lebenszyklus eines Gebäudes, sind mit einer Vielzahl an Unsicherheiten behaftet.

Eine Unsicherheit entsteht aufgrund der Stützintervalle, die in der Regel kürzer als die Prognoseintervalle sind. Dies führt zu enormen Konfidenzintervallen der Prognose. Die Effekte wurden im Artikel „Lebenszykluskosten – Das Dilemma des Stützintervalls“ gezeigt.¹⁵

Eine andere Unschärfe entsteht durch die Annahme, der Verlauf der Kurven sei nur zeitabhängig; Einzelereignisse wie z.B. eine Wirtschaftskrise können nicht berücksichtigt werden.

Der Autor verzichtet darauf, bei der Zeitreihenanalyse Konvergenzintervalle für die jeweilige Prognose anzugeben, da diese für die hier gestellten Anforderungen (Prognosezeitraum) aufgrund der großen Bandbreite nicht zielführend erscheinen.

Es ist nicht möglich, die Zukunft vorherzusagen, aber notwendig eine Prognose zu erstellen, um Varianten vergleichen zu können. Für diesen Vergleich müssen sinnvolle Annahmen getroffen werden, bei denen die Zeitreihenanalyse eine wertvolle Hilfestellung sein kann.

Begriffsdefinition (siehe Abbildung 3.1):

Stützintervall: Beobachtungszeitraum

Prognoseintervall: Zeitraum der Prognose

Konfidenzintervall: Bereich in dem der zu prognostizierende Wert mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit liegen wird

¹⁵ [15] Makovec, Schranz, Jodl, 2013

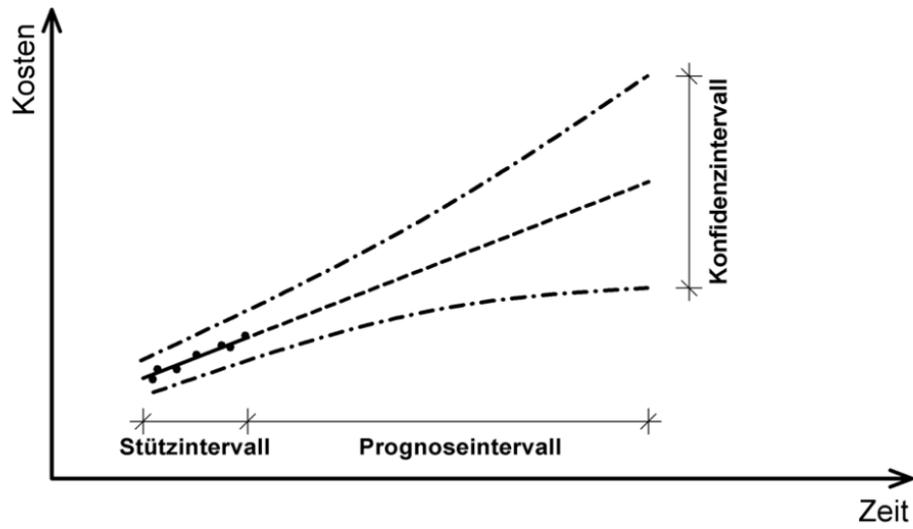


Abbildung 3.1: Begriffsdefinition bei der Zeitreihenanalyse

4 Investitionsrechnung

4.1 Statische Modelle

Charakteristisch für statische Modelle ist, dass der zeitliche Verlauf der Kosten nicht berücksichtigt wird. Ob Kosten am Anfang oder am Ende des Projektes entstehen, spielt bei einer statischen Betrachtung keine Rolle, obwohl dies einen wesentlichen Einfluss auf die Finanzierung hat. Für statische Verfahren wird eine durchschnittliche Periode herangezogen, für die Verzinsung wird daher ein durchschnittlicher Kapitalbindungsverlauf angenommen.¹⁶

Kern beschreibt diese Annahme wie folgt:¹⁷

Mit der Anwendung dieser Verfahren unterstellt nämlich ein Investor, daß diejenige reale Periode, deren Daten Eingang in seine Kalküle finden sollen, repräsentativ für alle anderen Perioden des Investitionszeitraumes ist.

Grundvoraussetzung für die Anwendung von statischen Verfahren ist daher, dass die einzelnen Perioden keine großen Schwankungen um ihr Mittel aufweisen.

4.1.1 Kostenvergleichsrechnung

Als Beispiel für ein statisches Modell soll das Kostenvergleichsmodell erläutert werden. Bei diesem Modell wird angenommen, dass die Erlöse unabhängig von der Art der getätigten Investitionen sind, daher ist nur die Kostenseite berücksichtigt. Für die Investition gilt dann:

Ein Investitionsobjekt ist relativ vorteilhaft, falls seine Kosten geringer sind als die eines jeden anderen zur Wahl stehenden Objektes.¹⁸

Das bedeutet, dass jene Investition getätigt wird, die die geringsten Kosten aufweist. Zur Ermittlung dieses Werts wird eine durchschnittliche Investition über den Projektzeitraum verzinst.

$$\text{Kosten}_{\text{jährl.}} = \frac{\text{Investition}}{\text{Nutzungsdauer}} + \frac{\text{Investition}}{2} \cdot \text{Zinssatz} + \text{durchsch. jährl. Kosten} \quad (13)$$

$$\text{Kosten}_{\text{jährl.}} = \frac{100.000\text{€}}{5 \text{ Jahre}} + \frac{100.000\text{€}}{2} \cdot 0,06 + 10.000 = 33.000\text{€}$$

In diesem Beispiel betragen die jährlichen Kosten dieser Investition 33.000 €. Dieser Betrag ergibt sich aus Abschreibung (100.000 €/5 Jahre) plus Verzinsung des halben Investitionskapitals (100.000 €/2*0,06) plus durchschnittliche jährliche Kosten von 10.000 €. Dieser Ansatz wird in der Baukalkulation eingesetzt, um z.B. Gerätekosten zu kalkulieren.

¹⁶ Vgl. [7] Götz, Bloech, 2002, S.50 ff; [16] Munz, 1974 S.48, S.16, ff; [12] Kern, 1974 S.115 ff

¹⁷ [12] Kern, 1974, S.118

¹⁸ [7] Götz, Bloech, 2002, S.51

4.2 Dynamische Modelle – Kapitalwertmethode.

Bei den dynamischen Modellen fallen Zahlungen zu verschiedenen Zeitpunkten an. Da der Wert der Zahlungen auch vom Zahlungszeitpunkt abhängt (Zeitpräferenz), können diese bei der Auswertung nicht unmittelbar zusammengefaßt werden. Um dies zu ermöglichen, werden vielmehr finanzmathematische Transformationen (z.B. Auf- oder Abzinsung) vorgenommen.¹⁹

Das bedeutet, dass eine Einnahme zu einem früheren Zeitpunkt höher zu bewerten ist als eine zu einem späteren Zeitpunkt, da hier das Kapital über einen längeren Zeitpunkt verzinst werden kann. Gegengleich verhält es sich mit Ausgaben, jene zu einem späten Zeitpunkt führen zu einer besseren Bewertung als Ausgaben zu einem frühen Zeitpunkt, da hier das Kapital unterschiedlich lange gebunden ist und somit unterschiedliche Zeiträume für die Verzinsung entstehen.²⁰

Der Kapitalwert ist die Summe der Barwerte:

$$\text{Kapitalwert} = \sum_t^T (\text{Einnahmen} - \text{Ausgaben}) \cdot (1 + \text{Zinssatz})^{-\Delta t} \quad (14)$$

Folgende Parameter sind daher für den Kapitalwert maßgebend:

- Einnahmen (Höhe und Zeitpunkt)
- Ausgaben (Höhe und Zeitpunkt)
- Zinssatz

Eine Investition ist dann sinnvoll, wenn dieser Kapitalwert positiv ist. Es wird in diesem Beispiel davon ausgegangen, dass sowohl frei werdende Mittel als auch Kredite mit dem einheitlich angenommenen Zinssatz verrechnet werden. Diese Annahme entspricht nicht der Realität. Besonders schwierig erweist sich die Festlegung eines entsprechenden Zinssatzes, da er von der Art der Finanzierung abhängig ist (Eigenkapital – Fremdkapital).²¹

Schon 1974 beschreibt Munz dieses Problem:²²

Die Höhe des Kalkulationszinsfußes wird in der Investitionsliteratur überwiegend als Problem ausgeklammert; als Kalkulationszinssatz sei der „landesübliche Zins“ für langfristige, risikofreie Kapitalanlagen zu verwenden. Mit diesem theoretischen Rückzug ist die praktische Frage nicht gelöst.

¹⁹ [7] Götz, Bloech, 2002, S.67

²⁰ Vgl. [16] Munz, 1974, S.16

²¹ Vgl. [7] Götz, Bloech, 2002, S.80ff; [16] Munz, 1974, S.48 S.55 ff; [12] Kern, 1974 S.160 ff

²² [16] Munz, 1974 S.48

4.2.1 Beispiel Aufzinsung – Endwert

Bei der Aufzinsung wird der Wert einer Investition in der Zukunft bestimmt, z.B. welchen Wert hat eine Investition von 10.000 € in 10 Jahren mit einem Zinssatz von 6 %.

$$\text{Wert}_{\text{Zukunft}} = \text{Wert}_{\text{heute}} \cdot (1 + \text{Zinssatz})^{\Delta t} \quad (15)^{23}$$

$$\text{Wert}_{\text{Zukunft}} = 10.000\text{€} \cdot (1 + 0,06)^{10} = 17.908\text{€}$$

Das bedeutet, dass eine Investition heute von 10.000 € einer Investition von 17.908 € in 10 Jahren gleichzusetzen ist, da man das Geld anstatt zu investieren zinsbringend veranlagen hätte können. Es macht daher einen Unterschied, zu welchem Zeitpunkt eine Investition stattfindet. Der Verlauf ist aufgrund der Zinseszinsrechnung exponentiell (siehe Abbildung 4.1).

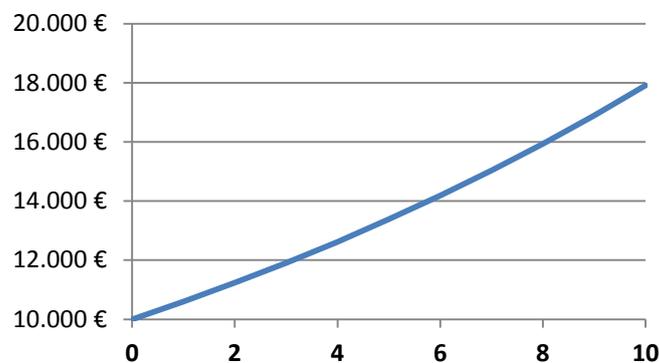


Abbildung 4.1: Verzinsung von 10.000 € über 10 Jahre mit einem Zinssatz von 6%

Eine Investition zum heutigen Zeitpunkt verzinst mit 6 % entspricht einem Endwert von 17.908 € in 10 Jahren.

4.2.2 Beispiel Abzinsung – Barwert

Mit Hilfe der Abzinsung kann der Betrag ermittelt werden, der zum heutigen Zeitpunkt veranlagt werden muss, um einen bestimmten Betrag in der Zukunft zur Verfügung zu haben. Zum besseren Verständnis wird das bestehende Beispiel herangezogen. Welchen Betrag muss man heute veranlagen, um eine Investition von 17.908 € in 10 Jahren tätigen zu können?

$$\text{Wert}_{\text{heute}} = \frac{\text{Wert}_{\text{Zukunft}}}{(1 + \text{Zinssatz})^{\Delta t}} \quad (16)^{24}$$

$$\text{Wert}_{\text{heute}} = \frac{17.908\text{€}}{(1 + 0,06)^{10}} = 10.000\text{€}$$

Eine Investition von 17.908 € im 10. Jahr mit einem Zinssatz von 6 % entspricht einem Barwert von 10.000 €. Auch für dieses Beispiel gilt Abbildung 4.1, sie muss nur in die entgegengesetzte Richtung gelesen werden.

²³ Vgl. [7] Götz, Bloech, 2002, S.67

²⁴ Vgl. [7] Götz, Bloech, 2002, S.68

5 Bedarfsermittlung

5.1 Flächenbedarf

In der Bauwirtschaft werden Kosten meist auf eine quantitative Größe umgelegt. Dies fördert die Vergleichbarkeit und hilft bei der Erstellung von Prognosen. Es können aber nicht nur Baukosten auf eine räumliche Größe bezogen werden, sondern auch alle anderen in einem Lebenszyklus existierenden Kosten. Wichtig ist, die entsprechende Bezugsgröße zu finden. Die einfachste Formel zur Ermittlung von Kosten kann aus dem Einheitspreisvertrag entnommen werden.

$$\text{Positionspreis} = \text{Einheitspreis} * \text{Menge} \quad (17)$$

Diese Formel verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Kosten und Menge. Will man die Gesamtkosten senken, muss man sich daher mit der Mengensystematik auseinander setzen.

Der Zusammenhang kann linear, wie in Formel (17) dargestellt sein, in der Regel ist es aber nur sehr selten. Beispielhaft sind einige Gründe aufgeführt:

- Anteil an Fixkosten
- Einarbeitungseffekte
- Mengenrabatte

Der exakte funktionale Zusammenhang ist nur sehr selten bekannt. In der Praxis wird der tatsächliche Verlauf durch einfache Funktionen näherungsweise erfasst. Unabhängig von der Funktion kann davon ausgegangen werden, dass die Menge einen wesentlichen Einfluss auf die Kosten hat.

In dieser Arbeit werden daher Planungsparameter und ihre flächenmäßigen Auswirkungen untersucht. Ziel dieser Untersuchung ist, die wesentlichen Planungsparameter zu finden und einen funktionalen Zusammenhang zwischen Parameter und notwendiger Fläche zu schaffen.

5.1.1 Datenbestand – Raumliste Instandhaltung

Die Raumliste der Wiener Linien stellt die Basis der quantitativen Untersuchungen dar. Sie wird in einer Excel-Datei²⁵ verwaltet und aktualisiert. Die hier ausgewerteten Daten wurden dem Autor am 17.11.2011 übermittelt und stellen den aktuellen Stand dar.

Da der Datensatz auch Verwaltungsgebäude, sowie andere nicht mit dem Betrieb verbundene Gebäude enthält, wurde in einem ersten Schritt der Datensatz auf die U-Bahn Stationen begrenzt. Dies erfolgte durch einen automatischen Abgleich der etwa 15.550 Datensätze mit den aktuellen Bezeichnungen der Stationen. Durch diesen Schritt konnte die Anzahl auf 8.511 Datensätze reduziert werden.

²⁵ Daten 2011-11-17 „P24 - Gebäudeliste gültig ab 14.1.2010.xls“ übermittelt von Herrn El Said (Wiener Linien)

Ein Datensatz setzt sich aus folgenden Datenfeldern zusammen:

- WE Nr. (4-stellige Kennziffer)
- Wirtschaftseinheit (Name)
- Gebäude (1-stellige Ziffer bzw. Bezeichnung)
- Raum (Ziffernfolge)
- Detailbezeichnung (Bezeichnung)
- **P24-Raumbezeichnung (Bezeichnung beschränkt auf 36 Bezeichnungen)**
- Nutzungsart (4-stellige Ziffer)
- Nutzungsfläche (in m²)
- Abt. (Abteilungsnummer)
- Kostenstelle (Ziffernfolge)
- Anmerkungen (eventuell nähere Informationen)

5.1.2 Datenaufbereitung

Zur Gliederung der Flächen entsprechend ihrer Funktion zieht der Autor dieser Arbeit die P24-Raumbezeichnung heran. Dieser Eintrag ist bei der überwiegenden Anzahl der Datensätze vorhanden. Bei fehlender Füllung dieses Datenfeldes wird es entsprechend der anderen Felder sinnvoll ergänzt. Um die Ergänzung des Autors ersichtlich zu machen, wurde eine weitere Spalte „geändert“ hinzugefügt, in der entsprechende Datensätze markiert werden.

Die Datensätze der Datenbank wurden per Hand beschriftet. Dies führt dazu, dass sich innerhalb der Bezeichnungen Leerzeichen bzw. Tippfehler einschleichen und eine automatische Datenverarbeitung erschweren. Diese Fehler wurden durch eine gewissenhafte Überarbeitung der Daten entfernt.

5.1.3 Datenauswertung

Die Flächen wurden nach entsprechenden Kategorien ausgewertet. Nach Auswertung des vorhandenen Raumbuchs zeigte sich, dass 31 Kategorien ausreichend sind, um alle Räume entsprechend ihrer Funktion erfassen zu können. Folgend sind diese in Tabelle 5.1 dargestellt.

Nach Definition der erforderlichen 31 Kategorien, wurden diese Flächen für jede der 90 Stationen aufsummiert. Als Ergebnis erhält man eine 90 x 31 Datenmatrix mit 2.790 Einträgen (Feldern).

Die Summe aller erfassten Flächen beträgt 499.678,51 m². Die Auswertung nach Kategorien ist in Tabelle 5.2 dargestellt.

1	2	3	4
Abstellhalle	Allgemeinfläche	Aufenthaltsraum	Aufzug
5	6	7	8
Bahnsteig	Betriebsgeb. allg.	Büro	Durchfahrt
9	10	11	12
Fahrtreppe	Fluchtweg	Foyer	Gang
13	14	15	16
Garderobe	Gastraum	Halle	Hof
17	18	19	20
Information/Vorverkauf	KFZ-Stellplatz	Küche	Lager/Archiv
21	22	23	24
Leerraum	Leitstelle	Lokal	Passage
25	26	27	28
Rampe	Sanitärraum	Stiege	Technikraum
29	30	31	
Vorraum	Werkstatt	Windfang	

Tabelle 5.1: 31 notwendige Kategorien des Raumbuchs

Um die Auswertung zu vereinfachen werden die in Tabelle 5.1 gelb markierten Kategorien eigenständig weitergeführt, weiß markierte werden in eine Kategorie Sonstiges zusammengefasst. Die Kategorie Sanitärraum wird ebenfalls getrennt erfasst.

Für die nähere Untersuchung wurden die 8 größten Kategorien ausgewählt, zusätzlich die Sanitäräume aufgrund ihrer besonderen Bedeutung. Die 9 gelb markierten Kategorien machen 91 % der bestehenden Flächen aus und sind daher maßgebend für die Kostensystematik. Die Flächenanteile sind in Abbildung 5.1 dargestellt. Kostenintensive Kategorien wie Aufzug und Fahrtreppe können sinnvollerweise nicht auf Flächen bezogen werden, daher werden diese in einem eigenen Schritt getrennt untersucht.

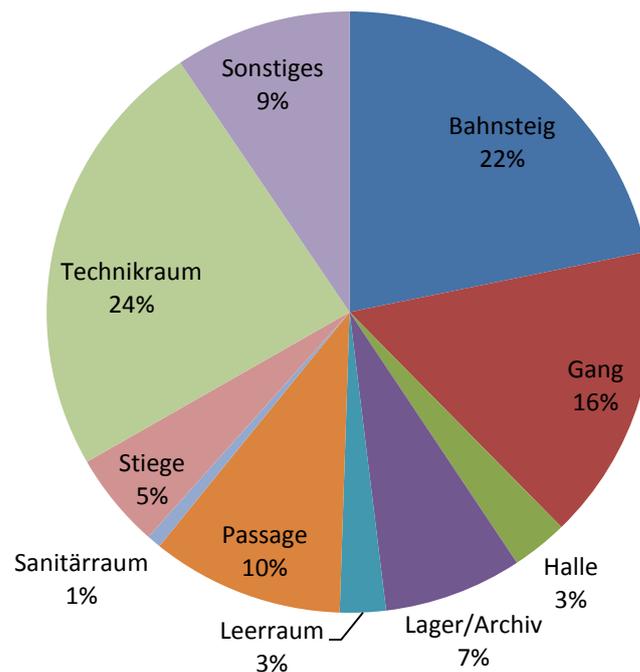


Abbildung 5.1: prozentuelle Verteilung der Flächen nach Raumkategorie

Name	Kategorie	Fläche	Anteil	Summe
Technikraum	28	119.213,08 m ²	23,9%	23,9%
Bahnsteig	5	108.803,33 m ²	21,8%	45,6%
Gang	12	79.464,76 m ²	15,9%	61,5%
Passage	24	51.388,52 m ²	10,3%	71,8%
Lager/Archiv	20	36.900,41 m ²	7,4%	79,2%
Stiege	27	25.705,37 m ²	5,1%	84,3%
Halle	15	15.036,43 m ²	3,0%	87,4%
Leerraum	21	12.244,95 m ²	2,5%	89,8%
Abstellhalle	1	10.945,47 m ²	2,2%	92,0%
Lokal	23	6.597,42 m ²	1,3%	93,3%
Büro	7	4.385,20 m ²	0,9%	94,2%
Sanitärraum	26	3.758,73 m ²	0,8%	94,9%
Aufzug	4	3.346,07 m ²	0,7%	95,6%
Fahrtreppe	9	2.983,84 m ²	0,6%	96,2%
Aufenthaltsraum	3	2.804,67 m ²	0,6%	96,8%
Vorraum	29	2.683,24 m ²	0,5%	97,3%
Allgemeinfläche	2	2.661,79 m ²	0,5%	97,8%
Betriebsgeb. allg.	6	2.033,64 m ²	0,4%	98,3%
Foyer	11	1.670,50 m ²	0,3%	98,6%
Werkstatt	30	1.546,84 m ²	0,3%	98,9%
Rampe	25	1.137,80 m ²	0,2%	99,1%
Fluchtweg	10	911,92 m ²	0,2%	99,3%
Garderobe	13	889,73 m ²	0,2%	99,5%
Leitstelle	22	858,00 m ²	0,2%	99,7%
Information/Vorverkauf	17	777,78 m ²	0,2%	99,8%
Hof	16	463,00 m ²	0,1%	99,9%
KFZ-Stellplatz	18	129,87 m ²	0,0%	99,9%
Küche	19	96,00 m ²	0,0%	100,0%
Gastraum	14	88,15 m ²	0,0%	100,0%
Durchfahrt	8	76,00 m ²	0,0%	100,0%
Windfang	31	76,00 m ²	0,0%	100,0%
		499.678,51 m ²		

Tabelle 5.2: Flächenanteile der verschiedenen Raumkategorien an der Gesamtfläche

Dominierend sind die Kategorien Technikraum mit 24 %, Bahnsteig mit 22 %, Gang mit 16 % und Passage mit 10 %. Stiegen machen 5 % der Flächen aus. Eine durchschnittliche Station benötigt Flächen im Ausmaß von 5.552 m². Die Verteilung einer durchschnittlichen Station ist in Abbildung 5.2 dargestellt.

In Abbildung 5.2 erkennt man, dass allein die Bahnsteige durchschnittlich über 1.200 m² beanspruchen, dieser Wert entspricht in etwa dem der Technikräume. Fast 900 m² werden für Gangflächen benötigt. Das Diagramm stellt den durchschnittlichen Bedarf der Stationen dar, in weiterer Folge sind Einflussfaktoren zu untersuchen, die für den Flächenbedarf ausschlaggebend sind. Denn diese Faktoren sind der Schlüssel zu einer effizienten Kostenoptimierung. Um Faktoren festlegen zu können, werden in weiterer Folge die vorher definierten (gelb markierten) Kategorien näher untersucht.

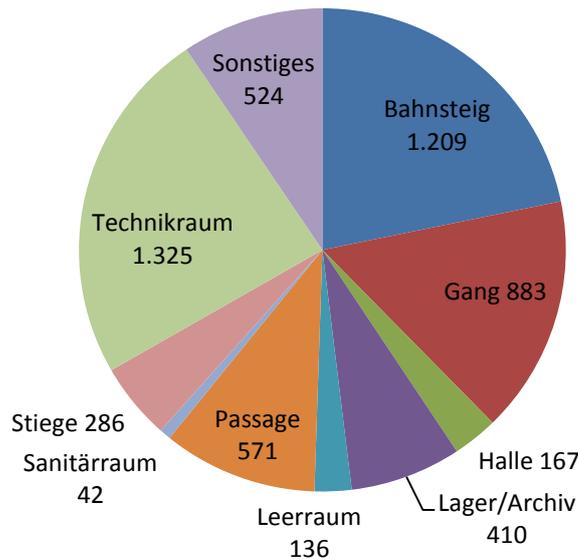


Abbildung 5.2: Durchschnittliche Flächen einer Station in m²

5.1.4 Datenbestand – Raumliste Reinigung

Neben der soeben erläuterten Raumliste existiert eine weitere Raumliste, die zur Erfassung der Reinigungsleistungen geführt wird. Diese Raumliste wird ebenfalls untersucht, um abgesicherte Bezugsgrößen für die Kosten zu erhalten. Bisher wurde für jede Station eine Excel-Datei angelegt und die entsprechenden Flächen mit den dazugehörigen Reinigungsleistungen eingetragen. Dabei kann eine Fläche mehrfach Kategorien zugeordnet sein, siehe z.B. Halle 313 m² in Abbildung 5.3. Dies ist bei der Auswertung der Flächen zu berücksichtigen.

Ein Beispiel einer dieser Listen ist in Abbildung 5.3 dargestellt:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Top-Nr	Bezeichnung	Boden	101	102	105	107	108	201	202	204	206	207	208	209	210 A	210 B	211	213	301	Sonstiges
2	0.01	Trafik																			privat
3	0.02	Lager																			privat
4	0.03	Blumenladen																			privat
5	0.04	Buffet																			privat
6	0.05	Küche																			privat
7	0.06	Diele																			privat
8	0.07	Garderobe																			privat
9	0.07a	FM Batterieraum	EST																		10
10	0.07b	FM Kabelhochf.	EST																		10
11	0.08	WC																			-
12	0.08	Lager																			privat
13	0.10	Halle	ASP	313	313				313	91	284	268	1			473					313
14	0.11	Automatenraum	LGK					6										6			
15	0.12	Passagenverteiler	LGK																		9
16	0.13	Stationsüberwachung	LGK				36											36			
17	0.15	Kochnische	LGK				7														
18	0.16	Aufenthaltsraum	LGK				8														
19	0.17	Vorverkauf	FLI				9														
20	0.18	WC-Vorraum	FLI				3														1 WT, ABW 15m²
21	0.19	WC	FLI				2														1 WC, ABW 10m²
22	0.20	Pass	LGK				42														42

Abbildung 5.3: Auszug Reinigungsliste Station Heiligenstadt

Da für jede Station eine eigene Datei vorliegt, sind eine systematische Auswertung sowie ein Vergleich der Stationen bisher nicht möglich gewesen. Dies ist jedoch notwendig, um

Aussagen über die Vollständigkeit treffen bzw. einen Vergleich mit der Raumliste der Instandhaltung herstellen zu können.

5.1.5 Datenaufbereitung

Die 91 Dateien (90 Stationen + Karlsplatzpassage) wurden zuerst standardisiert und dann zu einer Datei verschmolzen. Ergebnis ist eine einheitliche Raumliste für alle Stationen, aus der die Reinigungsleistungen ersichtlich sind.

5.1.6 Datenauswertung

Wie kann man nun aus der Kenntnis der zu reinigenden Flächen auf die tatsächlichen Flächen rückschließen? Dabei muss beachtet werden, dass Flächen in den Listen eventuell mehrfach enthalten sind, da bei einer Fläche mehrere Reinigungsleistungen vergeben werden können. Eine reine Summierung der zu reinigenden Flächen ist daher nicht sinnvoll.

Daher muss die Systematik der Reinigungsleistungen untersucht werden. Einen Aufschluss darüber gibt das Leistungsverzeichnis der Reinigung. Abbildung 5.4 ist diesem entnommen.

Vergleicht man die Summe der Flächen mit der Reinigungsnummer 101 und 102, stellt man fest, dass diese exakt gleich groß sind. Es ist daher davon auszugehen, dass alle Flächen der Kategorie 101 auch in der Kategorie 102 enthalten sind. Die wahre Raumgröße kann daher durch Aufsummieren der Kategorie 101 erfolgen. Die Kategorien 105-109 setzen sich aus Reinigungsleistungen der Dienst- und Sanitärräume zusammen. Diese unterscheiden sich durch die Häufigkeit der Reinigung zwischen 6-Tage Reinigung und 1x pro Monat. Geht man davon aus, dass ein Raum nur einmal in einer dieser Kategorien vorhanden sein kann, ergibt sich die reale Fläche aus der Summe der Kategorien 105, 106, 107, 108 und 109.

Die Flächen der periodischen Reinigung beziehen sich mit Ausnahme „Verkehrsflächen waschen“ nicht auf Grundflächen und sind daher für die Gegenüberstellung der Raumbücher nicht von Interesse.

Der verbleibende Raumanteil wird mit der Reinigungsnummer 301 bezeichnet und beinhaltet die Reinigung von Nebenräumen. Wertet man nun nach den verschiedenen Reinigungskategorien aus, ergibt sich folgendes Ergebnis:

	Verkehrsfläche	Nebenräume	Diensträume und Sanitärräume
Reinigungsnummer	Summe von 101	Summe von 301	Summe von 105 107 108 109
Summe	216.097 m²	241.658 m²	17.816 m²

Tabelle 5.3: Gesamtflächen der den Reinigungsnummern zugeordneten Räume

5 Bedarfsermittlung

Beschreibung der Reinigung	Reinigungsleistung Ausschreibungsunterlagen	Reinigungsnummer im Raumverzeichnis
Laufende Reinigung		
Tagliche Reinigung der Verkehrsflächen Nacht	01.0101A	101
Winterliche Betreuung der Verkehrsflächen - Tag	01.0101B	101
Winterliche Betreuung der Verkehrsflächen - Nacht	01.0101C	101
Tagliche Reinigung der Verkehrsflächen	01.0102A	102
Tagliche Reinigung der Verkehrsflächen inklusive Abfalltrennung	01.0102B	102
Tagliche Reinigung der Verkehrsflächen (Passagenreinigung, Stationsbetreuung)	01.0102c	102
6-Tage (Werktags) Reinigung der Dienst- und Sanitärräume	01.01050	105
5-Tage (Werktags) Reinigung der Dienst- und Sanitärräume	01.01060	106
3x pro Woche (werktags) Reinigung der Dienst- und Sanitärräume	01.01070	107
2x pro Monat (Werktags) Reinigung der Dienst- und Automatenräume	01.01080	108
1x pro Monat (Werktags) Reinigung der Dienst- und Automatenräume	01.01090	109
Periodische Reinigung		
Verkehrsflächen waschen	01.02010	201
Wandflächen waschen	01.02020	202
Fassaden waschen	01.02040	204
Deckenuntersichten und Leuchtbänder reinigen	01.02060	206
U-Bahn-Symbole reinigen	01.02070	207
Leitsysteme reinigen	01.02080	208
Nachtsperren reinigen	01.02090	209
Glasfassaden reinigen	01.0210A	210A
Aufzahlung auf Nachreinigung	01.0210B	210B
Aufz. LGK maschinelle Grundreinigung	01.02110	211
Aufz. Tex-Beläge Spröhextrahieren	01.02120	212
Aufzahlung Asphalt-Beläge einpflegen	01.02130	213
Aufz Klinker masch. Grundreinigung	01.02140	214
Aufz Fliesen masch Grundreinigung	01.02150	215
Gleisbettreinigung	01.02160	216
Wendeanlagen reinigen	01.02170	217
Reinigung auf Anordnung		
Nebenräume reinigen	01.03010	301
Graffiti entfernen über 1 QM	01.0302A	302A
Graffiti entfernen über 1 QM	01.0302B	302B

Abbildung 5.4: Gegenüberstellung Reinigungsleistungen der Ausschreibung und Reinigungsnummer im Raumverzeichnis²⁶

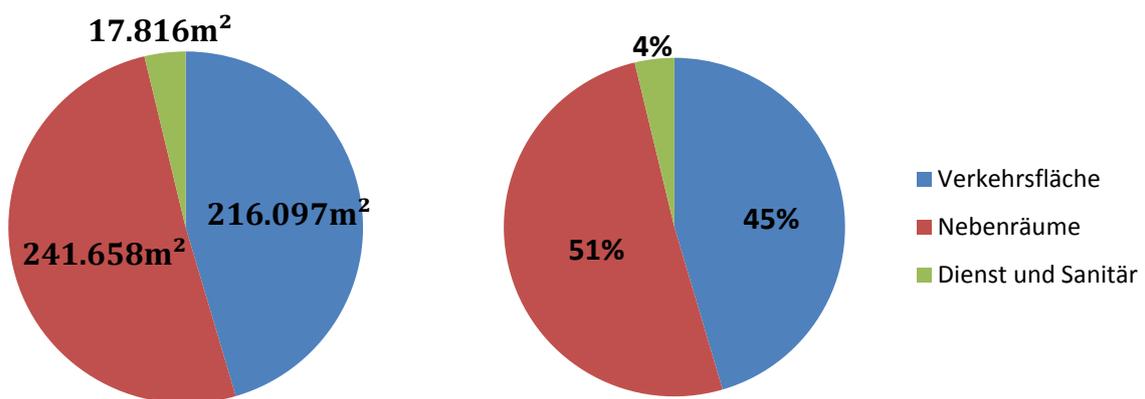


Abbildung 5.5: Auswertung der Raumzuordnung aus dem Leistungsverzeichnis der Reinigung

²⁶ Langtext des Leistungsverzeichnisses und Vertragsbestimmungen für die 10 Lose über die tägliche Reinigung in insgesamt 86 U-Bahn Stationen, S. 25

Abbildung 5.5 stellt die Raumanteile der Reinigungskategorien dar. Die allgemein zugänglichen Verkehrsflächen und die für die Öffentlichkeit nicht zugänglichen Nebenräume sind in etwa gleich groß. Die Verkehrsflächen haben einen durchschnittlichen Anteil von 45 %, die Nebenräume einen Anteil von 51 %. Dienst- und Sanitärräume haben einen vergleichsweise geringen Anteil von nur 4 %.

Interessant ist, dass weniger als die Hälfte der benötigten Flächen (45%) für die Abwicklung des Fahrgastaufkommens beansprucht wird, der Rest für sonstige nicht zugängliche Räume. Aus der Perspektive der Kostenoptimierung ergibt sich gegebenenfalls ein Einsparungspotential, der Raumanteil „Nebenräume“ ist daher so gering wie möglich zu halten.

5.2 Gegenüberstellung der Raumlisten

Ziel dieses Vergleichs ist eine fundierte Basis für die Umlage der Kosten zu erhalten.

Die Gegenüberstellung der beiden Raumlisten sowie die prozentuelle Abweichung ist in Tabelle 5.4 und Tabelle 5.5 dargestellt.

Auf den ersten Blick fällt auf, dass die Fläche der Raumliste Reinigung in Summe mit 475.571 m² geringer ist als die der Instandhaltung mit 499.679 m². Dies kann dadurch erklärt werden, dass in der Raumliste der Instandhaltung Flächen erfasst sind, die nicht gereinigt werden und somit nicht in den Reinigungslisten enthalten sind. Die Abweichung der Listen entspricht einem Wert von 24.108 m² und 5 % bezogen auf die Raumliste Instandhaltung.

In der Spalte Anmerkungen sind jene Räume angeführt, die eventuell zu der Abweichung geführt haben.

Auf Basis der Auswertungen und der Gegenüberstellung der beiden Listen geht der Autor davon aus, dass die Raumliste der Instandhaltung dazu geeignet ist, als Basis für Kostenkennwerte zu dienen. Die Abweichungen bewegen sich in einem geringen Ausmaß, die auf der unterschiedlichen Ausrichtung der Raumlisten basiert. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass keine wesentlichen Dokumentationsfehler vorliegen und die Raumliste der Instandhaltung ausreichend vollständig ist.

Da die Raumliste der Instandhaltung alle Räume einer Station umfasst, wurde Sie für die deskriptive Untersuchung herangezogen. Für die Kosten der Reinigung kann es jedoch sinnvoll sein, diese nur auf die zu reinigenden Flächen zu beziehen (€/m² Raumliste Reinigung).

Für die weiteren Untersuchungen scheinen zwei Faktoren für alle Flächentypen bestimmend zu sein: die Anzahl der Linien, die in einer Station zusammengeführt werden, sowie die unterschiedliche Raumgestaltung der Ausbauphasen. Aus diesem Grund werden statistische Flächenauswertungen nach diesen Parametern erstellt.

Kreuzungsstationen weisen aufgrund ihrer Anforderungen wesentlich höhere Flächen auf. Um den Einfluss der Kreuzungsstationen auf die Auswertung der Ausbauphasen zu eliminieren, wurden diese aus der Population der Station entfernt. In der deskriptiven Auswertung werden daher nur Stationen mit einer Linie untersucht.

5 Bedarfsermittlung

Summe	475.571 m ²	499.679 m ²	24.108 m ²	5%	
Station	Raumliste Reinigung	Raumbuch Instandhaltung	Abweichung	in % Inst.	Anmerkung
Aderklaaer Straße	3.802	3.744	- 58	-2%	
Alser Straße	1.954	2.791	837	30%	
Alt Erlaa	2.120	2.238	118	6%	
Alte Donau	3.139	3.056	- 83	-3%	
Am Schöpfwerk	2.192	2.191	- 1	0%	
Aspernstraße	4.708	4.794	86	2%	
Braunschweigasse	2.050	1.728	- 322	-16%	
Burggasse	2.178	1.661	- 517	-24%	
Donauinsel	2.921	2.721	- 200	-7%	
Donaumarina	3.631	3.319	- 312	-9%	
Donauspital	3.032	3.130	98	3%	
Donaustadtbrücke	3.807	3.297	- 510	-13%	
Dresdner Straße	2.645	3.189	544	21%	
Enkplatz	7.143	7.173	30	0%	
Erdberg	3.833	4.101	268	7%	
Erlaaer Straße	1.669	1.680	11	1%	
Floridsdorf	8.116	10.039	1.923	24%	Technikraum (1.347m ²)
Friedensbrücke	2.626	2.645	19	1%	
Gasometer	3.741	3.863	122	3%	
Großfeldsiedlung	3.856	3.846	- 10	0%	
Gumpendorfer Straße	1.654	1.630	- 24	-1%	
Handelskai	8.322	6.062	- 2.260	-27%	Leerraum (996m ²)
Hardegasse	3.064	3.153	89	3%	
Heiligenstadt	5.786	6.330	544	9%	
Herrengasse	3.036	3.166	130	4%	
Hietzing	2.056	2.309	253	12%	
Hütteldorf	3.739	9.941	6.202	166%	Abstellhalle (4.616m ²)
Hütteldorferstraße	7.096	7.265	169	2%	
Jägerstraße	4.361	4.377	16	0%	
Johnstraße	9.749	10.444	695	7%	
Josefstädter Straße	1.414	1.491	77	5%	
Kagran	4.705	6.548	1.843	39%	
Kagraner Platz	5.592	7.644	2.052	37%	Leerraum (1.569m ²)
Kaisermühlen	6.389	6.337	- 52	-1%	
Kardinal Nagl Platz	3.485	3.550	65	2%	
Karlsplatz	25.193	27.340	2.147	9%	
Kendlerstraße	4.578	4.413	- 165	-4%	
Keplerplatz	3.165	3.219	54	2%	
Kettenbrückengasse	2.185	2.196	11	1%	
Krieau	2.577	3.403	826	32%	
Landstraße	10.082	9.915	- 167	-2%	
Längenfeldgasse	5.827	5.846	19	0%	
Leopoldau	5.477	6.888	1.411	26%	
Margaretengürtel	1.586	1.705	119	8%	
Meidling-Hauptstr.	4.876	4.565	- 311	-6%	
Messe Prater	3.534	3.372	- 162	-5%	

Tabelle 5.4: Gegenüberstellung Raumliste Reinigung und Raumbuch Instandhaltung Teil 1

5 Bedarfsermittlung

Summe	475.571 m ²	499.679 m ²	24.108 m ²	5%	
Station	Raumliste Reinigung	Raumbuch Instandhaltung	Abweichung	in % Inst.	Anmerkung
Michelbeuern	3.550	3.571	21	1%	
Museumsquartier	3.702	3.360	- 342	-9%	
Nestroyplatz	4.756	5.657	901	19%	
Neubaugasse	10.004	9.774	- 230	-2%	
Neue Donau	4.381	4.409	28	1%	
Niederhofstraße	3.655	3.651	- 4	0%	
Nußdorfer Straße	2.253	3.327	1.074	48%	Lokal (995m ²)
Ober St. Veit	1.988	2.231	243	12%	
Ottakring	8.533	8.498	- 35	0%	
Perfektastraße	1.604	1.614	10	1%	
Philadelphiabrücke	7.855	8.897	1.042	13%	
Pilgramgasse	2.468	2.481	13	1%	
Praterstern	11.377	10.093	- 1.284	-11%	
Rathaus	2.389	2.342	- 48	-2%	
Rennbahnweg	3.701	2.845	- 856	-23%	
Reumannplatz	6.293	12.789	6.496	103%	Abstellhalle (6.200m ²)
Rochusgasse	5.430	5.780	350	6%	
Roßauer Lände	1.662	1.672	10	1%	
Schlachthausgasse	3.513	3.599	86	2%	
Schönbrunn	1.907	850	- 1.057	-55%	Fehler Raumbuch Inst.
Schottenring	9.560	6.006	- 3.554	-37%	Technikraum (1.941m ²)
Schottentor	5.085	4.927	- 158	-3%	
Schwedenplatz	11.742	12.263	521	4%	
Schweglerstraße	6.706	6.682	- 24	0%	
Siebenhirten	1.974	1.967	- 7	0%	
Simmering	9.366	9.429	63	1%	
Spittelau	12.497	13.887	1.390	11%	Technikraum (1.408m ²)
Stadion	9.770	6.569	- 3.201	-33%	Technikraum (2.753m ²)
Stadlau	5.665	5.650	- 15	0%	
Stadtpark	1.657	1.369	- 288	-17%	
Stephansplatz	10.613	12.562	1.949	18%	
Stubentor	4.179	4.219	40	1%	
Südtiroler Platz	8.926	11.415	2.489	28%	
Taborstraße	4.568	4.410	- 158	-3%	
Taubstummengasse	4.357	5.433	1.076	25%	
Thaliastraße	2.021	2.063	42	2%	
Tscherttegasse	1.196	1.207	11	1%	
Unter St. Veit	1.705	1.712	7	0%	
Volkstheater	12.538	12.833	295	2%	
Vorgartenstraße	3.900	3.740	- 160	-4%	
Währinger Straße	1.855	3.817	1.962	106%	
Westbahnhof	32.353	31.890	- 463	-1%	
Zieglergasse	8.218	8.314	96	1%	
Zippererstr.	5.408	5.564	156	3%	

Tabelle 5.5: Gegenüberstellung Raumliste Reinigung und Raumbuch Instandhaltung Teil 2

5.3 Statistische Auswertung der wichtigsten Raumkategorien

5.3.1 Technikraum

In Abbildung 5.6 ist das Histogramm der Flächen für den Technikraum dargestellt. Die Auswertung wurde getrennt nach der Anzahl der Linien in dieser Station durchgeführt. Blau stellt die Stationen mit nur einer Linie dar, erwartungsgemäß die Mehrzahl aller Stationen. Die restlichen Stationen sind Knotenstationen, in denen sich mehrere Linien treffen. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Anforderungen ist es notwendig, diese getrennt zu betrachten, da sie einen wesentlich höheren Flächenbedarf aufweisen.

Gut zu erkennen ist, dass jede Stationen einen Technikraum benötigt. Die Gruppe „0-0“ weist daher keinen Wert auf.

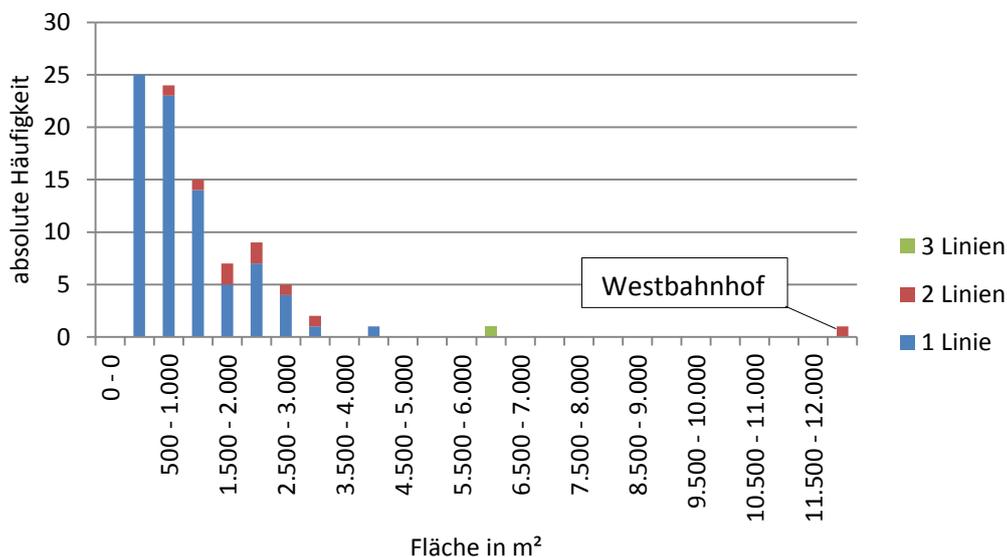


Abbildung 5.6: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Technikraum

Die Größe des Technikraums ist von einer Vielzahl an Parametern abhängig, 31 % der „1 Linien“ Stationen liegen im Bereich 0-500 m², 60 % liegen unter 1.000 m². In Abbildung 5.7 kann man erkennen, dass Knotenstationen mit 2 Linien auch in etwa den doppelten Flächenbedarf aufweisen. Dies ist durch den horizontalen Abstand zwischen blauer und roter Linie deutlich erkennbar. Die *Station Westbahnhof* bedingt den Sprung in der roten Linie, diese hat einen Flächenbedarf von 12.229 m², dies entspricht einem Vielfachen der anderen Stationen. Aufgrund der besonderen Anforderungen an diesen Knoten, ist diese Station nicht repräsentativ für die Population. Die Population der „3 Linien“ Knoten besteht nur aus der *Station Karlsplatz*.

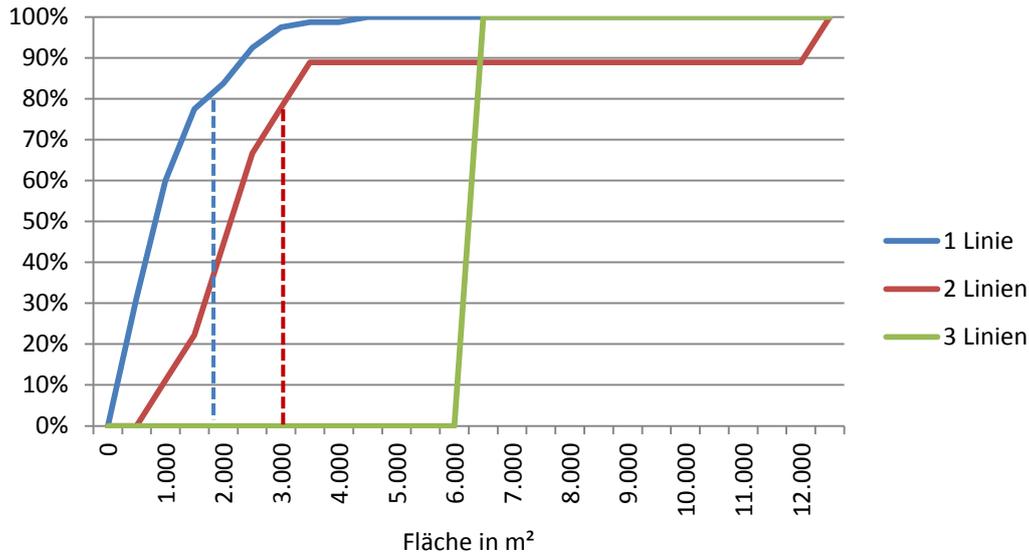


Abbildung 5.7: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Technikraum

Das 80 %-Quantil der 1-Linien-Stationen ergibt sich zu $q_1(0,8)=1.500 \text{ m}^2$, für 2-Linien-Stationen zu $q_2(0,8)=3.000 \text{ m}^2$. Der Technikraum *Station Karlsplatz* liegt in der Kategorie 6.000 m^2 - 6.500 m^2 und nicht bei einem linear zu erwartenden Wert von 4.500 m^2 . Eine zusätzliche Linie verursacht daher eine Verdoppelung des Flächenbedarfs. Aufgrund dessen, dass nur eine Stichprobe für Knoten mit 3 Linien vorhanden ist, können hier keine seriösen Aussagen getroffen werden. Diese Stichprobe kann jedoch als Anhaltspunkt für weitere Untersuchungen dienen. Dies trifft auch auf alle folgenden statistischen Auswertungen zu.

Technikraum		1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	12.229 m²	4.167 m ²	12.229 m ²	6.254 m ²
Min	113 m²	113 m ²	666 m ²	6.254 m ²
Mittelwert	1.323 m²	1.052 m ²	3.188 m ²	6.254 m ²
Median	987 m²	890 m ²	2.187 m ²	6.254 m ²

Tabelle 5.6: Statistische Kennwerte Technikraum

In Tabelle 5.6 sind alle wichtigen Auswertungen zusammengefasst. Eine durchschnittliche Station mit nur 1 Linie benötigt etwa 1.000 m^2 . Der durchschnittliche Flächenbedarf der Knotenstationen mit 2 Linien beträgt etwa 3.200 m^2 , hier ist jedoch aufgrund des Ausreißers „Westbahnhof“ der Median wesentlich aussagekräftiger. Dieser beträgt für Stationen mit 2 Linien etwa 2.200 m^2 . Der Durchschnitt über alle Stationen beträgt 1.323 m^2 , dies ist durch die große Population der 1-Linien Stationen bedingt. Grundsätzlich kann eine erhebliche Steigerung der Flächen in Abhängigkeit von der Linienanzahl festgestellt werden.

In den unterschiedlichen Ausbauphasen wurden verschiedene architektonische Konzepte gewählt. Diese unterscheiden sich in der Ausgestaltung der Oberflächen sowie in der Anordnung der Räume. Aufgrund der technischen Weiterentwicklung und steigender Anforderungen an eine Station ist ein Anstieg des Raumbedarfs der Technik zu erwarten. Daher ist der Einfluss der Ausbauphase auf die benötigten Flächen von Interesse.

In

Abbildung 5.8 ist die absolute Häufigkeit der Flächenverteilung, getrennt nach Ausbauphase dargestellt. Auffallend ist, dass die Flächen der Ausbauphase 1 geringer sind, als die der Phase 2. oder 3.

Zeitliche Einordnung der Ausbauphasen:

- Ausbauphase 1 → 1969-1982
- Ausbauphase 2 → 1982-2000
- Ausbauphase 3 → 2000-2010

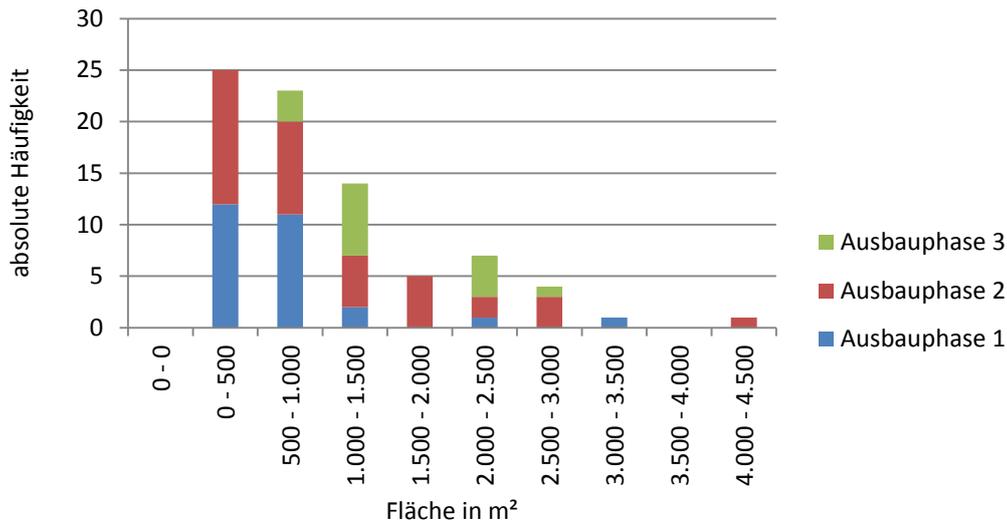


Abbildung 5.8: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Technikraum

In Abbildung 5.9 verläuft die blaue bzw. rote Kurve im unteren Bereich ähnlich, spaltet sich dann jedoch auf. Das bedeutet, dass die Technikräume in Ausbauphase 2 mehr Flächen benötigen, als die der ersten. 80 % der Technikräume der 1. Ausbauphase weisen einen Flächenbedarf kleiner als 1.000 m² auf, bei der 2. Ausbauphase liegt dieser Wert bereits bei 3.000 m². Es treten vor allem Flächen zwischen 1.000-1.500 m² und 2.000-2.500 m² auf.

Technikraum	Ausbauphase 1	Ausbauphase 2	Ausbauphase 3
Max	3.221 m ²	4.167 m ²	2.753 m ²
Min	114 m ²	113 m ²	630 m ²
Mittelwert	716 m ²	1.089 m ²	1.560 m ²
Median	565 m ²	982 m ²	1.473 m ²

Tabelle 5.7: statistische Kennwerte Technikraum nach Ausbauphase

In Tabelle 5.7 erkennt man, dass der Flächenbedarf für den Technikraum stetig zugenommen hat. Während der Durchschnitt des Flächenbedarfs in der ersten Ausbauphase bei 716 m² liegt, hat sich dieser in der 3. Ausbauphase mehr als verdoppelt.

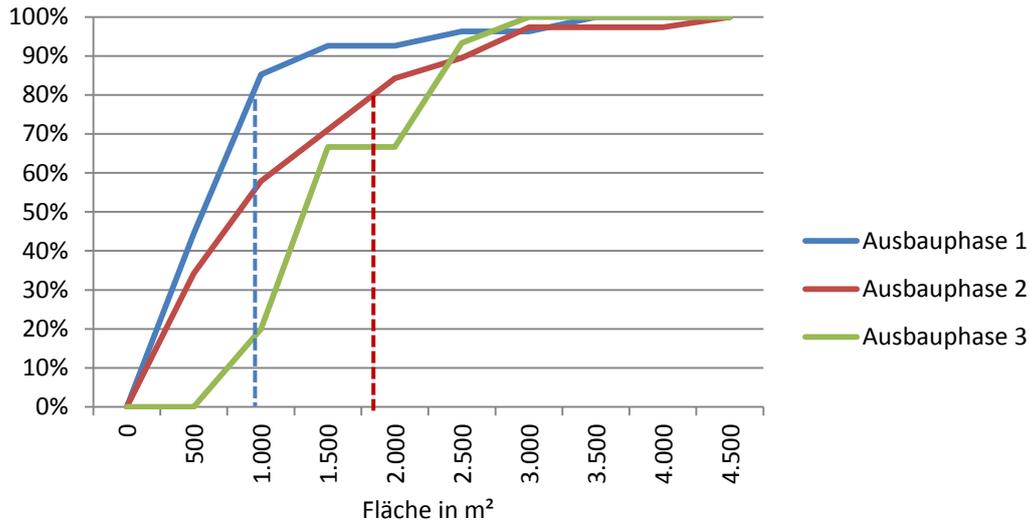


Abbildung 5.9: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Technikraum

Man kann daher auch in Zukunft davon ausgehen, dass der Flächenbedarf dieser Räume steigen wird.

5.3.2 Bahnsteig

Der Bahnsteig stellt einen zwingenden Bestandteil einer U-Bahn-Station dar. Das in Abbildung 5.10 dargestellte Histogramm zeigt, dass sich die Werte um 1.000 m² häufen; dieser Wert entspricht gleichzeitig dem Median.

Dabei streuen die Werte nur geringfügig. Dies liegt daran, dass für Bahnsteige immer ähnliche Anforderungen an den Platzbedarf vorherrschen. Ausreißer nach oben ergeben sich durch die besonderen Anforderungen an Endstationen, die oft mehrere Gleise beherbergen.

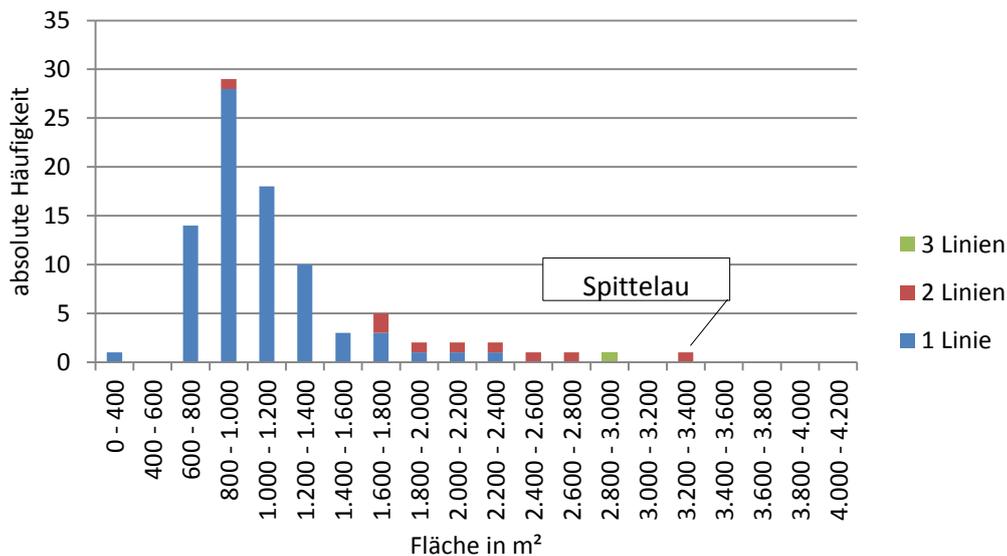


Abbildung 5.10: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Bahnsteig

Aus Abbildung 5.10 ist zu erkennen, dass mit steigender Anzahl der Linien auch der Bedarf an Flächen steigt. Tabelle 5.8 stellt eine Zusammenfassung der statistischen Auswertung dar. Die Mittelwerte der Bahnsteigflächen betragen bei einer Linie 1.040 m², bei zwei Linien 2.110 m² und bei drei Linien 2.978 m². Wie zu erwarten, ergibt sich daher ein linearer Verlauf der benötigten Flächen. Die rote Kurve in Abbildung 5.11 zeigt einen annähernd parallelen Verlauf zur blauen Kurve. Dies wird durch das 80 %-Quantil bestätigt, $q_1(0,8)=1.200 \text{ m}^2$ und $q_2(0,8)=2.600 \text{ m}^2$. Die 3-Linien-Station *Karlplatz* hat einen Flächenbedarf von 2.978 m².

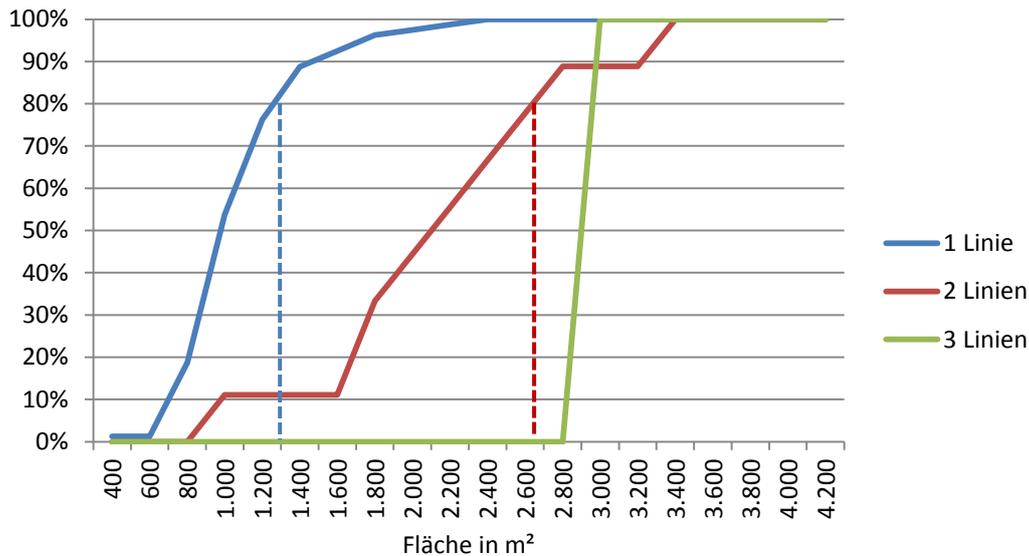


Abbildung 5.11: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Bahnsteig

Bahnsteig		1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	3.203 m²	2.290 m ²	3.203 m ²	2.978 m ²
Min	358 m²	358 m ²	863 m ²	2.978 m ²
Mittelwert	1.168 m²	1.040 m ²	2.110 m ²	2.978 m ²
Median	1.001 m²	978 m ²	2.198 m ²	2.978 m ²

Tabelle 5.8: Statistische Kennwerte Bahnsteig

Das Minimum der Bahnsteigflächen liegt bei 358 m² (siehe Tabelle 5.8). Es betrifft die Station *Schönbrunn*. Dieser Wert ist jedoch auf einen Eingabefehler in der Raumliste zurückzuführen (eventuell nur ein Bahnsteig eingegeben).

Prinzipiell können zwei unterschiedliche Bahnsteigtypen unterschieden werden:

- Mittelbahnsteig (siehe Abbildung 5.12)
- Seitenbahnsteig (siehe Abbildung 5.13)

Beim Mittelbahnsteig werden die Züge an einem in der Mitte stehenden Bahnsteig vorbei geführt. Dies hat den Vorteil, dass Stiegen, Lifte, Rolltreppen, und andere Zugänge nur einmal ausgeführt werden müssen. Diese sind jedoch größer zu dimensionieren. Da die Züge auf freier Strecke auf tangierenden Gleisen verkehren ist es hier notwendig, diese für die Station zu Verschwenken, um ausreichend Platz für den Bahnsteig zu

generieren. Im Gegensatz dazu werden beim Seitenbahnsteig die Gleise wie auf freier Strecke geführt. Die Bahnsteige sind an den beiden Außenseiten positioniert.

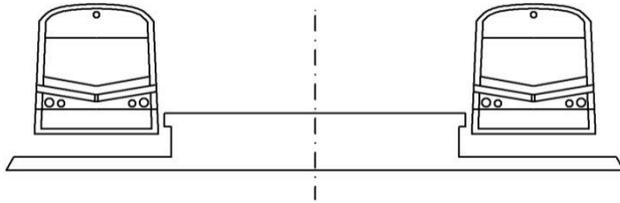


Abbildung 5.12: Mittelbahnsteig

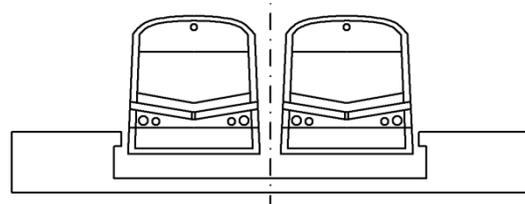


Abbildung 5.13: Seitenbahnsteig

Da die verschiedenen Konzepte unterschiedliche Auswirkungen auf den Flächenbedarf der Bahnsteige haben, wurden diese getrennt untersucht. Um Einflüsse von Knotenstationen zu vermeiden, wurden nur Stationen mit einer Linie in Abbildung 5.14 berücksichtigt.

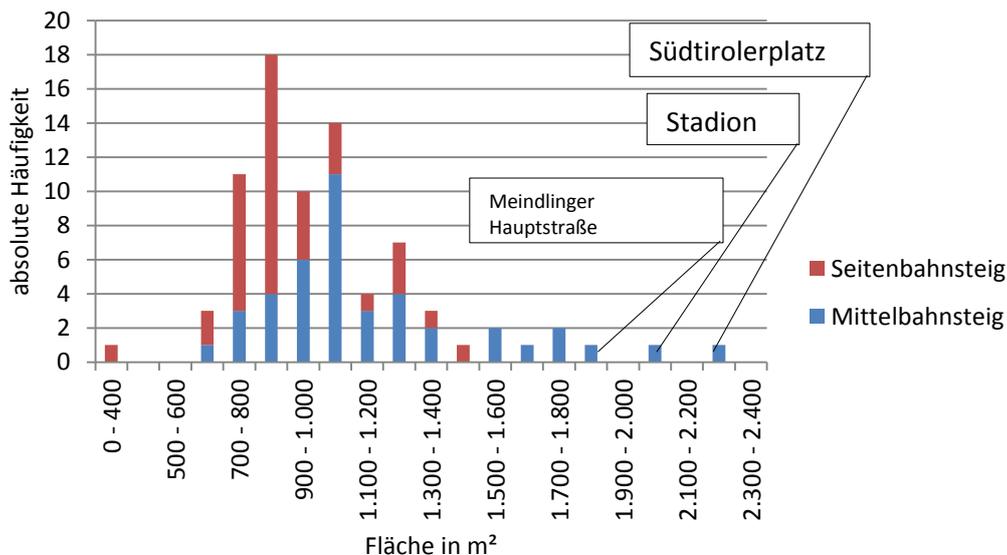


Abbildung 5.14: Histogramm Flächenbedarf Mittelbahnsteig-Seitenbahnsteig

In Abbildung 5.14 ist zu erkennen, dass die Population der Seitenbahnsteige eher im unteren Flächenbedarf angesiedelt ist, während die Mittelbahnsteige vergleichsweise mehr Flächenbedarf aufweisen. Den höchsten Flächenbedarf hat die Station *Südtirolerplatz*, danach folgt die Station *Stadion*, gefolgt von der Station *Meidlinger Hauptstraße*. Die Station *Stadion* hat besondere Anforderungen zu erfüllen, da hier häufig große Menschenansammlungen abgefertigt werden müssen; dies wirkt sich auch auf die notwendigen Flächen der Bahnsteige aus. In Tabelle 5.9 ist der erhöhte Flächenbedarf von Mittelbahnsteigen ebenfalls zu erkennen. Während der Mittelwert bei Mittelbahnsteigen bei 1.167 m² liegt, beträgt dieser bei Seitenbahnsteigen nur 899 m². Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass gerade Stationen mit besonderen Anforderungen, z.B. „Stadion“ mit Mittelbahnsteigen ausgestattet wurden, um einen raschen Abfluss sehr großer Menschenmengen zu gewährleisten.

Bahnsteig	Mittelbahnsteig	Seitenbahnsteig
Max	2.290 m ²	1.446 m ²
Min	695 m ²	358 m ²
Mittelwert	1.167 m ²	899 m ²
Median	1.062 m ²	859 m ²

Tabelle 5.9: Statistische Kennwerte je Art des Bahnsteigs

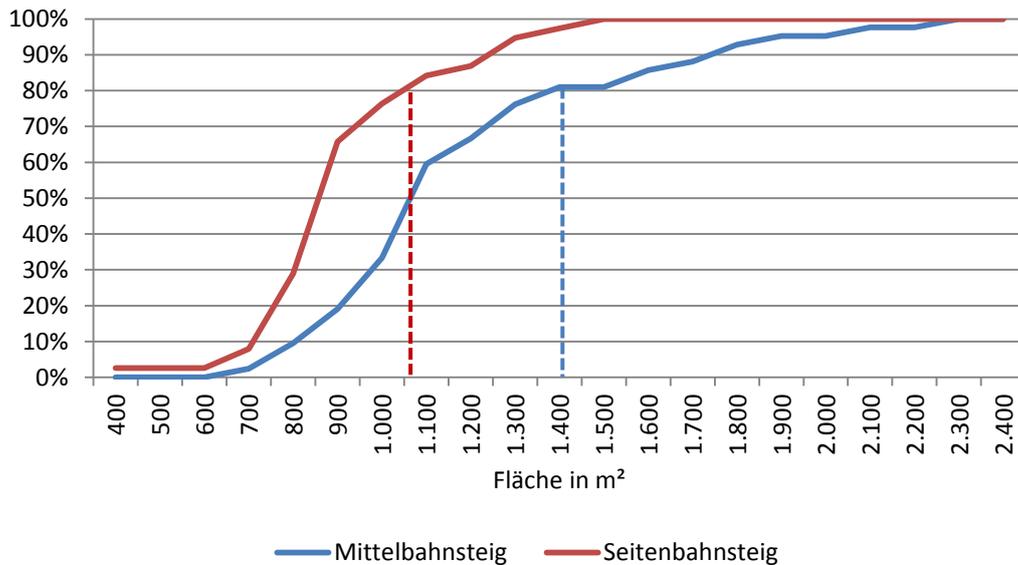


Abbildung 5.15: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit des Bahnsteigtyps

Das 80 %-Quantil Q_p für Mittelbahnsteige ergibt sich zu $q_m(0,8) = 1.400 \text{ m}^2$ und für Seitenbahnsteige zu $q_s(0,8) = 1.000 \text{ m}^2$. Über den gesamten Verlauf der in Abbildung 5.15 dargestellten Verteilung liegen die Mittelbahnsteige höher als die entsprechenden Seitenbahnsteige. Auf Basis dieser Auswertung kann darauf geschlossen werden, dass die Bahnsteigart einen wesentlichen Einfluss auf den Flächenbedarf hat.

Die Länge des Bahnsteigs ist von der Zuglänge abhängig. Die neuen Züge der Wiener U-Bahn (V-Wagen) haben eine Länge von 112 m und eine Kapazität von 900 Fahrgästen.²⁷ Der Bahnsteig muss jedoch länger als der Zug sein, um einen Haltebereich zu ermöglichen. Im Durchschnitt können daher 115 m für die Bahnsteiglängen angenommen werden. Die einzig variable Größe ist daher die Bahnsteigbreite.

5.3.3 Gang

Gänge dienen dazu, Verbindungswege zwischen den Bahnsteigen sowie den Ein- und Ausgängen einer Station zu schaffen. Diese haben nicht nur eine besondere Bedeutung bei der Entwicklung der LCC, sondern sind entscheidend für den Komfort der Fahrgäste. Kurze Verbindungswege führen zu einem reduzierten Flächenbedarf. Um den Komfort der Fahrgäste zu steigern, ist es notwendig die Gänge möglichst breit auszuführen; dies steht im natürlichen Widerspruch Flächen und damit verbundene Kosten zu reduzieren.

²⁷ <http://www.wien.gv.at/rk/msg/2011/05/20008.html>, 2012-01-04

Ziel jeder Stationsplanung muss daher sein, diese Flächen möglichst gering zu halten, ohne den Komfort der Fahrgäste einzuschränken.

Aus Abbildung 5.16 ist der Einfluss der Linienanzahl einer Station sehr gut zu erkennen. Stationen, in denen sich mehrere Linien kreuzen, weisen einen wesentlich höheren Flächenbedarf auf als Stationen mit nur einer Linie. Auch wenn in der Population der Stationen mit nur einer Linie Ausreißer nach oben zu finden sind, ist klar erkennbar, dass mit steigender Linien-Anzahl auch der Flächenbedarf steigt. Die drei Ausreißer der Stationen mit nur einer Linie sind die Stationen, Zieglergasse, Neubaugasse und Floridsdorf.

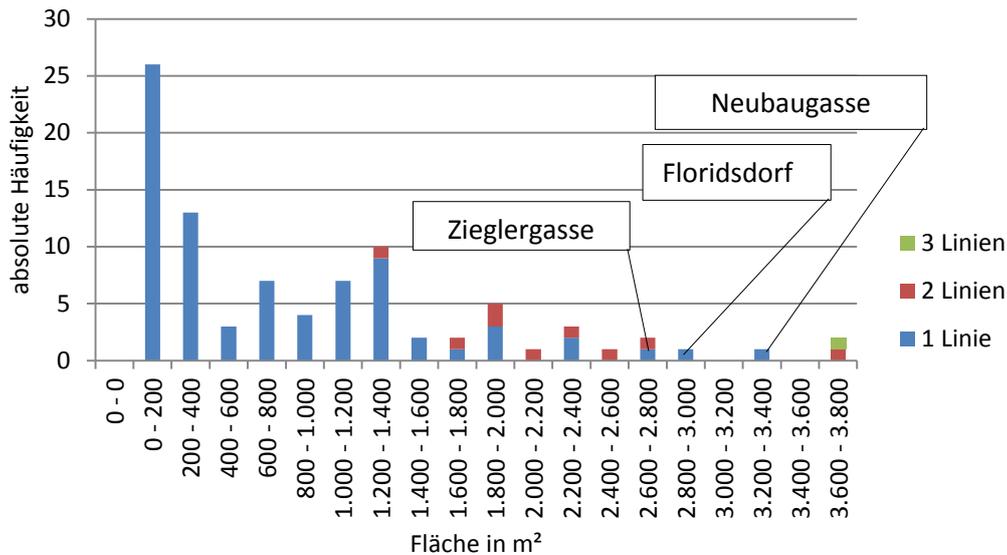


Abbildung 5.16: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl - Gang

In Abbildung 5.17 ist ein klarer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Linien und dem Flächenbedarf der Gänge zu erkennen. Die 80 %-Quantile sind wie folgt verteilt: $q_1(0,8) = 1.400 \text{ m}^2$, $q_2(0,8) = 2.600 \text{ m}^2$. Aufgrund des ähnlichen Verlaufes der Verteilungskurven ist darauf zu schließen, dass die Anzahl ein wichtiger Parameter für den Flächenbedarf ist. Kreuzen sich U-Bahn-Linien, sind größere Tieflagen der Station notwendig, die in weiterer Folge längere Verbindungswege notwendig machen.

In Tabelle 5.10 ist der beschriebene Anstieg des mittleren Flächenbedarfs zu erkennen. Während bei Stationen mit einer Linie der Flächenbedarf bei 743 m^2 liegt, steigt dieser bei zwei Linien auf 2.242 m^2 und erreicht sein Maximum bei drei Linien, 3.634 m^2 . Das Minimum aller Stationen weist die Station *Burggasse* auf, der Flächenbedarf liegt hier bei nur 3 m^2 , eventuell wurden Gangflächen anderen Kategorien zugewiesen.

Abbildung 5.18 und Abbildung 5.19 zeigen, dass die Ausbauphase kein bestimmender Parameter für den Flächenbedarf ist. Die Dichte- sowie die Verteilungsfunktion ist bei allen 3 Ausbauphasen ähnlich ausgeprägt.

Dieses Ergebnis war auch zu erwarten, da es immer schon das Ziel war, Verbindungswege möglichst kurz zu gestalten.

5 Bedarfsermittlung

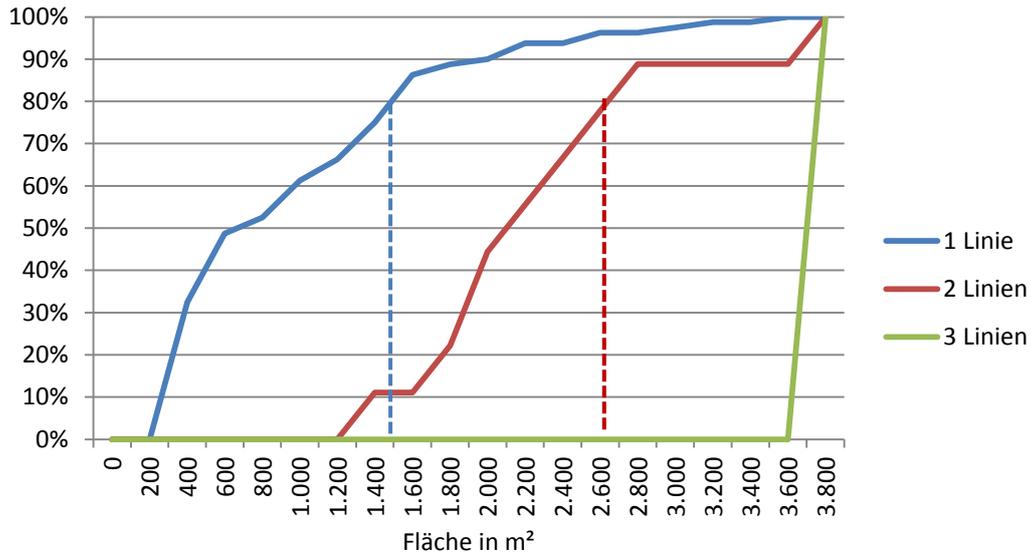


Abbildung 5.17: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Gang

Gang		1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	3.912 m²	3.303 m ²	3.912 m ²	3.634 m ²
Min	3 m²	3 m ²	1.355 m ²	3.634 m ²
Mittelwert	925 m²	743 m ²	2.242 m ²	3.634 m ²
Median	678 m²	549 m ²	2.048 m ²	3.634 m ²

Tabelle 5.10: Statistische Kennwerte Gang

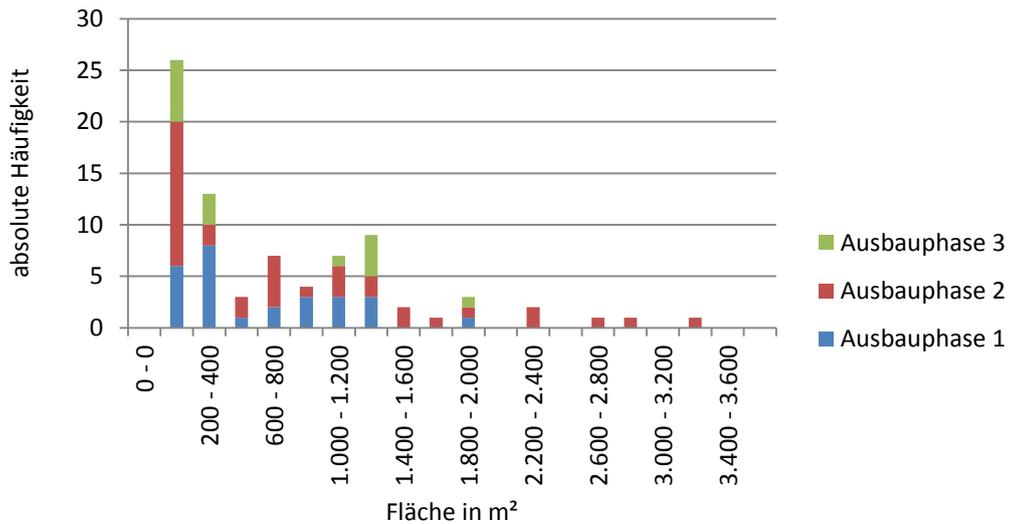


Abbildung 5.18: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Gang

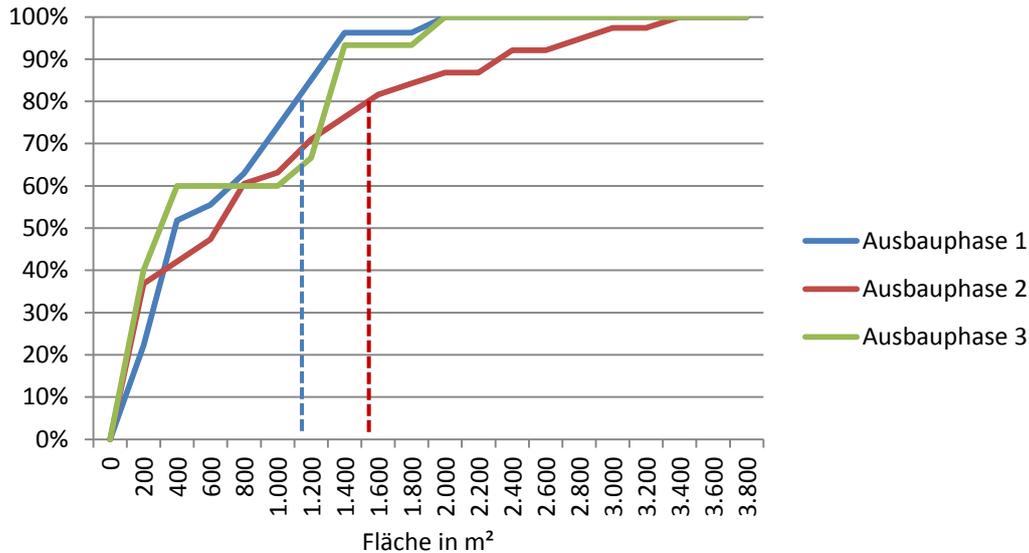


Abbildung 5.19: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Gang

Gang		1. Ausbauphase	2. Ausbauphase	3. Ausbauphase
Max	3.303 m²	1.913 m ²	3.303 m ²	1.997 m ²
Min	3 m²	10 m ²	3 m ²	41 m ²
Mittelwert	743 m²	614 m ²	866 m ²	662 m ²
Median	549 m²	392 m ²	641 m ²	302 m ²

Tabelle 5.11: Statistische Kennwerte Gang nach Ausbauphase

Aus Tabelle 5.11 ist zu erkennen, dass in der 2. Ausbauphase ein geringfügig höherer Flächenbedarf als in den beiden anderen Ausbauphasen besteht. Dies ist jedoch auf die Tiefenlage der Stationen und nicht auf die Ausbauphase zurückzuführen.

5.3.4 Passage

Die Bezeichnung Passage wurde aus dem bestehenden Raumbuch entnommen, da diese Flächen separat erfasst wurden. Üblicherweise unterscheidet sich eine Passage von einem Gang durch Vorhandensein von kleinen Geschäftslokalen oder Einkaufsmöglichkeiten. Ein Beispiel ist die Passage Karlsplatz, die diese Definition erfüllt.

Passagen sind kein zwingender Bestandteil einer U-Bahn-Station, aufgrund der höheren Fahrgastzahlen in Kreuzungsstationen ist es natürlich sinnvoll, vor allem dort Passagen anzuordnen. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in Abbildung 5.20 wieder. Die größte Passage befindet sich bei der *Station Karlsplatz* und hat eine Fläche von 6.089 m².

Bemerkenswert ist, dass über 50 % der Stationen mit nur einer Linie keine Passage aufweisen. Das 80% Quantil $q_1(0,8)$ liegt bei 800 m². In Abbildung 5.21 zeigt die rote Linie für 2-Linien-Stationen, dass im Bereich zwischen 1.200-2.000 m² die meisten Passagen eingeordnet werden können.

5 Bedarfsermittlung

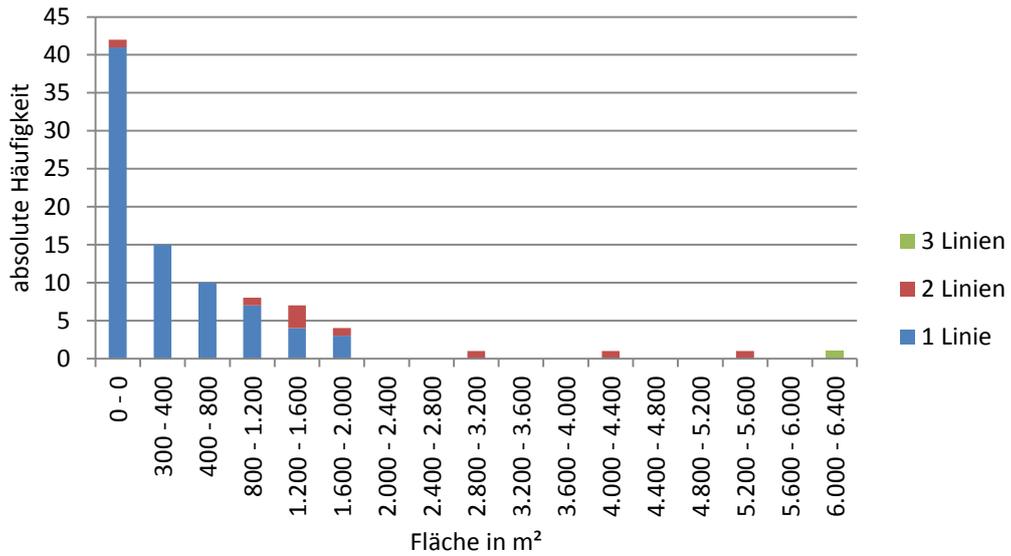


Abbildung 5.20: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Passage

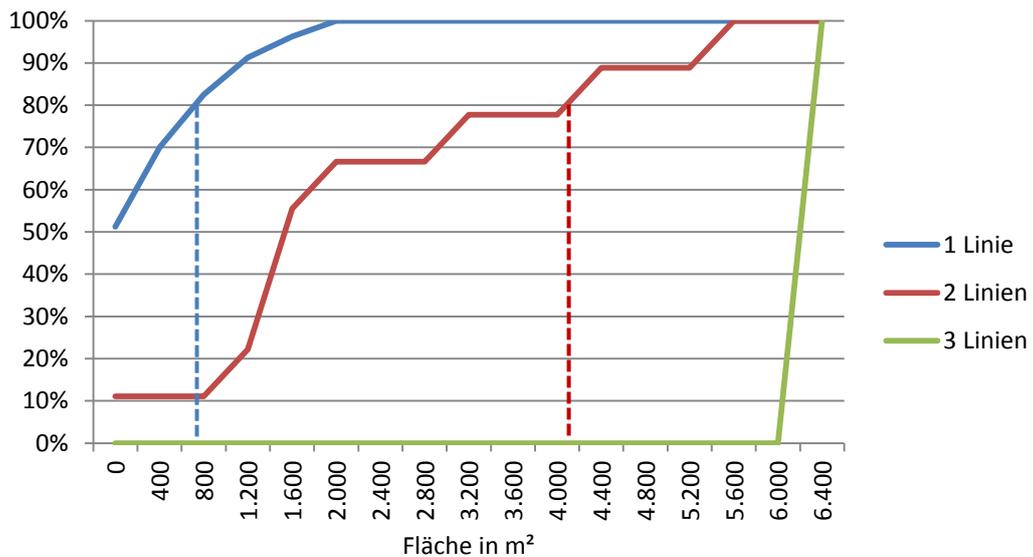


Abbildung 5.21: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Passage

Passage		1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	6.089 m²	1.879 m ²	5.421 m ²	6.089 m ²
Min	0 m²	0 m ²	0 m ²	6.089 m ²
Mittelwert	571 m²	325 m ²	2.148 m ²	6.089 m ²
Median	153 m²	0 m ²	1.400 m ²	6.089 m ²

Tabelle 5.12: Statistische Kennwerte Passage

Stationen mit nur einer Linie werden nur sehr begrenzt mit Passagen ausgestattet, dies spiegelt sich auch in der statistischen Auswertung in Tabelle 5.12 wieder. Der Median bei einer Linie liegt wie schon vorher erwähnt bei 0 m², der Durchschnitt bei 325 m². Das Maximum (1 Linie) liegt bei 1.879 m², dies ist durch die Anbindung der ÖBB bei der Station *Philadelphiabrücke* bedingt. Diese Station ist daher nicht repräsentativ für die gesamte Kohorte.

Bei der 3. Ausbauphase kommen vermehrt Passagen zur Anwendung, jedoch wesentlich kleinere als in der 1. oder 2. Ausbauphase. Der Anteil der Stationen ohne Passagen liegt hier nur bei 27%.

Die Auswertung ist in Abbildung 5.22 und Abbildung 5.23 dargestellt.

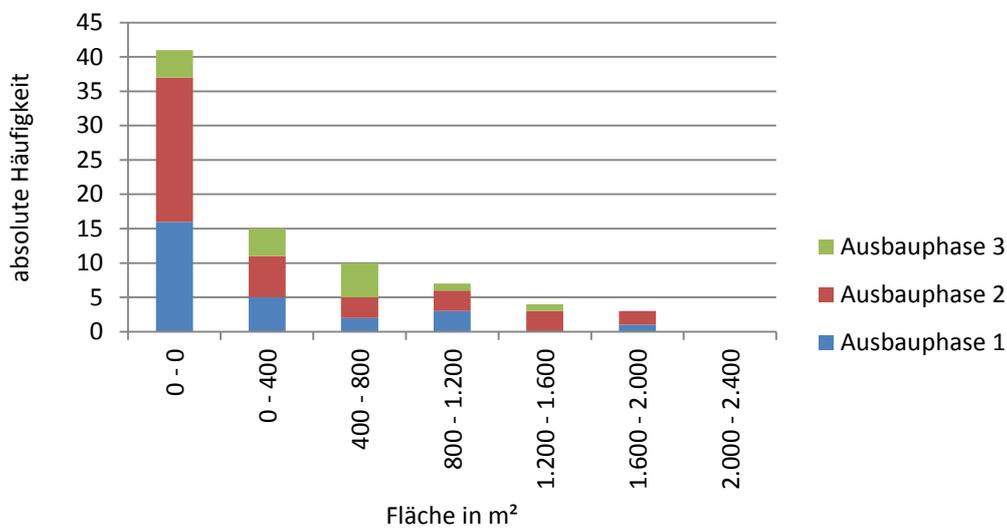


Abbildung 5.22: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Passage

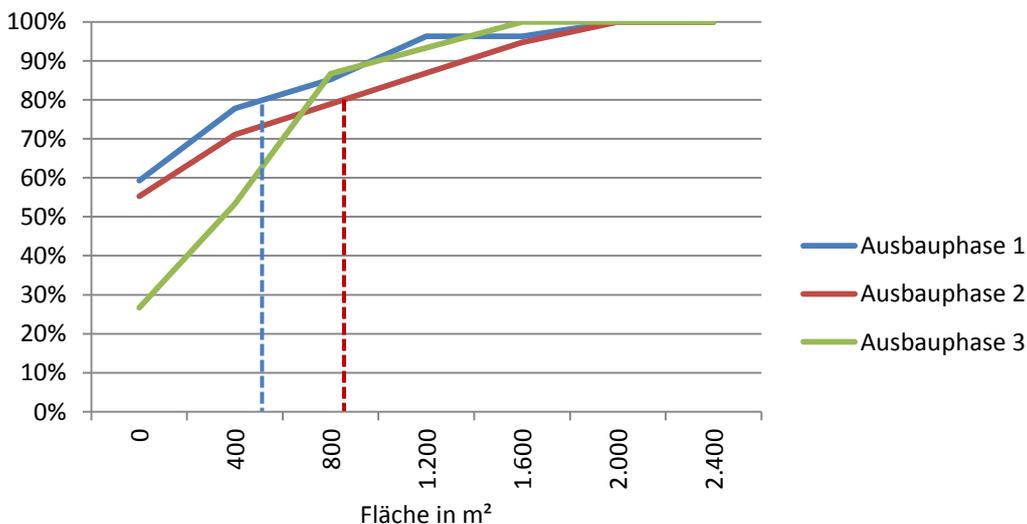


Abbildung 5.23: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Passage

Passage		1. Ausbauphase	2. Ausbauphase	3. Ausbauphase
Max	1.879 m²	1.602 m ²	1.879 m ²	1.245 m ²
Min	0 m²	0 m ²	0 m ²	0 m ²
Mittelwert	325 m²	236 m ²	359 m ²	396 m ²
Median	0 m²	0 m ²	0 m ²	281 m ²

Tabelle 5.13: Statistische Kennwerte Passage nach Ausbauphase

Passagen sind für den Betrieb einer Station nicht erforderlich. In den jeweiligen Ausbauphasen wurden im Durchschnitt in gleichem Ausmaß Passagen angeordnet. Eine wesentliche Erhöhung kann nicht festgestellt werden.

5.3.5 Lager/Archiv

Lager und Archive sind ein wesentlich Bestandteil einer Station. Dies spiegelt sich auch in der statistischen Auswertung wieder. Alle im Bestand bestehenden Stationen verfügen über Räume dieser Kategorie. In Abbildung 5.24 kann man erkennen, dass Stationen mit einer Linie überproportional im Bereich 0-200 m² vertreten sind, während sich Stationen mit 2 Linien gleichmäßig zwischen 0-1.800 m² verteilen.

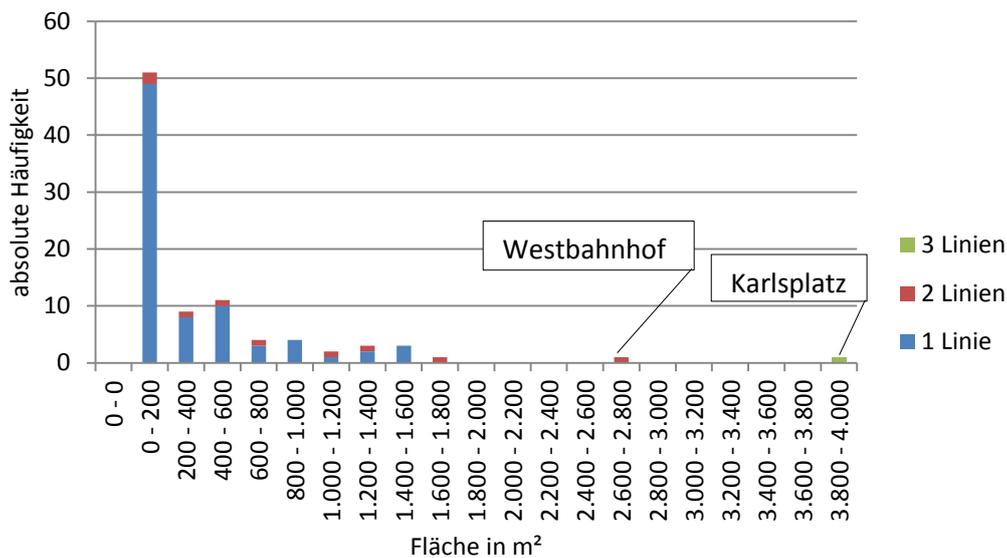


Abbildung 5.24: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Lager/Archiv

Die Stationen *Karlsplatz* und *Westbahnhof* stellen in diesem Zusammenhang Ausreißer dar, die aufgrund ihrer besonderen Anforderung, wesentlich höhere Archiv- und Lagerflächen aufweisen.

Abbildung 5.25 zeigt die Verteilungskurve, dabei fallen vor allem die unterschiedlichen Steigungen der blauen und roten Kurve auf. Das 80%-Quantil der Stationen mit einer Linie $q_1(0,8) = 600 \text{ m}^2$, während es bei Stationen mit 2 Linien bereits bei $q_2(0,8) = 1.600 \text{ m}^2$ liegt.

Im Durchschnitt steigt mit der Anzahl der Linien auch der Bedarf an Lager und Archivflächen. Dies muss aber nicht unbedingt betrieblich notwendig sein. Lagerflächen können z.B. aus Platzgründen bei Kreuzungsstationen konzentriert werden, auch wenn eine Kreuzungsstation nicht unbedingt einen höheren Bedarf an diesen Flächen aufweist.

Der Bedarf entsteht durch die Summe der Stationen und wird dann entweder gleichmäßig oder ungleichmäßig auf die Stationen verteilt. Man kann aus der Auswertung jedoch erkennen, dass größere Lager- bzw. Archivflächen vermehrt bei Kreuzungsstationen angeordnet werden.

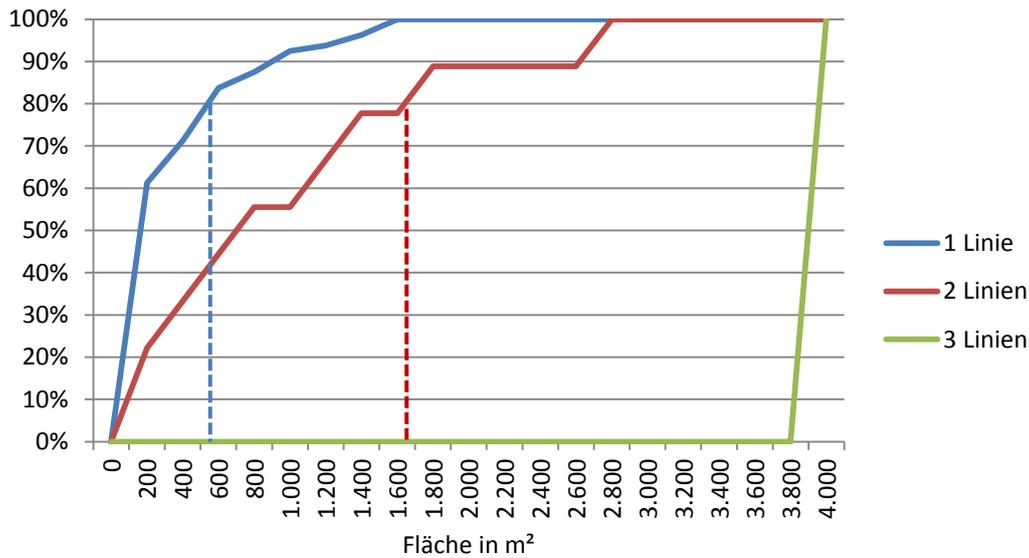


Abbildung 5.25: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Lager/Archiv

Der Umstand, dass sich Kreuzungsstationen für diese Kategorie der Flächen anbieten, kann aus Tabelle 5.14 abgelesen werden. Alle Werte steigen mit der Anzahl der Linien. Während bei Stationen mit 2 Linien der Median und der Mittelwert nah beisammen liegen, ergibt sich bei einer Linie etwa ein Faktor 2. Dieser Faktor entsteht dadurch, dass in der Kohorte der Stationen mit einer Linie Lagerflächen vorhanden sind, die den Mittelwert stark beeinflussen.

Lager/Archiv	Summe	1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	3.863 m²	1.538 m ²	2.642 m ²	3.863 m ²
Min	12 m²	12 m ²	95 m ²	3.863 m ²
Mittelwert	410 m²	306 m ²	955 m ²	3.863 m ²
Median	168 m²	155 m ²	701 m ²	3.863 m ²

Tabelle 5.14: Statistische Kennwerte Lager/Archiv

Um den Einfluss der verschiedenen Planungsphasen erfassen zu können, wurde auch hier eine Analyse durchgeführt und die Stationen nach ihrer Ausbauphase gegliedert.

In Abbildung 5.26 kann man erkennen, dass in der Population der der 3. Ausbauphase keine Flächen >200 m² vorhanden sind. Die Häufigkeiten der 1. und 2. Ausbauphase sind dagegen weit gestreut und liegen zwischen 0-1.600 m².

5 Bedarfsermittlung

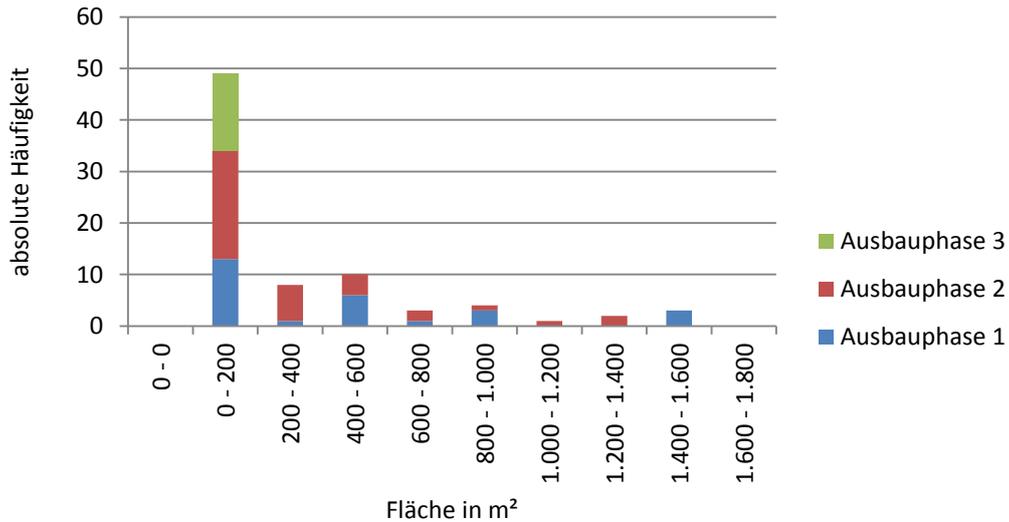


Abbildung 5.26: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Lager/Archiv

Abbildung 5.27 stellt die Verteilung des Flächenbedarfs grafisch dar. Die Kurven der 1. und 2. Ausbauphase sind vom Verlauf sehr ähnlich. Zuerst ein steiler Anstieg im Bereich 0-200 m², dann ein Abflachen der Kurve. Der Flächenbedarf der 3. Ausbauphase ist im Durchschnitt geringer als der der beiden anderen.

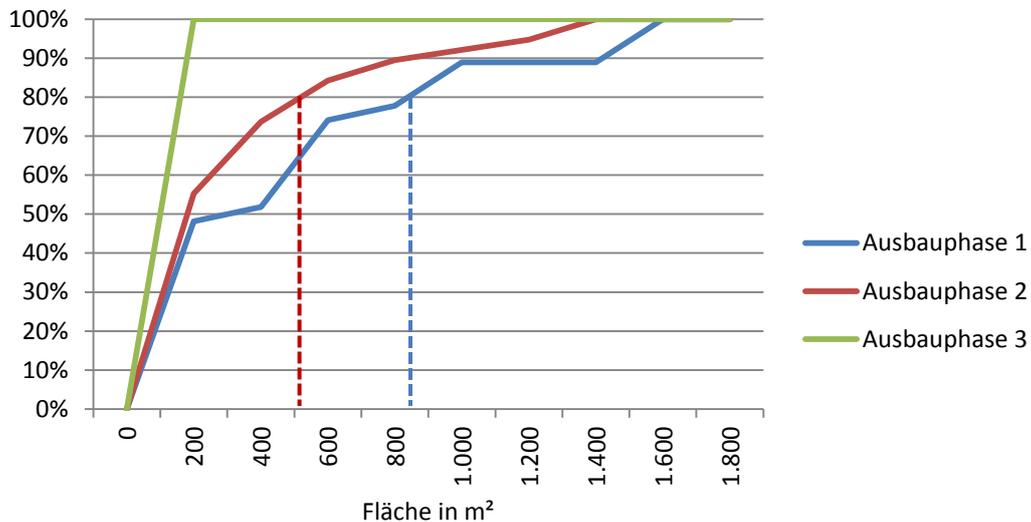


Abbildung 5.27: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Lager/Archiv

Lager/Archiv		1. Ausbauphase	2. Ausbauphase	3. Ausbauphase
Max	1.538 m²	1.538 m ²	1.287 m ²	167 m ²
Min	12 m²	12 m ²	13 m ²	14 m ²
Mittelwert	306 m²	435 m ²	305 m ²	73 m ²
Median	155 m²	284 m ²	193 m ²	68 m ²

Tabelle 5.15: statistische Kennwerte Lager/Archiv nach Ausbauphase

Die Tabelle 5.15 zeigt, dass der Bedarf an diesen Flächen stark abgenommen hat. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die bestehenden Flächen ausreichen, um den Betrieb sicher zu stellen. Die Reduktion dieser Flächen wirkt sich positiv auf die LCC aus.

5.3.6 Stiege

Die Aufgabe einer Stiege ist es Höhenunterschiede zu überwinden. Ein maßgebender Faktor für den Flächenbedarf ist daher die Höhenlage der Bahnsteige, im Bezug zum angrenzenden Gelände.

Weiters steigt mit zunehmender Anzahl der Linien (Bahnsteige), die Anzahl der Verbindungswege und damit auch der Flächenbedarf der Stiegen. Die statistische Auswertung ist in Abbildung 5.28 und Abbildung 5.29 dargestellt.

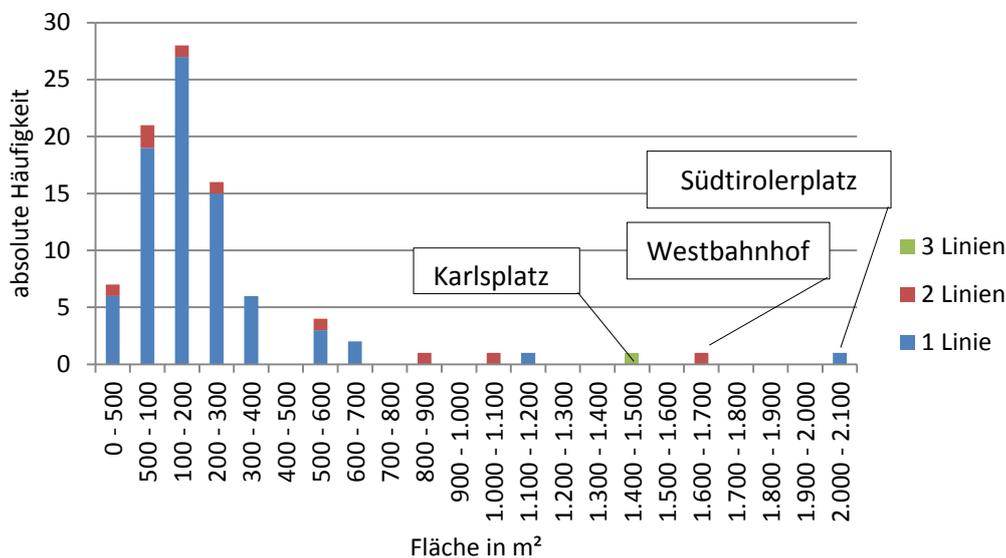


Abbildung 5.28: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Stiege

Abbildung 5.29 zeigt, dass das 80%-Quantil der Stationen mit einer Linie bei $q_1(0,8) = 300 \text{ m}^2$ liegt. Das vergleichbare Quantil der Stationen mit 2 Linien liegt bereits bei 1.000 m^2 .

Bei Kreuzungsstationen ist es notwendig die Linien in unterschiedlichen Höhenlagen zu führen. Aus diesem Grund weisen Kreuzungsstationen einen wesentlich höheren Bedarf an Stiegen auf als Stationen mit nur einer Linie.

In Tabelle 5.16, ist der Anstieg des Mittelwertes, abhängig von der Anzahl der Linien zu erkennen. Bemerkenswert ist, dass das Maximum bei einer Station mit einer Linie zu finden ist (*Station Südtirolerplatz/ÖBB Anbindung*). Die Minimalwerte sind kritisch zu hinterfragen, Werte von 0 m^2 wie bei der Station *Messe Prater* sind durch die fehlende Erfassung im Raumbuch zu erklären. Hier wurden die Flächen offenbar anderen Kategorien zugerechnet (z.B. Gang).

Analysiert man den Flächenbedarf der Stiegen bezogen auf die Ausbauphase, ergeben sich Abbildung 5.30 und Abbildung 5.31.

5 Bedarfsermittlung

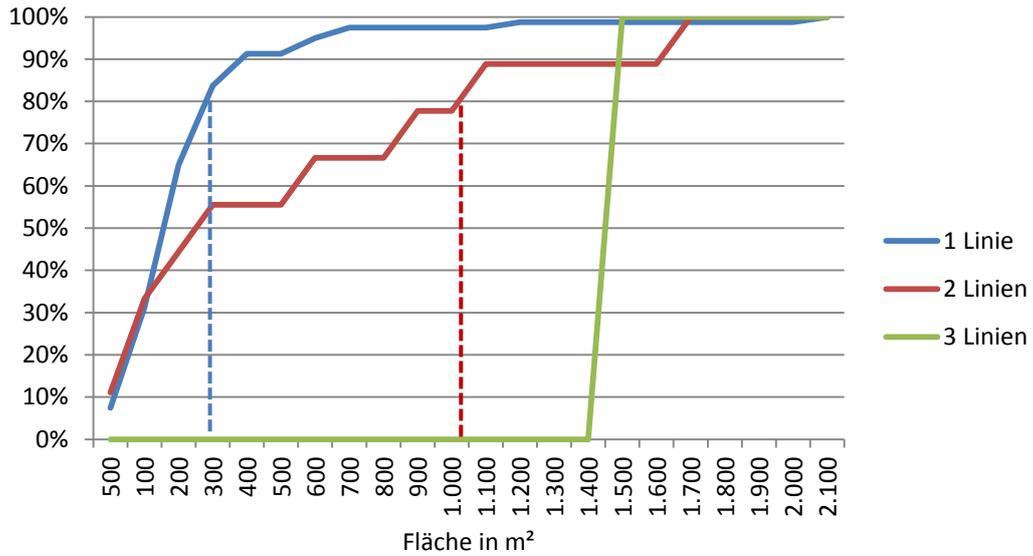


Abbildung 5.29: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Stiege

Stiege		1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	2.030 m²	2.030 m ²	1.606 m ²	1.463 m ²
Min	0 m²	0 m ²	0 m ²	1.463 m ²
Mittelwert	286 m²	242 m ²	543 m ²	1.463 m ²
Median	175 m²	171 m ²	451 m ²	1.463 m ²

Tabelle 5.16: Statistische Kennwerte Stiege

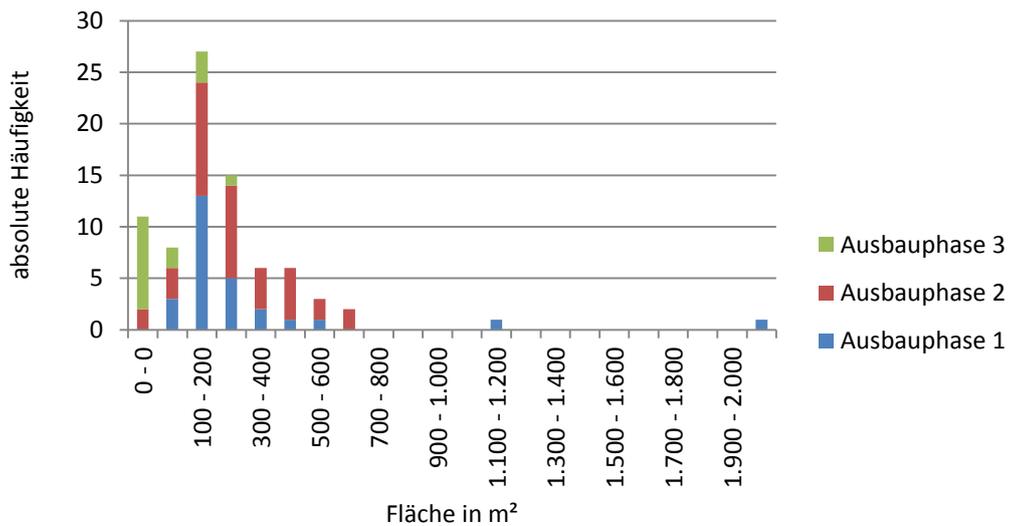


Abbildung 5.30: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Stiege

Zu erkennen ist, dass der Einfluss von anderen Parametern (z.B. Höhenlage) wesentlich stärker ist als der der Ausbauphase. (siehe auch Kapitel 5.4)

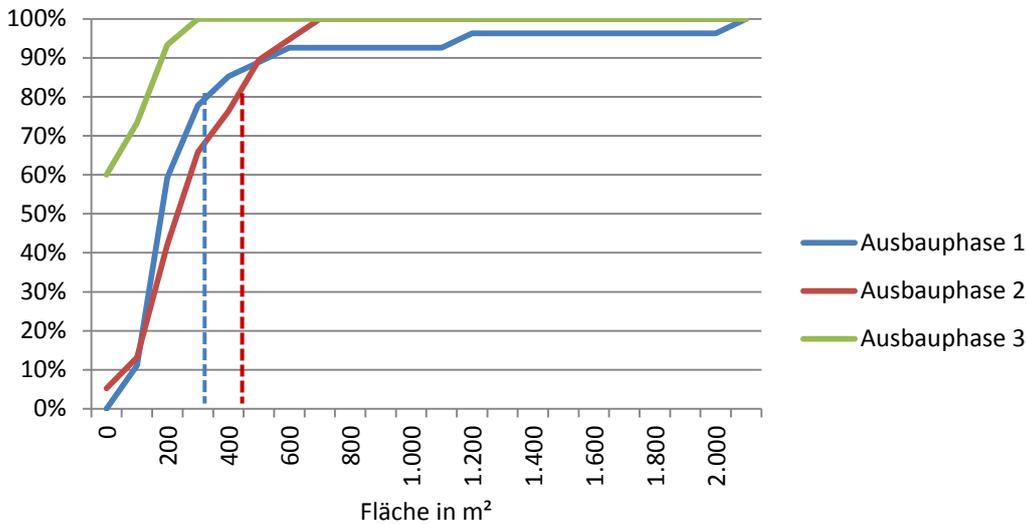


Abbildung 5.31: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Stiege

Stiege		1. Ausbauphase	2. Ausbauphase	3. Ausbauphase
Max	2.030 m²	2.030 m ²	685 m ²	275 m ²
Min	0 m²	59 m ²	0 m ²	0 m ²
Mittelwert	242 m²	310 m ²	270 m ²	49 m ²
Median	171 m²	170 m ²	253 m ²	0 m ²

Tabelle 5.17: Statistische Kennwerte Stiegenflächen nach Ausbauphase

Die niedrigen Werte der Ausbauphase 3 in Tabelle 5.17 lassen sich nicht auf einen gesunkenen Flächenbedarf, sondern auf Inkonsistenzen im Raumbuch zurückführen. Über 50 % der Stationen der Ausbauphase 3 weisen im Raumbuch keine gesonderten Stiegenflächen aus.

5.3.7 Halle

Die Halle ist kein zwingender Bestandteil einer U-Bahn-Station. Über 30 Stationen mit einer Linie weisen keine Halle auf. Abbildung 5.32 und Abbildung 5.33 zeigen die Verteilung der Hallenflächen in Abhängigkeit der Linienanzahl der Stationen.

Die Extremwerte streuen sehr stark um die Mittelwerte (siehe Tabelle 5.18). Da eine Halle keinen zwingenden Bestandteil einer Station darstellt, können keine Aussagen über einen Bedarf getroffen werden.

Abbildung 5.34 und Abbildung 5.35 lassen erkennen, dass die Flächen in der 3. Ausbauphase reduziert wurden. Der Anteil der Stationen ohne Halle ist in der 3. Ausbauphase besonders groß.

5 Bedarfsermittlung

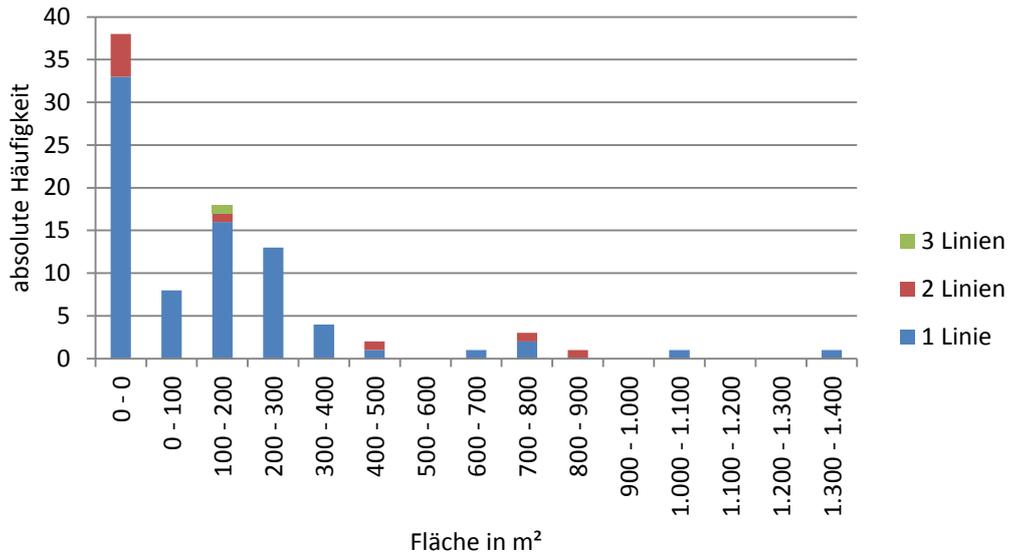


Abbildung 5.32: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Halle

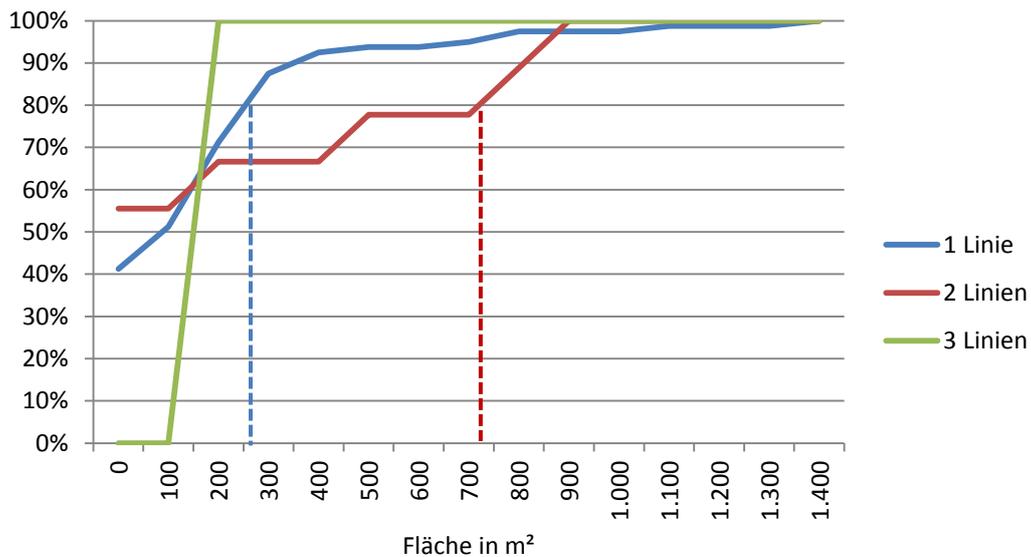


Abbildung 5.33: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Halle

Halle		1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	1.353 m²	1.353 m ²	824 m ²	168 m ²
Min	0 m²	0 m ²	0 m ²	168 m ²
Mittelwert	167 m²	158 m ²	246 m ²	168 m ²
Median	97 m²	97 m ²	0 m ²	168 m ²

Tabelle 5.18: Statistische Kennwerte Halle

5 Bedarfsermittlung

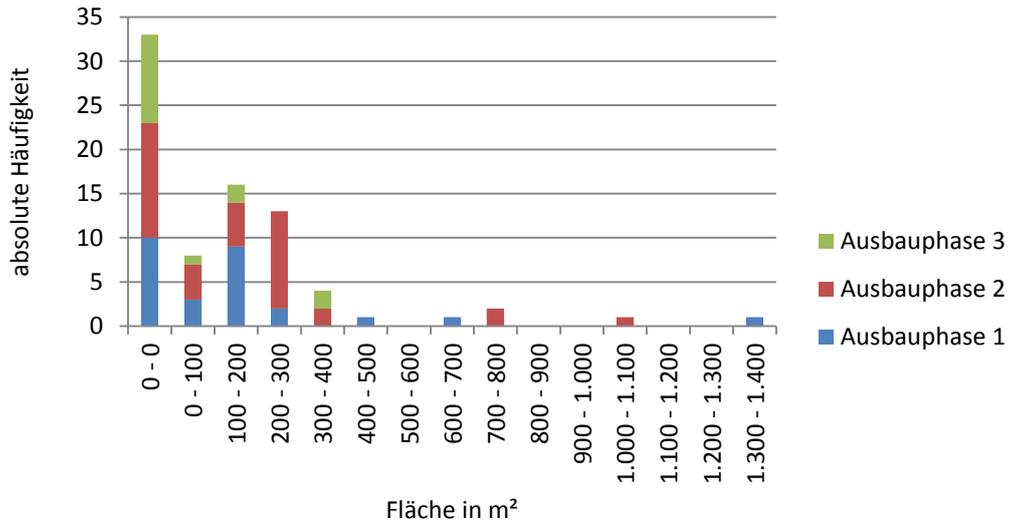


Abbildung 5.34: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Halle

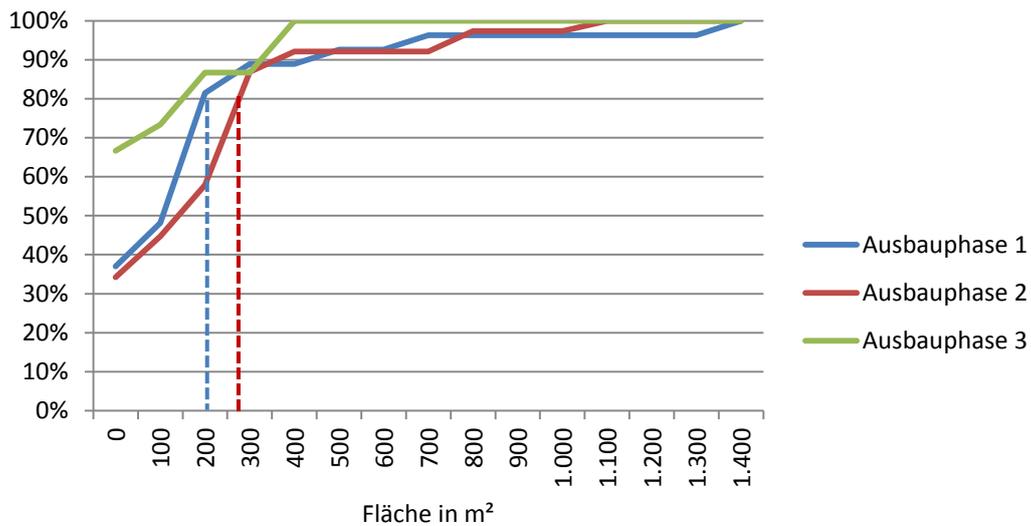


Abbildung 5.35: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Stiege

Halle		1. Ausbauphase	2. Ausbauphase	3. Ausbauphase
Max	1.353 m²	1.353 m²	1.090 m²	346 m²
Min	0 m²	0 m²	0 m²	0 m²
Mittelwert	158 m²	164 m²	186 m²	77 m²
Median	97 m²	113 m²	145 m²	0 m²

Tabelle 5.19: Statistische Auswertung Halle nach Ausbauphase

Ähnlich wie bei den Archiv-/Lagerflächen ist auch der Bedarf an Flächen für Hallen rückläufig. Dieser Trend kann mittels Tabelle 5.19 nachvollzogen werden. Der Mittelwert in der 3. Ausbauphase liegt bei 77 m^2 , während in der 1. und 2. Ausbauphase dieser Wert über 160 m^2 liegt.

5.3.8 Leerraum

Leerräume werden im Raumbuch als eigene Kategorie geführt. Der Flächenbedarf dieser Räume ist jedoch relativ gering.

Abbildung 5.36 zeigt, dass die Häufigkeiten im linken Bereich des Diagramms wesentlich höher sind, als im rechten. Vereinzelt treten sehr hohe Leerraum-Flächen auf, bis zu 1.821 m^2 bei der Station *Westbahnhof*.

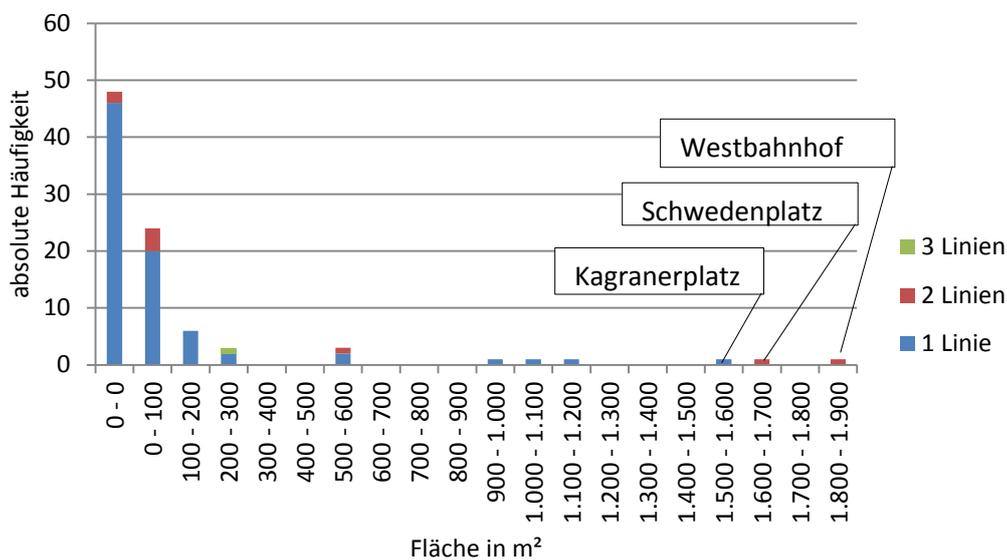


Abbildung 5.36: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Leerraum

Die Stationen Westbahnhof, Schwedenplatz und Kagranerplatz weisen die höchsten Flächen in dieser Kategorie auf.

In Tabelle 5.24 erkennt man, dass der Einfluss der Anzahl der Linien nicht der bestimmende Faktor sein kann.

Die Analyse der Flächen abhängig von der jeweiligen Ausbauphase kann dazu dienen, die Ursachen einzuschränken. Abbildung 5.38 zeigt, dass vor allem in der 2. Ausbauphase ein erhöhter Bestand an Leerräumen vorhanden ist. Eventuell sind hier die Raumlisten zu überarbeiten und Leerräume entsprechenden Kategorien zuzuweisen.

Abbildung 5.38 und Abbildung 5.39 zeigen die Häufigkeit bzw. Verteilung der Leerräume dargestellt.

Tabelle 5.21 zeigt, dass die Extremwerte weit über dem Mittelwert liegen. Dieser Umstand ist dadurch zu erklären, dass eine geringe Anzahl an Stationen einen sehr hohen Anteil an Leerräumen aufweist.

5 Bedarfsermittlung

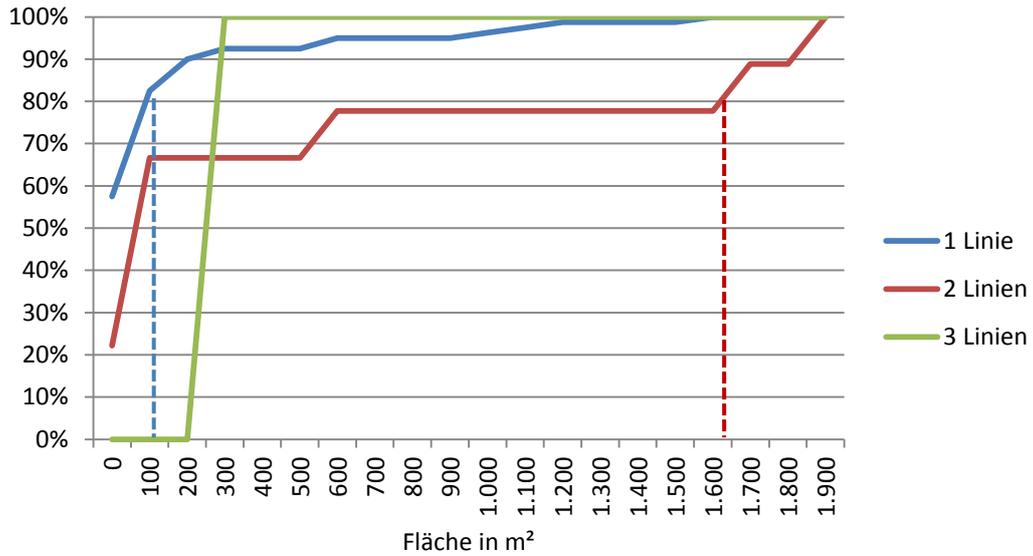


Abbildung 5.37: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Leerraum

Leerraum		1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	1.821 m²	1.569 m ²	1.821 m ²	287 m ²
Min	0 m²	0 m ²	0 m ²	287 m ²
Mittelwert	136 m²	97 m ²	465 m ²	287 m ²
Median	0 m²	0 m ²	72 m ²	287 m ²

Tabelle 5.20: Statistische Kennwerte Leerraum

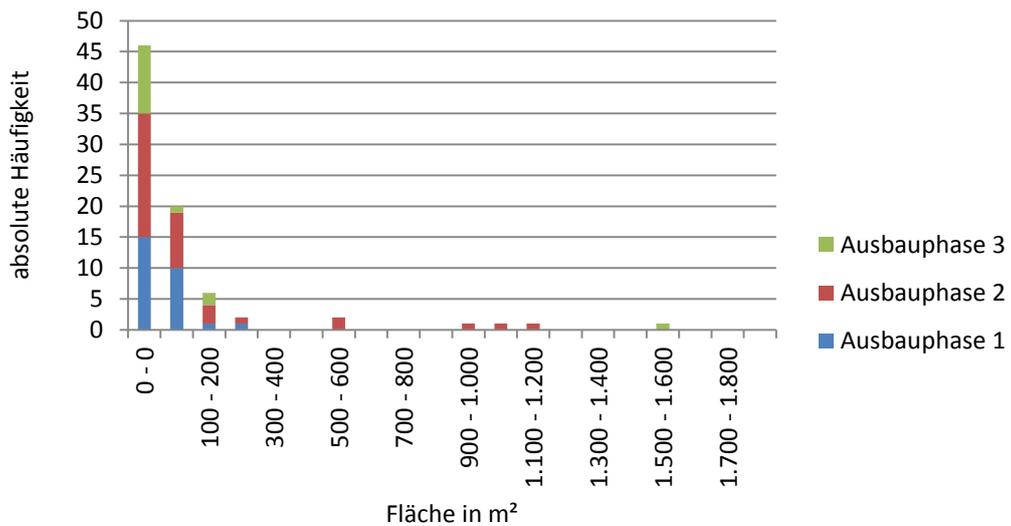


Abbildung 5.38: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Leerraum

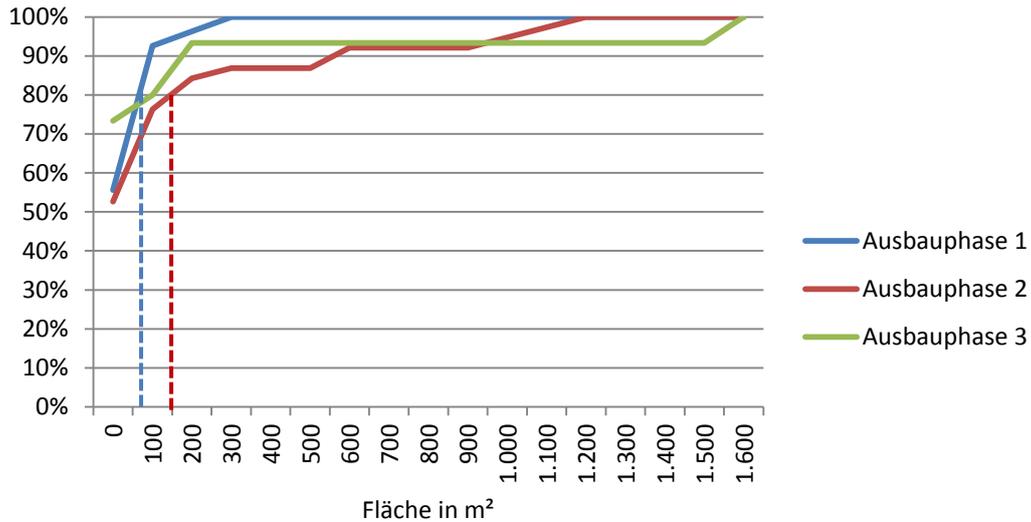


Abbildung 5.39: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Leerraum

keine Knotenstationen		1. Ausbauphase	2. Ausbauphase	3. Ausbauphase
Max	1.569 m²	230 m ²	1.175 m ²	1.569 m ²
Min	0 m²	0 m ²	0 m ²	0 m ²
Mittelwert	97 m²	25 m ²	139 m ²	122 m ²
Median	0 m²	0 m ²	0 m ²	0 m ²

Tabelle 5.21: Statistische Kennwerte Leerraum nach Ausbauphase

5.3.9 Sanitärraum

Sanitäräume stellen einen wichtigen Bestandteil einer U-Bahn-Station dar. Die Flächen dieser Räume sind relativ beschränkt, verursachen aber erhebliche Kosten.

Grundsätzlich werden öffentliche Sanitäräume nicht von den Wiener Linien betreut. Sie werden im Zuge des Rohbaus errichtet, den Ausbau und den Betrieb übernimmt im Regelfall die Stadt Wien. Die Kosten für diese Räume sind daher nur indirekt für die Wiener Linien von Interesse, auch wenn diese zu den LCC einer Station zuzurechnen sind.

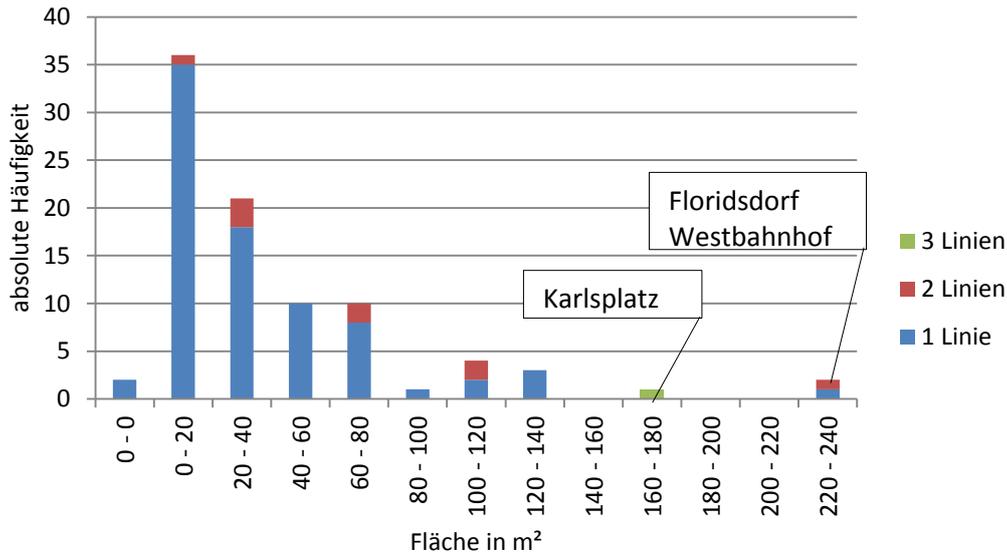


Abbildung 5.40: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Sanitärraum

In Abbildung 5.40 und Abbildung 5.41 kann man erkennen, dass mit steigender Anzahl der Linien auch der Bedarf an Sanitärräumen steigt. Dies hängt damit zusammen, dass durch die höheren Fahrgastzahlen an Kreuzungsstationen größere Sanitäreinrichtungen eingeplant werden müssen. Dieses Ergebnis spiegelt sich in der statistischen Auswertung der Tabelle 5.22 wieder. Das Maximum liegt bei 239 m², der Durchschnitt bei 42 m². Die *Stationen Floridsdorf* und *Westbahnhof* besitzen mit Abstand die größten Sanitärräume.

Sanitärraum		1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	239 m²	239 m ²	221 m ²	163 m ²
Min	0 m²	0 m ²	16 m ²	163 m ²
Mittelwert	42 m²	37 m ²	74 m ²	163 m ²
Median	23 m²	21 m ²	66 m ²	163 m ²

Tabelle 5.22: Statistische Kennwerte Sanitärraum

Das 80%-Quantil der Stationen mit einer Linie liegt bei $q_1(0,8) = 60 \text{ m}^2$, das der mit 2 Linien bei $q_2(0,8) = 120 \text{ m}^2$ (siehe Abbildung 5.41).

Um den Einfluss der zeitlichen Entwicklung der Planung zu berücksichtigen, wurde auch hier eine Analyse nach der Ausbauphase durchgeführt. Abbildung 5.42 zeigt, dass die 1. und 2. Ausbauphase ähnlichen Verteilungen der Flächen aufweisen. Die Flächen der Sanitärräume der 3. Ausbauphase liegen knapp darunter.

Abbildung 5.43 zeigt man, dass sich die Verteilungskurven der einzelnen Ausbauphasen nur sehr gering unterscheiden. Die grüne Kurve der 3. Ausbauphase zeigt, dass bei den aktuellen Stationen die Sanitärräume im Durchschnitt etwas kleiner geplant werden

Der Flächenbedarf liegt in den beiden ersten Ausbauphasen bei ca. 40 m², bei neuen Stationen wurde dieser wesentlich reduziert und liegt nun bei 23 m².

5 Bedarfsermittlung

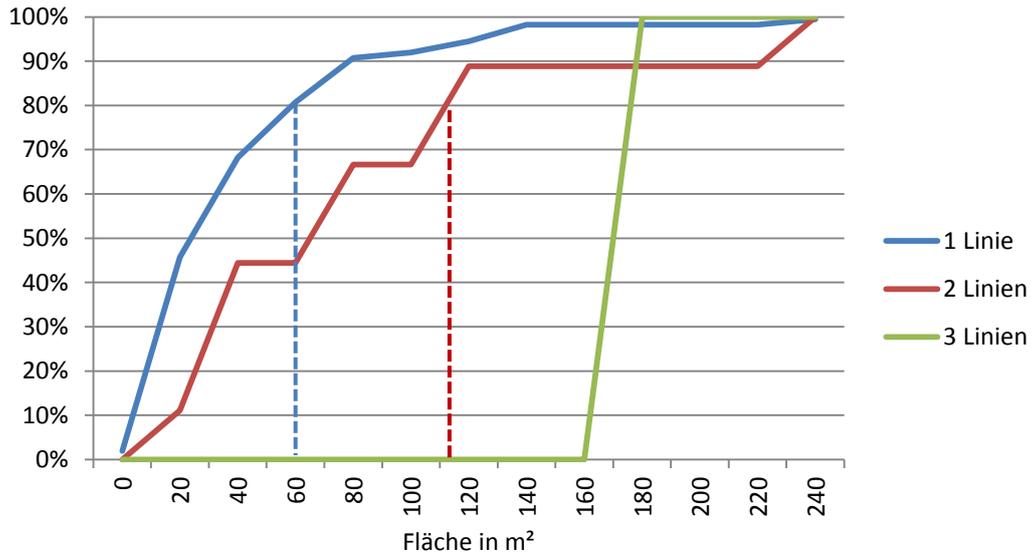


Abbildung 5.41: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Sanitärraum

Sanitärraum		1. Ausbauphase	2. Ausbauphase	3. Ausbauphase
Max	239 m²	138 m²	239 m²	63 m²
Min	0 m²	0 m²	2 m²	0 m²
Mittelwert	37 m²	38 m²	41 m²	23 m²
Median	21 m²	33 m²	23 m²	15 m²

Tabelle 5.23: Statistische Auswertung Sanitärraum nach Ausbauphase

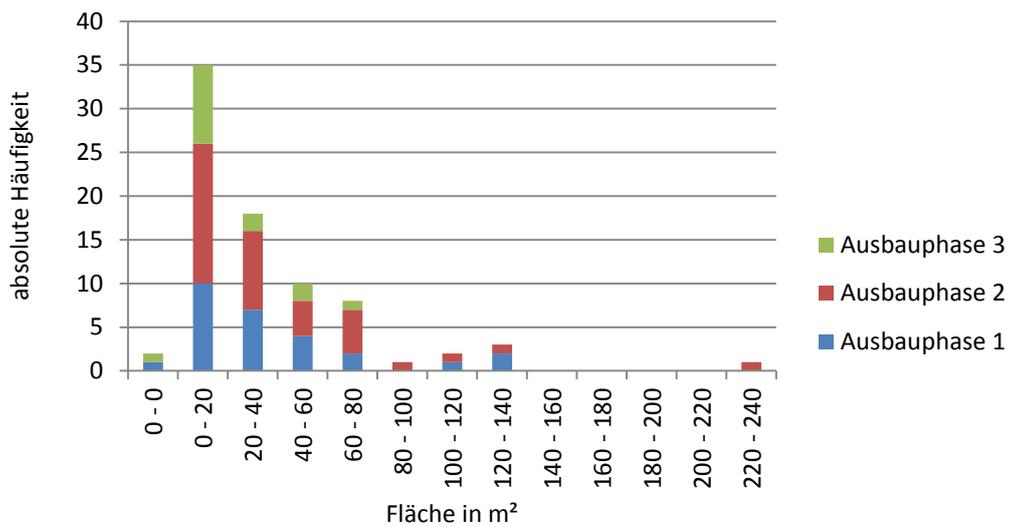


Abbildung 5.42: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Sanitärraum

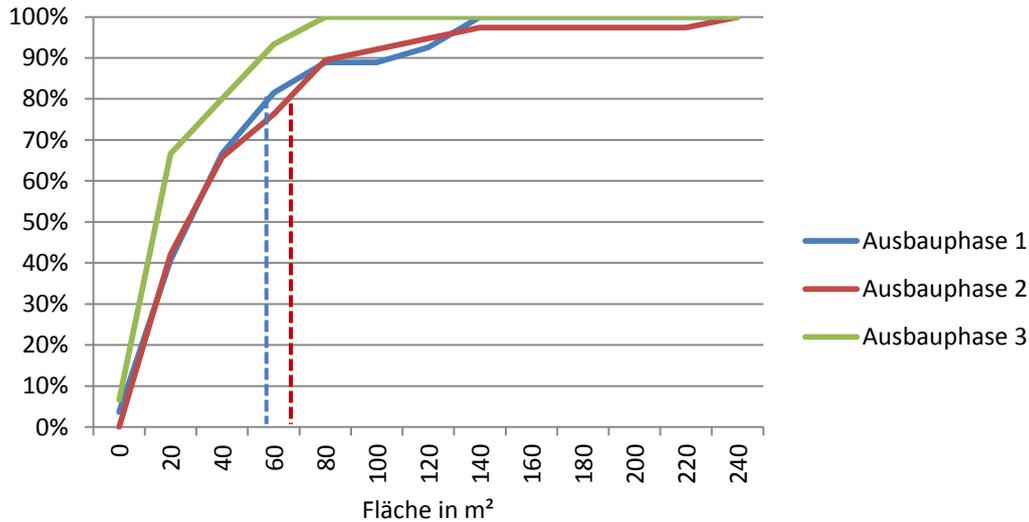


Abbildung 5.43: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Sanitärraum

5.3.10 Sonstige Flächen

Neben den bisher erwähnten Flächen ist noch eine Reihe an anderen Flächen für den Betrieb notwendig: Büros, Küchen usw. Diese werden aufgrund der Vielzahl an Raumkategorien in einer zusammengefasst und analysiert. In Abbildung 5.44 erkennt man, dass das Maximum und das Minimum dieser Flächen sehr weit auseinander liegen. Die absoluten Häufigkeiten der Stationen mit einer Linie liegen jedoch vermehrt im unteren Bereich. Die *Station Karlsplatz* liegt dagegen beim Maximum.

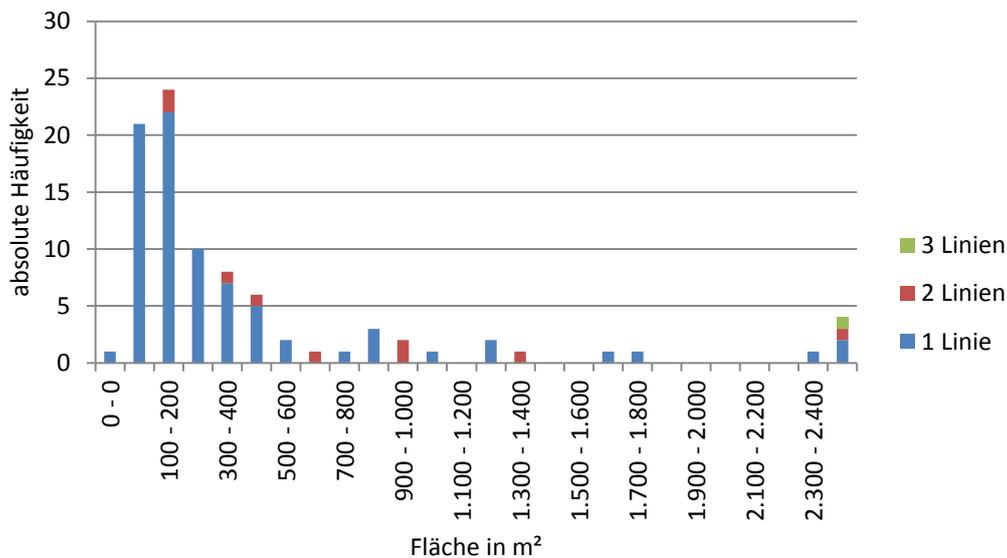


Abbildung 5.44: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Sonstige Flächen

Das 80%-Quantil der Stationen mit einer Linie liegt bei $q_1(0,8) = 500 \text{ m}^2$, das der Stationen mit 2 Linien bei $q_2(0,8) = 1.300 \text{ m}^2$. Dies entspricht einem Faktor 2,6.

5 Bedarfsermittlung

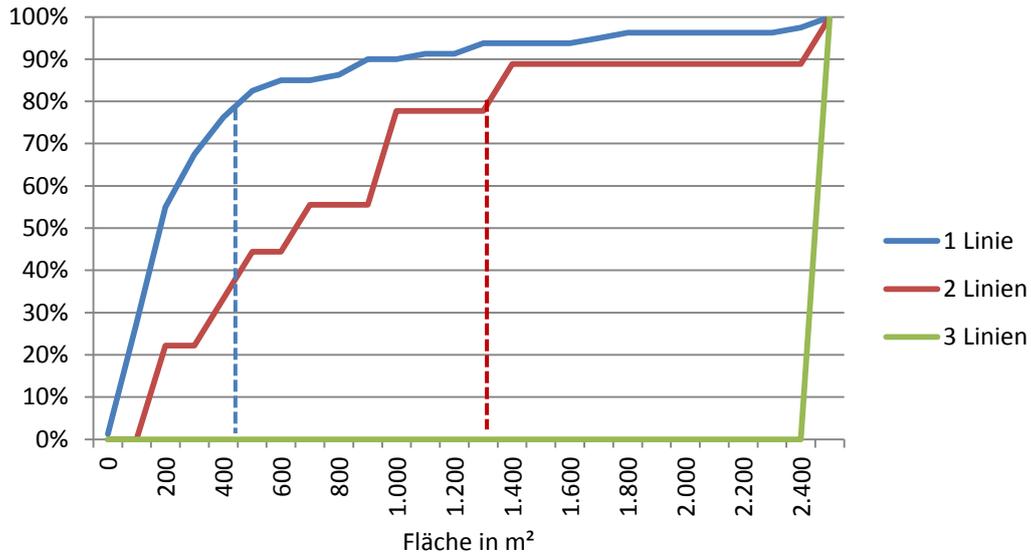


Abbildung 5.45: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Sonstige Flächen

Der Mittelwert aller Stationen liegt bei 524 m². Die Werte steigen von einer Station mit 465 m² bis zu 2.441 m² bei 3 Linien stetig an (siehe Tabelle 5.24).

Sonstiges		1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	6.592 m²	6.592 m ²	2.414 m ²	2.441 m ²
Min	0 m²	0 m ²	112 m ²	2.441 m ²
Mittelwert	524 m²	465 m ²	839 m ²	2.441 m ²
Median	178 m²	170 m ²	639 m ²	2.441 m ²

Tabelle 5.24 Statistische Kennwerte Sonstige Flächen

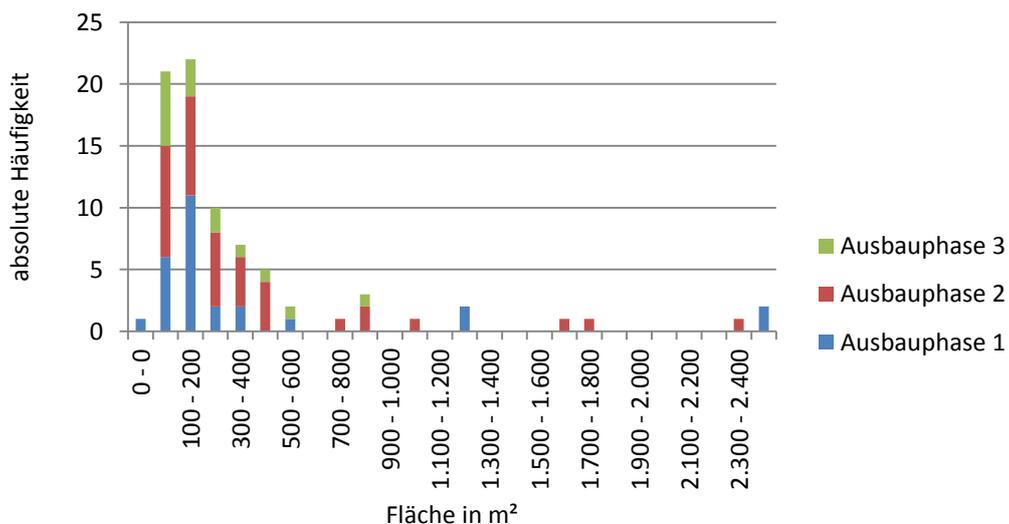


Abbildung 5.46: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Sonstige Flächen

In Abbildung 5.47 ist kein deutlicher Unterschied zwischen den Verteilungskurven zu erkennen, die Mittelwerte sinken jedoch abhängig von der Ausbauphase (siehe Tabelle 5.25).

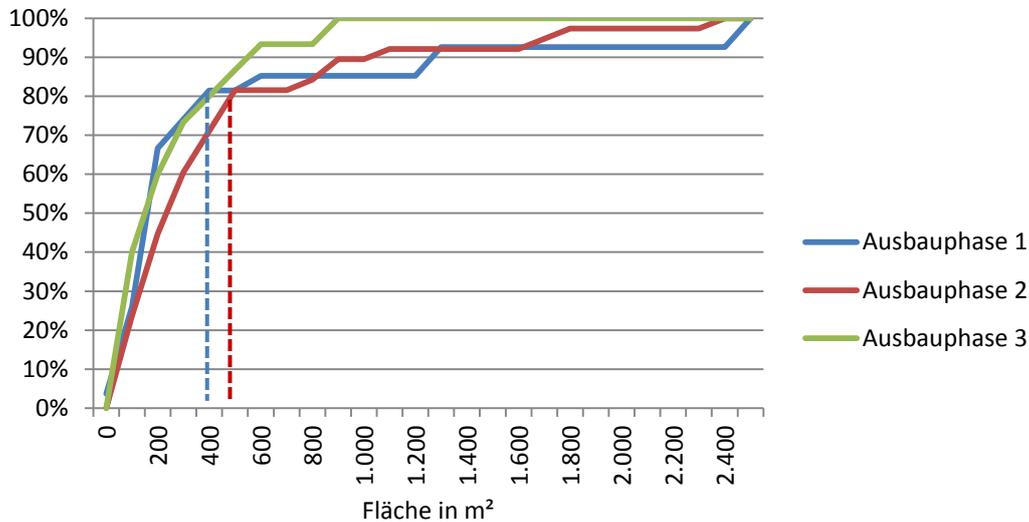


Abbildung 5.47: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Sonstige Flächen

keine Knotenstationen		1. Ausbauphase	2. Ausbauphase	3. Ausbauphase
Max	6.592 m²	6.592 m ²	2.387 m ²	889 m ²
Min	0 m²	0 m ²	27 m ²	25 m ²
Mittelwert	465 m²	668 m ²	408 m ²	244 m ²
Median	170 m²	132 m ²	219 m ²	174 m ²

Tabelle 5.25 Statistische Kennwerte Sonstige Flächen nach Ausbauphase

Die Sonstigen Flächen sind aus den unterschiedlichsten Nutzungsanforderungen zusammengesetzt. Bezieht man die Sonstigen Flächen auf die Stationsfläche ergibt sich die Auswertung in Tabelle 5.26.

Sonstiges	1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	63,4%	19,2%	8,9%
Min	0,0%	1,9%	8,9%
Mittelwert	9,4%	6,9%	8,9%
Median	4,5%	4,7%	8,9%

Tabelle 5.26 Anteil der Sonstigen Flächen an der Gesamtfläche

Der durchschnittliche Anteil der Sonstigen Flächen liegt zwischen 6,9 - 9,4 %.

Abbildung 5.49 zeigt, dass bereits 79 % der Stationen mit einer Linie bzw. 89 % mit zwei Linien einen Flächenanteil der sonstigen Flächen von unter 11 % aufweisen.

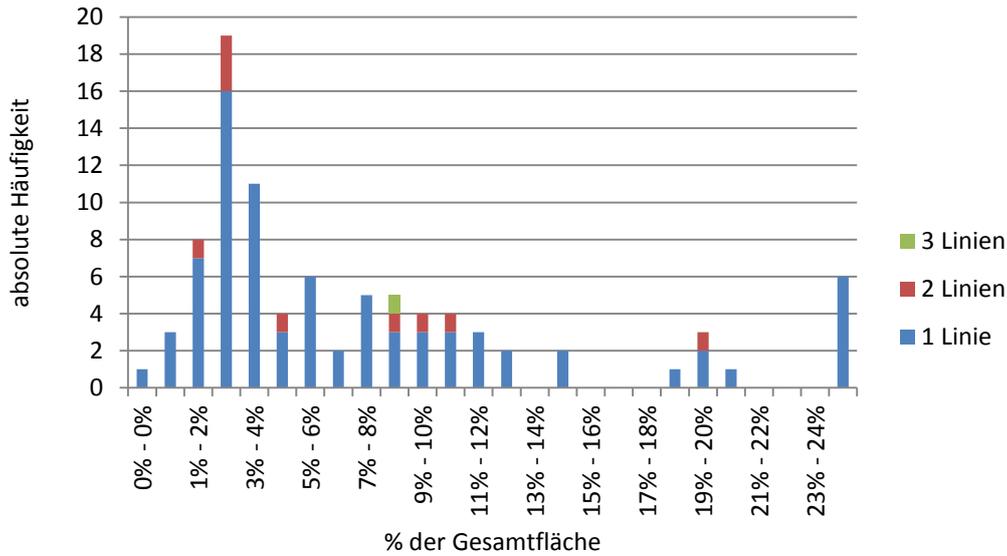


Abbildung 5.48: Histogramm Anteil der Sonstigen Flächen an der Gesamtfläche

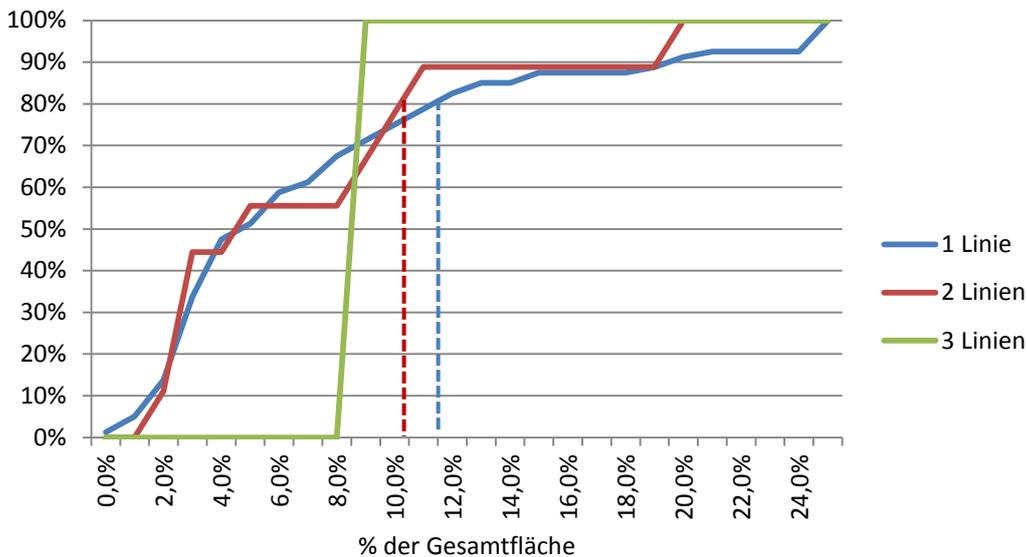


Abbildung 5.49: Verteilung Anteil der Sonstigen Flächen an der Gesamtfläche

5.3.11 Gesamte Station

Die Gesamtfläche einer Station ergibt sich aus der Summe der davor genannten Flächen. Interessant ist, dass hier der Einfluss der Anzahl der Linien einer Station besonders deutlich wird. Während bei Stationen mit einer Linie das 80% Quantil bei $q_1(0,8) = 7.000 \text{ m}^2$ liegt, beträgt diese bei 2 Linien bereits $q_2(0,8) = 13.000 \text{ m}^2$ (siehe Abbildung 5.51). Dies lässt einen klaren Zusammenhang zwischen der Linienanzahl und der Stationsfläche erkennen.

In Abbildung 5.50 sind die absoluten Häufigkeiten der Flächenverteilung aufgetragen. Auffallend ist, dass 2 Stationen existieren deren Flächenbedarf den der anderen weit übersteigt. Dies sind die *Stationen Westbahnhof* und *Karlsplatz*. Der Rest der Population liegt zwischen $850 - 14.000 \text{ m}^2$.

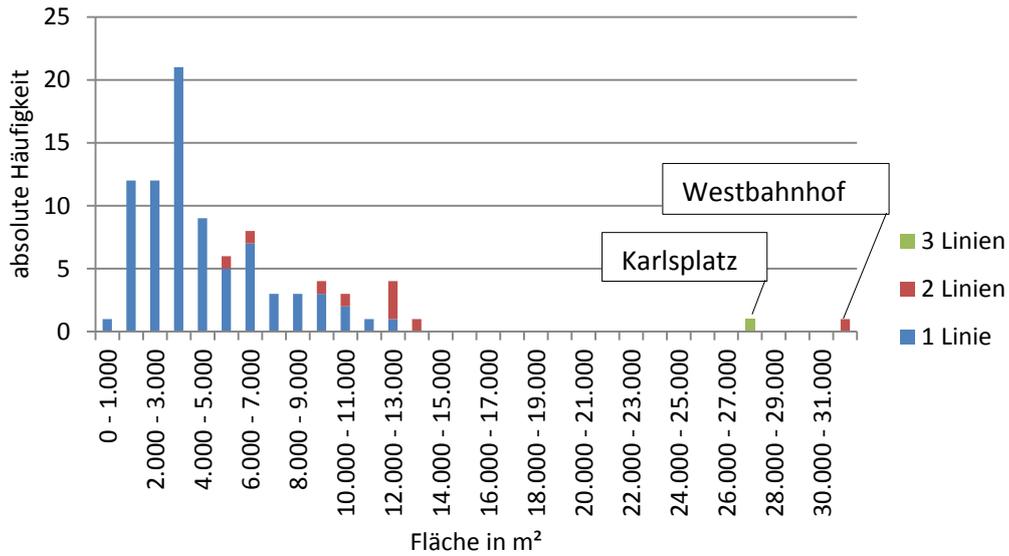


Abbildung 5.50: Histogramm der Stationsflächen

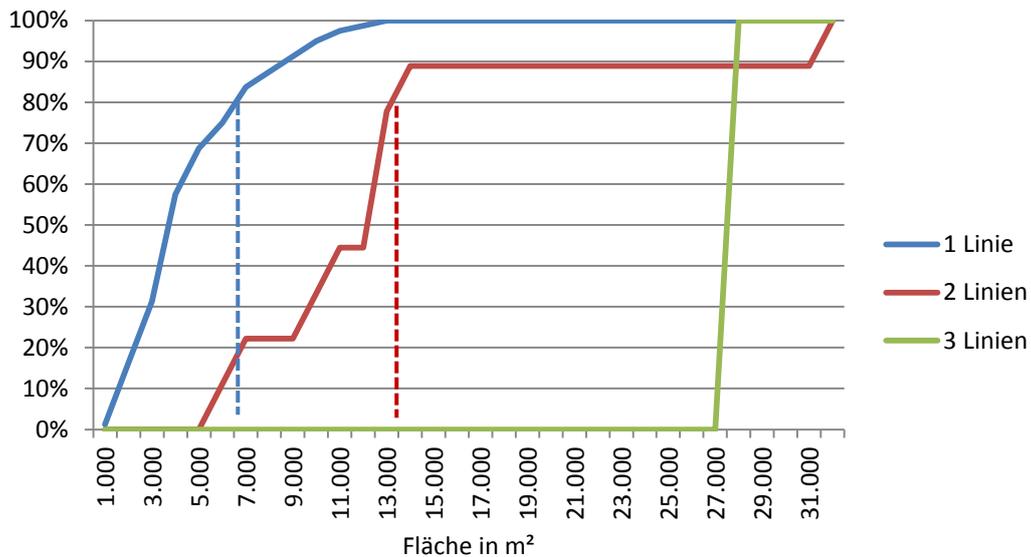


Abbildung 5.51: Verteilung der Flächen Stationsflächen in Abhängigkeit der Linienanzahl

In Tabelle 5.27 kann man sehr gut den Anstieg des Flächenbedarfs in Abhängigkeit der vorhandenen Linien erkennen.

Fläche		1 Linie	2 Linien	3 Linien
Max	31.890 m²	12.789 m ²	31.890 m ²	27.340 m ²
Min	850 m²	850 m ²	5.846 m ²	27.340 m ²
Mittelwert	5.552 m²	4.463 m ²	12.810 m ²	27.340 m ²
Median	3.854 m²	3.625 m ²	12.263 m ²	27.340 m ²

Tabelle 5.27: Statistische Kennwerte Stationsflächen

Trägt man die Häufigkeiten in Abhängigkeit der Ausbauphase auf ergibt sich Abbildung 5.52. Die Häufigkeiten zeigen eine gleichmäßige Verteilung der Flächen.

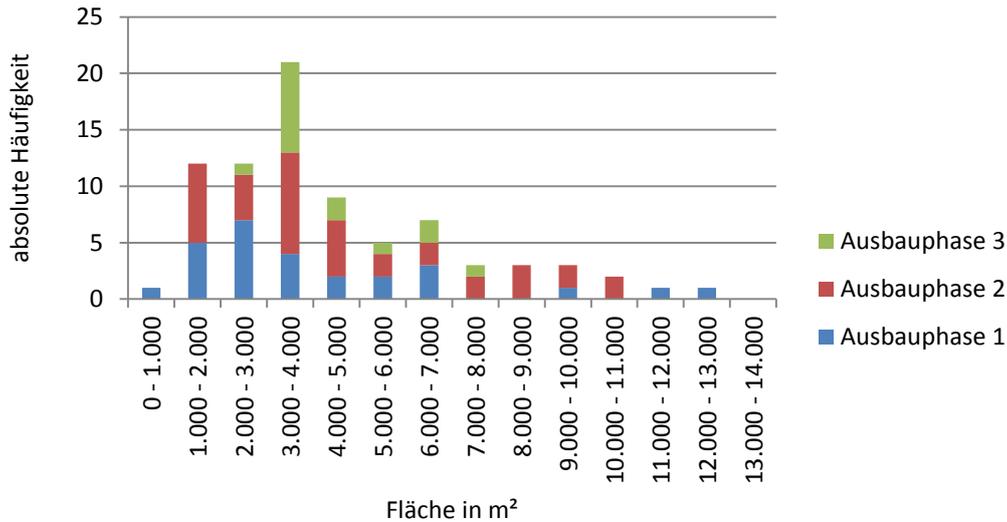


Abbildung 5.52 Histogramm Stationsfläche in Abhängigkeit der Ausbauphase

Im unteren Bereich in Abbildung 5.53 liegt die grüne Kurve der 3. Ausbauphase rechts der beiden anderen. Ein wesentlicher Faktor könnten die gestiegenen Anforderungen im Komfort sein. „Minimalstationen“, wie z.B. die *Station Schönbrunn*, werden nicht mehr angestrebt. Im oberen Bereich zeigen sich im Gegenzug keine signifikanten Abweichungen.

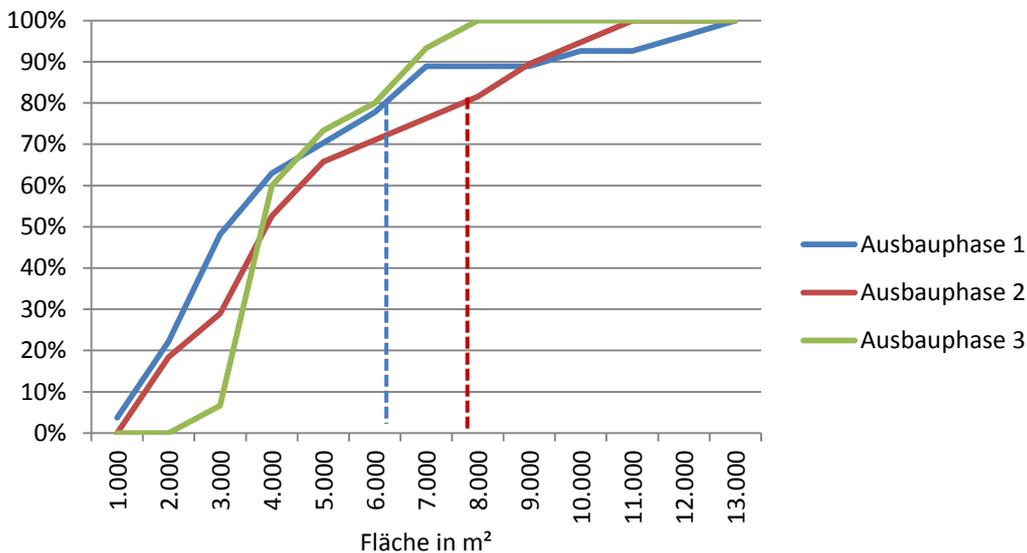


Abbildung 5.53: Verteilung Stationsfläche in Abhängigkeit der Ausbauphase

In Tabelle 5.28 ist zu erkennen, dass die Mittelwerte in etwa gleich sind. Der Flächenbedarf einer Station ist daher in etwa gleich geblieben. Der Anteil der Flächen hat sich jedoch verändert.

Fläche		1. Ausbauphase	2. Ausbauphase	3. Ausbauphase
Max	12.789 m²	12.789 m ²	10.444 m ²	7.644 m ²
Min	850 m²	850 m ²	1.207 m ²	2.845 m ²
Mittelwert	4.463 m²	4.195 m ²	4.676 m ²	4.404 m ²
Median	3.625 m²	3.056 m ²	3.840 m ²	3.744 m ²

Tabelle 5.28 Statistische Kennwerte Station nach Ausbauphase

5.4 Flächenbedarf – Abhängig von der Höhenlage

Die Höhenlage einer Station spielt eine wesentliche Rolle bei der Prognose des Flächenbedarfs einer Station. Für die Auswertung wurden die Stationen in 3 Typen eingeteilt:

- Hochlage (Beispiel *Station Alte Donau*)
- Mittlere Lage (Beispiel *Station Meidling*)
- Tieflage (Beispiel *Station Karlsplatz*)

In den folgenden Abbildungen werden die bezeichneten Höhenlagen dargestellt:

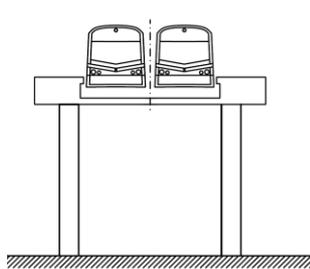


Abbildung 5.54: Hochlage

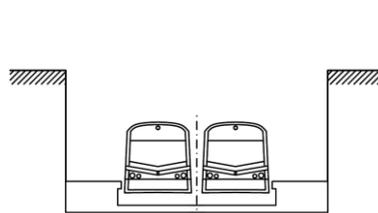


Abbildung 5.55: Mittlere Lage

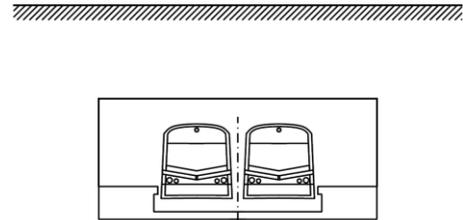


Abbildung 5.56: Tieflage

In der Tabelle 5.29 ist der Mittelwert des Flächenbedarfs abhängig von der Ausbauphase und der Höhenlage der Station dargestellt. Knotenstationen wurden nicht berücksichtigt.

Ausbauphase	Hochlage	Mittlere Lage	Tieflage	Mittelwert
Ausbauphase 1	4.665 m ²	2.981 m ²	5.875 m ²	4.195 m²
Ausbauphase 2	3.616 m ²	1.434 m ²	5.965 m ²	4.676 m²
Ausbauphase 3	3.990 m ²		5.231 m ²	4.404 m²
Mittelwert	3.873 m²	2.788 m²	5.830 m²	4.463 m²

Tabelle 5.29 Flächenbedarf in m² abhängig von Ausbauphase und Höhenlage

Den höchsten Flächenbedarf haben Stationen in Tieflage. Stationen in Hochlage weisen im Durchschnitt Flächen von 3.873 m² auf und benötigen somit ca. 2.000 m² weniger als Stationen in Tieflage. Stationen in mittlerer Lage benötigen die geringsten Flächen. In dieser Kohorte befinden sich überwiegend die alten Stadtbahnstationen der Linie U4.

Interessant ist nun im nächsten Schritt, welche Flächen besonders von der Höhenlage abhängig sind. Aus diesem Grund wurde eine gesonderte Auswertung vorgenommen (siehe Tabelle 5.30).

Bereich	Hochlage	mittlere Lage	Tiefelage	Mittelwert
Bahnsteig	1.119	998	1.039	1.062
Gang	428	268	1.212	719
Halle	194	174	117	158
Lager/Archiv	298	246	341	306
Leerraum	49	21	179	97
Passage	216	41	564	325
Sanitärraum	40	27	39	37
Stiege	175	151	349	242
Technikraum	938	357	1.499	1.053
Sonstiges	416	504	492	465
	3.873	2.788	5.830	4.463

Tabelle 5.30: Flächenbedarf in Abhängigkeit der Lage in m²

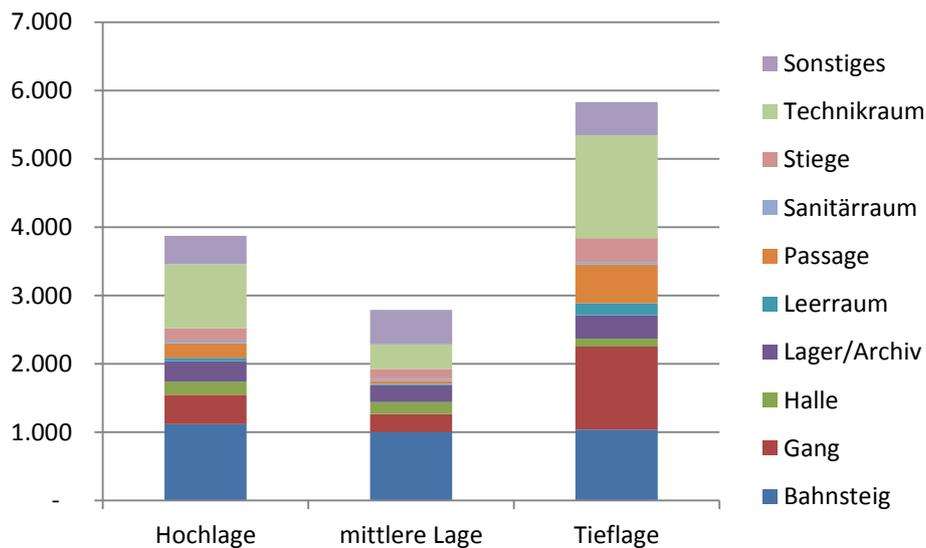


Abbildung 5.57: Flächenbedarf einer durchschnittlichen Station in m²

Klar zu erkennen ist, dass Stationen in Tiefelage in fast allen Bereichen den höchsten Flächenbedarf aufweisen. Besonders deutlich wird dies, wenn man die Bereiche Stiege, Technikraum und Gang betrachtet. Diese Bereiche steigen besonders stark an, während der Bahnsteig wie zu erwarten konstant bleibt. Die Tabelle 5.30 verdeutlicht, dass bereits mit der Entscheidung der Höhenlage einer Station wesentliche Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten verbunden sind. Aus Sicht der Flächenreduktion wäre daher Stationen in mittlerer Lage zu bevorzugen.

5.5 Flächenbedarf – Entwicklung über die Zeit

Im Laufe der Zeit ändern sich die Ansprüche an die Raumgestaltung. Dieses Kapitel soll darüber Aufschluss geben, wie sich der Raumbedarf über die verschiedenen Ausbauphasen entwickelt hat bzw. welche Schlüsse für die Zukunft gezogen werden können.

Daher wurden beide Raumbücher entsprechend analysiert.

5.5.1 Raumbuch Instandhaltung

Um den zeitlichen Verlauf abbilden zu können, wurden die Stationen mit den entsprechenden Ausbauphasen verknüpft und die Raumliste kategorisch ausgewertet. Der Einfluss der Kreuzungsstationen wurde eliminiert, untersucht wurden daher nur Stationen mit einer Linie.

Das Ergebnis ist in Tabelle 5.31 dargestellt:

	Mittelwert		
	1. Ausbauphase	2. Ausbauphase	3. Ausbauphase
Bahnsteig	989 m ²	1.013 m ²	1.198 m ²
Technik	716 m ²	1.089 m ²	1.560 m ²
Sonstige	668 m ²	408 m ²	244 m ²
Gang	614 m ²	866 m ²	662 m ²
Lager/Archiv	435 m ²	305 m ²	73 m ²
Stiege	310 m ²	270 m ²	49 m ²
Passage	236 m ²	359 m ²	396 m ²
Halle	164 m ²	186 m ²	77 m ²
Sanitärraum	38 m ²	41 m ²	23 m ²
Leerraum	25 m ²	139 m ²	122 m ²
Summe	4.195 m²	4.676 m²	4.404 m²

Tabelle 5.31: Flächenbedarf der einzelnen Raumkategorien in Abhängigkeit der Ausbauphase

In Tabelle 5.31 ist zu erkennen, dass der Technikraum mit jeder Ausbauphase an Bedeutung zugenommen hat. Dies entspricht auch der Erwartung, dass mit Fortschreiten der technischen Entwicklungen der Raumbedarf der Technik zunimmt. Der Bahnsteig ist ein wesentlicher Bestandteil einer U-Bahn Station und maßgeblich von der Fahrgastanzahl abhängig. Im Laufe der Zeit wurde der Bahnsteig stetig vergrößert und somit Sicherheit und Komfort erhöht. Gut zu erkennen ist, dass der Flächenanteil der Lagerflächen sowie der sonstigen Flächen abnimmt. Flächen, die sich aus den Anlageverhältnissen der Station ergeben (z.B. Gang, Stiege etc.), können nicht verglichen werden.

Der Flächenbedarf ist im Durchschnitt konstant geblieben, die Verteilung hat sich jedoch verändert. Der Überblick ist in Abbildung 5.58 dargestellt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass trotz steigendem Bedarfs an Flächen für Technik und Bahnsteige, die Summe der Flächen konstant gehalten wurde. Dies ist aufgrund der Höhenlage der 3. Ausbauphase und der damit verbundenen Reduktion der Gangflächen möglich. Der Anstieg der Bahnsteigflächen ist besonders hervorzuheben, da diese zum Komfort und der Sicherheit der Fahrgäste beitragen, während sonstige Flächen reduziert werden konnten.

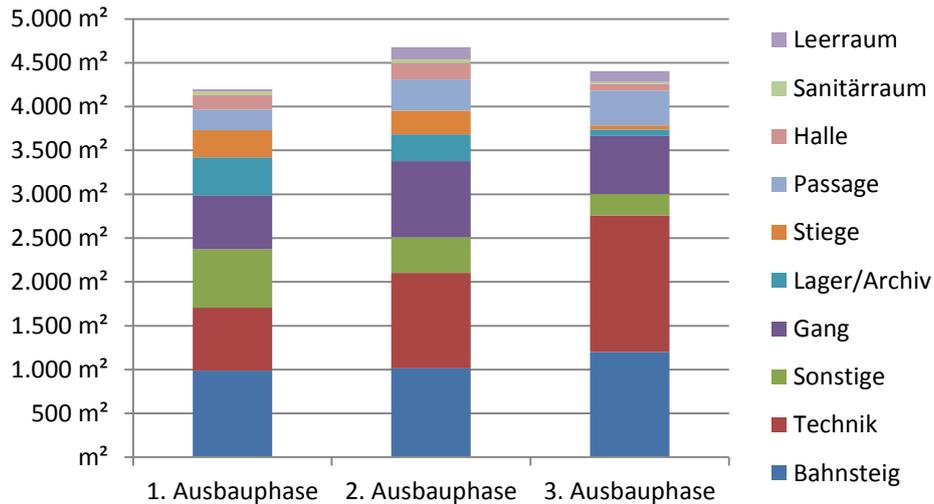


Abbildung 5.58: durchschnittlicher Flächenbedarf in Abhängigkeit der Ausbauphase

Die Otto-Wagner-Stationen stellen aufgrund ihrer geschichtlichen Entwicklung eine Besonderheit im Wiener U-Bahnnetz dar. Es ist daher von besonderem Interesse, die Unterschiede im Raumkonzept und Flächendarf herauszuarbeiten.

5.5.2 Besonderheiten Otto-Wagner-Stationen

Um den Unterschied zwischen den sogenannten „Otto-Wagner-Stationen“ und den „neuen Stationen“ herausarbeiten zu können, wurden zwei Stationen mit ähnlichen Anlageverhältnissen ausgewählt.

- Station *Donauspital* U2 Baujahr 2010
- Station *Nußdorferstraße* U6 Baujahr 1898 (Otto Wagner)

In Abbildung 5.59 ist die Station *Donauspital* abgebildet, sie wurde im Zuge der dritten Ausbauphase errichtet und ist eine Station in Hochlage.



Abbildung 5.59: Station Donauspital²⁸

²⁸ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fd/U2_Donauspital_2.JPG/1024px-U2_Donauspital_2.JPG, 03.07.2012

Ebenfalls in Hochlage verläuft die U6 bei der *Station Nussdorferstraße* (siehe Abbildung 5.60). Vergleicht man die Abbildungen können auf den ersten Blick keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den Raumbedarf festgestellt werden.



Abbildung 5.60: Station Nussdorferstraße²⁹

Die Summen der in Tabelle 5.32 angeführten Flächen sind in etwa vergleichbar. Bei beiden Stationen sind die Stiegenflächen nicht gesondert ausgewiesen. Bei der Station *Donauspital* wurde ein Mittelbahnsteig gewählt, daher ergibt sich ein Unterschied in den Bahnsteigflächen von 262 m². Die Gangflächen sind in etwa gleich groß. Die Flächen Technikraum und Sonstiges sind in Summe bei beiden Stationen nahezu ident.

Raum	Donauspital m ²	Nußdorfer Straße m ²
Bahnsteig	1.013	751
Gang	107	71
Halle	-	136
Lager/Archiv	73	390
Passage	281	-
Sanitärraum	10	70
Technikraum	1.381	242
Sonstiges	265	1.666
gesamte Station	3.130	3.327

Tabelle 5.32: Vergleich des Flächenbedarfs einer Otto-Wagner-Station mit einer modernen U-Bahn-Station

²⁹ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8b/U6_Nu%C3%9Fdorfer_Stra%C3%9F3.JPG/1024px-U6_Nu%C3%9Fdorfer_Stra%C3%9F3.JPG, 03.07.2012

Bezogen auf die gesamte Station kann kein signifikanter Unterschied im Flächenbedarf nachgewiesen werden.

Planer versuchen seit jeher Flächen zu optimieren. Ein Großteil der Flächen (Bahnsteig, Stiegen, Gänge, etc.) kann jedoch vom Planer nicht frei gewählt werden, sondern unterliegt genauen Anforderungen. Es ist daher davon auszugehen, dass bei gleichem Anforderungsprofil einer Station, der Flächenbedarf der Otto-Wagner-Stationen in etwa mit anderen Stationen vergleichbar ist. Eine deutliche Reduktion der Flächen ist nur bei optionalen Flächen einer Station möglich (z.B. Passage, Halle, usw.).

Ein wesentlicher Unterschied bei den Otto-Wagner-Stationen liegt nicht in der Raumgestaltung, sondern in der technischen Ausstattung.

5.5.3 Raumliste Reinigung

Auch in der Raumliste der Reinigung können Anhaltspunkte über die zeitliche Entwicklung gefunden werden. Aus den Reinigungskategorien lassen sich hier eindeutige Schlüsse auf die Nutzung der jeweiligen Flächen ziehen.

- Verkehrsflächen
- Dienst- und Sanitärräume
- Nebenräume

Um Kosten in der Reinigung sowie in der Instandhaltung reduzieren zu können, ist es sinnvoll, die nicht zugänglichen Flächen einer Station auf ein Minimum zu reduzieren. Diese Flächen werden in der folgenden Untersuchung mit „Dienst- und Sanitärräume“ sowie „Nebenräume“ bezeichnet.

Abbildung 5.61 stellt die Entwicklung der Verkehrsflächen in Abhängigkeit der Gesamtflächen dar (Verkehrsflächen/(Verkehrsflächen + Sanitärräume + Nebenräume)).

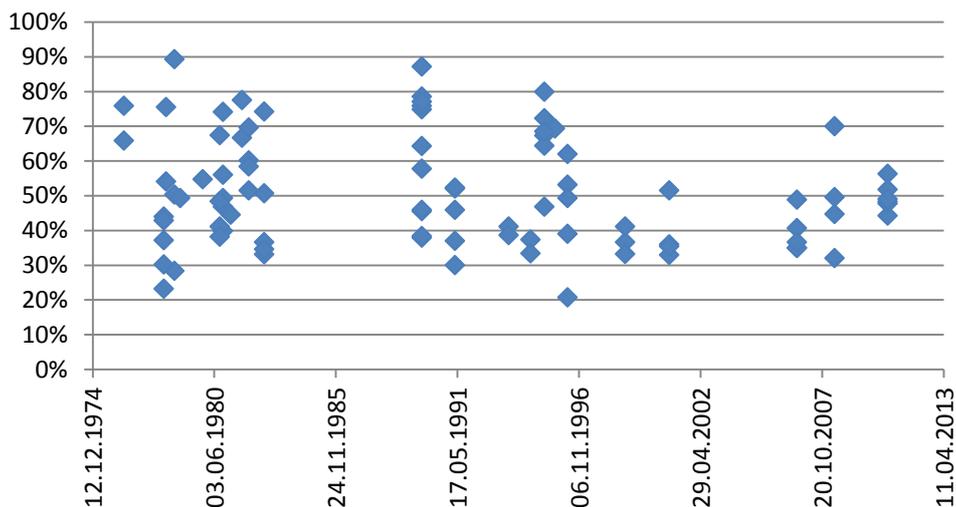


Abbildung 5.61: Anteil der Verkehrsflächen an den zu reinigenden Flächen

In Abbildung 5.61 ist kein direkter Zusammenhang zwischen dem Baujahr und dem Anteil der Verkehrsflächen zu erkennen.

Dieser Eindruck bestätigt sich, wenn man die Stationen abhängig von der Ausbauphase untersucht (siehe Tabelle 5.33).

	Verkehrsfläche	Nebenträume	Dienst und Sanitär	Summe	
	Durchschnitt m ²	Durchschnitt m ²	Durchschnitt m ²	Durchschnitt m ²	Anteil der Verkehrsfläche
Ausbauphase 1	2.732	2.742	200	5.674	48%
Ausbauphase 2	2.275	2.759	221	5.255	43%
Ausbauphase 3	1.964	2.355	133	4.452	44%

Tabelle 5.33: Anteil der Verkehrsfläche in Abhängigkeit der Ausbauphase

Grundsätzlich kann ein Rückgang der Gesamtflächen festgestellt werden, diese betragen in der ersten Ausbauphase im Durchschnitt 5.674 m², in der dritten nur mehr 4.452 m². Dieser Trend der Flächenreduktion ist sowohl bei den Verkehrsflächen, als auch bei den Nebenträumen, Diensträumen und Sanitäräumen zu erkennen.

Dieses Phänomen kann dadurch erklärt werden, dass vor allem in der 1. und 2. Ausbauphase Stationen im innerstädtischen Bereich errichtet wurden, die aufgrund der Tieflage einen höheren Flächenbedarf aufweisen.

5.5.4 Besonderheiten Otto-Wagner-Stationen

Eine Besonderheit sind die Otto-Wagner-Stationen. Diese stammen aus der Zeit der alten Stadtbahn und unterschieden sich daher grundsätzlich im Raumkonzept. Von Interesse ist daher, welche Auswirkungen diese besonderen Randbedingungen auf die jeweiligen Flächen haben.

	Verkehrsfläche	Nebenträume	Dienst und Sanitär	Summe	
	m ²	m ²	m ²	m ²	Anteil der Verkehrsfläche
Donauspital	1.448	1.527	57	3.032	48%
Josefstädter- straße	1.073	244	97	1.414	76%

Tabelle 5.34: Vergleich des Flächenbedarfs – Otto-Wagner-Station – moderne Station

In Tabelle 5.34 werden zwei Stationen mit ähnlichen Anforderungen verglichen. Die Station Donauspital ist eine Station der 3. Ausbauphase, die Station *Josefstädterstraße* zählt zu den ältesten Stationen im Wiener U-Bahnnetz. Es fällt deutlich auf, dass die Otto-Wagner-Station *Josefstädterstraße* wesentlich weniger Nebenträume aufweist, als die Station *Donaustadt*. Der Anteil der Verkehrsfläche liegt daher mit 76% wesentlich höher als der, der Vergleichsstation mit 48%.

Der Unterschied ergibt sich daraus, dass die Station *Josefstädterstraße* über einen wesentlich kleineren Technikraum verfügt. Diese Tendenz zeigen alle Otto-Wagner-Stationen im Vergleich zu den „neuen“ Stationen. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass eventuell bei den „neuen“ Stationen größere Technikräume notwendig waren, weil diese aufgrund der historischen Bausubstanz bei den Otto-Wagner Stationen nicht untergebracht werden konnten. Dies betrifft vor allem Technik die für den Betrieb der Strecke notwendig ist.

6 Kosten – äußere Randbedingungen

Äußere Randbedingungen sind Einflüsse, die nicht durch den Bau oder Betrieb der Station beeinflussbar sind. Sie üben jedoch einen maßgebenden Einfluss auf die Entwicklung der Lebenszykluskosten.

Daher muss eine Prognose für die Entwicklung dieser Randbedingungen erstellt werden. Es bietet sich an, die vergangene Entwicklung zu analysieren und in die Zukunft zu projizieren.

Zu den wichtigsten Einflussparametern zählen:

- Preis/Kostensteigerungen
 - Inflation
 - Tariflohnindex
 - Energiepreise
- Finanzeinflüsse
 - Wertsteigerung
 - Zinssatz
- Umwelteinflüsse
 - Klima
 - Witterung

Girmscheid formuliert diesen Umstand wie folgt:³⁰

Im Regelfall sind nur die heutigen Preise und Kosten für Löhne, Materialien etc. bekannt. Deswegen müssen die heutigen Preise und Kosten für Leistungen entsprechend den zu erwartenden Preis-, Lohn-, Material bzw. Produktkostensteigerungen hochgezinst werden.

In den bisher bekannten LCC-Modellen erfolgt die Prognose der Kosten durch Verzinsung der aktuellen Preise.

$$\text{Kosten}_{\text{Zukunft}} = \text{Kosten}_{\text{Heute}} \cdot (1 + \text{Preissteigerung \%})^{\Delta t} \quad (18)$$

Dieser Modellansatz unterstellt einen exponentiellen Preis- Kostenverlauf, da hier mit einem konstanten Zinssatz gerechnet wird. Prognosen mit einem derart gewählten Ansatz nehmen immer den Verlauf in Abbildung 6.1 an. In der Folge soll geklärt werden, ob dieser Ansatz der Realität gerecht wird, bzw. ob ein linearer Ansatz von Vorteil wäre.

In diesem Beispiel wurden einmalige Kosten in der Höhe von 1 € über 100 Jahre mit 6 % Preissteigerung pro Jahr prognostiziert. Nach 100 Jahren ist dieser Betrag bereits auf 339,30 € (Endwert) angewachsen. Für die gleiche Leistung müsste daher in 100 Jahren nach der Prognose das 339-fache der heutigen Kosten bezahlt werden.

In den folgenden Kapiteln werden Preis- Kostensteigerungen untersucht und eine entsprechende Modellierung dieser Parameter entwickelt.

³⁰ [5] Girmscheid, 2007, S.363

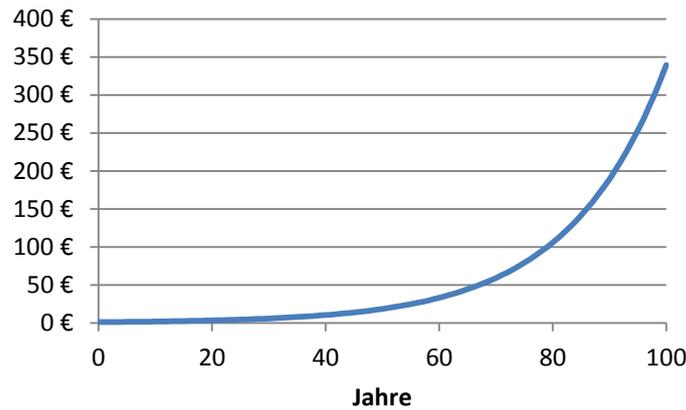


Abbildung 6.1: Preissteigerung von 1€ mit einem jährlichem Prozentsatz von 6%

6.1 Inflation – Verbraucherpreisindex

Einer der wichtigsten Indikatoren ist die Inflation. Die Preisentwicklung wird mit Hilfe des Verbraucherpreisindex VPI gemessen und von der Statistik Austria erfasst und veröffentlicht. Derzeit sind im aktuellen Warenkorb 791 Waren und Dienstleistungen enthalten, die den durchschnittlichen Privatkonsum abbilden sollen.³¹

Der VPI ist aber nicht nur für den Privatkonsum maßgebend, da eine Reihe an weiteren Indizes indirekt von diesem abhängig ist.

*Der VPI wird neben seiner Rolle als allgemeiner Inflationsindikator für die Wertsicherung von Geldbeträgen (z.B.: Mieten, Unterhaltszahlungen) verwendet, er ist aber auch Datenbasis für Lohnverhandlungen.*³²

Dieser Index ist somit ein maßgebender Parameter für die Prognose von Lebenszykluskosten.

In Abbildung 6.2 ist sowohl die Zeitreihe (blaue Linie) als auch die jährliche Veränderungsrate (rote Linie) des VPI seit 1966 abgebildet. Man erkennt, dass die rote Linie stark schwankt. Der Indexwert jedoch zeigt einen deutlichen linearen Verlauf. Legt man eine Gerade durch den Verlauf erhält man ein Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,994$, dies entspricht einer ausgezeichneten Übereinstimmung mit der berechneten Regressionsgeraden.

Dieser lineare Verlauf lässt sich jedoch nicht mit den bisher in der Literatur beschriebenen Formeln der Diskontierung abbilden (vgl. Formel (18) und Kurvenverlauf Abbildung 6.1). Daher erscheint es sinnvoll, den tatsächlichen Verlauf der Kurve zu erfassen und in die Zukunft zu projizieren. Die Parameter der Kurve können mit Hilfe der linearen Regression ermittelt werden.

³¹ Vgl. <http://www.statistik.at> 2012-05-24

³² http://www.statistik.at/web_de/statistiken/preise/verbraucherpreisindex_vpi_hvpi/index.html 2012-05-22

Die Modellierung lautet dann wie folgt (siehe Kapitel 3.2.2):

$$\text{Kosten}_{\text{Zukunft}} = \text{Kosten}_{\text{heute}} \cdot \left(\frac{\text{Index}_{(t+\Delta t)}}{\text{Index}_{(t)}} \right) \quad (19)$$

$$y = b_0 + b_1 \cdot x \quad (20)$$

bzw.

$$\text{Index}_{(t+\Delta t)} = \text{Index}_{(t)} + k \cdot \Delta t$$

$\text{Index}_{(t)}$... derzeitiger Indexwert

$\text{Index}_{(t+\Delta t)}$... Indexwert zum Prognosezeitpunkt

b_0 ... konstantes Glied

b_1 ... Regressionskoeffizient

R^2 ... Bestimmtheitsmaß

$x = \Delta t$

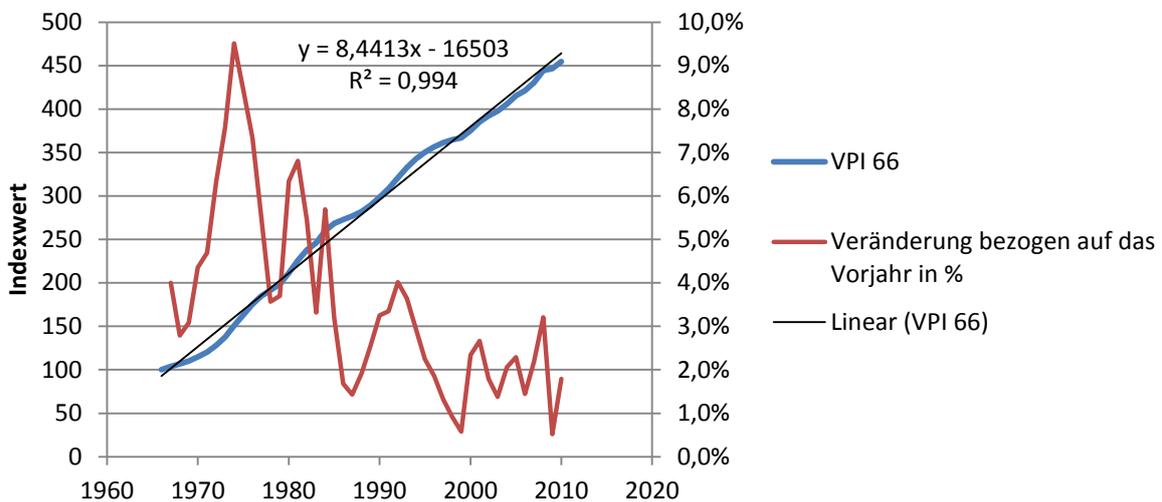


Abbildung 6.2: VPI 1966³³

Das bedeutet, dass ein Anstieg des Index um 8,44 Punkte pro Jahr angenommen werden kann. Die Übereinstimmung der Daten mit der Ausgleichsgeraden ist ausgezeichnet, das Bestimmtheitsmaß beträgt 0,994. Je näher das Bestimmtheitsmaß (Determinationskoeffizient) gegen 1,0 geht, desto bestimmter (besser) ist die Approximation der Einzelwerte. Die hier berechnete Gerade wird daher für eine Prognose des weiteren Verlaufs herangezogen.

Die Regression mittels SPSS (IBM SPSS Statistics) liefert Tabelle 6.1.

Die Signifikanz, hier mit 0,000 ausgewiesen, bestätigt zu 100 % den Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable (Zeit) und der abhängigen Variable (Indexwert). SPSS gibt jeweils die Differenz zu 100 % an.

³³ Datenquelle - Statistik Austria, 2012-05-23

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,997 ^a	,994	,994	8,72829

a. Einflußvariablen : (Konstante), Jahr

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta			
1	(Konstante)	-16502,899	199,175		-82,856	,000
	Jahr	8,441	,100	,997	84,256	,000

a. Abhängige Variable: VPI66

Tabelle 6.1: Verbraucherpreisindex Regressionsanalyse mittels SPSS

6.2 Modellvergleich linear – exponentiell

Wie oben beschrieben wird in der gängigen Literatur ein exponentieller Ansatz gewählt, um den zukünftigen Kostenverlauf zu prognostizieren. Dieser hat den Vorteil, dass man alle Preissteigerungen mit den zu erwarteten Zinsen zu einem Diskontierungssatz zusammenfassen kann, da dann sowohl konstante Zinssätze [%] als auch konstante jährliche Preissteigerungen [%] addiert werden können.

$$\text{Kosten}_{\text{Zukunft}} = \text{Kosten}_{\text{heute}} \cdot (1 + \text{Diskontierungssatz})^{\Delta t} \quad (21)$$

Der Diskontierungssatz ist in dieser Formel konstant und wird fehlenden Alternativen wegen oft mit dem Mittelwert angesetzt. In unserem Beispiel des VPI beträgt dieser 3,52%. Setzt man in die entsprechende Formel ein, so ergibt sich die in Abbildung 6.3 orange dargestellt Prognose.

Der gewählte lineare Ansatz:

$$\text{Kosten}_{\text{Zukunft}} = \text{Kosten}_{\text{heute}} \cdot \left(\frac{\text{Index}_{(t+\Delta t)}}{\text{Index}_{(t)}} \right) \quad (22)$$

führt zu der in Abbildung 6.3 dargestellten grünen Ausgleichsgeraden. Die rot strichlierte Linie markiert die konstante durchschnittliche Prognose der Veränderung bezogen auf das Vorjahr in Prozent.

Die Prognose mit dem exponentiellen Ansatz liefert für den Indexwert nach 50 Jahren eine Prognose von 2.566 Punkten. Das lineare Modell einen Wert von 877 Punkten. Abbildung 6.3 verdeutlicht, dass der exponentielle Ansatz zu wesentlich überhöhten Prognosen führt. Es ist anzunehmen, dass der reale Wert im Bereich der linearen (grünen) Prognose liegen wird.

Anhand dieses Beispiels wird gezeigt, dass die herkömmliche Modellierung der Preissteigerungen nicht zum Ziel führt. Für die Prognose wird daher dem linearen Modell der Vorzug gegeben.

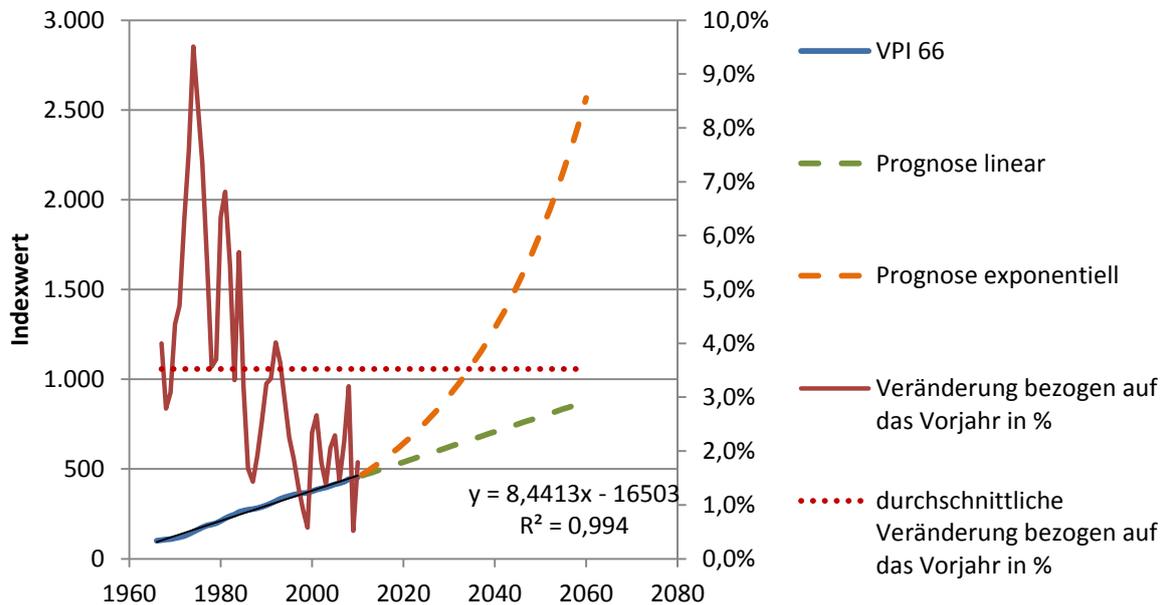


Abbildung 6.3: Modellvergleich exponentiell - linear

6.3 Tariflohnindex

Gegenstand des Tariflohnindex (TLI) sind die Veränderungen von Mindestlöhnen und -gehältern, die durch Kollektivverträge (KVs), einem KV gleichgestellte Betriebsvereinbarungen, Mindestlohntarife oder durch Gesetze festgelegt sind und die für alle unselbstständigen Beschäftigungsverhältnisse in Österreich, die von diesen Lohn- und Gehaltsregelungen abgedeckt werden, gelten.³⁴

Der derzeitige Tariflohnindex bezieht sich auf das Basisjahr 2006, er wird jedoch schon seit dem Jahr 1966 erfasst und von der Statistik Austria geführt. Der Index wurde in den Jahren 1976 und 1986 erweitert sowie das Gewichtungsschema aktualisiert. Die nächste Aktualisierung des Index ist für das Jahr 2016 geplant.³⁵

Die in Abbildung 6.4 dargestellte Zeitreihe startet im Jahr 1987, das Basisjahr für diese Reihe ist 1966=100. In Abbildung 6.4 sind deutliche Schwankungen in der jährlichen Veränderung zu erkennen, der Verlauf des Index entspricht aber näherungsweise wieder einer Geraden. Die Ermittlung der Ausgleichsgeraden erfolgte (wie in Kapitel 6.1) mit Hilfe der linearen Regression.

Das Bestimmtheitsmaß beträgt 0,9936, der jährliche Zuwachs k (Steigung) beträgt 18,896 Punkte. Die Übereinstimmung der Daten mit der Ausgleichsgeraden erscheint daher ausreichend für eine Prognose. Die Auswertung mittels SPSS ergibt eine Signifikanz von 100%.

³⁴ [25] Statistik Austria, Tariflohnindex 06, 2011, S.4

³⁵ Vgl. [25] Statistik Austria, Tariflohnindex 06, 2011, S.6 ff

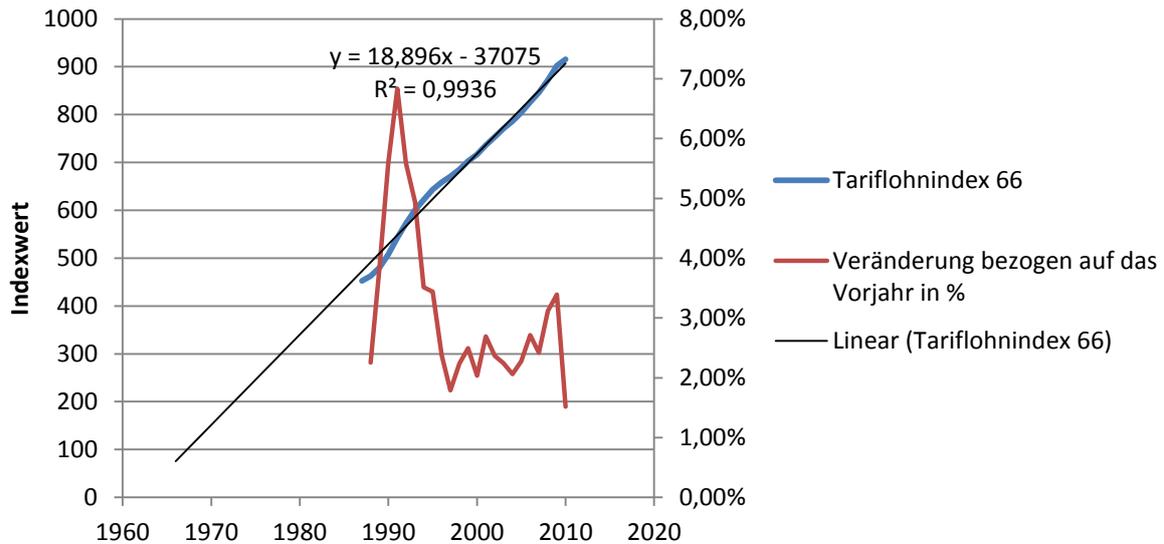


Abbildung 6.4: Tariflohnindex³⁶

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,997 ^a	,994	,993	14,71409

a. Einflußvariablen : (Konstante), Jahr

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta			
1	(Konstante)	-37074,721	631,729		-58,688	,000
	Jahr	18,896	,316			

a. Abhängige Variable: Tariflohnindex

Tabelle 6.2: Tariflohnindex Regressionsanalyse mittels SPSS

6.4 Energiepreise

Energiepreise spielen bei der Prognose von LCC eine große Rolle, sie unterliegen jedoch großen Schwankungen. Immer dann, wenn die Rentabilität von Investitionen in Energieeinsparungsmaßnahmen überprüft werden soll, muss eine Prognose über die weitere Entwicklung der Energiekosten erstellt werden. Je höher die Steigerungsrate der Energiekosten, desto schneller rentieren sich Investitionen im Energiesektor.

³⁶ Datenquelle - Statistik Austria, 2012-05-23

Um den Preisverlauf der Energiekosten verfolgen zu können, wurde der Energiepreisindex EPI ins Leben gerufen. Herausgegeben und berechnet wird dieser von der „Österreichischen Energieagentur“.

Die Österreichische Energieagentur analysiert den monatlich berechneten Energiepreisindex (EPI) für Haushalte aus den Daten zum Verbraucherpreisindex (VPI) der Statistik Österreich.³⁷

Die Gewichtung der Energieträger kann der Tabelle 6.3 entnommen werden.

Energieträger	Anteil am VPI %	Anteil am EPI %
festen Brennstoffe	0,5007	5,9
Heizöl	0,7642	9,0
Strom	2,1759	25,7
Gas	0,8066	9,5
Fernwärme	0,4433	5,2
Summe Strom und Raumwärme (Haushalte)	4,6889	55,3
Superbenzin	1,6425	19,4
Dieseltreibstoff	2,1461	25,3
Summe Treibstoffe (Haushalte)	3,7886	44,7
INSGESAMT	8,4775	100,00

Tabelle 6.3: Gewichtung des Energiepreisindex³⁸

Seit Oktober 2008 wird ebenfalls ein eigener Strompreisindex ÖSPI veröffentlicht, die Zeitreihe ist jedoch zu kurz, um seriöse Prognosen ableiten zu können. Die Prognose der Preisentwicklung erfolgt daher auf Basis des Energiepreisindex. In Abbildung 6.5 ist die entsprechende Zeitreihe des EPI grafisch dargestellt. Eine exponentielle Anpassung würde ein Bestimmtheitsmaß von 0,91 erreichen. Da der Anstieg der letzten Jahre auf eine Instabilität in den ölfördernden Ländern zurückzuführen ist, wird hier ebenfalls dem linearen Modell der Vorzug gegeben.

Die jährlichen Veränderungen des EPI bezogen auf das Vorjahr, schwanken zwischen ca. -10% bis +10%. Die Schwankungen der einzelnen Energieträger können noch wesentlich größer sein. Somit weist der Energiepreisindex wesentlich größere jährliche Schwankungen als der Verbraucherpreisindex oder der Tariflohnindex auf.

Aufgrund der vorliegenden Daten kann ein kontinuierlicher Anstieg der Energiepreise über den gesamten Zeitraum festgestellt werden.

³⁷ <http://www.energyagency.at/energie-in-zahlen/energiepreisindex.html> 2012-05-23

³⁸ <http://www.energyagency.at/energie-in-zahlen/energiepreisindex/gewichtung.html>, 2012-05-23

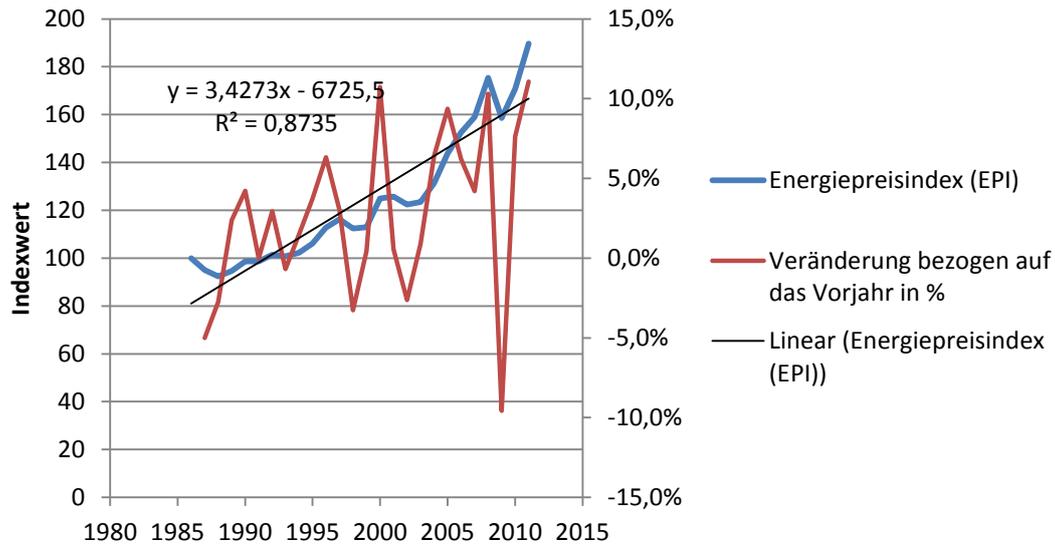


Abbildung 6.5: Energiepreisindex³⁹

Trotz der starken jährlichen Schwankungen erfüllt die Ausgleichsgerade ein Bestimmtheitsmaß von 0,8735. Auch wenn die kurzfristigen Schwankungen mit einem linearen Modell nicht abgebildet werden können, entspricht dieses einer vertretbaren Näherung. Auch durch Anwendung nichtlinearer Modelle kann die Genauigkeit für eine langfristige Prognose nicht gesteigert werden. Es obliegt daher dem Anwender, eine geeignete Prognose auf Basis dieser Auswertung anzunehmen. Die Analyse der Daten ergibt eine Ausgleichsgerade mit einer Steigung von 3,4273.

SPSS liefert die Ergebnisse der Tabelle 6.4.

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,935 ^a	,874	,868	10,17936

a. Einflußvariablen : (Konstante), Jahr

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	-6725,508	531,961	-12,643	,000
	Jahr	3,427	,266	,935	,000

a. Abhängige Variable: Energie

Tabelle 6.4: Energiepreisindex Regressionsanalyse mittels SPSS

³⁹ Datenquelle - Statistik Austria, Veröffentlichung Österreichische Energieagentur, 2012-05-23

6.5 Großhandelspreisindex

In Österreich wird seit 1914 ein Index der Großhandelspreise berechnet, der ab 1947 auf Ebene eines Gesamtindex in einer geschlossenen Reihe vorliegt. In den Jahren 1964, 1976, 1986, 1996, 2000 sowie 2005 wurde der Index der Großhandelspreise jeweils einer Revision unterzogen, um den zwischenzeitlich im Großhandel eingetretenen Strukturänderungen sowie den Änderungen im Warensortiment Rechnung zu tragen. Die ab dem Jahr 2000 eingeführte, nationalen und internationalen Gepflogenheiten folgende Regelung, die Basiszeiträume für Indizes auf die mit „0“ und „5“ endenden Jahre und Revisionen in 5-jährigen Abständen vorsieht, führte im Jahr 2010 zu einer neuerlichen Revision des Großhandelspreisindex.⁴⁰

Im Großhandelspreisindex werden Preise von Waren berücksichtigt, die entsprechend vom Großhandel abgesetzt werden. Die regelmäßige Revision des Warenkorbs ist notwendig, um eine entsprechende Gewichtung der Güter zu erreichen. Die Daten werden von sogenannten Preismeldern erfasst und monatlich an die Statistik Austria übermittelt. Diese rund 200 Unternehmen melden monatlich rund 1.400 Preise.⁴¹ Der Großhandelspreisindex eignet sich für die Preisprognose von im Großhandel bezogenen Gütern, es besteht aber auch noch eine Reihe an weiteren Anwendungsgebieten.

Der Großhandelspreisindex wird in zahlreichen vertraglichen Vereinbarungen und Wertsicherungen eingesetzt, sowohl von öffentlichen Stellen, Interessenvertretungen als auch von in- und ausländischen Unternehmen.⁴²

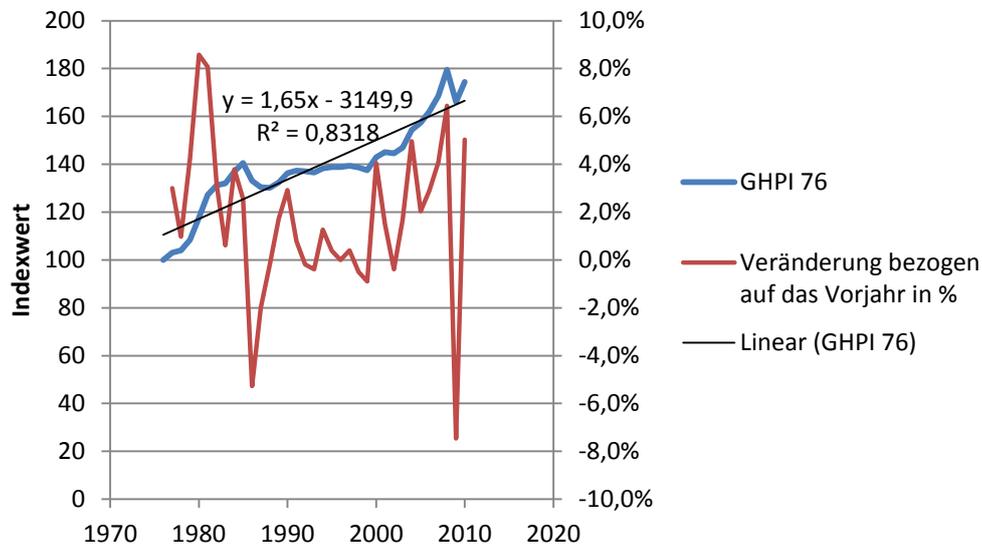


Abbildung 6.6 GHPI⁴³

Die Zeitreihe in Abbildung 6.6 entspricht 34 Jahren, die Auswertung der Daten mit Hilfe der linearen Regression liefert eine Steigung von 1,650 und ein Bestimmtheitsmaß von 0,8318. Für die Prognose der Preisentwicklung wird daher ebenfalls ein lineares Modell gewählt.

⁴⁰ [24] Statistik Austria, Großhandelspreisindex Revision 2010, S.3

⁴¹ Vgl. [24] Statistik Austria, Großhandelspreisindex Revision 2010, S.6

⁴² [24] Statistik Austria, Großhandelspreisindex Revision 2010, S.3

⁴³ Datenquelle - Statistik Austria, 2012-05-23

Die Auswertung mittels SPSS liefert folgende Ergebnisse:

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,912 ^a	,832	,827	7,71796

a. Einflußvariablen : (Konstante), Jahr

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	-3149,968	257,443		-12,236	,000
Jahr	1,650	,129	,912	12,774	,000

a. Abhängige Variable: GHPI

Tabelle 6.5: GHPI Regressionsanalyse mittels SPSS

6.6 Baupreisindex Hochbau gesamt

Beim Baupreisindex Hochbau stammt das zur Indexberechnung herangezogene Datenmaterial aus einer Primärerhebung bei rd. 900 Unternehmen (Baufirmen und Professionisten, wie z.B. Dachdecker, Tischler, Schlosser, Spengler, Fliesen- und Bodenleger, Elektriker, Installateur,...), die auf freiwilliger Basis quartalsweise zu ausgewählten Bauleistungen rd. 3.500 Preisinformationen an die Statistik Austria auf Papier oder elektronisch übersenden.⁴⁴

Eng verbunden mit dem Baupreisindex ist der Baukostenindex. Die Baukostenindizes beobachten die Entwicklung der Kosten, die den Bauunternehmern bei der Ausführung von Bauleistungen durch Veränderung der Kostengrundlagen (Material und Arbeit) entstehen.⁴⁵ Dieser wird meist zur Umrechnung von veränderlichen Preisen herangezogen. Der Baupreisindex setzt gedanklich auf dem Baukostenindex auf und berücksichtigt zusätzlich die Faktoren Produktivität und Gewinnspanne. Der Baupreisindex entspricht daher der Entwicklung der üblichen Marktpreise. Neben dem Baupreisindex „Hochbau gesamt“ existieren noch eine Reihe verwandter Indizes:

- Wohnungs- und Siedlungsbau Basis 1972
- Sonstiger Hochbau Basis 1979
- Baupreisindex Tiefbau gesamt Basis 1984
- Baupreisindex Straßenbau Basis 1975
- Baupreisindex Brückenbau Basis 1977
- Baupreisindex Hoch- und Tiefbau Basis 1984

⁴⁴ [26] Statistik Austria, Baupreise und Baukosten 2012, S.4

⁴⁵ http://www.statistik.at/web_de/statistiken/preise/baukostenindex 13.01.2013

Folgende Randbedingungen wurden bei der Auswahl des Index für diese Arbeit berücksichtigt:

- Die baulichen Folgekosten einer Station entstehen überwiegend aus dem Bereich Hochbau. (Fliesenleger, kleine Ausbesserungsarbeiten, Verputzarbeiten,...)
- Die Errichtungskosten können zu einem hohen Maß aus dem Anteil Tiefbau bestehen. Die Errichtungskosten fallen jedoch am Anfang eines Lebenszyklus an und müssen daher nicht mit einem Index über die Lebensdauer eines Gebäudes prognostiziert werden.

Aus den vorher genannten Gründen werden Kosten im Rahmen der Instandhaltung mit Hilfe des Baupreisindex „Hochbau gesamt“ prognostiziert.

In Abbildung 6.7 ist der Indexverlauf (blau), die Veränderung bezogen auf das jeweilige Vorjahr (rot) und die daraus resultierende Regressionsgerade dargestellt. Der Baupreisindex steigt dabei ziemlich linear an. Aus diesem Grund wird auch in diesem Fall ein lineares Modell für die Prognose der Baupreise angewandt. Die hier abgebildete Ausgleichsgerade weist ein Bestimmtheitsmaß von 0,9877 und eine Steigung von 4,8147 auf.

SPSS liefert die Ergebnisse in Tabelle 6.6.

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,994 ^a	,988	,987	5,12468

a. Einflußvariablen : (Konstante), Jahr

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	-9421,962	195,696		-48,146	,000
Jahr	4,815	,098	,994	49,071	,000

a. Abhängige Variable: Hochbau90

Tabelle 6.6: Baupreisindex Hochbau Regressionsanalyse mittels SPSS

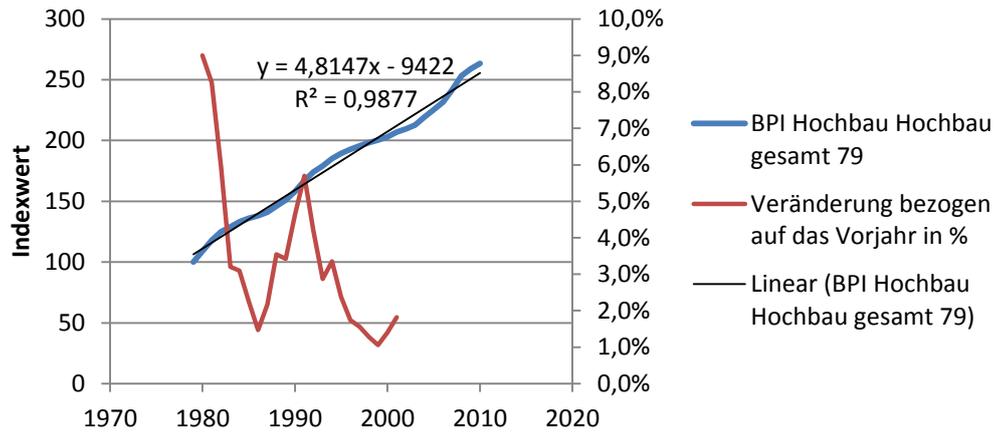


Abbildung 6.7: Baupreisindex Hochbau⁴⁶

6.7 Sonstige Indizes

Für folgende Bereiche werden von der Statistik Austria Daten erhoben und regelmäßig Indizes veröffentlicht:

- Preisindex für Ausrüstungsinvestitionen
- Maschinenpreisindex
- Erzeugerpreisindex für unternehmensnahe Dienstleistungen

Diese geben einen guten Überblick über die aktuelle Entwicklung der jeweiligen Bereiche, können jedoch aufgrund der kurzen Zeitreihen nicht für eine Prognose herangezogen werden.

6.8 Verzinsung

Die Verzinsung spielt bei herkömmlichen Modellen eine wesentliche Rolle, da mit dem Zinssatz Investitionskosten auf- bzw. abgezinst werden. Aufgrund der langen Prognosezeiträumen (Lebensdauer eines Gebäudes) wirken sich Zinssätze enorm auf die Lebenszykluskosten aus. Zusätzlich erfordert die lange Lebensdauer der Gebäude eine langfristige Prognose des Zinssatzes. Der Einlagezins schwankt bereits im Zeitraum von 1995 - 2010 zwischen 4,39 % und 2,16 %⁴⁷, diese scheinbar kleine Schwankung von 2,23 %-Punkten hat jedoch aufgrund des Zinseszinses große Auswirkungen auf Investitionsentscheidungen.

Eine weitere Grundlage für die Prognose ist, ob Investitionen aus Eigenmitteln getätigt werden können oder ob eine Fremdfinanzierung notwendig ist. In der bisherigen Praxis wird unabhängig davon die Annahme eines kalkulatorischen Zinssatzes empfohlen, der vom Anwender festzulegen ist.

Wie beschrieben handelt es sich um eine Annahme, die aufgrund der exponentiellen Berechnung weitreichende Auswirkungen nach sich ziehen. Als Hilfestellung ist der

⁴⁶ Datenquelle - Statistik Austria, 2012-05-23

⁴⁷ Datenquelle - Österreichische Nationalbank, 2012-05-23

Zinsverlauf der letzten Jahre in Abbildung 6.8 dargestellt. Die strichlierten Linien, stellen das arithmetische Mittel der Verläufe dar.

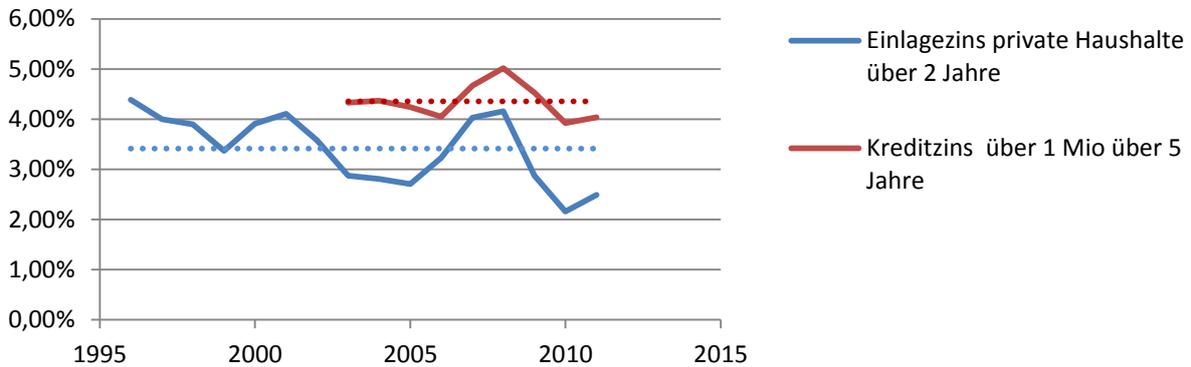


Abbildung 6.8: Entwicklung der Zinssätze⁴⁸

Der Mittelwert des Einlagezinses für private Haushalte, gebunden über 2 Jahre, liegt bei 3,41 %, der Kreditzins über 1 Mio. mit 5 Jahre Bindung liegt bei 4,35 %.

6.9 Baukostenveränderungen – Aufzüge

Die Wartungskosten der Aufzüge und Fahrtreppen werden mit dem Index Baukostenveränderungen - Aufzüge angepasst. Dieser wird monatlich vom BMWFJ (Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend) veröffentlicht.

Der Index wird getrennt für Lohn und Sonstiges angegeben.

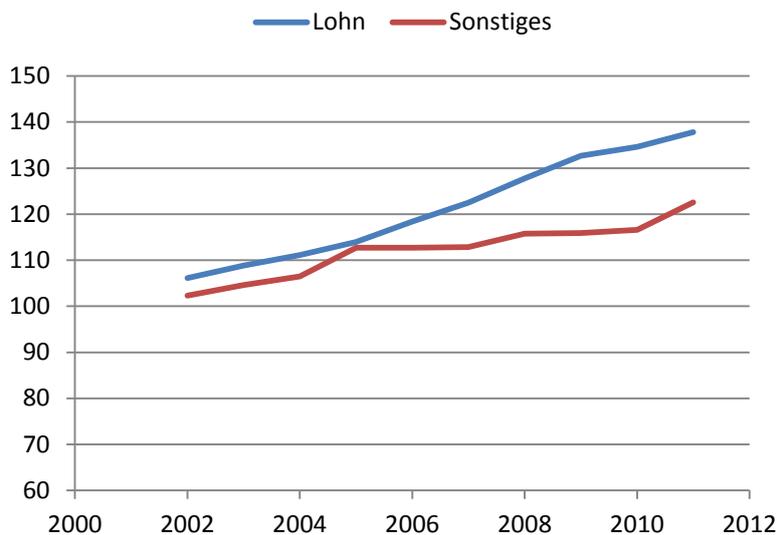


Abbildung 6.9: Index Baukostenveränderungen - Aufzüge⁴⁹

⁴⁸ Datenquelle - Österreichische Nationalbank, 2012-05-23

⁴⁹ Datenquelle - BMWFJ, 2012-08-14

Jahr	Lohn	Sonstiges
2002	106,11	102,34
2003	108,86	104,59
2004	111,15	106,45
2005	113,93	112,73
2006	118,37	112,74
2007	122,51	112,88
2008	127,78	115,79
2009	132,69	115,91
2010	134,63	116,58
2011	137,78	122,55

Tabelle 6.7 Baukostenveränderungen - Aufzüge⁵⁰

In Abbildung 6.9 ist der lineare Verlauf beider Kurven zu erkennen, daher wird auch für die Modellierung ein lineares Modell gewählt.

Bei den Wartungskosten werden zwei unterschiedliche Wartungen unterschieden:

- Garantiewartung Lohn/Sonstiges 80/20 – 5 Jahre Wartung
- Vollwartung Lohn/Sonstiges 60/40 – 10 Jahre Wartung

Für die jeweiligen Wartungen wird ein unterschiedliches Lohn/Sonstiges Verhältnis seitens der Wiener Linien vereinbart. Will man Prognosen für die Zukunft erstellen, muss man einen einheitlichen Index ableiten, dessen Basis sich im entsprechenden Verhältnis zusammensetzt. Aus diesem Grund führt der Autor zwei neue Indizes mit unterschiedlicher Gewichtung Lohn/Sonstiges ein.

Jahr	5 Jahre Garantiewartung 80/20	10 Jahre Vollwartung 60/40
2002	100,00	100,00
2003	102,51	102,43
2004	104,60	104,46
2005	107,93	108,49
2006	111,30	111,03
2007	114,44	113,41
2008	118,97	117,51
2009	122,65	120,27
2010	124,22	121,60
2011	127,82	125,80

Tabelle 6.8 Index Wartung Fahrtreppen - Aufzüge

Da der Lohn schneller steigt als der sonstige Anteil, steigt auch der Garantiewartungs-Index schneller als der Vollwartungs-Index. Für das LCC Modell wird der Verlauf beider Kurven durch eine Gerade approximiert. SPSS liefert folgende Ergebnisse für die Garantiewartung (siehe Tabelle 6.9) und für die Vollwartung (siehe Tabelle 6.10).

⁵⁰ Datenquelle – BMWFJ, 2012-08-14

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,997 ^a	,994	,993	,79272

a. Einflußvariablen : (Konstante), Jahr

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	-6317,814	175,118		-36,077	,000
	Jahr	3,205	,087	,997	36,725	,000

a. Abhängige Variable: Index

Tabelle 6.9: Garantiewartung Regressionsanalyse mittels SPSS

SPSS liefert folgende Ergebnisse für die Vollwartung:

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,998 ^a	,995	,995	,62967

a. Einflußvariablen : (Konstante), Jahr

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	-5662,329	139,100		-40,707	,000
	Jahr	2,878	,069	,998	41,516	,000

a. Abhängige Variable: Index

Tabelle 6.10: Vollwartung Regressionsanalyse mittels SPSS

Beide Modelle entsprechen sehr gut dem tatsächlichen Verlauf, dies drückt sich durch ein hohes Bestimmtheitsmaß von über 99% aus. Beide Kurvenverläufe sind in Abbildung 6.10 abgebildet.

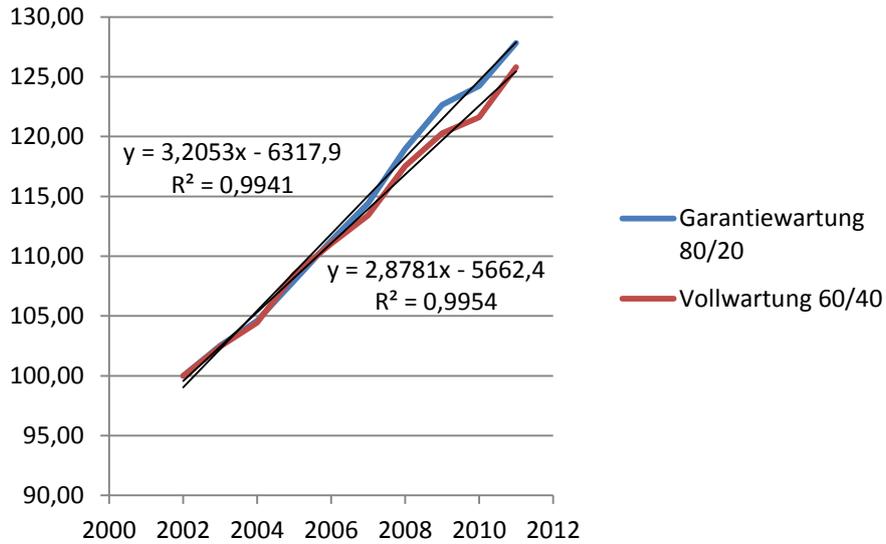


Abbildung 6.10: Indexverlauf der Vollwartung und der Garantiewartung

Die mit Hilfe der linearen Regression ermittelte Gerade bildet den tatsächlichen Verlauf ausreichend gut ab. Für die LCC-Modellierung werden daher die Werte aus Tabelle 6.11 herangezogen:

	Parameter	Garantiew.	Vollw.
Anstieg	k	3,2053	2,8781
Bestimmtheitsmaß	R ²	0,9941	0,9954

Tabelle 6.11: Parameter der Ausgleichsgeraden – Aufzüge und Fahrtreppen

7 Kritische Betrachtung der Modelle

Bei der Prognose können unterschiedlichste Randbedingungen berücksichtigt werden. U-Bahn-Stationen weisen eine besonders lange Lebensdauer auf, äußere Randbedingungen spielen daher eine wesentliche Rolle bei der Prognose der Lebenszykluskosten.

Girmscheid beschreibt diesen Umstand wie folgt:

„Da es sich um eine langfristige Strategieentscheidung handelt, ist es für private sowie für öffentliche Institutionen und Organisationen von großer Bedeutung, den zeitlichen Anfall der Ausgaben bzw. Kosten zu berücksichtigen. Zudem spielen die Preisentwicklungen und die Geldwertentwicklung bei einer solchen langfristigen Betrachtung eine entscheidende Rolle.“⁵¹

In dem folgenden Beispiel sollen die Auswirkungen der unterschiedlichen Modellansätze anhand der Betriebskosten eines Gebäudes verdeutlicht werden. Die Werte sind in Anlehnung an das Buch „Objektdaten Nutzungskosten“⁵² gewählt.

Die aktuellen Kosten des Gebäudes sind in der folgenden Tabelle ersichtlich:

	€/m ² BGF a
Versorgung	30,00
Entsorgung	1,00
Reinigung Pflege von Gebäuden	11,00
Bedienung Inspektion Wartung	7,00
Instandsetzungskosten der Baukonstruktion	1,00
Instandsetzung der Technischen Anlagen	3,00
Summe	53,00

Tabelle 7.1: Betriebskosten eines Beispielgebäudes

7.1 Modell – Keine Preissteigerung, keine Verzinsung

Der einfachste Weg ist, die derzeitigen Kosten über die Zeit konstant anzunehmen und über den Prognosezeitraum zu summieren.

Der jährliche Kostenverlauf ist in Abbildung 7.1 dargestellt.

Summiert man die Summe der Kosten €/m²BGFa über einen Zeitraum von 50 Jahren ergibt das Gesamtkosten in Höhe von 2.650 €/m². Die linearen Kostenverläufe sind in Abbildung 7.2 dargestellt.

⁵¹ [5] Girmscheid, 2007, S.357

⁵² [28] Stoy et al., 2011, S.142

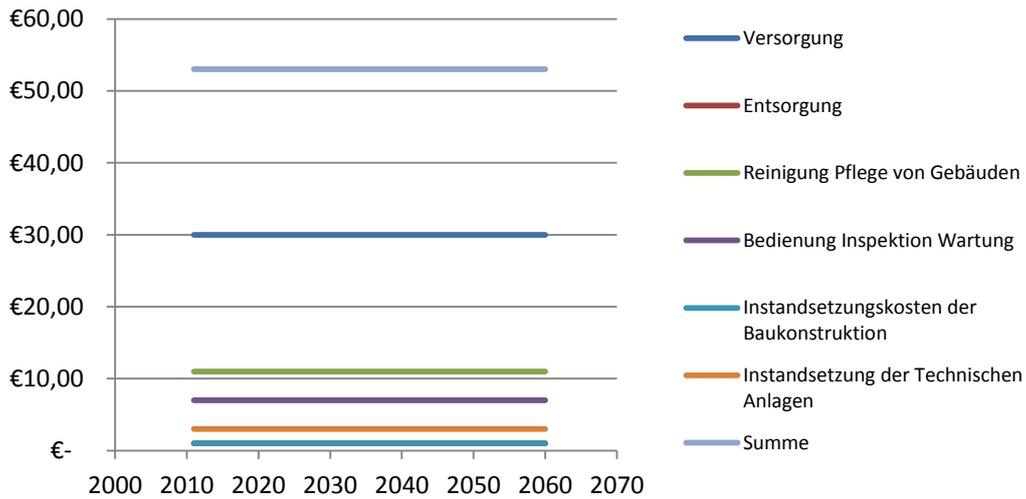


Abbildung 7.1: Entwicklung der jährlichen Kosten ohne Preissteigerung, ohne Verzinsung

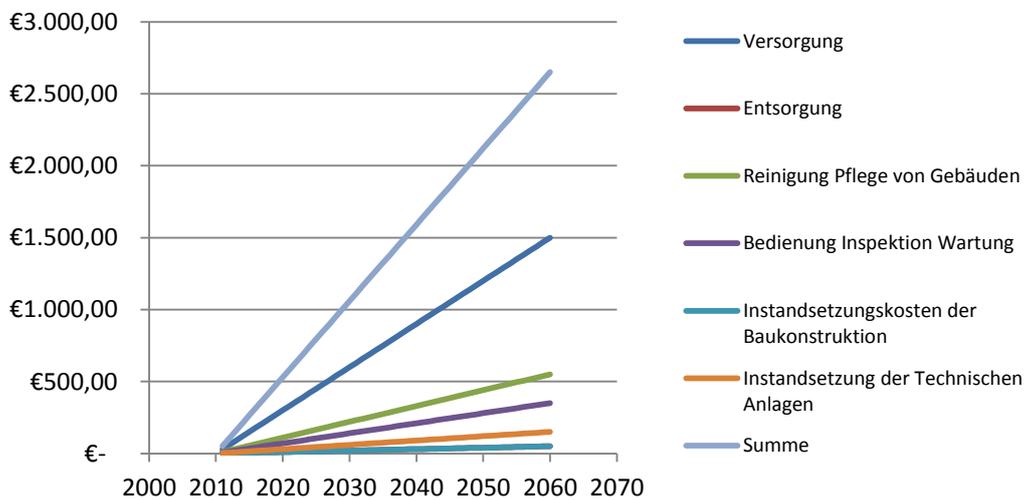


Abbildung 7.2: Summe der Kosten ohne Preissteigerung, ohne Verzinsung

7.2 Modell – Preissteigerung, keine Verzinsung

Um die Preissteigerung abbilden zu können, wird ein **lineares Modell** anstelle eines exponentiellen gewählt. Die Indexzuteilung kann der Tabelle entnommen werden:

Bereich	Index
Versorgung	Verbraucherpreisindex
Entsorgung	Verbraucherpreisindex
Reinigung Pflege von Gebäuden	Tariflohnindex
Bedienung Inspektion Wartung	Tariflohnindex
Instandsetzungskosten der Baukonstruktion	Baupreisindex Hochbau gesamt
Instandsetzung der Technischen Anlagen	Großhandelspreisindex

Tabelle 7.2: Indexzuordnung für die Berücksichtigung der Preissteigerung

Die Anpassung der jährlichen Kosten erfolgt mit den in Kapitel 6 entwickelten Formeln:

$$K_{t+\Delta t} = K_t \cdot \left(\frac{\text{Index}_{(t+\Delta t)}}{\text{Index}_{(t)}} \right) \quad (23)$$

$$\text{Index}_{(t+\Delta t)} = \text{Index}_{(t)} + k \cdot \Delta t \quad (24)$$

$K_{t+\Delta t}$... Kosten zum Zeitpunkt $t+\Delta t$
 K_t ... Kosten zum Zeitpunkt t

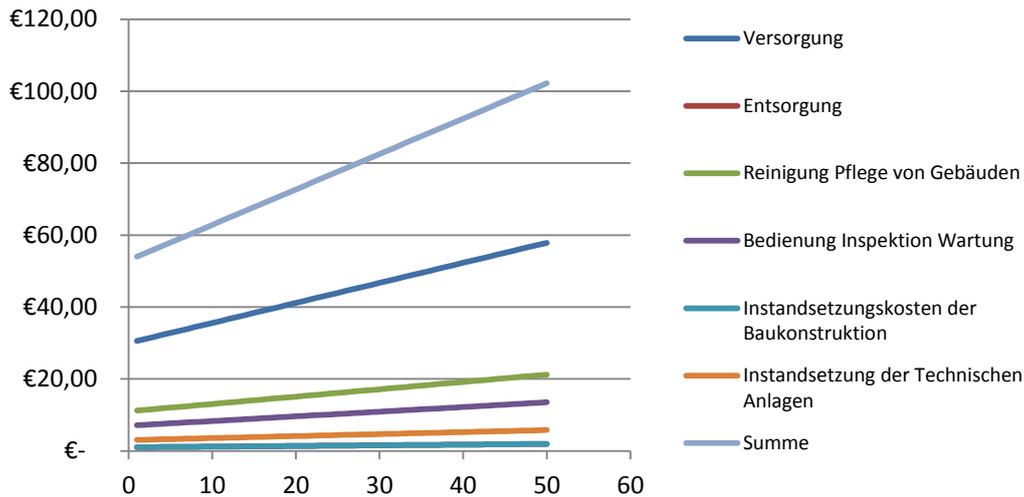


Abbildung 7.3: jährliche Kosten mit Berücksichtigung der Preissteigerung, ohne Verzinsung

Verknüpft man die Kosten mit den entsprechenden Indizes, ergeben sich die in Abbildung 7.3 dargestellten Kostenverläufe. Die jährlichen Kosten betragen nach 50 Jahren bereits 102,22 €/m². Summiert man die jährlichen Kosten über die Lebensdauer, kommt man auf einen Betrag von 3.905,05 €. Durch den linearen Anstieg der jährlichen Kosten ergibt sich bereits eine nichtlineare Summenkurve (siehe Abbildung 7.4).

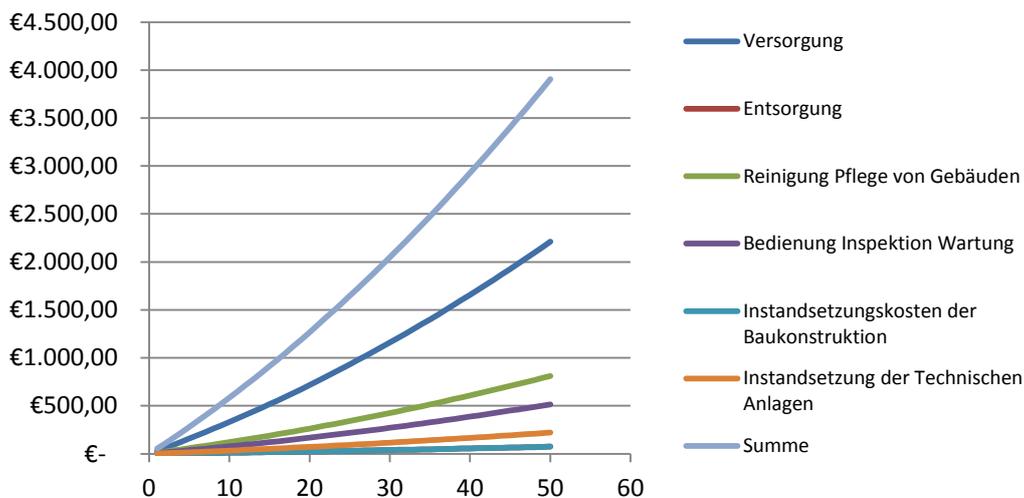


Abbildung 7.4: Summe der Kosten mit Berücksichtigung der Preissteigerung, ohne Verzinsung

7.3 Modell – Preissteigerung, Verzinsung 4%

In dieser Variante wird die Verzinsung mit 4 % ebenfalls berücksichtigt. Die abgezinste jährlichen Kosten zum Zeitpunkt t ergeben sich daher wie folgt:

$$K_{bt+\Delta t} = K_{t+\Delta t} \cdot \frac{1}{(1+Z)^{\Delta t}} \quad (25)$$

$K_{bt+\Delta t}$... Barwert der jährlichen Kosten zum Zeitpunkt $t+\Delta t$

Z ... Zinssatz

In Abbildung 7.5 ist klar zu erkennen, dass die Barwerte über die Zeit abnehmen. Der Barwert der jährlichen Kosten nach 50 Jahren beträgt lediglich 14,38 €/m². Es scheint daher klar von Vorteil, Investitionen möglichst spät zu tätigen.

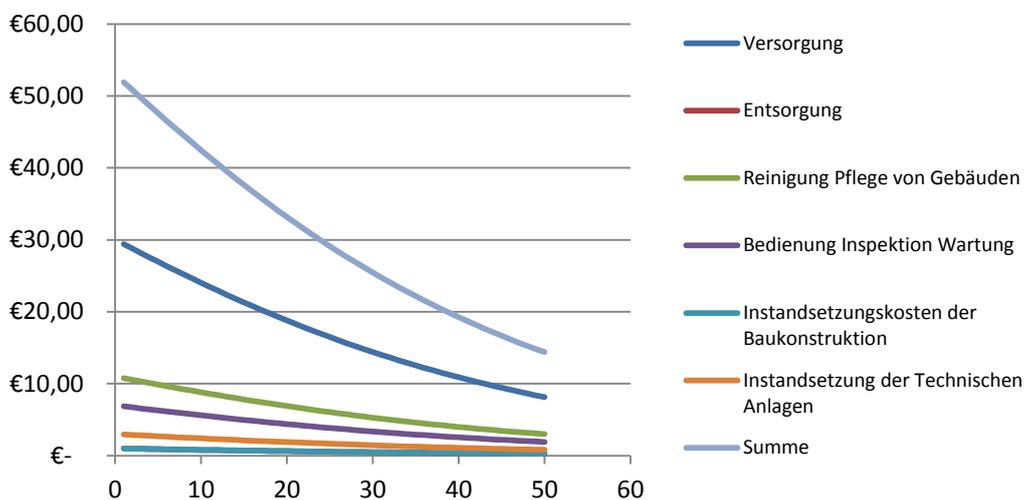


Abbildung 7.5: Barwert der jährlichen Kosten mit Berücksichtigung der Preissteigerung und einer Verzinsung von 4%

Die Summierung über die Zeit ergibt den dargestellten Verlauf in Abbildung 7.6. Der summierte Barwert beträgt nach 50 Jahren 1.515,22 €/m². Das bedeutet, hätte man zu Beginn diesen Betrag zu Verfügung, könnte man die über die Zeit anlaufenden Kosten von 3.905,05 €/m² tilgen. Bereits hier kann man einen eklatanten Unterschied erkennen.

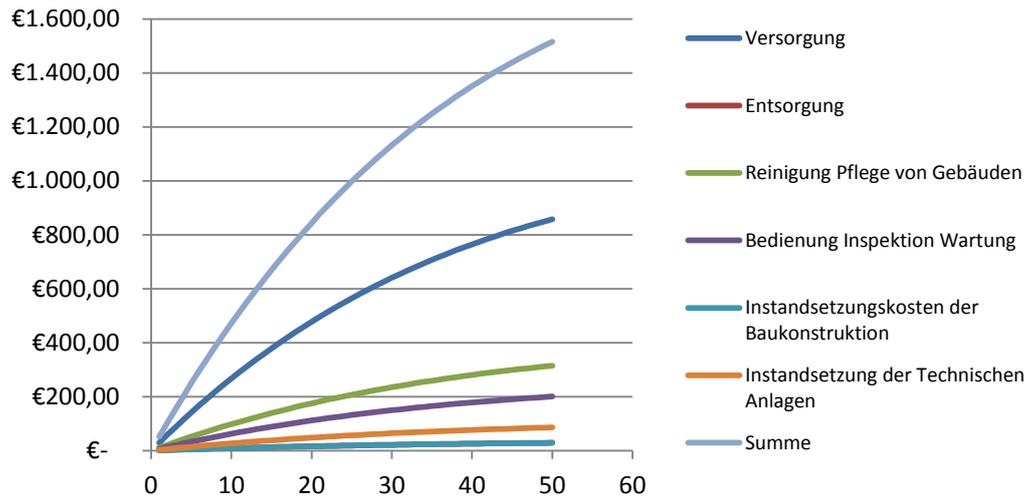


Abbildung 7.6: Barwert der Summe der Kosten mit Berücksichtigung der Preissteigerung und einer Verzinsung von 4%

Nun stellt sich die Frage, wie groß der Einfluss der Zinsen auf die Modellierung der LCC ist. Um dies zu verdeutlichen, wird das beschriebene Beispiel nun mit unterschiedlichen Zinssätzen durchgerechnet.

7.4 Modell – Zinsvergleich Barwert

Setzt man den Zinssatz auf 0, erhält man die Kurve der reinen Preissteigerung. Bereits bei der 3 % Kurve, überwiegt der Anteil der Verzinsung gegenüber der Preissteigerung. Abhängig vom jeweiligen Zinssatz schwanken die prognostizierten Barwerte extrem. Die gesamte Bandbreite ist allein abhängig von der Wahl des kalkulatorischen Zinssatzes. Abbildung 7.7 verdeutlicht diese Sensibilität.

Jodl beschreibt den Einfluss des Zinssatz wie folgt:

„Die Variable „Zinssatz z [%]“ hat großen Einfluss und kann zu einer Änderung der gesamten Erhaltungsphilosophie führen, eine mögliche Bieterreihung stürzen oder die Rentabilität eines Projektes in Frage stellen.“⁵³

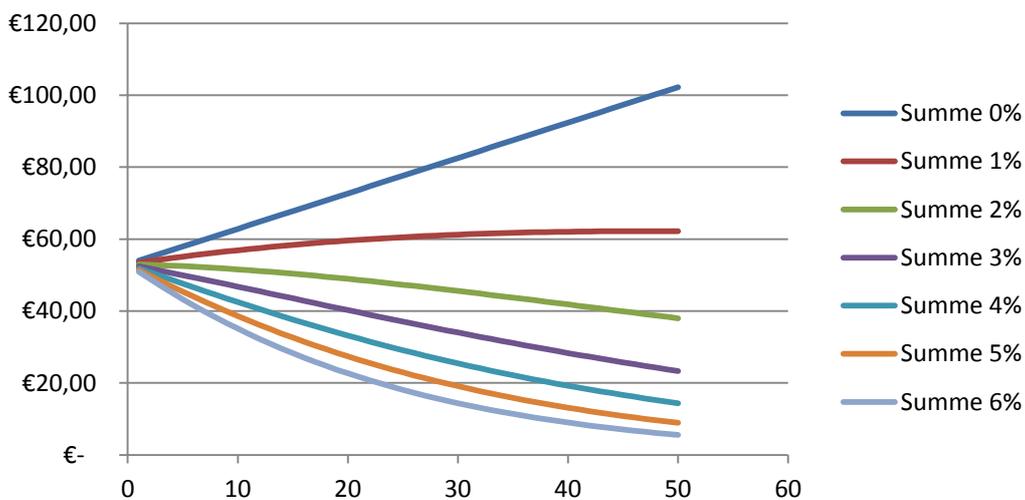


Abbildung 7.7: Vergleich der Barwerte der jährlichen Kosten in Abhängigkeit des Zinssatzes

Summiert man die entsprechenden Verläufe erhält man Abbildung 7.8.

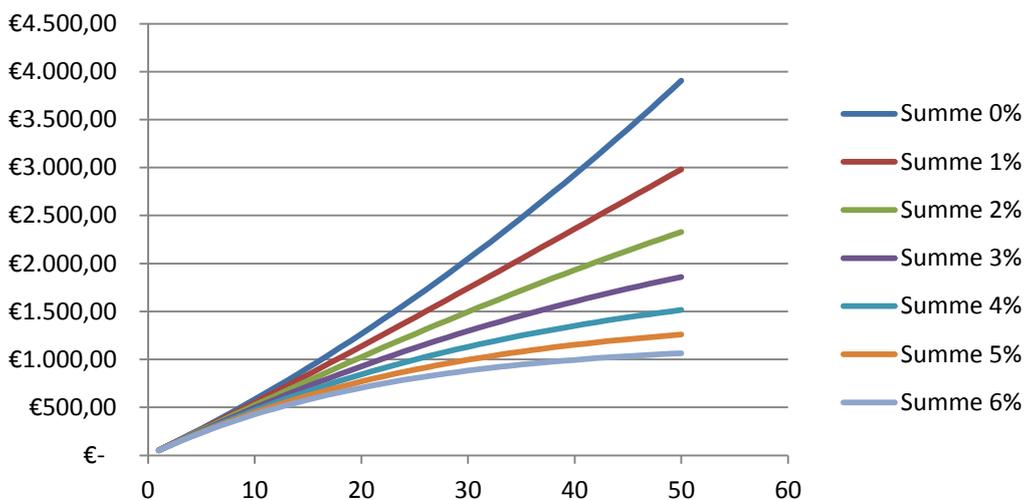


Abbildung 7.8: Vergleich der Barwerte der Summe der Kosten in Abhängigkeit des Zinssatzes

⁵³ [10] Jodl, 2010, S.222

In Tabelle 7.3 sind die Barwerte, abhängig vom jeweiligen Zinssatz ersichtlich. **Zwischen dem größten und kleinsten liegt ein Faktor von 3,67.**

Barwert						
Summe 0%	Summe 1%	Summe 2%	Summe 3%	Summe 4%	Summe 5%	Summe 6%
€ 3.905,05	€ 2.981,64	€ 2.328,69	€ 1.859,02	€ 1.515,22	€ 1.259,10	€ 1.064,95

Tabelle 7.3: Barwerte in Abhängigkeit des gewählten Zinssatzes

7.5 Fazit

Wesentliche Entwicklungen werden durch die Verzinsung verdeckt

Zwischen 0 %-Verzinsung und 6 %-Verzinsung liegt ein Faktor 3,67. Die Sensibilität des Modells in Bezug auf den Zinssatz führt dazu, dass Preissteigerungen von den Auswirkungen der Verzinsung verdeckt werden. Diese Preissteigerungen sind jedoch wesentlich für die Planung eines Budgets.

Wahl des richtigen Zinssatzes – Wahl der Finanzierung

Bei der Wahl eines geeigneten Zinssatzes ist entscheidend, ob die Investition eigen- oder fremdfinanziert ist. Diese Festlegung kann jedoch nur getroffen werden, wenn der aktuelle Kapitalstand und Einnahmen aus der Investition über den gesamten Lebenszyklus prognostiziert werden. Nur dann kann der Differenzbetrag mit dem richtigen Zinssatz verzinst werden.

Ein LCC-Modell kann daher nie einen realistischen Zinssatz berücksichtigen, ohne die Finanzierung des Investors zu kennen!

Budgetplanung

Für Investoren ist in vielen Bereichen eine jährliche Budgetplanung von zentralem Interesse, diese ist aufgrund der verzinsten Kostenverläufe nicht in direkter Weise möglich. Da nur die verzinsten Beträge vorliegen. Für die Erstellung der Budgets sind daher immer die unverzinsten Beträge zu verwenden.

Falsche Interpretation

Bei der Auf- bzw. Abzinsung entstehen exponentielle Kostenverläufe. Die Endwertmethode verleitet aufgrund der Aufzinsung zu dem Schluss, dass extrem hohe Kosten anfallen, die nie mit den derzeitigen Einnahmen finanziert werden können. Ein Abgleich der Einnahmen und Ausgaben ist daher nur möglich, wenn auch die laufenden Einnahmen über den gesamten Zeitraum aufgezinst werden. Es werden daher imaginäre Werte verglichen, zu denen der Anwender keinen Bezug hat.

Die Barwertmethode legt den Schluss nahe, Investitionen möglichst spät anzusetzen, um durch den längeren Abzinsungszeitraum den Barwert einer Investition zu reduzieren. Dies muss jedoch nicht immer sinnvoll sein, da unter anderem auch die Einnahmen von dieser Investition abhängen können.

Beispiel:

Renoviere ich ein öffentliches Schwimmbad zu einem späteren Zeitpunkt, sinkt der Barwert der Investition signifikant. Durch den schlechten Zustand des Bades sinken jedoch auch die Besucher und somit meine Einnahmen, die ich bei einer Gegenüberstellung Einnahmen-Ausgaben ebenfalls verzinsen muss. Ein Hinauszögern führt daher zu den geringsten Kosten, jedoch nicht immer zum gewünschten Erfolg.

Wertsteigerung

Ein Faktor der in den LCC-Modellen nicht berücksichtigt wird, ist die Wertsteigerung. In einer gesamtheitlichen Betrachtung darf dieser jedoch nicht vernachlässigt werden, da dieser genauso wie der Zinssatz eine Auswirkung auf Investitionsentscheidungen hat.

Ein Beispiel soll die Auswirkungen verdeutlichen.

- Investition: 1 €
- Jährliche Wertsteigerung: 6 %
- Anlagedauer: 100 Jahre

$$\text{Wert}_{100 \text{ Jahre}} = \text{Wert}_{\text{Heute}} \cdot (1 + \text{Zinssatz})^{\Delta t} = 1 \cdot 1,06^{100} = 339 \text{ €} \quad (26)$$

Die Wertsteigerung ist in Abbildung 7.9 abgebildet.

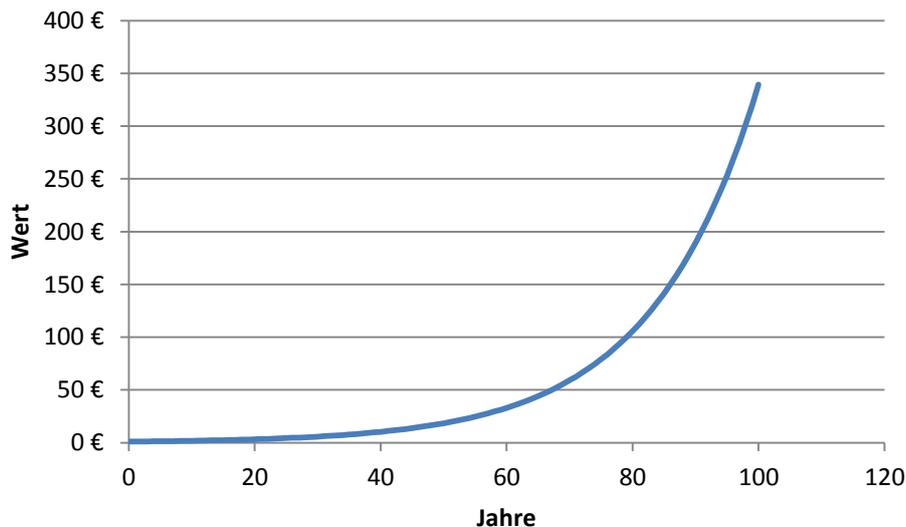


Abbildung 7.9: 1€ mit einer jährliche Wertsteigerung von 6%

Dieses Kapitel soll verdeutlichen, dass Investitionen nicht nur Ausgaben und Zinsen verursachen, sondern in manchen Fällen einer Wertsteigerung unterliegen. Dies kann zum Beispiel bei Immobilien der Fall sein.

Geht man von der Annahme aus, dass eine Investition eine Wertsteigerung aufweist, kann man die resultierenden LCC wie folgt anschreiben:

$$resLCC = I + I \cdot z^{\Delta t} - I \cdot w^{\Delta t} \quad (27)$$

I ... Investition

z ... Zinssatz

w ... jährliche Wertsteigerung

Δt ... Prognosezeitraum

Die Verzinsung und Wertsteigerung sind, wie in Formel (27) ersichtlich, gegenläufige Entwicklungen. Nimmt die Wertsteigerung w den Wert der Verzinsung z an, heben sich beide Phänomene gegenseitig auf, übrig bleibt die reine Investition. Der Zusammenhang ist in der folgenden Formel dargestellt:

$$resLCC = I + I \cdot z^{\Delta t} - I \cdot z^{\Delta t} = I \quad (28)$$

Abschließend soll festgehalten werden, dass bei einer Investitionsentscheidung auch die Auswirkungen auf der Einnahmenseite berücksichtigt werden müssen und nicht nur die Reduktion der LCC.

Auswirkungen auf das LCC-Modell für U-Bahn-Infrastruktur

Ziel dieser Arbeit ist es ein Modell zu entwickeln, um Lebenszykluskosten von U-Bahn-Infrastruktur prognostizieren zu können. Aufgrund dieser Zielsetzung sind die jährlichen zu budgetierenden Kosten von Interesse. Der Autor erachtet es daher als sinnvoll, die Verzinsung dem Anwender im Zuge seiner Finanzierungsentscheidung zu überlassen und die dafür notwendigen Inputparameter zu liefern (jährlich zu budgetierende Kosten).

Für eine Finanzierungsentscheidung sind sowohl Ausgaben als auch Einnahmen in ihrer zeitlichen Abfolge maßgebend. Da ein LCC-Modell nur eine dieser beiden Seiten abbildet, ist es sinnvoll die Finanzierung aus diesem Modell zu entfernen und in einem nachgeordneten Schritt zu berücksichtigen.

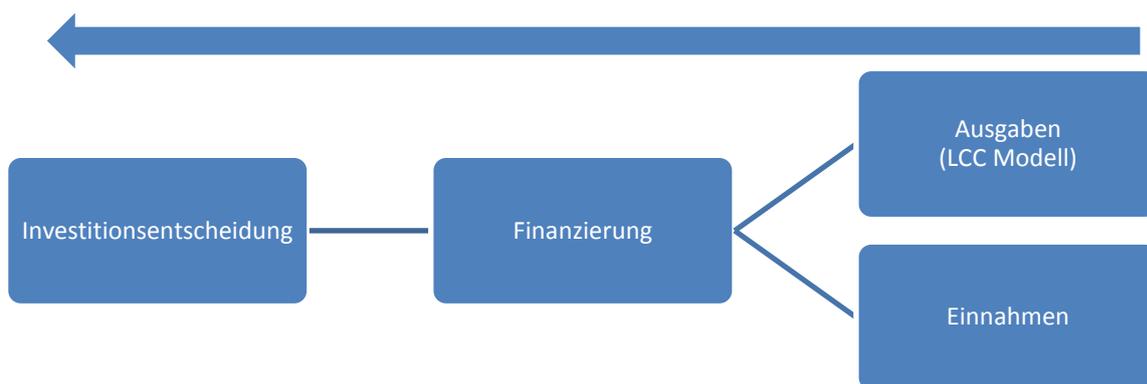


Abbildung 7.10 Ablauf der Investitionsentscheidung

8 Kosten

Alle Preise sind als Nettopreise zu verstehen (exkl. MwSt.).

8.1 Überblick der Buchhaltung

Jede Rechnung wird mit einer Belegnummer versehen. Diese Nummer ist eindeutig und wird nur einmal vergeben. Diese Belegnummern werden dann den entsprechenden CO-Nummern (Aufträgen) zugeordnet. Die jeweiligen CO-Nummern werden anschließend auf entsprechende Kostenstelle gebucht (siehe Abbildung 8.1).

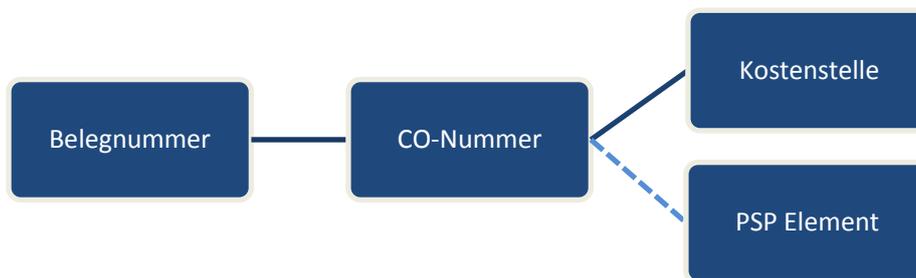


Abbildung 8.1: Buchhaltungsstruktur der Wiener Linien

8.1.1 CO Nummern

Aufträge werden mit CO Nummern versehen und können so eindeutig identifiziert werden. Diese Nummer setzt sich aus 8 Ziffern zusammen. Die einzelnen Rechnungen werden den jeweiligen CO-Nummern (Aufträgen) zugewiesen und über diesen Weg kategorisiert. Meist wurden für Objekte bzw. Objektgruppen eigene CO-Nummern erstellt. Die Festlegung der Nummern ist je nach Kostenart verschieden. Daher unterscheidet sich die Gruppierung je nach Fachabteilung.

8.1.2 PSP Element

Es die Möglichkeit, CO- Nummern PSP Elementen (Planelement) zuzuordnen, dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. PSP Elemente werden für budgetäre SOLL-IST Vergleiche herangezogen.

8.1.3 Kostenstellen – Kostenarten

Die Kosten werden meist nach dem Tätigkeitsbereich kategorisiert und auf eine entsprechende Kostenstelle bzw. Kostenart gebucht.

- Kostenstelle → beschreibt meist einen örtlichen Bereich
- Kostenart → beschreibt die Tätigkeit

Problematisch wird die Zuordnung, wenn für unterschiedliche Kostenarten verschiedene Kostenstellen verwendet werden. Das bedeutet, dass die Bereiche, denen die Kosten

zugeordnet werden, je nach Kostenart verschieden sind. Dies erschwert eine strukturierte Auswertung, da die Basis je nach Kostenart verschieden ist.

Es empfiehlt sich daher in Zukunft, für jede Station eine Kostenstelle zu vergeben und unabhängig von der Kostenart auf diese zu verbuchen. Abbildung 8.2 soll diesen Zusammenhang verdeutlichen.

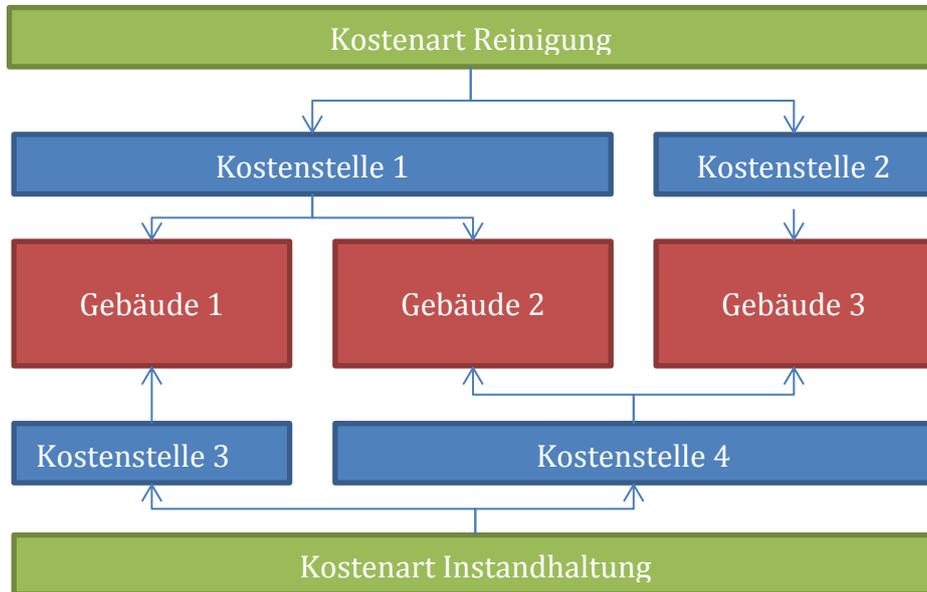


Abbildung 8.2: Kostenzuordnung in Abhängigkeit der Kostenart

Die Qualität der Zuordenbarkeit der Kosten ist in folgender Tabelle 8.1 erfasst:

Sehr gut						Schlecht
-----------------	--	--	--	--	--	-----------------

Kostenart	Örtliche Zuordnung	Kostenstelle
Instandhaltung		11 Streckenabschnitte Knotenstationen
Instandsetzung		11 Streckenabschnitte Knotenstationen
Reinigung	Nach Station	Nach Linie Knotenstationen
Stationsaufsicht		Summe über alle Linien
Aufzüge	Nach Bauteil	
Fahrtreppen	Nach Bauteil	
Winterdienst	12 Lose	12 Lose
Bewachung		Nach Linie Knotenstationen
Wasser	10 ausgewählte Stationen	
Strom	Station	
Wärme	Station	
Haustechnik	10 ausgewählte Stationen	

Tabelle 8.1: Zuordenbarkeit der Kosten

8.2 Stationsaufsicht

Die Stationsaufsicht ist ein wichtiger Faktor der LCC einer U-Bahn-Station. Da es sich um öffentliche Flächen mit Gefahrenbereichen handelt, ist aus Sicherheitsgründen Überwachung erforderlich, um die Sicherheit im Betrieb gewährleisten zu können. In diesem Kapitel werden die Kosten dieser Überwachung analysiert.

8.2.1 Daten

Die Kosten der Stationsaufsicht werden in der Buchhaltung nicht getrennt erfasst. Die Daten liefern nur die Summe aller U-Bahn-Stationen. Die Kosten setzen sich aus Materialaufwand, Personalaufwand sowie aus sonstigen betrieblichen Aufwendungen zusammen.

Die Kosten der letzten 7 Jahren sind in Tabelle 8.2 abgebildet.

Primärkosten lt. SAP

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Materialaufwand	€ 53.000	€ 59.000	€ 59.000	€ 47.000	€ 43.000	€ 49.000	€ 62.000
Personalaufwand	€ 10.285.000	€ 10.715.000	€ 11.215.000	€ 11.198.000	€ 10.967.000	€ 10.980.000	€ 12.266.000
Sonst. Betr. Aufwendungen	€ 15.000	€ 23.000	€ 20.000	€ 21.000	€ 23.000	€ 19.000	€ 36.000
Summe	€ 10.353.000	€ 10.797.000	€ 11.294.000	€ 11.266.000	€ 11.033.000	€ 11.048.000	€ 12.364.000

Tabelle 8.2: Kosten der Stationsaufsicht

Für die Analyse wird das Jahr 2011 herangezogen. Dieses eignet sich, da in diesem Jahr der Bestand der Stationen konstant geblieben ist. Es wurden also keine neuen Stationen 2011 eröffnet. Somit können Kennwerte und Prognosen aus den Daten abgeleitet werden.

In den Kosten der Stationsaufsicht sind folgende Tätigkeiten enthalten⁵⁴:

- Kameraüberwachung
- Rolltreppenüberwachung
- Aufsicht der Einrichtungen der U-Bahn-Station

8.2.2 Datenauswertung

Die Kosten der Stationsaufsicht belaufen sich im Jahr 2011 auf 12.364.000 €. Für eine Simulation ist jedoch nicht der Absolutbetrag von Interesse, sondern der spezifische Wert pro m². Da nur öffentliche Verkehrsflächen überwacht werden, können die entsprechenden Flächen aus der Raumliste der Reinigung entnommen werden. Die Reinigungsleistungen der Kategorie 101 beziehen sich auf die selben Flächen wie Stationsaufsicht. Die Auswertung der Raumliste-Reinigung, ergibt die Fläche der Kategorie 101 von 216.098 m². Bezieht man die die absoluten Kosten auf diese Fläche, erhält man einen spezifischen Wert von **57,22€/m²a**.

⁵⁴ Email, Dr. Ossberger 16.07.2012

Teilt man diese Kosten den jeweiligen Stationen anteilmäßig bezogen auf die öffentlich zugänglichen Verkehrsflächen zu, erhält man die Kostenaufstellung in Tabelle 8.3.

Verkehrsfläche	m ²	€/a	Verkehrsfläche	m ²	€/a
Aderklaaer Straße	1.546	88.454	Meidling-Hauptstr.	2.406	137.659
Alser Straße	1.257	71.919	Messe Prater	1.579	90.343
Alt Erlaa	1.573	89.999	Michelbeuern	1.617	92.517
Alte Donau	1.470	84.106	Museumsquartier	2.495	142.752
Am Schöpfwerk	1.584	90.629	Nestroyplatz	2.602	148.874
Aspernstraße	2.084	119.236	Neubaugasse	4.117	235.554
Braunschweigasse	1.234	70.603	Neue Donau	2.160	123.585
Burggasse	1.898	108.594	Niederhofstraße	1.384	79.186
Donauinsel	1.481	84.735	Nußdorfer Straße	1.301	74.437
Donaumarina	2.045	117.005	Ober St. Veit	1.162	66.484
Donauspital	1.448	82.847	Ottakring	2.835	162.205
Donaustadtbrücke	1.972	112.828	Perfektastraße	1.282	73.350
Dresdner Straße	1.640	93.833	Philadelphiabrücke	3.604	206.203
Enkplatz	2.352	134.570	Pilgramgasse	1.155	66.083
Erdberg	1.995	114.144	Praterstern	5.061	289.565
Erlaaer Straße	1.123	64.252	Rathaus	1.157	66.198
Floridsdorf	1.679	96.064	Rennbahnweg	1.356	77.584
Friedensbrücke	1.992	113.972	Reumannplatz	1.461	83.591
Gasometer	1.346	77.011	Rochusgasse	2.011	115.059
Großfeldsiedlung	1.348	77.126	Roßauer Lände	1.255	71.805
Gumpendorfer Straße	1.238	70.832	Schlachthausgasse	1.612	92.231
Handelskai	4.422	253.005	Schönbrunn	1.479	84.621
Hardegasse	1.480	84.678	Schottenring	5.169	295.745
Heiligenstadt	3.812	218.104	Schottentor	2.093	119.751
Herrengasse	1.586	90.743	Schwedenplatz	3.329	190.469
Hietzing	1.371	78.442	Schweglerstraße	2.239	128.104
Hütteldorf	1.927	110.253	Siebenhirten	1.270	72.663
Hütteldorferstraße	2.596	148.530	Simmering	3.322	190.068
Jägerstraße	1.700	97.266	Spittelau	8.671	496.112
Johnstraße	3.639	208.206	Stadion	3.131	179.140
Josefstädter Straße	1.073	61.392	Stadlau	2.777	158.886
Kagran	1.724	98.639	Stadtpark	1.480	84.678
Kagraner Platz	1.954	111.798	Stephansplatz	5.233	299.406
Kaisermühlen	2.118	121.181	Stubentor	2.185	125.015
Kardinal Nagl Platz	1.046	59.847	Südtiroler Platz	3.828	219.019
Karlsplatz	5.015	286.933	Taborstraße	2.266	129.649
Karlsplatzpassage	6.066	347.066	Taubstummengasse	1.315	75.238
Kendlerstraße	1.884	107.793	Thaliastraße	1.588	90.857
Keplerplatz	1.177	67.342	Tscherttegasse	819	46.859
Kettenbrückengasse	1.223	69.974	Unter St. Veit	1.187	67.914
Krieau	1.804	103.216	Volkstheater	4.786	273.831
Landstraße	5.072	290.195	Vorgartenstraße	1.350	77.240
Längenfeldgasse	2.321	132.796	Währinger Straße	1.430	81.818
Leopoldau	2.673	152.936	Westbahnhof	12.414	710.268
Margaretengürtel	1.175	67.228	Zieglergasse	3.175	181.658
			Zippererstr.	2.786	159.401

Tabelle 8.3: Kosten der Stationsaufsicht bezogen auf die Stationsfläche

Für zukünftige Planungsentscheidungen ist es interessant, die Ursachen der Kosten zu erforschen. Da die Daten in diesem Fall nur zentral über alle Stationen erfasst werden, können nur begrenzt Einflussparameter identifiziert werden.

Aus sachlogischen Überlegungen kann man jedoch davon ausgehen, dass die Größe der zu überwachenden Fläche ausschlaggebend für die Kosten ist. Die Größe der entsprechenden Flächen ist von der Situierung der Station abhängig (Hochlage, Tieflage, Kreuzungsstation).

Um die Frage zu klären, welche Einflussfaktoren für den Aufwand der Stationsaufsicht maßgebend sind, müsste dieser stationspezifisch erfasst werden.

Die Analyse der Daten liefert folgende Kennzahlen:

Mittelwert	2.375 m ²	135.868 €/a
Median	1.804 m ²	103.216 €/a

Tabelle 8.4: Kostenkennwerte der Stationsaufsicht

Der Mittelwert liegt hier deutlich über dem Median, da einige wenige Stationen deutlich höhere Kosten verursachen. Der Median liegt bei 103.216 €/a. Dies entspricht bei angenommenen Personalkosten von 25.000 €/a, vier Aufsichtsorganen pro Station.

Da keine detaillierten Daten vorhanden sind, wird auch in der Simulation die Fläche als einziger Parameter berücksichtigt. Der Autor geht davon aus, dass die Kosten der Stationsaufsicht von der Fläche abhängig sind.

Kostenreduktionen aufgrund von technischer Ausrüstung (Videoüberwachung), können aus diesem Grund nicht erfasst werden. Für die Simulation ist der derzeitige technische Grad an Überwachungssystemen maßgebend. Falls durch zusätzliche Investitionen die Kosten der Überwachung reduziert werden, ist dies bei den spezifischen Überwachungskosten €/m²a zu berücksichtigen.

Wahl eines geeigneten Index

Die Kostenzusammensetzung des Jahres 2011 ist in Tabelle 8.5 wiedergegeben.:

Primärkosten lt. SAP		
	2011	Anteil in %
Materialaufwand	€ 62.000	0,5%
Personalaufwand	€ 12.266.000	99,2%
Sonst. Betr. Aufwendungen	€ 36.000	0,3%
Summe	€ 12.364.000	100,0%

Tabelle 8.5: Zuordnung der Indizes – Stationsaufsicht

Über 99 % der Kosten sind Personalkosten. Der Autor wählt daher als Grundlage der Preissteigerung den Tariflohnindex. Das LCC-Berechnungstool wird hauptsächlich zur Ermittlung der Kosten der Infrastrukturbereitstellung herangezogen. Im LCC-Berechnungstool werden die Kosten der Stationsaufsicht daher standardmäßig auf 0 gesetzt. Bei Bedarf können die entsprechenden Werte aus der Analyse herangezogen werden. Weiters ist zu beachten, dass der Aufwand der Stationsaufsicht vom jeweiligen Betriebskonzept abhängt und somit an das jeweils aktuelle angepasst werden muss.

8.3 Reinigung

8.3.1 Daten

Die Reinigung ist ein wesentlicher Kostenfaktor einer U-Bahn-Station. Die wichtigsten Einflussfaktoren sind:

- Qualitätsniveau der Reinigung
- Reinigungsfrequenz
- Art der Reinigung (Waschen, Kehren, usw.)
- Ort der Reinigung (Boden, Wände, usw.)
- Umfang (m², Stk, usw.)

Im Laufe der Zeit wurden die Reinigungsleistungen und somit die Kosten mehrfach verändert. Aus diesem Grund findet man derzeit bei U-Bahn-Stationen unterschiedliche Leistungspositionen, die aus alten Leistungsvereinbarungen stammen. Für die Prognose wird jener Leistungsumfang untersucht, der dem Stand 2010 entspricht.

Die Reinigungsleistung ist in 3 wesentliche Gruppen gegliedert (siehe Tabelle 8.6).

- Laufende Reinigung
- Periodische Reinigung
- Reinigung auf Anordnung

Die Beschreibung der Reinigungsleistung folgt folgendem Schema in Abbildung 8.3.

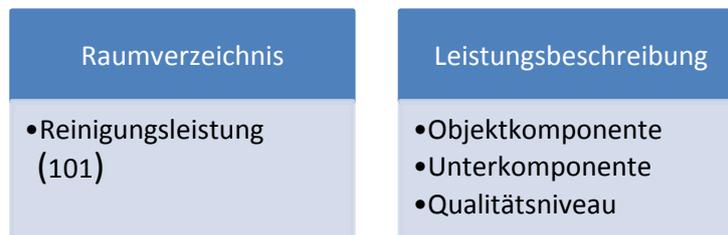


Abbildung 8.3: Reinigungsleistung Beschreibung

Im Raumverzeichnis werden für jeden Raum Reinigungsleistungen festgelegt. Diesen Reinigungsleistungen sind in der Leistungsbeschreibung Objektkomponenten zugeordnet. Die Objektkomponenten werden weiter in Unterkomponenten gegliedert und ein entsprechendes Qualitätsniveau zugeordnet.

Laufende Objektreinigung – Qualitätsniveaus:

QN-0: ungereinigt.

QN-1: frei von groben, störenden Verschmutzungen („besenrein“). Grobe, störende Verschmutzungen sind trockene, nicht haftende Verschmutzungen, die sich ohne Verwendung von chemischen oder besonderen technischen Hilfsmitteln entfernen lassen. Grobe Verunreinigungen (Schüttgut, Erbrochenes udgl.) werden beseitigt. Abfallbehälter werden entleert. Plakatierungen und Beschmierungen werden entfernt. Graffiti an glatten Flächen bis zu einem Quadratmeter werden entfernt

QN-2: wie QN-1 zusätzlich: sichtbar schmutzfrei; das heißt mit freiem Auge sind keine Verschmutzungen (auch haftende) sichtbar (Basis: übliche Reinigungsmethode). Spinnwe-

ben sind zu entfernen. Kaugummis sind zu entfernen. Abfallbehälter sind außen sauber zu halten.

QN-3: wie QN-2 zusätzlich: schmutzfrei; bei der Prüfung der gereinigten Flächen mittels Putzpapier (z.B. weißes Papiertaschentuch) darf keine Vergrauung festgestellt werden. Für die Reinigung im Sanitärbereich sind entsprechende desinfizierende Sanitärreinigungsmittel zu verwenden.⁵⁵

Es ist einleuchtend, dass mit steigendem Qualitätsniveau auch die Reinigungskosten steigen. Aus diesem Grund sind die Anforderungen an die Qualität der Reinigung mit besonderer Sorgfalt festzulegen.

Beschreibung der Reinigung	Reinigungsleistung Ausschreibungs- unterlagen	Reinigungs- nummer im Raumverzeichnis
Laufende Reinigung		
Tägliche Reinigung der Verkehrsflächen Nacht	01.0101A	101
Winterliche Betreuung der Verkehrsflächen - Tag	01.0101B	101
Winterliche Betreuung der Verkehrsflächen - Nacht	01.0101C	101
Tägliche Reinigung der Verkehrsflächen	01.0102A	102
Tägliche Reinigung der Verkehrsflächen inklusive Abfalltrennung	01.0102B	102
Tägliche Reinigung der Verkehrsflächen (Passagenreinigung, Stationsbetreuung)	01.0102c	102
6-Tage (Werktags) Reinigung der Dienst- und Sanitärräume	01.01050	105
5-Tage (Werktags) Reinigung der Dienst- und Sanitärräume	01.01060	106
3x pro Woche (werktags) Reinigung der Dienst- und Sanitärräume	01.01070	107
2x pro Monat (Werktags) Reinigung der Dienst- und Automatenräume	01.01080	108
1x pro Monat (Werktags) Reinigung der Dienst- und Automatenräume	01.01090	109
Periodische Reinigung		
Verkehrsflächen waschen	01.02010	201
Wandflächen waschen	01.02020	202
Fassaden waschen	01.02040	204
Deckenuntersichten und Leuchtbänder reinigen	01.02060	206
U-Bahn-Symbole reinigen	01.02070	207
Leitsysteme reinigen	01.02080	208
Nachtsperren reinigen	01.02090	209
Glasfassaden reinigen	01.0210A	210A
Aufzahlung auf Nachreinigung	01.0210B	210B
Aufz. LGK maschinelle Grundreinigung	01.02110	211
Aufz. Tex-Beläge Sprühextrahieren	01.02120	212
Aufzahlung Asphalt-Beläge einpflegen	01.02130	213
Aufz Klinker masch. Grundreinigung	01.02140	214
Aufz Fliesen masch Grundreinigung	01.02150	215
Gleisbettreinigung	01.02160	216
Wendeanlagen reinigen	01.02170	217
Reinigung auf Anordnung		
Nebenträume reinigen	01.03010	301
Graffiti entfernen über 1 QM	01.0302A	302A
Graffiti entfernen über 1 QM	01.0302B	302B

Tabelle 8.6: Leistungsumfang der Reinigung (LV)

⁵⁵ [31] Langtext LV Reinigung, 2010, S.9

8.3.2 Datenauswertung

Die Kosten der Reinigungsleistung für das Jahr 2011 sind in Tabelle 8.7 gelistet. Die gelb markierten Zeilen entsprechen dem aktuellen Leistungsverzeichnis der Reinigung (siehe Tabelle 8.6). Die anderen nicht markierten stammen aus älteren Leistungsvereinbarungen und werden in dieser Form in Zukunft nicht mehr ausgeschrieben. In Tabelle 8.7 sind die Kosten des Jahres 2011 mit einer 80/20 Teilung dargestellt.

Positionstext	LGPosNr	Ergebnis	
Tägl. Reinigung Verkehrsflächen-Nacht	01.0101A	3.344.933,16	83%
Verkehrsflächen waschen	01.02010	2.097.319,22	
Tägl. Reinigung Verkehrsflächen-Tag	01.0102A	1.240.410,30	
Wandflächen waschen	01.02020	601.900,38	
Glasfassaden u. Glasflächen reinigen	01.0210A	454.587,89	
Tgl. R. d. Vf. inkl. Abfalltrennung-Tag	01.0102B	408.853,19	
Aufzahlung auf Nachtreinigung	01.0210B	392.103,54	
Deckenuntersichten u. Leuchtbänder reinigen	01.02060	374.043,04	
Tägliche Stationsbetreuung Passagendienst	01.0102C	236.373,76	
Reinig. der Dienst-u. Sanitärräume - 6 Tage	01.01050	220.785,93	
Aufz. ASP-Beläge einpflegen	01.02130	150.955,55	
Revisions- und Abstellhallen	01.1101A	122.807,69	
Reinig. d. Dienst-u. Sanitärräume-3x/Woche	01.01070	114.010,95	
Verkehrsflächen waschen	01.22010	79.964,26	
Nebenräume reinigen	01.03010	64.154,15	
Kehrmaschine	10103	63.386,49	
Reinigung Verkehrsfl.-Tag	01.11020	42.856,03	
Reinig. d. Dienst-u. Automatenräume-2x/Mo	01.01080	32.419,66	
Aufz. LGK masch. Grundreinigung	01.02110	25.691,01	
Glasfassaden reinigen-Nacht	01.2210B	24.747,00	
Reinig. d. Dienst-u. Automatenräume-1x/Mo	01.01090	21.844,90	
Wandflächen waschen	01.22020	16.666,41	
Nachtsperren reinigen	01.02090	16.092,47	
Rein.Dienst-Aufenthalts-Sozial-Sanitär.6Tg	01.0105A	15.993,92	
Glasfassaden reinigen-Tag	01.2210A	13.893,84	
Fassaden waschen	01.02040	12.875,32	
U-Bahn-Symbole reinigen	01.02070	12.478,20	
Reinigung Dienst- und Sanitärräume	01.11050	8.568,26	
Graffiti entfernen über 1m ² - Tag	01.0302A	7.665,98	
Glasflächen reinigen-Nacht	01.2210D	5.713,08	
Leitsysteme reinigen	01.02080	4.756,78	
Glasflächen reinigen-Tag	01.2210C	4.000,01	
Reinigung Dienst- und Sanitärräume	01.11070	2.056,28	
Deckenuntersichten reinigen	01.22060	1.435,19	
Nebenräume reinigen	01.33301	1.345,78	
Reinigung Dienst- und Automatenräume	01.11080	1.113,73	
Graffiti entfernen über 1 m2-Tag	02.04301	447,14	
Aufz. LGK maschinelle Grundreinigung	01.22110	356,63	
Aufz. KLI masch. Grundreinigung	01.02140	206,87	
U-Bahn-Symbole reinigen	01.22070	130,16	
Graffiti über 1 m2-Nacht	02.04302	113,13	
Leitsysteme reinigen	01.22080	60,83	
Nachtsperre reinigen	01.22090	50,68	
Maschinelle Grundreinigung Fliesen	01.02150	0,00	
Graffiti entfernen über 1m ² - Nacht	01.0302B	0,00	
Winterl. Betreuung der Verkehrsflächen-Tag	01.0101B	0,00	
Wendeanlagen reinigen	01.02170	0,00	
Aufz. TEX Belege sprühextrahieren	01.02120	0,00	

Tabelle 8.7: jährliche Reinigungskosten

Sieben Positionen verursachen über 83% der Reinigungskosten. Diese sind wesentlich bei der Prognose von Reinigungskosten und werden daher detailliert analysiert.

Die Reinigungsleistungen sind nach einem standardisierten Leistungsverzeichnis ausgeschrieben. Dieses umfasst alle notwendigen Reinigungsleistungen von U-Bahn Stationen.

Die Reinigung wird in folgenden Einheiten ausgeschrieben:

- m²
- VE Verrechnungseinheiten
- PA Pauschale
- ST Stück
- h Stunden
- Mo Monate
- Wo Wochen
- EH Einheiten

Viele dieser Einheiten sind jedoch mit Flächen hinterlegt um eine entsprechende Kalkulation der Reinigungsfirma zu ermöglichen.

Beispiel:

Pos.: 01.0101A Tägl. Reinigung Verkehrsflächen-Nacht wird als Pauschale abgerechnet, für die Kalkulation werden der Reinigungsfirma die entsprechenden Flächen übermittelt.

Raumverzeichnis

Für jede Station im U-Bahnnetz der Wiener Linien existiert ein entsprechendes Raumverzeichnis als Excel-Datei. Dieses Raumverzeichnis wird vom zuständigen Fachreferenten geführt.

In diesem Raumverzeichnis wird jeder Raum der Station erfasst und der entsprechende Bodenbelag zugeordnet. Zusätzlich ist angegeben, welche Positionen des Leistungsverzeichnisses und in welchem Umfang zur Anwendung kommen. Ein Auszug aus einem Raumverzeichnis ist in Abbildung 8.4 dargestellt. Die numerische Spaltenbeschriftung gibt die jeweilige Obergruppe des Leistungsverzeichnisses an.

Top-Mr.	Bezeichnung	Boden	101	102	105	107	108	201	202	204	206	207	208	209	210 A	210 B	210 C	210 D	211	212	213	214	301	Sonstiges
0.01	Bahnsteig	STE	1057	1057				1057	95		910		2		430	260	260	600						
	Stiege 1	STE	32	32				32	205		42													
	Stiege 2	STE	29	29				29	185		38													
	Stiege 6	EST																					6	
	Stiege 7	EST																					6	
	Stiege 8	EST																					6	
	Stiege 9	EST																					6	
	Stiege 10	STE	16	16				16																
	Aufzug 1	MET	4	4				4							228									
0.02	Bahnsteig Zugang	STE	24	24				24																
0.03	Gang	EST																						13
0.04	Aufzugserhaltung	EST																						8
0.05	Magazin Bahnerhaltung	EST																						26
	Aufzug 2	MET	4	4				4							228									
0.06	UMTS Raum	EST																						23
	Stiege 5	EST																						6
	Stiege 11	STE	52	52				52							46									
	Fußgängersteg/ Zugang	ASP	160	160				160													160			
11.01	Passage	STE	82	82				82	110			1		66										
11.02	Reserve	EST																						103
11.04	Lager B65	EST																						22
11.05	Triebwerksraum	EST																						17
11.06	Busexpedit	LGK			14														14					1 Kleinküch2 2 lfm 2 m² WF
11.07	Busexpedit	LGK			13														13					
11.08	Vorraum	FLI			3																			1 WT 16 m² WF
11.09	WC	FLI			2																			1 WC 12 m² WF
11.10	Gang	EST			14																			
11.11	Passagenverteiler	EST																						27

Abbildung 8.4: Auszug aus dem Raumverzeichnis der Station Aderklaaerstraße

Da die Reinigungskosten den größten Anteil an den Lebenszykluskosten einer U-Bahn-Station verursachen, werden die unterschiedlichen Reinigungsleistungen in der Folge näher betrachtet.

8.3.2.1 *Tägliche Reinigung Verkehrsflächen-Nacht*

Reinigungsnummer: 01.0101A

Die Tägliche Reinigung der Verkehrsflächen-Nacht findet zwischen 22:00 Uhr und 6:00 Uhr statt. Die Abrechnung erfolgt in Monatspauschalen. Den hier analysierten Kosten liegen folgende Qualitätsniveaus zugrunde:⁵⁶

QN2 für:

- Verkehrsflächen (Verkehrsbauwerk)
 - Hauptnutzungskomponenten
 - Das sind die öffentlich zugänglichen Flächen die regelmäßig genutzt werden. Bodenflächen (Fußböden von Vorplätzen, Vorhallen, Gängen, Passagen, Stiegenläufen, Aufzügen, Rolltreppen und dgl. werden rein gehalten)
- Abfallbehälter
- Sitzbänke
- Abfertigungsspiegel
- Senkrechte, erreichbare Flächen (Glastüren, Glasflächen, und verglaste Innenwandelemente, abwaschbare Wände, Vitrinen)
- waagrechte erreichbare Flächen Handläufe, Brüstungen, Spurenteile, Geländer, Rolltreppen, Vitrinen (außen), Hinweiser, Automaten,

QN1 für:

- schwer erreichbare Flächen (z.B. Leitsystemkästen, Kastenoberseiten, Wand-, Deckenleuchten)

QN0 für:

- Weitere Einrichtungen (Monitore, Kameras, Zugzielanzeigen, Infoscreen, Streckentelefone sowie sämtliche Einrichtungen außerhalb der Verkehrsflächen)

Die Tägliche Reinigung Verkehrsflächen-Nacht wird in Pauschalen abgerechnet, der Kalkulation liegen jedoch die Abmessungen der zu reinigenden Flächen zu Grunde. Die Pauschalen werden zuerst auf die zu reinigende Grundfläche umgelegt. In der folgenden Tabelle sind die umgelegten Einheitspreis enthalten. Aus folgenden Gründen beinhaltet die Liste nicht alle U-Bahn-Stationen:

- Nicht jede Station verfügt über die Reinigungsleistung 01.0101A.
- Stationen bei denen die Flächen des Reinigungsverzeichnis und der Abrechnung nicht übereinstimmen wurden ausgeschieden.

⁵⁶ [31] Langtext LV Reinigung, 2010, S.11

8 Kosten

Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Mo	Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Mo
Alser Straße	1.257	1,33	Michelbeuern	1.617	1,33
Alt Erlaa	1.573	1,33	Museumsquartier	2.495	1,38
alte Donau	1.470	1,38	Nestroyplatz	2.602	1,10
Am Schöpfwerk	1.584	1,33	Neubaugasse	4.117	1,15
Aspern Straße	2.084	1,46	Neue Donau	2.160	1,38
Braunschweiggasse	1.234	1,37	Niederhofstraße	1.384	1,33
Burggasse	1.898	1,33	Nußdorfer Straße	1.301	1,33
Donauinsel	1.481	1,10	Ober St. Veit	1.162	1,37
Donaumarina	2.045	1,46	Ottakring	2.835	1,15
Donauspital	1.448	1,46	Perfekterstraße	1.282	1,33
Donaustadtbrücke	1.972	1,46	Philadelphiabrücke	3.604	1,33
Dresdner Straße	1.640	1,38	Pilgramgasse	1.155	1,36
Enkplatz	2.352	1,38	Praterstern	9.122	1,10
Erdberg	1.995	1,38	Rathaus	1.157	1,38
Erlaaer Straße	1.123	1,33	Reumannplatz	1.461	1,36
Floridsdorf	1.679	1,38	Rochusgasse	2.011	1,38
Friedensbrücke	1.992	1,38	Roßauer Lände	1.255	1,38
Gasometer	1.346	1,38	Schlachthausgasse	1.612	1,38
Gumpendorfer Straße	1.238	1,33	Schönbrunn	1.479	1,37
Handelskai	2.728	1,38	Schottenring	5.169	1,38
Hardeggasse	1.480	1,46	Schottentor	2.093	1,38
Heiligenstadt	3.499	1,38	Schwedenplatz	3.329	1,10
Herrengasse	1.586	1,10	Schweglerstraße	2.239	1,15
Hietzing	1.371	1,37	Siebenhirten	1.270	1,33
Hütteldorf	1.927	1,37	Simmering	3.392	1,38
Hütteldorfer Straße	2.596	1,15	Spittelau	8.671	1,38
Jägerstraße	1.700	1,38	Stadion	3.131	1,10
Johnstraße	3.639	1,15	Stadlau	2.777	1,46
Josefstätter Straße	1.073	1,33	Stadtpark	1.480	1,10
Kagran	1.724	1,38	Stephansplatz	5.233	1,10
Kaisermühlen	2.118	1,38	Stubentor	2.185	1,10
Kardinal Nagl Platz	1.046	1,38	Südtiroler Platz	2.520	1,36
Karlsplatz	5.015	1,10	Taborstraße	2.266	1,10
Karlsplatz Passage	6.066	1,10	Taubstummengasse	1.315	1,36
Kendlerstraße	1.884	1,15	Thaliastraße	1.588	1,33
Keplerplatz	1.177	1,36	Tscherttegasse	819	1,33
Kettenbrückengasse	1.223	1,36	Unter St. Veit	1.187	1,37
Krieau	1.804	1,10	Volkstheater	4.786	1,38
Landstraße	4.851	1,10	Vorgartenstraße	1.350	1,10
Längenfeldgasse	2.321	1,33	Währinger Straße	1.430	1,33
Margarethengürtel	1.175	1,36	Westbahnhof	12.414	1,15
Meidlinger Hauptstraße	2.406	1,37	Zieglergasse	3.175	1,15
Messe Prater	1.579	1,10	Zippererstraße	2.786	1,38

Tabelle 8.8: Einheitspreise der Reinigung 101A

Die statistischen Kennwerte sind in Tabelle 8.9 dargestellt.

Mittelwert	2.416	m ²	1,30	€/m ² Mo
Median	1.844	m ²	1,36	€/m ² Mo
Streuung	1.853	m ²	0,12	€/m ² Mo
Max	12.414	m ²	1,46	€/m ² Mo
Min	819	m ²	1,10	€/m ² Mo

Tabelle 8.9: Kennwerte der Reinigungsnummer 101A

Der Einheitspreis liegt zwischen 1,46 und 1,10 €/m²Mo. Der Mittelwert beträgt 1,30 €/m²Mo. Die Histogramm der umgelegten Einheitspreise zeigt Abbildung 8.5.

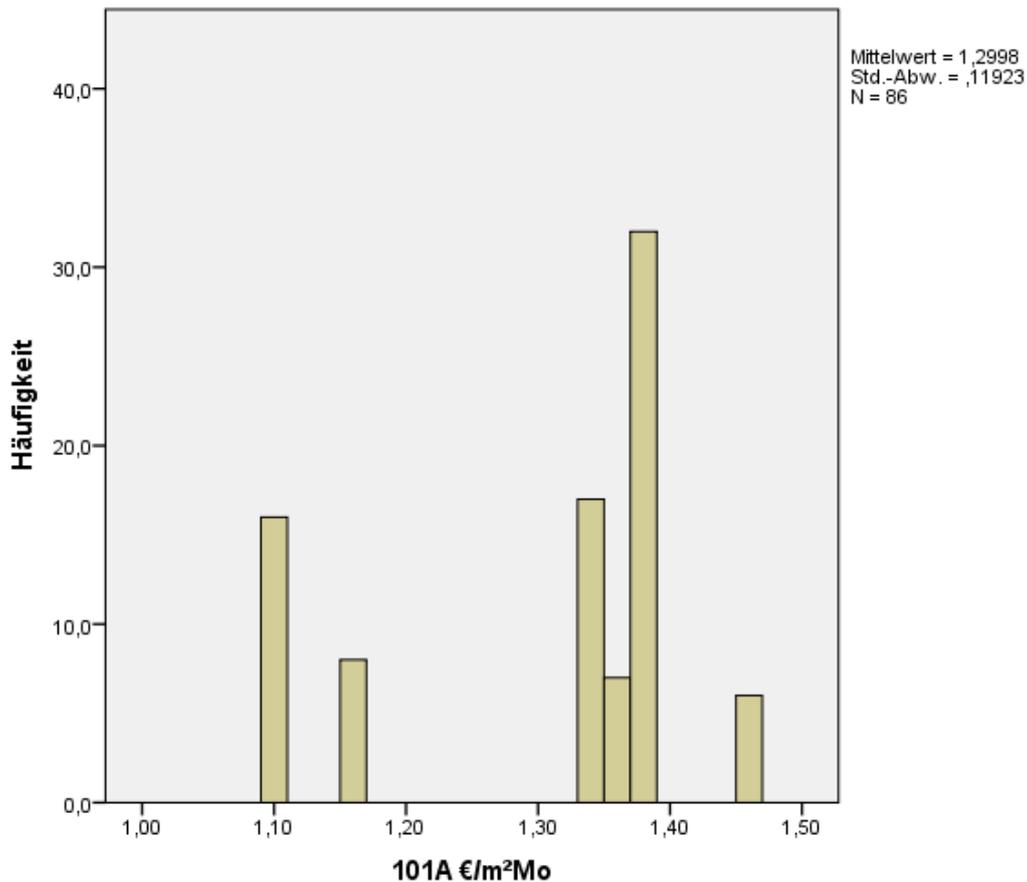


Abbildung 8.5: Histogramm der Reinigungsnummer 101A

Das Histogramm zeigt eine Häufung 1,10 bis 1,16 €/m²Mo und 1,30 bis 1,40 €/m²Mo. Besonders hervorzuheben sind die Häufungen bei 1,46 €/m²Mo, dieser Einheitspreis entspricht den letzten Vergaben der Reinigung (6 Stationen).

Im nächsten Schritt werden entsprechende Einflussfaktoren untersucht.

Welchen Einfluss hat die ausgeschriebene Fläche auf den Einheitspreis?

Abbildung 8.6 zeigt die umgelegten Einheitspreise bezogen auf die zu reinigende Fläche.

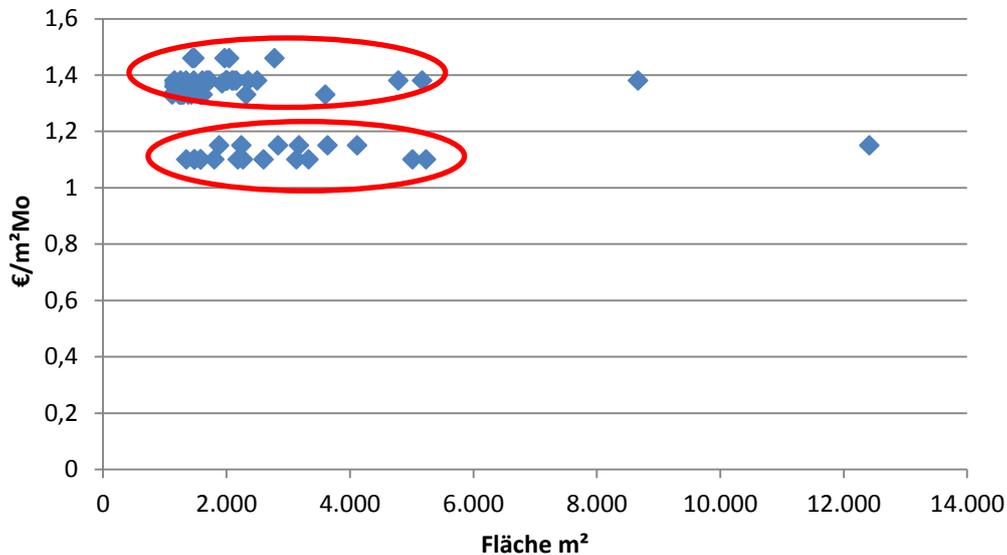


Abbildung 8.6: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer A101

Es ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen der zu reinigenden Grundfläche und dem Einheitspreis zu erkennen. Die These, dass mit steigender Fläche der Einheitspreis sinkt, kann somit nicht aufrechterhalten werden. Der Einheitspreis ist weitgehend unabhängig von der Fläche.

Man kann jedoch 2 Häufungen erkennen (rot markiert). Diese entsprechen den Häufungen im Histogramm Abbildung 8.5.

Können die Reinigungskosten durch die Wahl des Bodenmaterials beeinflusst werden?

Besonders reinigungsintensive Fußbodenbeläge (Fliesen) müssten zu höheren Reinigungskosten pro m² führen. Um diesen Zusammenhang untersuchen zu können wurde eine entsprechende Regressionsanalyse mit den entsprechenden Parametern durchgeführt.

Die Materialien sind wie folgt abgekürzt:

Material	Abkürzung	Material	Abkürzung
Aluminium	ALU	Keramische Platten	KER
Asbest	ASBEST	Linoleum, Gummi oder Kunststoff	LGK
Asphalt	ASP	Metall	MET
Beton	BET	Noraplan	NOR
Blech	Blech	Stahl	Stahl
Estrich	EST	Stein	STE
Fliesen	FLI	Stein/Asphalt	STE/ASP
Gitter	GIT	Textil	TEX
Holz	HOL	Keine Zuordnung	(Leer)

Tabelle 8.10: Materialien – Abkürzungen

Tabelle 8.11 zeigt die Ergebnisse der Regressionsanalyse in SPSS.

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,404 ^a	,163	,033	,11935

a. Einflußvariablen : (Konstante), (Leer), STE/ASP, BET, ALU, EST, ASP, MET, FLI, STE

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	1,327	,033		40,582	,000
ALU	,001	,035	,006	,042	,966
ASP	-1,537E-005	,000	-,116	-,885	,380
BET	-,002	,001	-,204	-1,676	,099
EST	-,002	,002	-,115	-,923	,360
FLI	2,068E-007	,000	,001	,005	,996
MET	,004	,003	,170	1,347	,183
STE	-2,248E-005	,000	-,317	-1,695	,095
STE/ASP	,001	,003	,030	,248	,805
(Leer)	4,715E-005	,000	,075	,429	,669

a. Abhängige Variable: Einheitspreis

Tabelle 8.11: Regressionsanalyse 101A mittels SPSS

R^2 liegt auf einem sehr niedrigem Niveau von 0,163. Die gewählten Parameter (Flächen der verschiedenen Materialien) können daher nicht als maßgebend für den Einheitspreis eingestuft werden. Neben der Konstante mit einer Signifikanz von 0,000 haben die Materialien nur noch einen sehr geringen Einfluss auf den Einheitspreis, entsprechend schlecht ist auch die Signifikanz der Materialien.

Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Wahl des Materials keinen Einfluss auf die Reinigungskosten hat!

Die Unterschiede in den Einheitspreisen begründen sich weder durch unterschiedliche Flächen noch durch unterschiedliche Materialien. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass Reinigungsfirmen diesen Einfluss auch in Zukunft nicht in ihren Preisen berücksichtigen.

Abbildung 8.7 zeigt den Einfluss des Baujahrs und der Ausbauphase auf die Einheitspreise. Innerhalb einer Ausbauphase schwanken die Einheitspreise stark. Der Ausbau der Stationen ist jedoch als homogen anzusehen. Aus diesem Grund sind Materialien sowie Raumdesign als Einflussparameter auszuschließen.

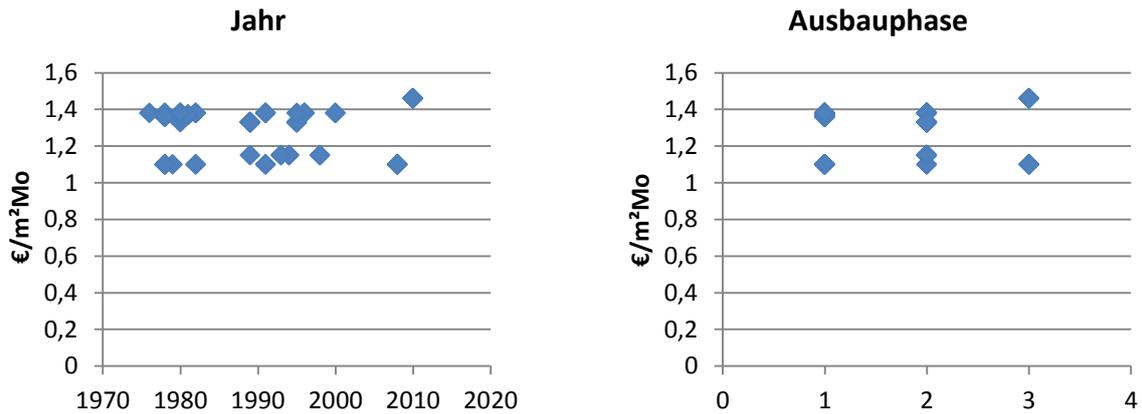


Abbildung 8.7: Reinigungskosten 101A in Abhängigkeit von Ausbauphase und Baujahr

Im Leistungsbild der Position 01.0101A ist auch die Reinigung von „senkrechten erreichbaren Flächen“ enthalten. Diese könnten aufgrund der unterschiedlichen Materialien einen Einfluss auf die Reinigungskosten haben.

Einfluss Wandverkleidung

Der Einfluss ist auf Basis der vorliegenden Daten nicht verifizierbar. Ebenso kann kein signifikanter Unterschied zwischen Otto-Wagner-Stationen und den anderen Stationen der Ausbauphasen 1-3 nachgewiesen werden.

Einfluss Seitenbahnsteig – Mittelbahnsteig

Der Bahnsteigtyp beeinflusst die Erreichbarkeit der Wandflächen. Während bei Seitenbahnsteigen die Wandflächen gut zu erreichen sind, können diese bei einem Mittelbahnsteig nur vom Gleis aus gereinigt werden. Man müsste daher davon ausgehen, dass die Reinigungskosten der Position 101A bei Mittelbahnsteigen geringer sind, da hier die Reinigung der Wandflächen entfällt (nicht erreichbar).

Die Analyse der Daten bezogen auf den Bahnsteigtyp ergibt folgendes Ergebnis:

	Seitenbahnsteig €/m²Mo	Mittelbahnsteig €/m²Mo
Mittelwert	1,28	1,31
Median	1,36	1,35
Streuung	0,13	0,11
Max	1,46	1,46
Min	1,10	1,10

Tabelle 8.12: Reinigungskosten 101A Abhängig vom Bahnsteigtyp

Ein signifikanter Unterschied kann auf Basis der Auswertungen Tabelle 8.12 nicht festgestellt werden.

Die Art des Bahnsteigs hat keinen signifikanten Einfluss auf die Reinigungskosten der Position 01.0101A.

Da keine Einflussparameter aus der technischen Ausbildung ableitbar sind, empfiehlt der Autor für zukünftige Prognosen einen Einheitspreis von **1,30 €/m²Mo** heranzuziehen, dieser Wert entspricht dem Mittelwert der Position 101A.

Denkbar wäre auch, den Einheitspreis aus aktuellen Vergaben heranzuziehen.

8.3.2.2 Verkehrsflächen waschen

Diese Position ist einmal wöchentlich nach einem vereinbarten Zeitplan zwischen ca. 0.00 Uhr und 5.00 Uhr durchzuführen. Die Abrechnung erfolgt in Verrechnungseinheiten (VE). Fußböden von Vorhallen, Gängen, Passagen, Aufzügen, Stiegenläufen, Bahnsteigen und dgl. werden gereinigt. Hierbei ist insbesondere auf Flecken- und Schlierenfreiheit zu achten. Dies wird je nach Fußbodenart durch Waschen unter Zusatz von geeigneten Reinigungsmittel und Reinigungsgeräten erreicht.⁵⁷

Reinigungsnummer: 01.02010

Flächennummer: 201

Die Einheitspreise werden in der Einheit €/m² erfasst, da diese Reinigung wöchentlich durchgeführt wird, entsprechen diese €/m²Wo (siehe Tabelle 8.14).

Mittelwert	2.411	m ²	0,19	€/m ² Wo
Median	1.764	m ²	0,19	€/m ² Wo
Streuung	1.863	m ²	0,03	€/m ² Wo
Max	12.534	m ²	0,22	€/m ² Wo
Min	819	m ²	0,12	€/m ² Wo

Tabelle 8.13: Kennwerte Reinigungsnummer 201

Tabelle 8.13 listet die statistischen Kennwerte der Reinigungsnummer 201 auf. Die Streuung beträgt 0,03 €/m². Sowohl der Mittelwert als auch der Median betragen 0,19 €/m².

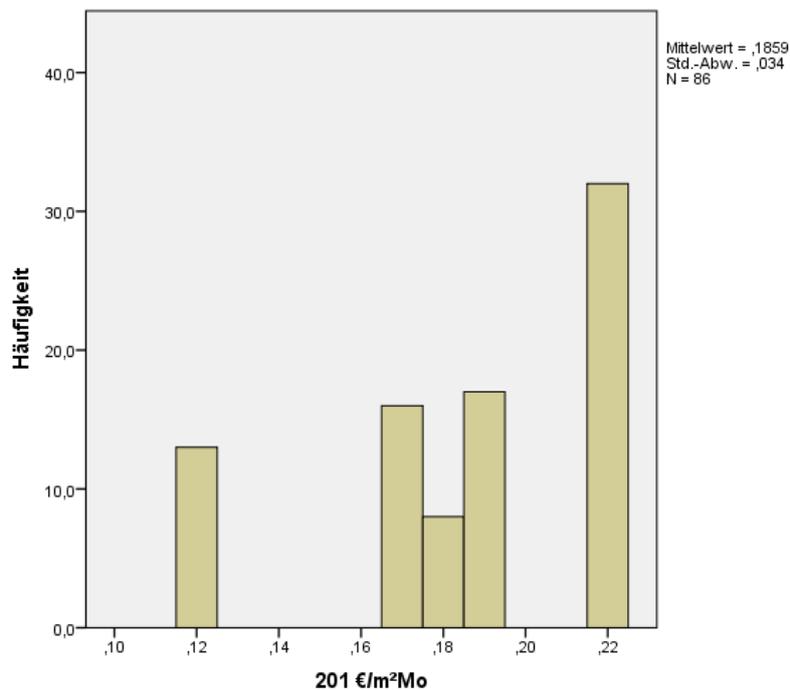


Abbildung 8.8: Histogramm Reinigungsnummer 201

⁵⁷ [31] Langtext LV Reinigung, 2010, S.18

Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Wo	Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Wo
Alser Straße	1.257	0,19	Michelbeuern	1.497	0,19
Alt Erlaa	1.491	0,19	Museumsquartier	2.495	0,22
alte Donau	1.470	0,22	Nestroyplatz	2.601	0,17
Am Schöpfwerk	1.584	0,19	Neubaugasse	4.117	0,18
Aspern Straße	2.084	0,12	Neue Donau	2.160	0,22
Braunschweiggasse	1.234	0,12	Niederhofstraße	1.316	0,19
Burggasse	1.898	0,19	Nußdorfer Straße	1.301	0,19
Donauinsel	1.481	0,17	Ober St. Veit	1.162	0,12
Donaumarina	2.045	0,12	Ottakring	2.835	0,18
Donauspital	1.448	0,12	Perfekterstraße	1.282	0,19
Donaustadtbrücke	1.716	0,12	Philadelphiabrücke	3.604	0,19
Dresdner Straße	1.640	0,22	Pilgramgasse	1.155	0,22
Enkplatz	2.352	0,22	Praterstern	9.110	0,17
Erdberg	1.957	0,22	Rathaus	1.157	0,22
Erlaaer Straße	1.123	0,19	Reumannplatz	1.461	0,22
Floridsdorf	1.679	0,22	Rochusgasse	2.011	0,22
Friedensbrücke	1.992	0,22	Roßauer Lände	1.255	0,22
Gasometer	1.346	0,22	Schlachthausgasse	1.612	0,22
Gumpendorfer Straße	1.238	0,19	Schönbrunn	1.479	0,12
Handelskai	2.728	0,22	Schottenring	5.169	0,22
Hardeggasse	1.480	0,12	Schottentor	2.093	0,22
Heiligenstadt	3.499	0,22	Schwedenplatz	3.329	0,17
Herrengasse	1.586	0,17	Schweglerstraße	2.239	0,18
Hietzing	1.371	0,12	Siebenhirten	1.270	0,19
Hütteldorf	1.927	0,12	Simmering	3.392	0,22
Hütteldorfer Straße	2.596	0,18	Spittelau	8.671	0,22
Jägerstraße	1.700	0,22	Stadion	3.131	0,17
Johnstraße	3.639	0,18	Stadlau	2.777	0,12
Josefstätter Straße	1.073	0,19	Stadtpark	1.480	0,17
Kagran	1.724	0,22	Stephansplatz	5.233	0,17
Kaisermühlen	2.118	0,22	Stubentor	2.185	0,17
Kardinal Nagl Platz	1.043	0,22	Südtiroler Platz	2.520	0,22
Karlsplatz	5.015	0,17	Taborstraße	2.266	0,17
Karlsplatz Passage	6.066	0,17	Taubstummengasse	1.315	0,22
Kendlerstraße	1.884	0,18	Thaliastraße	1.588	0,19
Keplerplatz	1.177	0,22	Tscherntegasse	819	0,19
Kettenbrückengasse	1.223	0,22	Unter St. Veit	1.187	0,12
Krieau	1.804	0,17	Volkstheater	4.786	0,22
Landstraße	4.851	0,17	Vorgartenstraße	1.350	0,17
Längenfeldgasse	2.317	0,19	Währinger Straße	1.430	0,19
Margarethengürtel	1.175	0,22	Westbahnhof	12.534	0,18
Meidlinger Hauptstraße	2.406	0,12	Zieglergasse	3.175	0,18
Messe Prater	1.579	0,17	Zippererstraße	2.786	0,22

Tabelle 8.14: Einheitspreise der Reinigungsnummer 201

Abbildung 8.8 stellt die Häufigkeitsverteilung der Einheitspreise dar. Zwischen dem Maximum von 0,22 €/m²Wo und dem Minimum von 0,12 €/m²Wo besteht ein Faktor von fast 2.

Welchen Einfluss hat die ausgeschriebene Fläche auf den Einheitspreis?

Abbildung 8.9 zeigt den Zusammenhang von Einheitspreis zur zu reinigenden Fläche, Abbildung 8.10 jenen von Einheitspreis zu Baujahr bzw. Ausbauphase.

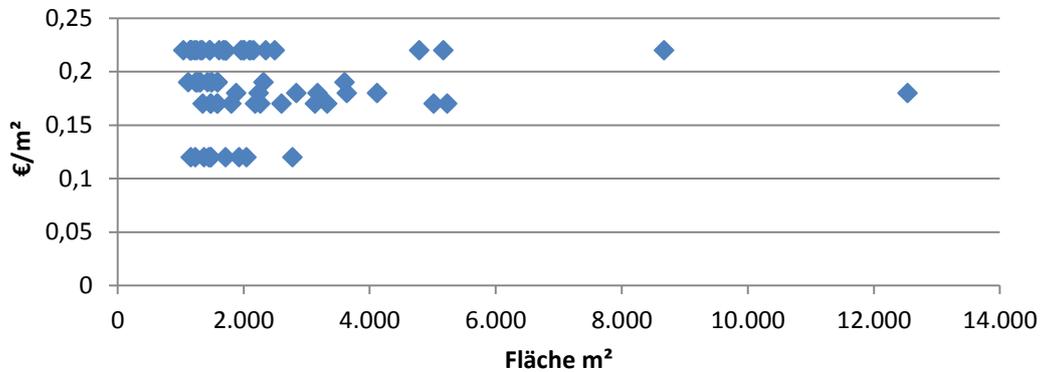


Abbildung 8.9: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 201

Es kann kein Zusammenhang zwischen der Fläche und dem Einheitspreis hergestellt werden. Der Einfluss der zu reinigenden Fläche wird daher vom Autor als gering eingestuft.

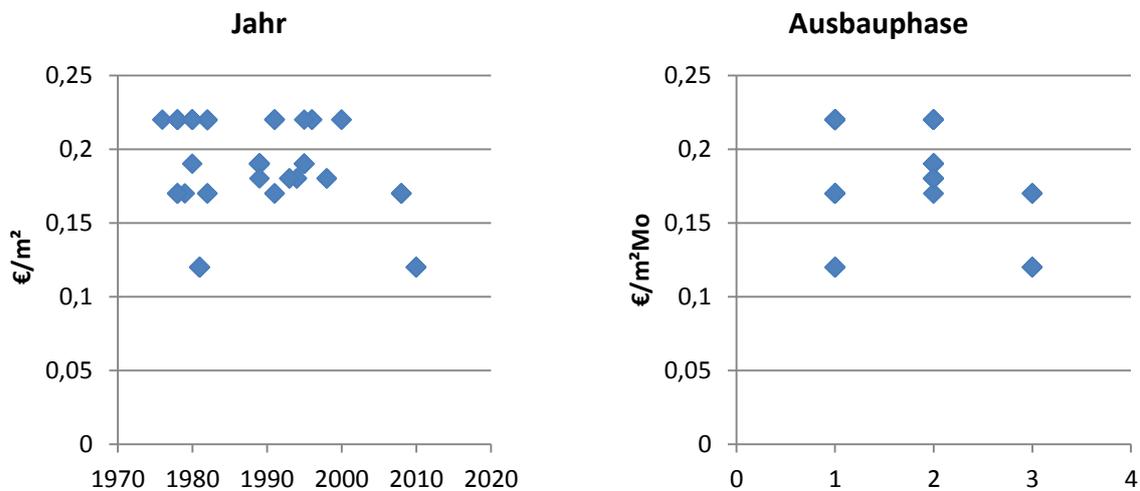


Abbildung 8.10 Reinigungskosten 201 in Abhängigkeit von Ausbauphase und Baujahr

Ein Einfluss des Baujahres bzw. der Ausbauphase auf den Einheitspreis ist nicht erkennbar

Tabelle 8.15 listet die statistischen Kennwerte in Abhängigkeit des Bahnsteigtyps auf.

	Seitenbahnsteig	Mittelbahnsteig
	€/m ²	€/m ²
Mittelwert	0,19	0,18
Median	0,19	0,19
Streuung	0,03	0,03
Max	0,22	0,22
Min	0,12	0,12

Tabelle 8.15: Reinigungskosten in Abhängigkeit vom Bahnsteigtyp 201

Die Einheitspreise für „Waschen der Verkehrsflächen“ sind als unabhängig vom Typ des Bahnsteiges zu bewerten.

Können die Reinigungskosten durch die Wahl des Bodenmaterials beeinflusst werden?

Tabelle 8.16 zeigt die Ergebnisse der statistischen Auswertung mittels SPSS.

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,389 ^a	,151	,052	,03283

a. Einflußvariablen : (Konstante), (Leer), BET, EST, FLI, MET, ASP, STE

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	,192	,009		21,866	,000
ASP	4,498E-006	,000	,123	,945	,348
BET	,000	,000	-,102	-,843	,402
EST	,000	,000	-,061	-,497	,621
FLI	-9,375E-006	,000	-,137	-1,025	,310
MET	-,002	,001	-,346	-2,793	,007
STE	1,390E-006	,000	,071	,383	,703
(Leer)	-1,694E-005	,000	-,097	-,557	,579

a. Abhängige Variable: Einheitspreis

Tabelle 8.16: Regressionsanalyse 201 mittels SPSS

Das Modell mit einer Konstanten von 0,192 €/m² weist eine Signifikanz von 0,175 auf und kann daher als geeignet angesehen werden. Der Einfluss der Materialien ist als gering zu werten. Materialien mit einer entsprechenden Signifikanz haben nur geringe Auswirkungen (Koeffizienten) auf den Einheitspreis. ASP (Asphalt Beläge) mit einer Signifikanz von 0,348 und einem Regressionskoeffizienten von 4,498E-006 hätten bei einer Fläche von 1.000 m² eine theoretische Auswirkung auf den Einheitspreis von 0,004 €/m²Wo, diese ist zu vernachlässigen und das Modell daher zu verwerfen.

Der große Unterschied zwischen Maximalwert (0,22 €/m²Wo) und Minimalwert (0,12 €/m²Wo) wäre eventuell mit der Reinigungsfirma abzuklären. Aus deren Kalkulationsüberlegungen könnten Optimierungen für zukünftige Stationen abgeleitet werden.

8.3.2.3 Tägliche Reinigung Verkehrsflächen-Tag

Diese Position ist täglich zwischen 8.00 Uhr und 13.00 Uhr **zweimal** sowie zwischen 14.00 Uhr bis 20.00 Uhr **zweimal** durchzuführen, wobei die Routenplanung so zu gestalten ist, dass jede Station nach spätestens 3 Stunden wieder betreut wird. Die Abrechnung erfolgt in Monatspauschalen (PA).⁵⁸

In Summe entspricht dies einer Reinigungsintensität von **4-mal** täglich.

Reinigungsnummer: 01.0102A

Flächennummer: 102

Den hier analysierten Kosten liegen folgende Qualitätsniveaus zugrunde:⁵⁹

QN1 für:

- Verkehrsflächen (Verkehrsbauwerk)
 - Hauptnutzungskomponenten
Das sind die öffentlich zugänglichen Flächen, die regelmäßig genutzt werden. Bodenflächen (Fußböden von Vorplätzen, Vorhallen, Gängen, Passagen, Stiegenläufen, Aufzügen, Rolltreppen und dgl. werden rein gehalten)
 - Abfallbehälter
 - Sitzbänke

QN0 für:

- Weitere Objektkomponenten (Monitore, Kameras, Zugzielanzeigen, Infoscreen, Streckentelefone sowie sämtliche Einrichtungen außerhalb der Verkehrsflächen)

Die Tägliche Reinigung Verkehrsflächen-Tag wird in Pauschalen abgerechnet.

Aus folgenden Gründen beinhaltet die Liste nicht alle U-Bahn-Stationen:

- Nicht jede Station verfügt über die Reinigungsleistung 01.0102A.
- Stationen, bei denen die Flächen des Reinigungsverzeichnis und der Abrechnung nicht übereinstimmen, wurden ausgeschieden.

Tabelle 8.17 listet die Kennwerte der Reinigungsnummer 102A auf.

Mittelwert	2.277	m ²	0,63	€/m ² Mo
Median	1.690	m ²	0,62	€/m ² Mo
Streuung	1.727	m ²	0,02	€/m ² Mo
Max	12.414	m ²	0,69	€/m ² Mo
Min	819	m ²	0,60	€/m ² Mo

Tabelle 8.17: Kennwerte der Reinigungsnummer 102A

⁵⁸ [31] Langtext LV Reinigung, 2010, S.14

⁵⁹ [31] Langtext LV Reinigung, 2010, S.14

Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Mo	Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Mo
Alser Straße	1.257	0,60	Ober St. Veit	1.162	0,62
Alt Erlaa	1.573	0,60	Ottakring	2.835	0,69
alte Donau	1.470	0,63	Perfekterstraße	1.282	0,60
Am Schöpfwerk	1.584	0,60	Philadelphiabrücke	3.604	0,60
Braunschweiggasse	1.234	0,62	Pilgramgasse	1.155	0,63
Burggasse	1.898	0,60	Praterstern	4.061	0,62
Donauinsel	1.481	0,62	Reumannplatz	1.461	0,63
Dresdner Straße	1.640	0,63	Rochusgasse	2.011	0,63
Enkplatz	2.352	0,63	Roßauer Lände	1.255	0,63
Erdberg	1.995	0,63	Schlachthausgasse	1.612	0,63
Erlaaer Straße	1.123	0,60	Schönbrunn	1.479	0,62
Floridsdorf	1.679	0,63	Schwedenplatz	3.329	0,62
Friedensbrücke	1.992	0,63	Schweglerstraße	2.239	0,69
Gasometer	1.346	0,63	Siebenhirten	1.270	0,60
Gumpendorfer Straße	1.238	0,60	Simmering	3.392	0,63
Handelskai	2.728	0,63	Spittelau	8.671	0,63
Heiligenstadt	3.499	0,63	Stadion	2.907	0,62
Herrengasse	1.586	0,62	Stadtpark	1.480	0,62
Hietzing	1.371	0,62	Stephansplatz	5.233	0,62
Hütteldorf	1.927	0,62	Stubentor	2.185	0,62
Hütteldorfer Straße	2.596	0,69	Südtiroler Platz	2.520	0,63
Jägerstraße	1.700	0,63	Taborstraße	1.781	0,62
Johnstraße	3.639	0,69	Taubstummengasse	1.315	0,63
Josefstätter Straße	1.073	0,60	Thaliastraße	1.588	0,60
Kagran	1.724	0,63	Tscherttegasse	819	0,60
Kaisermühlen	2.118	0,63	Unter St. Veit	1.187	0,62
Kardinal Nagl Platz	1.046	0,63	Vorgartenstraße	1.350	0,62
Karlsplatz	5.015	0,62	Währinger Straße	1.430	0,60
Kendlerstraße	1.884	0,69	Westbahnhof	12.414	0,69
Keplerplatz	1.177	0,63	Zieglergasse	3.175	0,69
Kettenbrückengasse	1.223	0,63	Zippererstraße	2.786	0,63
Krieau	1.804	0,62			
Landstraße	4.851	0,62			
Längenfeldgasse	2.321	0,60			
Margarethengürtel	1.175	0,63			
Meidlinger Hauptstraße	2.406	0,62			
Messe Prater	1.579	0,62			
Michelbeuern	1.617	0,60			
Nestroyplatz	2.602	0,62			
Neubaugasse	4.117	0,69			
Neue Donau	2.160	0,63			
Niederhofstraße	1.384	0,60			
Nußdorfer Straße	1.301	0,60			

Tabelle 8.18: Einheitspreise der Reinigungsnummer 102A

Der Einheitspreis liegt zwischen 0,60 und 0,69 €/m²Mo. Der Mittelwert beträgt 0,63 €/m²Mo. Abbildung 8.11 verdeutlicht die statistische Verteilung der Einheitspreise.

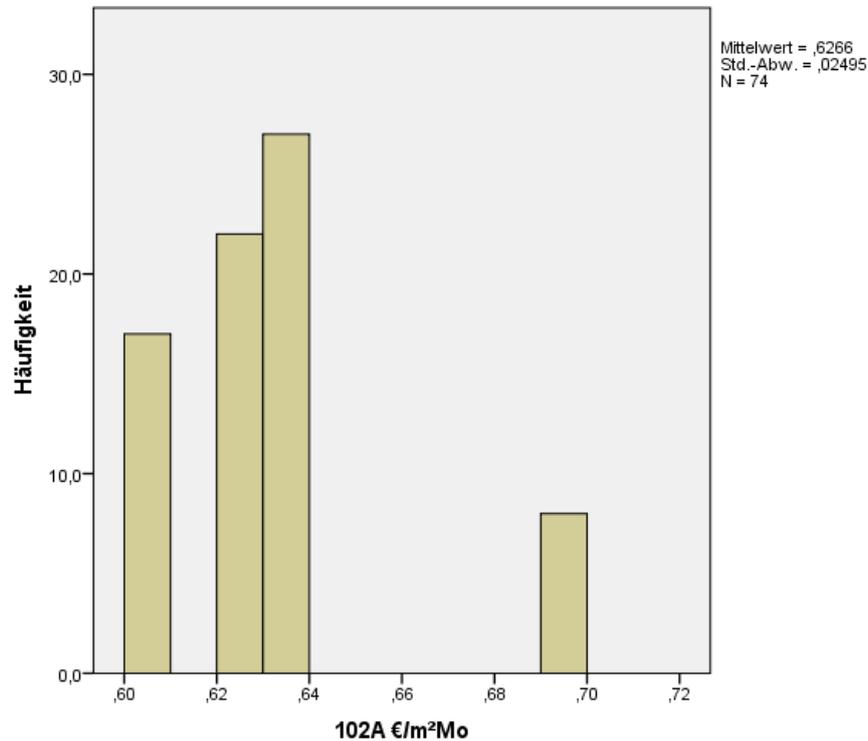


Abbildung 8.11: Histogramm der Reinigungsnummer 102A

Das Histogramm zeigt eine Häufung 0,60 bis 0,64 €/m²Mo. Besonders hervorzuheben sind die Häufungen bei 0,69 €/m²Mo primär bei der Linie U3.

Welchen Einfluss hat die ausgeschriebene Fläche auf den Einheitspreis?

Trägt man den Einheitspreis bezogen auf die zu reinigende Fläche auf so erhält Abbildung 8.12.

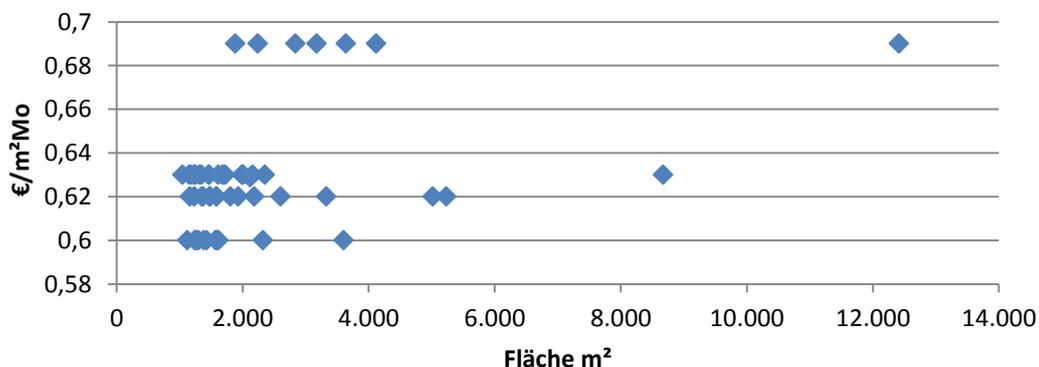


Abbildung 8.12: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 102A

Es ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen der zu reinigenden Grundfläche und dem Einheitspreis zu erkennen.

Können die Reinigungskosten durch die Wahl des Bodenmaterials beeinflusst werden?

Besonders reinigungsintensive Fußbodenbeläge (Fliesen) müssten zu höheren Reinigungskosten pro m² führen. Dies wurde mit einer Regressionsanalyse in SPSS mit den Parametern in Tabelle 8.19 durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 8.20 zu sehen sind.

Abhängige Variable	Einheitspreis	€/m ² Mo
Regressoren	Material	m ²

Tabelle 8.19: Parameter Regression

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,735 ^a	,541	,451	,01953

a. Einflußvariablen : (Konstante), (Leer), STE/ASP, BET, ALU, EST, ASP, MET, FLI, STE

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	,629	,006		97,945	,000
ALU	,003	,006	,051	,441	,661
ASP	-4,812E-006	,000	-,176	-1,579	,121
BET	-3,765E-005	,000	-,018	-,172	,864
EST	,000	,000	,180	1,732	,090
FLI	-1,820E-005	,000	-,368	-2,865	,006
MET	-,001	,001	-,109	-1,020	,313
STE	7,299E-006	,000	,497	2,881	,006
STE/ASP	-,001	,000	-,139	-1,370	,177
(Leer)	-1,153E-005	,000	-,093	-,597	,553

a. Abhängige Variable: Einheitspreis

Tabelle 8.20: Regressionsanalyse 201A mittels SPSS

R² liegt bei 0,541, das Modell ist daher wesentlich besser zu bewerten als das der Position 101A. Das bessere R² kommt dadurch zustande, dass die Einheitspreise weniger stark streuen und die Konstante somit eine bessere Gesamtprognose liefert.

Wie auch bei der Position 101A kann ausgeschlossen werden, dass die Wahl der Materialien einen Einfluss auf die Reinigungskosten hat

Die Auswertung bezogen auf das Baujahr bzw. Ausbauphase ist in Abbildung 8.13 dargestellt.

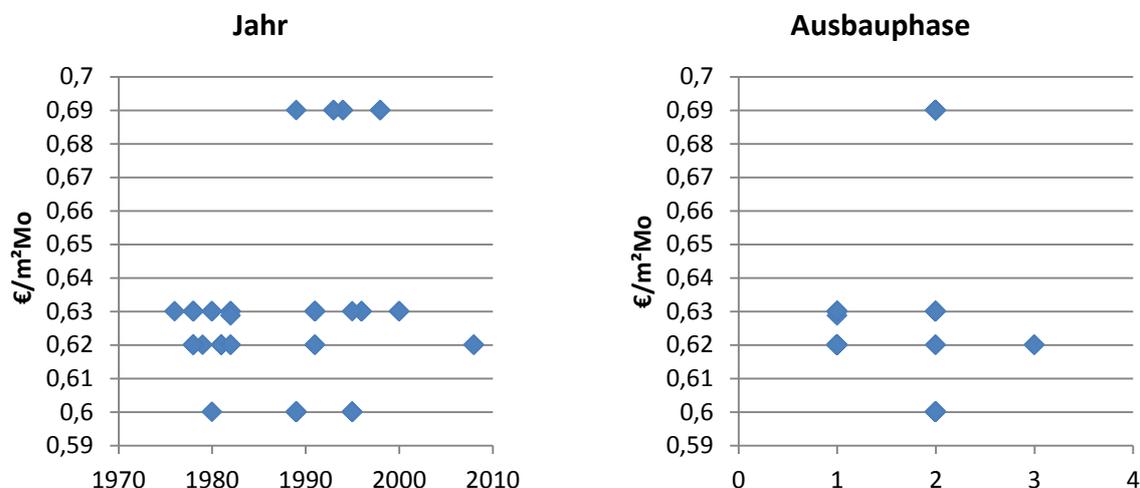


Abbildung 8.13 Reinigungskosten 102A in Abhängigkeit von Ausbauphase und Baujahr

Der Einheitspreis schwankt innerhalb einer Ausbauphase stark. In der Ausbauphase 3 wurde statt der Position 102A die Position 102B vergeben, die Einheitspreise sind jedoch im Datenbestand enthalten. Ausgeführt wurde die Position 102 B, daher gehen diese Einheitspreise auch nicht in die Gesamtsumme der Abrechnung ein (siehe Tabelle 8.7).

Auch hier kann kein Zusammenhang zwischen Baujahr bzw. Ausbauphase und Einheitspreis festgestellt werden.

Einfluss Seitenbahnsteig – Mittelbahnsteig

Die Analyse bezogen auf den Bahnsteigttyp liefert die Ergebnisse in Tabelle 8.21.

	Seitenbahnsteig	Mittelbahnsteig
	€/m ² Mo	€/m ² Mo
Mittelwert	0,63	0,62
Median	0,63	0,62
Streuung	0,03	0,02
Max	0,69	0,69
Min	0,60	0,60

Tabelle 8.21 Reinigungskosten 102A in Abhängigkeit des Bahnsteigtyps

Ein signifikanter Unterschied kann auf Basis der Auswertung Tabelle 8.21 nicht festgestellt werden.

Auch hier sind keine technischen Parameter für den Einheitspreis maßgebend, eine Optimierung auf Basis von Material bzw. Geometrie ist daher nicht möglich. Der Autor empfiehlt daher einen Ansatz von 0,63€/m²Mo. Im Jahr ergeben sich somit Kosten in Höhe von **7,56 €/m²a**.

8.3.2.4 Tägliche Reinigung der Verkehrsflächen inklusive Abfalltrennung – Tag

Diese Position ist zu denselben Bedingungen wie die Position 01.0102A durchzuführen. In der Regel sind die Müllinseln auf den Stationen in vier Bereiche unterteilt. (Papier, Dosen, PET und Restmüll)

Die Reinigungsleistung wird dann dadurch erweitert, dass der Müll aus den Müllinseln entsprechend in unterschiedliche Müllbehältnisse aufgenommen und im Müllraum den entsprechenden Müllgefäßen zugeführt wird.

Die Müllinseln auf den Stationen und Müllgefäße im Müllraum werden durch den AG bereitgestellt, die eventuell notwendigen Gerätschaften für die Überführung des getrennten Mülls von den Müllinseln zu den Müllgefäßen im Müllraum sind durch den AN beizustellen.⁶⁰

Reinigungsnummer: 01.0102B

Bei neuen U-Bahn-Stationen wird der Müll getrennt gesammelt, aus diesem Grund wurde die Position 102A erweitert. Die Einheitspreise sind naturgemäß geringfügig höher als die der Position 101A. Die Tabelle 8.22 listet die Einheitspreise der einzelnen Stationen, Tabelle 8.23 die statistischen Kennwerte auf.

Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Mo
Aspern Straße	2.084	0,73
Donaumarina	2.045	0,73
Donauspital	1.448	0,73
Donaustadtbrücke	1.972	0,73
Hardeggasse	1.480	0,73
Krieau	1.804	0,74
Messe Prater	1.579	0,74
Museumsquartier	2.495	0,69
Praterstern	9.122	0,74
Rathaus	1.157	0,69
Schottenring	5.169	0,69
Schottentor	2.093	0,69
Stadion	3.131	0,74
Stadlau	2.777	0,73
Taborstraße	2.266	0,74
Volkstheater	4.786	0,69

Tabelle 8.22: Einheitspreise der Reinigungsnummer 102B

Mittelwert	2.838	m ²	0,72	€/m ² Mo
Median	2.089	m ²	0,73	€/m ² Mo
Streuung	2.017	m ²	0,02	€/m ² Mo
Max	9.122	m ²	0,74	€/m ² Mo
Min	1.157	m ²	0,69	€/m ² Mo

Tabelle 8.23: Kennwerte der Reinigungsnummer 102B

⁶⁰ [31] Langtext LV Reinigung, 2010, S.15

Der Einheitspreis liegt zwischen 0,69 und 0,74 €/m²Mo. Der Mittelwert beträgt 0,72 €/m²Mo. Abbildung 8.11 verdeutlicht die statistische Häufigkeitsverteilung der Einheitspreise.

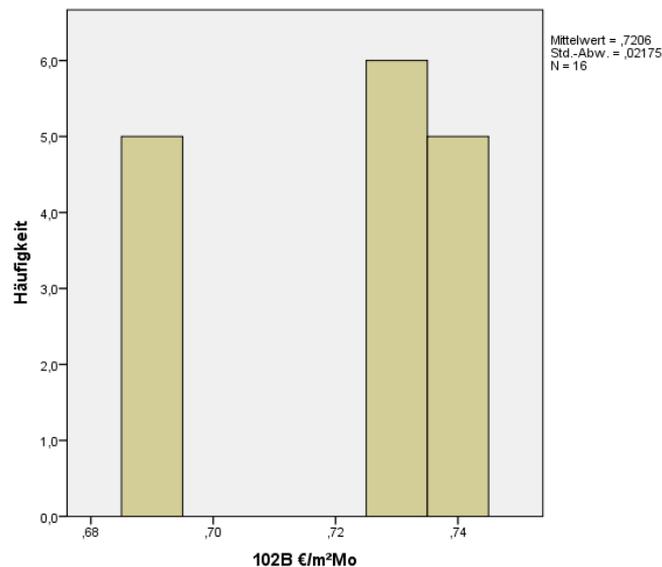


Abbildung 8.14: Histogramm der Reinigungsnummer 102B

Welchen Einfluss hat die ausgeschriebene Fläche, auf den Einheitspreis?

Trägt man den Einheitspreis bezogen auf die zu reinigende Fläche auf so erhält man Abbildung 8.15.

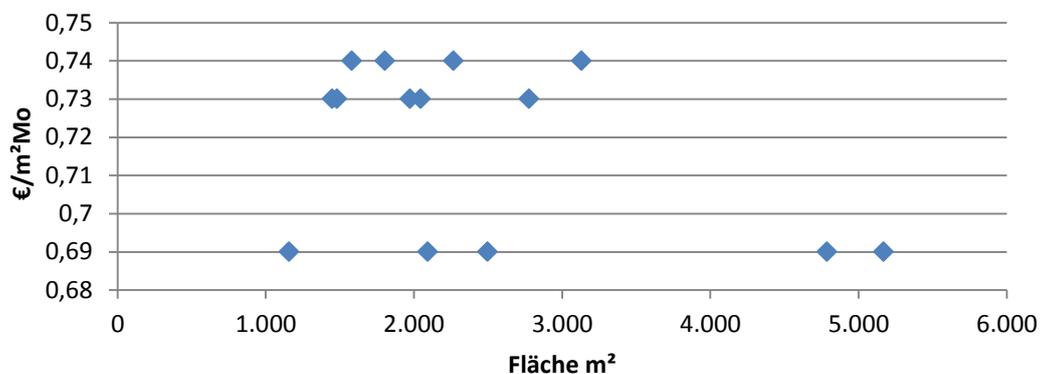


Abbildung 8.15: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 102B

Es ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen der zu reinigenden Grundfläche und dem Einheitspreis zu erkennen.

Können die Reinigungskosten durch die Wahl des Bodenmaterials beeinflusst werden?

Aufgrund der geringen Stichprobe kann keine seriöse Analyse durchgeführt werden. Die unabhängigen Variablen übersteigen den Umfang der Stichprobe.

Einfluss von Baujahr und Ausbauphase

Die Auswertung bezogen auf das Baujahr bzw. Ausbauphase ist in Abbildung 8.16 dargestellt.

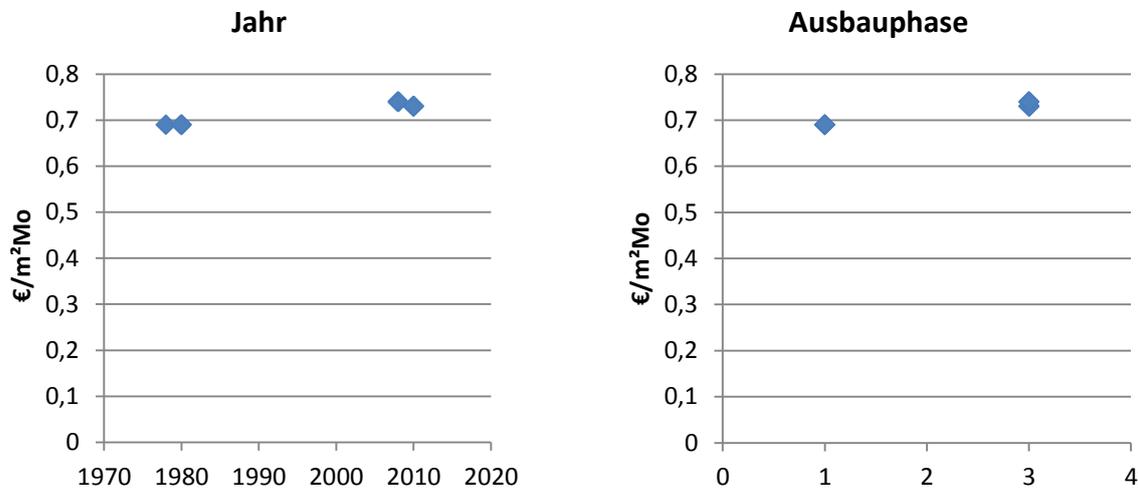


Abbildung 8.16: Reinigung 102A Ausbauphase Baujahr

Der Einheitspreis steigt abhängig vom Baujahr geringfügig an. Dies ist jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht durch das Baujahr bedingt, sondern durch den unterschiedlichen Zeitpunkt der Vergabe.

Auch hier kann nach Meinung des Autors kein Zusammenhang zwischen Baujahr bzw. Ausbauphase und Einheitspreis festgestellt werden.

Einfluss Seitenbahnsteig – Mittelbahnsteig

Die Analyse bezogen auf den Bahnsteigtyp liefert das Ergebnis in Tabelle 8.24.

	Seitenbahnsteig €/m²Mo	Mittelbahnsteig €/m²Mo
Mittelwert	0,73	0,71
Median	0,73	0,69
Streuung	0,02	0,02
Max	0,74	0,73
Min	0,69	0,69

Tabelle 8.24: Reinigung 102B Bahnsteigtyp

Ein signifikanter Unterschied kann auf Basis der Auswertung Tabelle 8.24 nicht festgestellt werden.

Auch hier sind keine technischen Parameter für den Einheitspreis maßgebend, eine Optimierung auf Basis von Material bzw. Geometrie ist daher nicht möglich. Der Autor empfiehlt daher einen Ansatz von 0,72 €/m²Mo, dies entspricht dem Mittelwert aller Stationen. Im Jahr ergeben sich somit Kosten in Höhe von **8,64 €/m²a**.

8.3.2.5 Wandflächen waschen

Diese Position ist einmal monatlich nach einem vereinbarten Zeitplan zwischen 0.00 Uhr und 5.00 Uhr durchzuführen. Die Abrechnung erfolgt in Verrechnungseinheiten (VE).

Wände und Vitrinen sowie sämtliche verbundenen Einrichtungsgegenstände wie Abfallbehälter, Dienstabfeln, Sitzgelegenheiten, Rolltreppenverkleidungen und dgl. sind zu reinigen. Hierbei ist insbesondere auf Flecken- und Schlierenfreiheit zu achten.

Dies wird durch Waschen unter Zusatz von geeigneten Reinigungsmitteln und anschließendem Trockenwischen erreicht.⁶¹

Reinigungsnummer: 01.02020

Flächennummer: 202

In Tabelle 8.25 sind sowohl Flächen als auch Einheitspreise der Position 01.02020 dargestellt.

Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Mo	Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Mo
Alser Straße	28	0,22	Michelbeuern	424	0,22
Alt Erlaa	846	0,22	Museumsquartier	2.206	0,28
alte Donau	1.238	0,28	Nestroyplatz	1.392	0,50
Am Schöpfwerk	1.117	0,22	Neubaugasse	3.994	0,25
Aspern Straße	1.997	0,30	Neue Donau	585	0,28
Braunschweigasse	1.063	0,44	Niederhofstraße	1.053	0,22
Burggasse	143	0,22	Nußdorfer Straße	32	0,22
Donauinsel	1.346	0,50	Ober St. Veit	781	0,44
Donaumarina	1.744	0,30	Ottakring	3.106	0,25
Donauspital	2.095	0,30	Perfekterstraße	782	0,22
Donaustadtbrücke	2.282	0,30	Philadelphiabrücke	2.429	0,22
Dresdner Straße	1.163	0,28	Pilgramgasse	865	0,28
Enkplatz	4.769	0,28	Praterstern	5.839	0,50
Erdberg	1.599	0,28	Rathaus	1.113	0,28
Erlaaer Straße	713	0,22	Reumannplatz	391	0,28
Floridsdorf	2.454	0,28	Rochusgasse	2.468	0,28
Friedensbrücke	593	0,28	Roßauer Lände	723	0,28
Gasometer	2.032	0,28	Schlachthausgasse	1.346	0,28
Gumpendorfer Straße	34	0,22	Schönbrunn	343	0,44
Handelskai	826	0,28	Schottenring	2.374	0,28
Hardeggasse	2.847	0,30	Schottentor	603	0,28
Heiligenstadt	2.525	0,28	Schwedenplatz	2.222	0,50
Herrengasse	1.414	0,50	Schweglerstraße	2.455	0,25
Hietzing	1.087	0,44	Siebenhirten	900	0,22
Hütteldorf	735	0,44	Simmering	2.460	0,28
Hütteldorfer Straße	2.374	0,25	Spittelau	7.473	0,28

Tabelle 8.25 Einheitspreise der Reinigungsnummer 202

⁶¹ [31] Langtext LV Reinigung, 2010, S.19

Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Mo	Station	Fläche m ²	EHP €/m ² Mo
Jägerstraße	1.362	0,28	Stadlau	2.909	0,30
Johnstraße	4.460	0,25	Stadtpark	170	0,50
Josefstätter Straße	32	0,22	Stephansplatz	3.774	0,50
Kagran	1.517	0,28	Stubentor	1.658	0,50
Kaisermühlen	1.865	0,28	Südtiroler Platz	2.095	0,28
Kardinal Nagl Platz	944	0,28	Taubstummengasse	678	0,28
Karlsplatz	2.901	0,50	Thaliastraße	28	0,22
Karlsplatz Passage	3.157	0,50	Tscherttegasse	472	0,22
Kendlerstraße	2.002	0,25	Unter St. Veit	922	0,44
Keplerplatz	519	0,28	Volkstheater	3.710	0,28
Kettenbrückengasse	813	0,28	Vorgartenstraße	1.081	0,50
Krieau	1.665	0,50	Währinger Straße	14	0,22
Landstraße	3.291	0,50	Westbahnhof	8.938	0,25
Längenfeldgasse	1.006	0,22	Zieglergasse	2.948	0,25
Margarethengürtel	869	0,28	Zippererstraße	3.172	0,28
Meidlinger Hauptstraße	664	0,44			
Messe Prater	858	0,50			

Tabelle 8.25 Einheitspreise der Reinigungsnummer 202

Tabelle 8.26 zeigt die statistischen Kennwerte für die Position 202, Abbildung 8.17 die statistische Häufigkeitsverteilung.

Mittelwert	1.761	m ²	0,32	€/m ²
Median	1.346	m ²	0,28	€/m ²
Streuung	1.566	m ²	0,10	€/m ²
Max	8.938	m ²	0,50	€/m ²
Min	14	m ²	0,22	€/m ²

Tabelle 8.26 Kennwerte der Reinigungsnummer 202

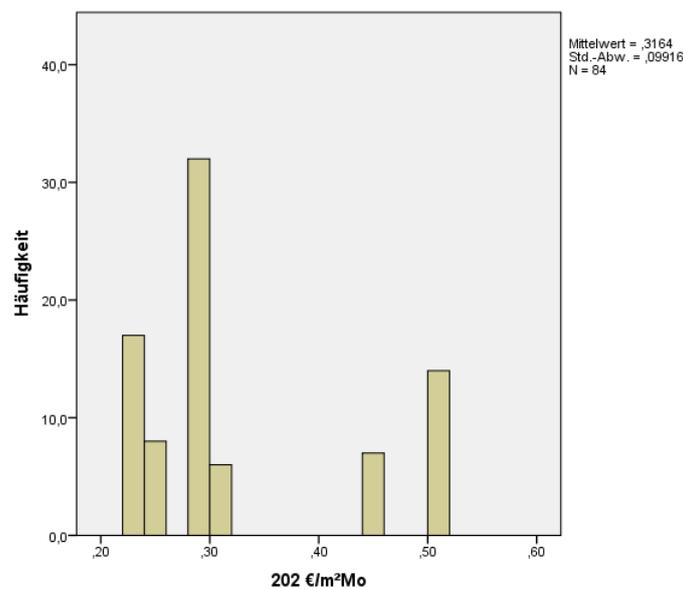


Abbildung 8.17: Histogramm der Reinigungsnummer 202

Otto-Wagner-Stationen verursachen nur sehr geringe Kosten bezüglich der Wandreinigung, da diese verputzte Oberflächen aufweisen. Die Reinigung beschränkt sich daher auf Vitrinen sowie sämtliche verbundenen Einrichtungsgegenstände wie Abfallbehälter, Diensttafeln, Sitzgelegenheiten, Rolltreppenverkleidungen und dgl.

Ein kurzer Vergleich soll den Unterschied verdeutlichen:

Station	m ²	€/m ² Mo	€/m ² a	€/Mo	€/a
Donauspital	2.095	0,30	3,6	628,5	7.542
Nußdorfer Straße	32	0,22	2,6	7,0	84

Tabelle 8.27: Vergleich der Kosten der Wandreinigung

Das Abwaschen der Wände kostet im Durchschnitt 0,32 €/m²Mo (siehe Tabelle 8.26), dies entspricht jährlichen Kosten in der Höhe von **3,84 €/m²a**. Vergleicht man den Wandverbau einer Otto-Wagner Station mit neuen Stationen mit Emailpaneelen, so könnte man um dieselben Kosten der Reinigung, in etwa alle 2 Jahre ausmalen.

Die Auswirkungen können in einem Bauteilvergleich bezüglich der LCC verglichen werden.

Welchen Einfluss hat die ausgeschriebene Fläche auf den Einheitspreis?

Trägt man den Einheitspreis bezogen auf die zu reinigende Fläche auf so erhält man Abbildung 8.17.

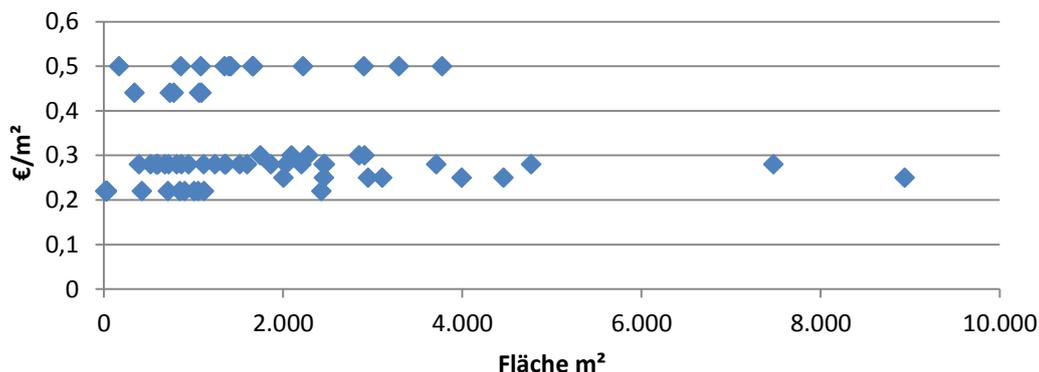


Abbildung 8.18: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 202

Es ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen der zu reinigenden Fläche und dem Einheitspreis zu erkennen. Auch sehr kleine Reinigungsflächen erreichen niedrige Einheitspreise.

Können die Reinigungskosten durch die Wahl des Bodenmaterials beeinflusst werden?

Aufgrund der geringen Stichprobe kann keine seriöse Analyse durchgeführt werden. Die unabhängigen Variablen übersteigen den Umfang der Stichprobe.

Einfluss von Baujahr und Ausbauphase

Die Auswertung bezogen auf das Baujahr bzw. Ausbauphase ist in Abbildung 8.19 dargestellt.

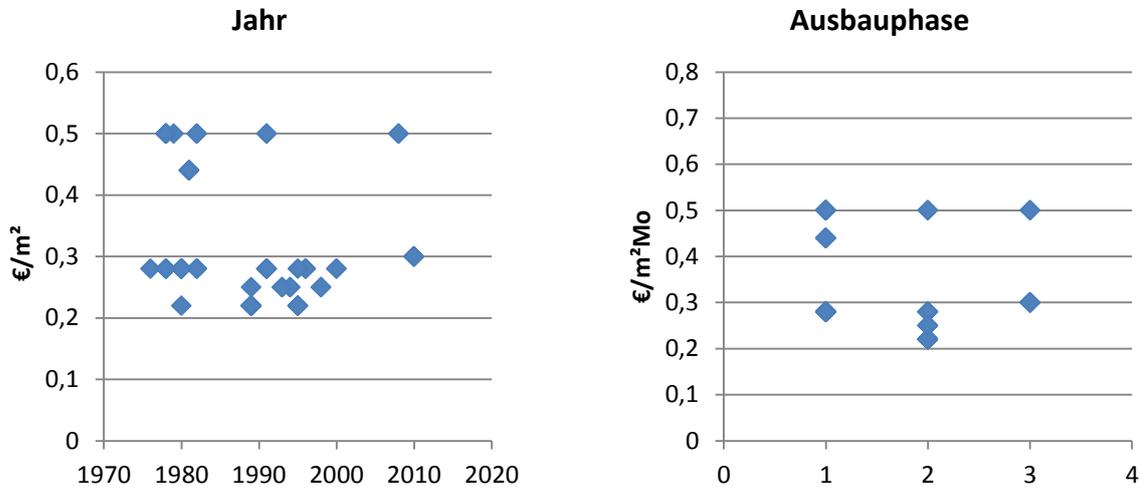


Abbildung 8.19: Reinigung 202 Ausbauphase Baujahr

Der Einheitspreis ist weder vom Baujahr der Station noch von der Ausbauphase abhängig.

Das Waschen der Wandflächen wird monatlich durchgeführt, der durchschnittliche Einheitspreis liegt bei $0,32 \text{ €/m}^2$. Diese Position verursacht jährliche Kosten in Höhe von **3,84 €/m²a**.

8.3.2.6 Glasfassaden und Glasflächen reinigen

Diese Position ist auf Anforderung voraussichtlich sechsmal jährlich von 6.00 Uhr bis 20.00 Uhr durchzuführen. Die Abrechnung erfolgt in Verrechnungseinheiten (VE). Dieser Leistungsgruppe ist die Reinigung von Fenstern, Glastüren, Glastürkombinationen, verglaste Konstruktionen und Glasfassaden zuzuordnen.

Fenster, Glastüren, Glastürkombinationen, verglaste Konstruktionen und Glasfassaden, Stöcke bzw. Rahmen, Flügel, Fensterbretter, Parapetabdeckungen, ohne Unterschied ob mit oder ohne Sprossenteilung werden nass gereinigt. Beschläge werden gereinigt und poliert.⁶²

Reinigungsnummer: 01.0210A

Flächennummer: 210A

⁶² [31] Langtext LV Reinigung, 2010, S.20

Tabelle 8.28 listet die Einheitspreis der einzelnen Stationen auf, Tabelle 8.29 die entsprechenden statistischen Kennwerte.

Station	Fläche m ²	EHP €/m ²	Station	Fläche m ²	EHP €/m ²
Alser Straße	1.360	1,20	Michelbeuern	427	1,20
Alt Erlaa	1.027	1,20	Museumsquartier	291	1,20
alte Donau	748	1,20	Nestroyplatz	969	1,36
Am Schöpfwerk	1.344	1,20	Neubaugasse	181	1,58
Aspern Straße	3.908	1,27	Neue Donau	2.853	1,20
Braunschweiggasse	1.336	1,57	Niederhofstraße	735	1,20
Burggasse	593	1,20	Nußdorfer Straße	1.338	1,20
Donauinsel	907	1,36	Ober St. Veit	638	1,57
Donaumarina	3.100	1,27	Ottakring	1.883	1,58
Donauspital	3.305	1,27	Perfekterstraße	815	1,20
Donaustadtbrücke	2.832	1,27	Philadelphiabrücke	1.145	1,20
Dresdner Straße	1.256	1,20	Pilgramgasse	665	1,20
Enkplatz	717	1,20	Praterstern	5.745	1,36
Erdberg	1.104	1,20	Rathaus	970	1,20
Erlaaer Straße	916	1,20	Reumannplatz	792	1,20
Floridsdorf	4.276	1,20	Rochusgasse	811	1,20
Friedensbrücke	420	1,20	Roßauer Lände	804	1,20
Gasometer	1.737	1,20	Schlachthausgasse	1.080	1,20
Gumpendorfer Straße	782	1,20	Schönbrunn	774	1,57
Handelskai	9.520	1,20	Schottenring	1.174	1,20
Hardeggasse	2.371	1,27	Schottentor	627	1,20
Heiligenstadt	2.239	1,20	Schwedenplatz	842	1,36
Herrengasse	58	1,36	Schweglerstraße	841	1,58
Hietzing	263	1,57	Siebenhirten	856	1,20
Hütteldorf	993	1,57	Simmering	1.682	1,20
Hütteldorfer Straße	888	1,58	Spittelau	6.548	1,20
Jägerstraße	510	1,20	Stadion	2.523	1,36
Johnstraße	540	1,58	Stadlau	2.235	1,27
Josefstätter Straße	790	1,20	Stadtpark	167	1,36
Kagran	837	1,20	Stephansplatz	600	1,36
Kaisermühlen	1.042	1,20	Stubentor	667	1,36
Kardinal Nagl Platz	668	1,20	Südtiroler Platz	377	1,20
Karlsplatz	215	1,36	Taborstraße	332	1,36
Karlsplatz Passage	508	1,36	Taubstummengasse	363	1,20
Kendlerstraße	659	1,58	Thaliastraße	3.171	1,20
Keplerplatz	463	1,20	Tscherttegasse	407	1,20
Kettenbrückengasse	705	1,20	Unter St. Veit	1.049	1,57
Krieau	1.783	1,36	Volkstheater	782	1,20
Landstraße	155	1,36	Vorgartenstraße	612	1,36
Längenfeldgasse	1.132	1,20	Währinger Straße	732	1,20
Margarethengürtel	683	1,20	Westbahnhof	1.229	1,58
Meidlinger Hauptstraße	625	1,57	Zieglergasse	570	1,58
Messe Prater	1.500	1,36	Zippererstraße	1.194	1,20

Tabelle 8.28 Einheitspreise der Reinigungsnummer 210A

Mittelwert	1.318	m ²	1,30	€/m ²
Median	839	m ²	1,20	€/m ²
Streuung	1.450	m ²	0,14	€/m ²
Max	9.520	m ²	1,58	€/m ²
Min	58	m ²	1,20	€/m ²

Tabelle 8.29: Kennwerte der Reinigungsnummer 210A

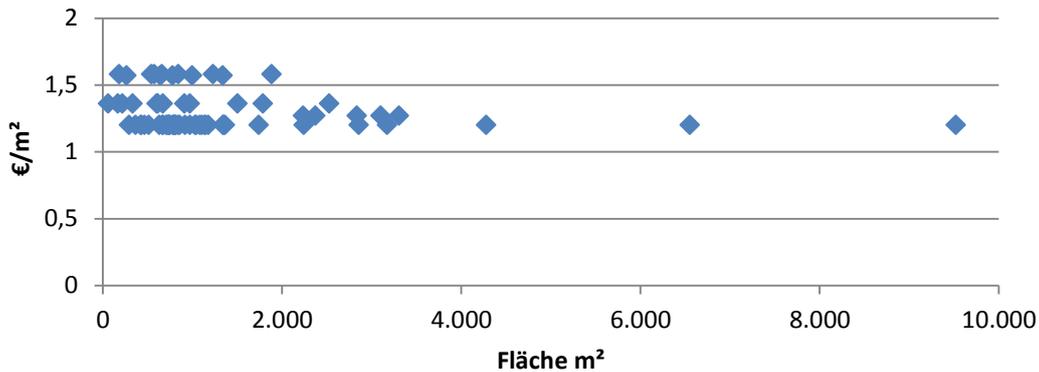


Abbildung 8.20: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 210A

In Abbildung 8.20 könnte man einen fallenden Trend bei steigenden Flächen erkennen. Größere Flächen führen scheinbar zu niedrigeren Einheitspreisen. Diese These kann jedoch nicht manifestiert werden, da die Dichte der Datenpunkte vor allem im oberen Bereich zu gering ist und aufgrund der Daten von einem konstanten Verlauf auszugehen ist.

Abbildung 8.21 zeigt die Einheitspreis in Abhängigkeit des Baujahres, sowie der Ausbauphase.

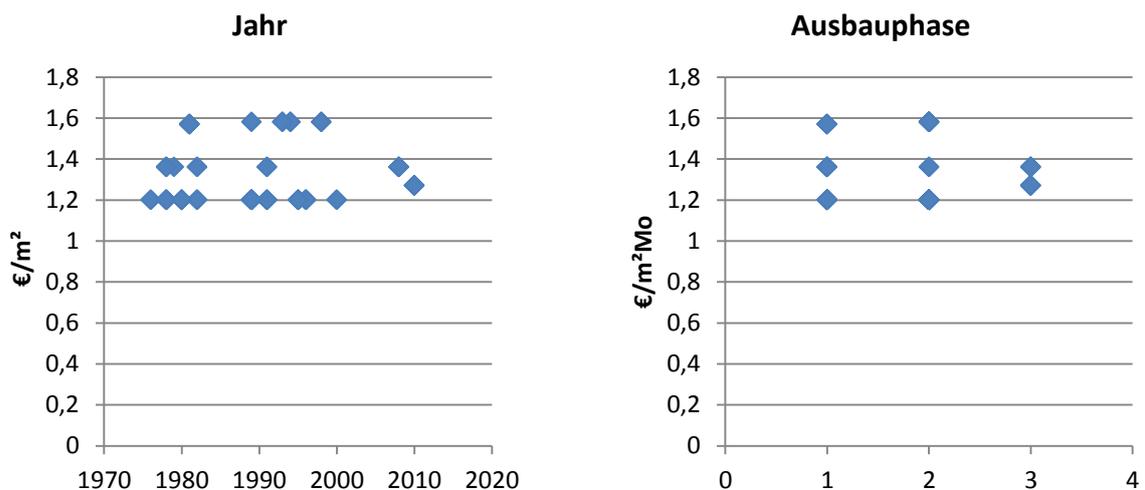


Abbildung 8.21: Reinigung 210A Ausbauphase Baujahr

Die Reinigung der Glasflächen ist im Durchschnitt günstiger geworden, die Gründe sind auf Basis der vorliegenden Daten nicht verifizierbar.

Die Fläche der Glasflächen nimmt jedoch im Durchschnitt zu (siehe Abbildung 8.22). Den höchsten Wert erreicht die Station *Handelskai* mit über 9.500 m² Glasfläche. Der Anteil der Glasfläche richtet sich maßgebend nach der Situierung der Station. Stationen in Hochlage weisen in der Regel höhere Glasanteile auf als in Tieflage. Ein langfristiger Trend zu mehr Glas ist jedoch anzunehmen.

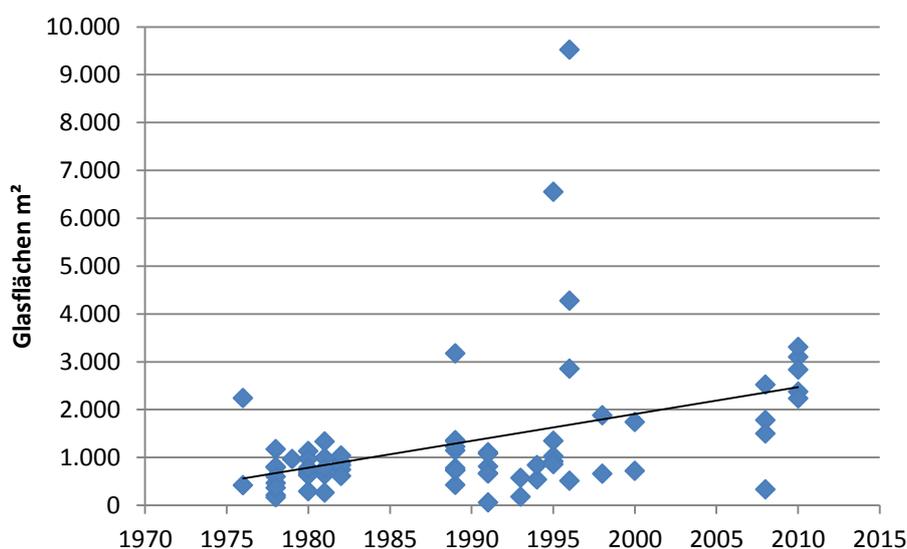


Abbildung 8.22: Entwicklung des Glasflächenanteils in Abhängigkeit des Baujahres

Da die Glasreinigung 6-mal im Jahr durchgeführt wird und der durchschnittliche Einheitspreis bei 1,30 €/m² liegt, verursacht diese Position jährliche Kosten in Höhe von **7,80 €/m²a**.

8.3.2.7 Aufzahlung auf Nachreinigung

*Diese Position ist auf Anforderung voraussichtlich sechsmal jährlich von 20.00 Uhr bis 6.00 Uhr durchzuführen. Die Abrechnung erfolgt in Verrechnungseinheiten (VE).*⁶³

Aufzahlung auf Position 01.0210A.

Reinigungsnummer: 01.0210B

Tabelle 8.30 listet die die statistischen Kennwerte der Reinigungsnummer 210B auf.

Mittelwert	592	m ²	1,82	€/m ²
Median	372	m ²	1,68	€/m ²
Streuung	609	m ²	0,26	€/m ²
Max	3.172	m ²	2,38	€/m ²
Min	0	m ²	1,62	€/m ²

Tabelle 8.30: Kennwerte der Reinigungsnummer 210B

⁶³ [31] Langtext LV Reinigung, 2010, S.20

Aus den vorliegenden Daten lassen sich die Einheitspreise in Tabelle 8.31 ableiten.

Station	Fläche m ²	EHP €/m ²	Station	Fläche m ²	EHP €/m ²
Alser Straße	96	1,62	Michelbeuern	240	1,62
Alt Erlaa	804	1,62	Museumsquartier	312	1,68
alte Donau	48	1,68	Nestroyplatz	210	1,81
Am Schöpfwerk	372	1,62	Neubaugasse	868	2,38
Aspern Straße	295	1,78	Neue Donau	288	1,68
Braunschweigasse	154	2,36	Niederhofstraße	251	1,62
Burggasse	224	1,62	Nußdorfer Straße	166	1,62
Donauinsel	-	1,81	Ober St. Veit	348	2,36
Donaumarina	848	1,78	Ottakring	628	2,38
Donauspital	1.522	1,78	Perfekterstraße	272	1,62
Donaustadtbrücke	785	1,78	Philadelphiabrücke	597	1,62
Dresdner Straße	590	1,68	Pilgramgasse	438	1,68
Enkplatz	573	1,68	Praterstern	1.490	1,81
Erdberg	946	1,68	Rathaus	162	1,68
Erlaaer Straße	408	1,62	Reumannplatz	265	1,68
Floridsdorf	464	1,68	Rochusgasse	458	1,68
Friedensbrücke	442	1,68	Roßauer Lände	268	1,68
Gasometer	580	1,68	Schlachthausgasse	523	1,68
Gumpendorfer Straße	50	1,62	Schönbrunn	354	2,36
Handelskai	1.760	1,68	Schottenring	996	1,68
Hardeggasse	1.420	1,78	Schottentor	185	1,68
Heiligenstadt	1.000	1,68	Schwedenplatz	162	1,81
Herrngasse	453	1,81	Schweglerstraße	1.122	2,38
Hietzing	372	2,36	Siebenhirten	306	1,62
Hütteldorf	186	2,36	Simmering	1.145	1,68
Hütteldorfer Straße	627	2,38	Spittelau	1.899	1,68
Jägerstraße	570	1,68	Stadion	3.172	1,81
Johnstraße	1.216	2,38	Stadlau	2.126	1,78
Josefstätter Straße	80	1,62	Stadtpark	372	1,81
Kagran	40	1,68	Stephansplatz	220	1,81
Kaisermühlen	278	1,68	Stubentor	425	1,81
Kardinal Nagl Platz	146	1,68	Südtiroler Platz	211	1,68
Karlsplatz	19	1,81	Taborstraße	800	1,81
Karlsplatz Passage	699	1,81	Taubstummeng.	197	1,68
Kendlerstraße	418	2,38	Unter St. Veit	178	2,36
Keplerplatz	319	1,68	Volkstheater	1.208	1,68
Kettenbrückengasse	336	1,68	Vorgartenstraße	244	1,81
Krieau	2.842	1,81	Währinger Straße	140	1,62
Landstraße	102	1,81	Westbahnhof	2.037	2,38
Längenfeldgasse	158	1,62	Zieglergasse	526	2,38
Margarethengürtel	458	1,68	Zippererstraße	900	1,68
Meidlinger Hauptstraße	53	2,36			
Messe Prater	287	1,81			

Tabelle 8.31 Einheitspreise der Reinigungsnummer 210B

Der Mittelwert liegt mit 1,82 €/m² deutlich über dem Median. Das liegt vor allem an dem hohen Maximum von 2,38 €/m².

Abhängigkeit von der Fläche

Abbildung 8.23 zeigt den Zusammenhang zwischen Einheitspreis und zu reinigender Fläche, Abbildung 8.24 jenen zwischen Einheitspreis und Baujahr bzw. Ausbauphase.

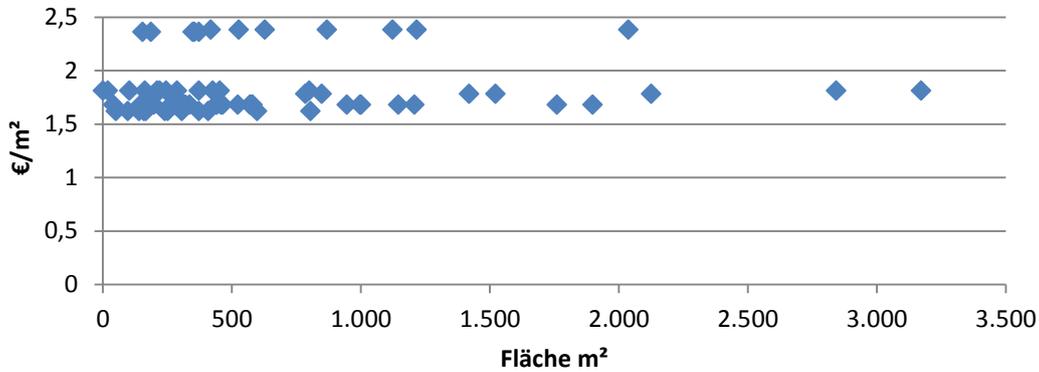


Abbildung 8.23: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 210B

Es existiert kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Fläche und dem Einheitspreis.

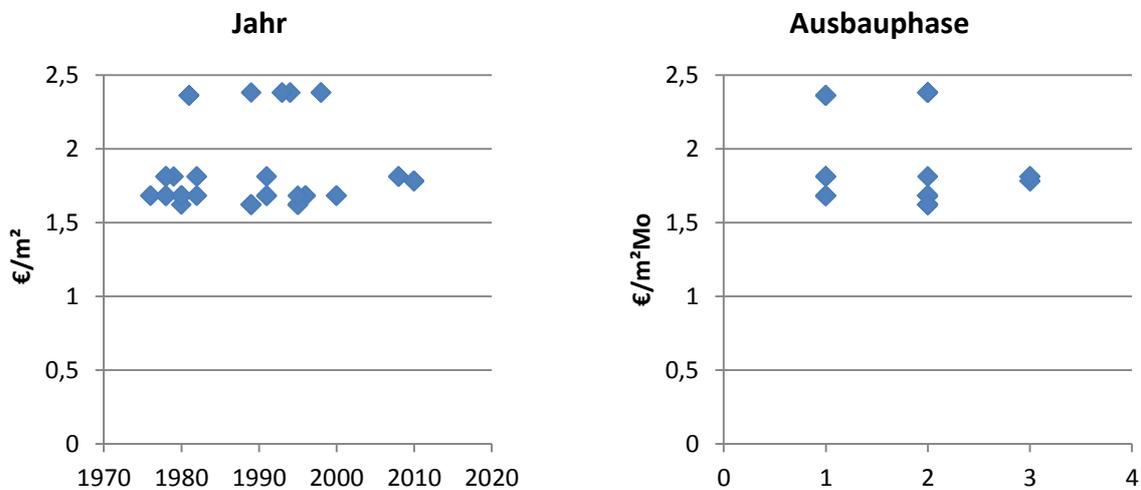


Abbildung 8.24: Reinigung 210A Ausbauphase Baujahr

Es kann kein signifikanter Zusammenhang zwischen Baujahr und Einheitspreis festgestellt werden. Die Schwankungen sind nicht auf technische Randbedingungen zurückzuführen.

8.3.2.8 Übersicht der Einheitspreise

Die restlichen Reinigungskosten können über die Einheitspreise der Tabelle 8.32 ermittelt werden. Die entsprechenden Flächen werden auf Basis von Plänen berechnet und als Grundlage zur LCC Simulation herangezogen.

8 Kosten

Positionstext	Einheit	LGPosNr	Rechnung	Mittel	Max	Min	s	s in % Mittel	x pro Jahr
Tägl. Reinigung Verkehrsflächen-Nacht	€/m²Mo	01.0101A	3.344.933,16	1,30	1,46	1,10	0,12	9%	
Verkehrsflächen waschen	€/m²	01.02010	2.097.319,22	0,19	0,22	0,12	0,03	18%	52
Tägl. Reinigung Verkehrsflächen-Tag	€/m²Mo	01.0102A	1.240.410,30	0,63	0,69	0,60	0,02	4%	
Wandflächen waschen	€/m²	01.02020	601.900,38	0,32	0,50	0,22	0,10	31%	12
Glasfassaden u. Glasflächen reinigen	€/m²	01.0210A	454.587,89	1,30	1,58	1,20	0,14	11%	6
Tgl. R. d. Vf. inkl. Abfalltrennung - Tag	€/m²Mo	01.0102B	408.853,19	0,72	0,74	0,69	0,02	3%	
Aufzahlung auf Nachtreinigung	€/m²	01.0210B	392.103,54	1,82	2,38	1,62	0,26	14%	6
Deckenuntersichten u. Leuchtbänder reinigen	€/m²	01.02060	374.043,04	1,63	1,75	1,30	0,11	7%	2
Tägliche Stationsbetreuung Passagendienst	€/h	01.0102C	236.373,76	20,55	21,25	18,44	1,41	7%	
Reinig. der Dienst-u. Sanitärräume - 6 Tage	€/m²Mo	01.01050	220.785,93	2,78	2,89	2,27	0,17	6%	
Aufz. ASP-Beläge einpflegen	€/m²	01.02130	150.955,55	2,31	3,00	2,04	0,38	16%	
Revisions- und Abstellhallen	€/m²	01.1101A	122.807,69	1,07	1,07	1,07	0,00	0%	
Reinig. d. Dienst-u. Sanitärräume-3x/Woche	€/m²Mo	01.01070	114.010,95	1,45	1,52	1,30	0,05	4%	
Verkehrsflächen waschen	€/m²	01.22010	79.964,26	0,18	0,18	0,18	0,00	0%	52
Nebenträume reinigen	€/m²	01.03010	64.154,15	0,46	0,56	0,38	0,04	9%	
Reinigung Verkehrsfl.-Tag	€/m²Mo	01.11020	42.856,03	0,28	0,28	0,28	0,00	0%	
Reinig. d. Dienst-u. Automatenräume-2x/Mo	€/m²Mo	01.01080	32.419,66	1,31	1,48	1,02	0,16	12%	
Aufz. LGK masch. Grundreinigung	€/m²	01.02110	25.691,01	2,32	2,48	2,14	0,13	6%	
Glasfassaden reinigen-Nacht	€/m²	01.2210B	24.747,00	1,17	1,17	1,17	0,00	0%	6
Reinig. d. Dienst-u. Automatenräume-1x/Mo	€/m²Mo	01.01090	21.844,90	0,67	0,71	0,51	0,07	10%	
Wandflächen waschen	€/m²Mo	01.22020	16.666,41	0,24	0,24	0,24	0,00	0%	
Nachtsperren reinigen	€/ST	01.02090	16.092,47	37,52	52,38	28,45	8,35	22%	
Rein.Dienst-Aufenthalts-Sozial-Sanitär.6Tg	€/m²Mo	01.0105A	15.993,92	3,02	3,02	3,02	0,00	0%	
Glasfassaden reinigen-Tag	€/m²	01.2210A	13.893,84	0,90	0,90	0,90	0,00	0%	6
Fassaden waschen	€/m²	01.02040	12.875,32	1,56	1,68	1,38	0,08	5%	
U-Bahn-Symbole reinigen	€/ST	01.02070	12.478,20	28,18	29,55	27,33	0,86	3%	
Reinigung Dienst- und Sanitärräume	€/m²Mo	01.11050	8.568,26	1,41	1,41	1,41	0,00	0%	
Graffiti entfernen über 1m² - Tag	€/m²	01.0302A	7.665,98	13,55	19,32	11,80	2,82	21%	
Glasflächen reinigen-Nacht	€/m²	01.2210D	5.713,08	1,17	1,17	1,17	0,00	0%	
Leitsysteme reinigen	€/ST	01.02080	4.756,78	103,79	130,06	85,00	14,53	14%	
Glasflächen reinigen-Tag	€/m²	01.2210C	4.000,01	0,90	0,90	0,90	0,00	0%	6
Reinigung Dienst- und Sanitärräume	€/m²Mo	01.11070	2.056,28	0,71	0,71	0,71	0,00	0%	
Deckenuntersichten reinigen	€/m²	01.22060	1.435,19	0,21	0,21	0,21	0,00	0%	2
Nebenträume reinigen	€/m²	01.33301	1.345,78	0,11	0,11	0,11	0,00	0%	
Reinigung Dienst- und Automatenräume	€/m²Mo	01.11080	1.113,73	1,18	1,18	1,18	0,00	0%	
Graffiti entfernen über 1 m2-Tag	€/m²	02.04301	447,14	5,00	5,00	5,00	0,00	0%	
Aufz. LGK maschinelle Grundreinigung	€/m²	01.22110	356,63	1,00	1,00	1,00	0,00	0%	
Aufz. KLI masch. Grundreinigung	€/m²	01.02140	206,87	2,00	2,00	2,00			
U-Bahn-Symbole reinigen	€/ST	01.22070	130,16	6,04	6,04	6,04	0,00	0%	
Graffiti über 1 m2-Nacht	€/m²	02.04302	113,13	7,50	7,50	7,50	0,00	0%	
Leitsysteme reinigen	€/ST	01.22080	60,83	9,41	9,41	9,41	0,00	0%	
Nachtsperre reinigen	€/ST	01.22090	50,68	5,88	5,88	5,88	0,00	0%	
Winterl. Betreuung der Verkehrsflächen-Tag	€/h	01.0101B	0,00	20,62	21,26	19,84	0,51	2%	
Winterl. Betreuung der Verkehrsfl. - Nacht	€/h	01.0101C	0,00	28,49	31,50	27,37	0,98	3%	
Abwaschbare Wände	€/m²	01.1101B	0,00	1,09	1,09	1,09	0,00	0%	
Winterl. Betreuung Verkehrsfl.-Tag	€/h	01.1101C	0,00	14,70	14,70	14,70	0,00	0%	
Winterl. Betreuung Verkehrsfl.-Nacht	€/h	01.1101D	0,00	31,03	31,03	31,03	0,00	0%	
Aufz. TEX Belege sprühextrahieren	€/m²	01.02120	0,00	3,67	3,67	3,67	0,00	0%	
Graffiti entfernen über 1m² - Nacht	€/m²	01.0302B	0,00	19,00	25,70	15,93	3,60	19%	
Maschinelle Grundreinigung Fliesen	€/m²	01.02150	0,00	2,33	2,33	2,33	0,00	0%	
Wendeanlagen reinigen	€/m²Mo	01.02170	0,00	0,07	0,16	0,02	0,05	76%	

Tabelle 8.32: Einheitspreise aller Reinigungsleistungen

Bei Einheitspreisen in €/m² wird in einer gesonderten Spalte der derzeitige Reinigungszyklus angegeben.

Die analysierten Einheitspreise + Reinigungszyklus ermöglichen eine fundierte Basis, um die Reinigungskosten von U-Bahn-Stationen prognostizieren zu können. Als Preissteigerung empfiehlt der Autor den Tariflohnindex heranzuziehen, da die Reinigungsleistung überwiegend vom Lohnanteil bestimmt ist.

Für eine erste Abschätzung kann ein Wert von **23,17 €/m²a** angesetzt werden. Dieser entspricht dem Mittelwert aller Stationen.

Um die Reinigungskosten reduzieren zu können, sind folgende Maßnahmen denkbar:

- Reduzierung des Reinigungszyklus
- Reduzierung der zu reinigenden Flächen

Die Reduktion des Reinigungszyklus hat jedoch negative Auswirkungen auf die Qualität der Reinigung und sollte daher nach Meinung des Autors vermieden werden. Die einzig verbleibende Möglichkeit besteht daher darin, die zu reinigenden Flächen auf ein Minimum zu reduzieren, ohne den Komfort der Fahrgäste wesentlich zu beschränken.

8.4 Bauliche Instandhaltung

Zuständig für die bauliche Erhaltung ist die Abteilung B65 (Hoch- und Tiefbau) der Wiener Linien. Zur Instandhaltung zählen alle notwendigen Maßnahmen, um den üblichen Gebrauchszustand zu erhalten.

Mit der Instandhaltung wird der ordnungsgemäße Zustand von vorhandenen Anlagen (Leistungsfähigkeit, Sicherheit usw.) erhalten bzw. wiederhergestellt. Es wird keine Verbesserung gegenüber dem Neuzustand der Anlage erreicht.⁶⁴

8.4.1 Daten

Seit 2003 werden Rechnungen innerhalb der Wiener Linien im SAP-System erfasst. Diese Daten stellen die Basis der weiteren Untersuchungen dar. Aus dieser Erfassung können wertvolle Informationen über die entstandenen LCC gewonnen werden.

Grundsätzlich werden bei den Wiener Linien folgende Bereiche unterschieden:

- Instandhaltung
- Erneuerung
- Sonderfinanzierung

Die entsprechenden Aufwendungen dieser Bereiche werden im SAP getrennt erfasst und können daher auch getrennt voneinander ausgewertet werden. In diesem Kapitel werden ausschließlich die Aufwendungen für die reine Instandhaltung analysiert.

⁶⁴ [20] RVS 02.01.14 Ausgabe September 2012, S.4

8.4.1.1 Datenstruktur im SAP

Im SAP werden Stationen nur gruppenweise erfasst. Jede Stationsgruppe (3-12 Stationen) hat eine eigene CO-Nummer. Diese wird auf jeder Rechnung vermerkt und dient dazu, Aufwendungen entsprechend zuzuordnen. Eine Auswertung der Kosten beschränkt sich daher in erster Linie auf eine Stationsgruppe. Aus diesem Grund ist die Gliederung der CO-Nummern entscheidend für die Tiefe der Kostenanalyse und wird in der Folge detailliert beschrieben.

Knotenstationen weisen im Gegensatz zu den restlichen Stationen eine eigene CO-Nummer auf und können daher getrennt analysiert werden. In den folgenden Abbildungen ist diese Kostenstruktur der Instandhaltung übersichtlich dargestellt.

Die Zuordnung der CO-Nummern wurden von den Wiener Linien zur Verfügung gestellt.⁶⁵

CO-Nummern der Linie U1

PSP-Element	PSP-Element Bezeichnung	Örtlichkeit	CO-Nummer	Referent
41.65.76411	U1	U1 Reumannplatz U1 Keplerplatz U1 Südtiroler Platz U1 Taubstummengasse U1 Nestroyplatz U1 Vorgartenstraße U1 Donauinsel	46004450	Widl
41.65.76411	U1	U1 Kaisermühlen - Vienna Int. Centre U1 Alte Donau U1 Kagran U1 Kagraner Platz U1 Rennbahnweg U1 Aderklaaer Straße U1 Großfeldsiedlung U1 Leopoldau	46006858	Siegl
41.65.76411	U1	Projekt: U1 - Stahlkonstruktion Bahnsteige	46006858	Siegl

⁶⁵ Daten\2011-12-07 Haller\Nr. 11 - 01.01.2011 - 31.12.2011 - SAP 05.12.2011.xls Daten

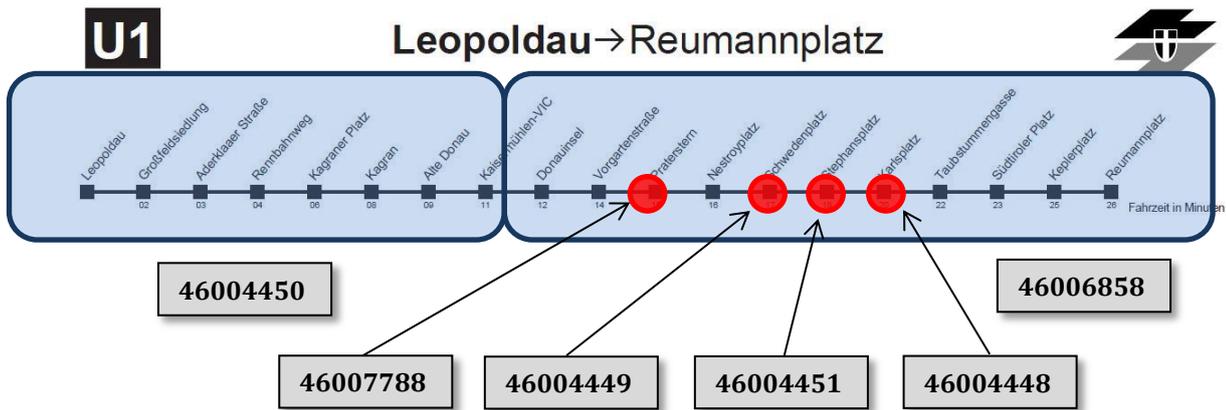


Abbildung 8.25: CO Nummern Linie U1

CO-Nummern der Linie U2

PSP-Element	PSP-Element Bezeichnung	Örtlichkeit	CO-Nummer	Referent
41.65.76411	U2	U2 Museumsquartier U2 Rathaus U2 Schottentor	46004399	Siegl
41.65.76411	U2	U2 Taborstraße U2 Messe Prater U2 Krieau U2 Stadion U2 Donaumarina U2 Donaustadtbrücke U2 Stadlau U2 Hardeggasse U2 Donauspital U2 Aspernstraße	46007785	Widl

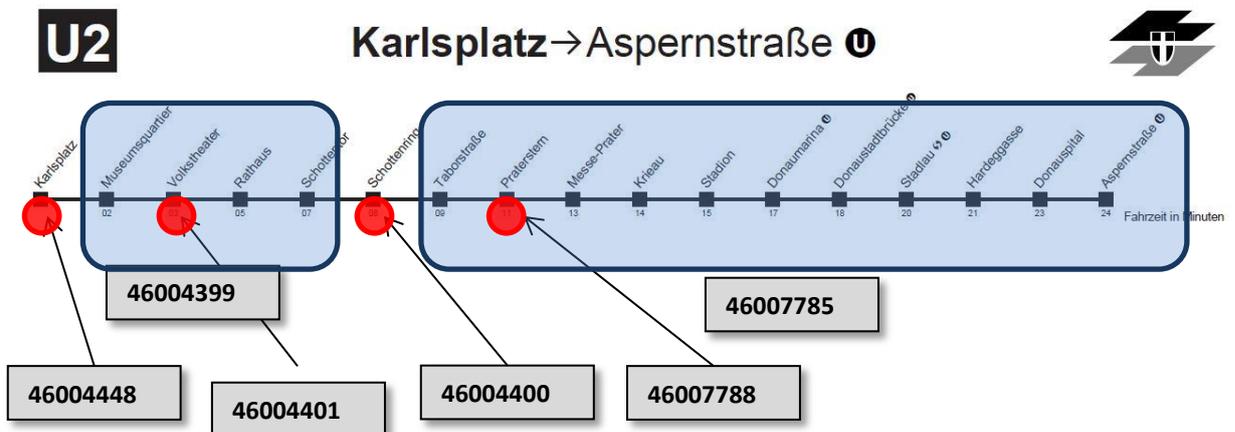


Abbildung 8.26: CO Nummern Linie U2

CO-Nummern der Linie U3

PSP-Element	PSP-Element Bezeichnung	Örtlichkeit	CO-Nummer	Referent
41.65.76411	U3	U3 Simmering U3 Enkplatz U3 Zippererstraße U3 Gasometer U3 Erdberg U3 Schlachthausgasse U3 Kardinal-Nagl-Platz U3 Rochusgasse U3 Stubentor U3 Herrengasse	46004453	Widl
41.65.76411	U3	U3 Neubaugasse U3 Zieglergasse U3 Schweglerstraße U3 Johnstraße U3 Hütteldorfer Straße U3 Kendlerstraße U3 Ottakring	46004369	Olt
41.65.76411	U3	Projekt: U3 Ottakring - Dachsanierung	46004369	Olt

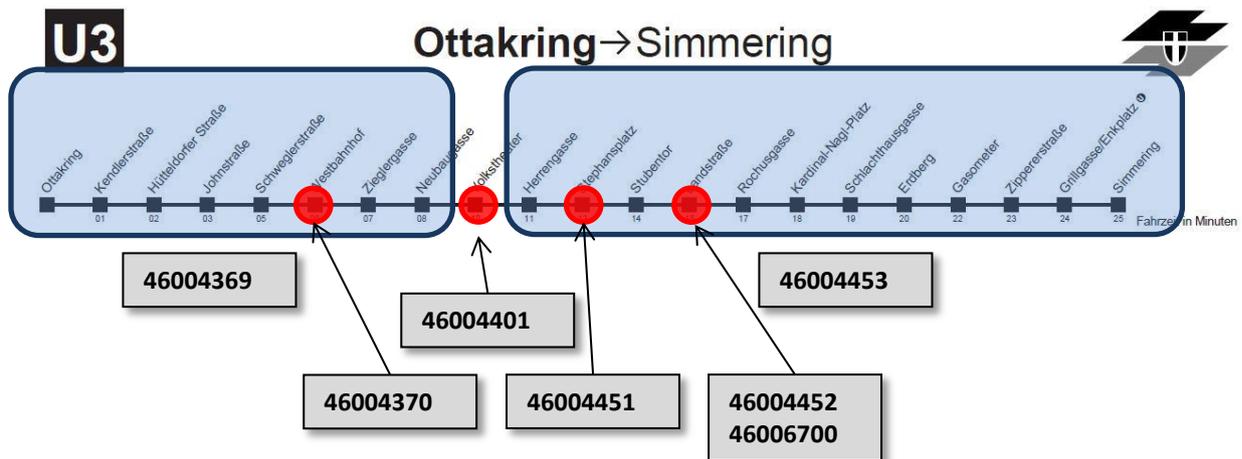


Abbildung 8.27: CO Nummern Linie U3

CO-Nummern der Linie U4

PSP-Element	PSP-Element Bezeichnung	Örtlichkeit	CO-Nummer	Referent
41.65.76411	U4	U4 Hütteldorf U4 Ober-Sankt-Veit U4 Unter-Sankt-Veit U4 Braunschweigasse U4 Hietzing U4 Schönbrunn U4 Meidlinger Hauptstraße	46004362	Olt
41.65.76411	U4	U4 Margaretengürtel U4 Pilgramgasse U4 Kettenbrückengasse U4 Stadtpark	46004447	Widl
41.65.76411	U4	U4 Roßauerlände U4 Friedensbrücke U4 Heiligenstadt	46004402	Siegl

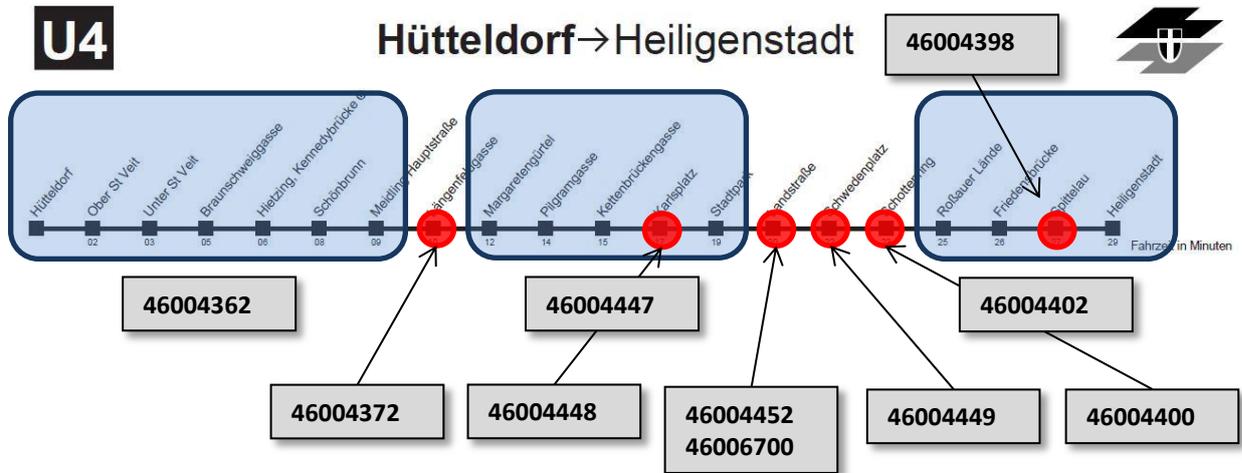


Abbildung 8.28: CO Nummern Linie U3

CO-Nummern der Linie U6

PSP-Element	PSP-Element Bezeichnung	Örtlichkeit	CO-Nummer	Referent
41.65.76431	U6	U6 Floridsdorf U6 Neue Donau U6 Handelskai U6 Dresdnerstraße U6 Jägerstraße U6 Nußdorfer Straße U6 Währinger Straße U6 Michelbeuern - Allg. Krankenhaus U6 Alser Straße U6 Josefstädter Straße U6 Thaliastraße U6 Burggasse	46004397	Siegl
41.65.76431	U6	Projekt: U6 - Hauptinspektionen	46010110	Siegl
41.65.76431	U6	U6 Gumpendorfer Straße U6 Niederhofstraße U6 Philadelphiabrücke U6 Tscherttegasse U6 Am Schöpfwerk U6 Alterlaa U6 Erlaaerstraße U6 Perfektastraße U6 Siebenhirten	46004371	Olt

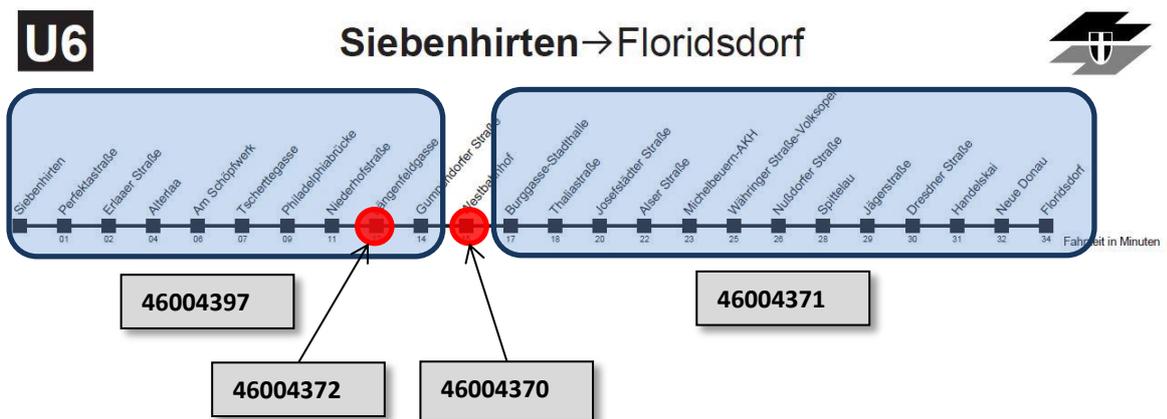


Abbildung 8.29: CO Nummern Linie U3

CO-Nummern der Knotenpunkte

Knotenstationen weisen im Gegensatz zu den restlichen Stationen eine eigene CO-Nummer auf. Aus diesem Grund ist hier eine klare Abgrenzung der Kosten möglich.

PSP-Element	PSP-Element Bezeichnung	Örtlichkeit	CO-Nummer	Referent
41.65.76411	Knotenpunkte	U1/U4 Schwedenplatz	46004449	Widl
41.65.76411	Knotenpunkte	U1/U2 Praterstern	46007788	Widl
41.65.76411	Knotenpunkte	U1/U2/U4 Karlsplatz	46004448	Widl
41.65.76411	Knotenpunkte	Projekt: U1/U2/U4 Karlsplatz - San. Oberfläche	46004448	Widl
41.65.76411	Knotenpunkte	U2/U4 Schottenring	46004400	Siegl
41.65.76411	Knotenpunkte	U3/U2 Volkstheater	46004401	Siegl
41.65.76411	Knotenpunkte	U3/U4 Landstraße	46004452 46006700	Widl
41.65.76411	Knotenpunkte	Projekt: U3/U4 Landstraße - Neuh. Einlaufgitter	46004452	Widl
41.65.76411	Knotenpunkte	U3/U1 Stephansplatz	46004451	Widl
41.65.76411	Knotenpunkte	U6/U4 Spittelau	46004398	Siegl
41.65.76431	Knotenpunkte	U6/U4 Längenfeldgasse	46004372	Olt
41.65.76431	Knotenpunkte	Projekt: U6/U4 Längenfeldg. - Blindenleitsystem	46004372	Olt
41.65.76431	Knotenpunkte	U3/U6 Westbahnhof	46004370	Olt

Tabelle 8.33: CO Nummern Knotenpunkte

8.4.1.2 Dokumentierte Information

Zusätzlich zu den CO-Nummern werden eine Reihe an zusätzlichen Information dokumentiert. Jene Daten sind fett markiert, die für die Auswertung relevant sind:

- **Auftrag (CO Nummer, 6stellige Nummer)**
- **BuchDatum (Buchungsdatum)**
- **Kostenart (Nummer)**
- EinkBeleg (Einkaufsbeleg, 10stellige Nummer)
- Bestelltext
- **Wert/KWähr (Wert in €)**
- Bezeichnung (eventuell kurze Erläuterung)
- Beschreibung des Gegenkontos (Firmenbezeichnung)
- Belegdatum
- Belegkopftext (eventuell kurze Erläuterung)
- Belegnr (10-stellige Nummer)
- **Bezeichnung des Gegenkontos (Firmenbezeichnung)**
- Erfaßt am (Datum)
- Jahr
- Kostenartenbeschr. (Kostenartenbeschreibung, ausformuliert)
- Menge erf.
- RefBelegnr

- **Objekt (CO-Nummer)**
- ParObjkt (5-stellige Nummer)
- PartnerobjektBez (Beschreibung der CO-Nummer)
- PartObjkl
- UrspObjt
- UspObjektart

In der Tabelle 8.34 werden die relevanten Informationen für die Datenanalyse erläutert:

Bezeichnung	Erläuterung
Objekt (CO-Nummer)	Gibt Auskunft über die räumliche Zuordnung des Aufwandes (Stationsgruppe).
Bezeichnung des Gegenkontos (Firmenbezeichnung)	Bezeichnet die entsprechende Firma.
Wert/KWähr (Wert in €)	Aufwand in €
Kostenart (Nummer)	Gibt die Kostenart des Aufwandes an.
BuchDatum (Buchungsdatum)	Gibt das Buchungsdatum des Aufwandes an

Tabelle 8.34: Erläuterung der Bezeichnungen im SAP

8.4.2 Datenauswertung

8.4.2.1 Abgrenzung der Kostenarten

Aus der Finanzbuchhaltung wurden entsprechend der CO-Nummern Kosten erhoben. Nach Rücksprache mit dem zuständigen Fachreferenten, DI Olt, stellte sich jedoch heraus, dass abhängig von der Kostenart nur ein prozentueller Anteil der Instandhaltung der Station zuzuordnen ist. Aus diesem Grund war es notwendig die gebuchten Aufwendungen entsprechend abzugrenzen. In Absprache mit der Fachabteilung wurden folgende Prozentsätze festgelegt:

Kostenart	Anteil a_i	Erläuterung
540411	30%	Hilfsmaterial allgemein
540401	10%	Material für Hoch-, Tief- und Gleisbau
721470	100%	Fremdl.Instandh.Gebäudeversorgungsanlage
721405	100%	Fremdleistung, Instandhaltung, Gebäude G
730000	20%	Transporte durch Dritte
775010	80%	Prüfungs-und Beratungsaufwand
9460020	100%	LV Überwachung (LA 60020)
9460021	10%	LV Werkstättenleistung (LA 60021)
9460052	100%	LV Instandhaltung B65 (LA 60052)
540401	100%	Material für Hoch-, Tief- und Gleisbau
540402	100%	Material für Kraftfahrzeuge
540403	100%	Material für Maschinen und Geräte
540411	100%	Hilfsmaterial allgemein
540412	100%	Elektromaterial
540413	100%	Gummiwaren
540414	100%	Metall- u. Blechmaterial
551000	100%	Verbrauch Dienst- und Arbeitskleider

Tabelle 8.35: Zuweisung der Instandhaltungskosten

8 Kosten

Kostenart	Anteil a_i	Erläuterung
726000	100%	Reinigung durch Dritte
730000	100%	Transporte durch Dritte
761000	100%	Druckkosten
775010	100%	Prüfungs-und Beratungsaufwand
785090	100%	Sonstige Leistungen durch Dritte
786401	100%	Sonstige Aufwendungen
9200003	100%	Werkmeister
9250003	100%	Materialgemeinkosten
9260001	100%	Materialgemeinkosten
9260002	100%	Fremdmaterialgemeinkosten
9400000	100%	LV Nichtanwesenheitszeiten (LA 10000)
9440080	100%	LV Maschinenzeit Piktogramme (LA 40080)
9440081	100%	LV Mannstunden Piktogramme (LA 40081)
9440085	100%	LV D Folie (LA 40085)
9440088	100%	LV G Folie (LA 40088)
9440089	100%	LV H Farben (LA 40089)
9440140	100%	LV Folie-MPI 3001, MD-3 (LA 40140)
9440142	100%	LV Folie-MPI 1001, SV 60 (LA 40142)
9440143	100%	LV Folie-Reflexfolie HEXIS (LA 40143)
9440144	100%	LV Folie/Platte MPI3001/Alu2mm(LA 40144)
9440145	100%	LV Folie/Platte MPI2001/Alu2mm(LA 40145)
9440148	100%	LV Folie/Platte MPI2001/Alu3mm(LA 40148)
9460004	100%	LV Streckenleistung (LA 60004)
9460022	100%	LV Werkstättenwägen (LA 60022)
9460046	100%	LV Werkstättenschreiber (LA 60046)
540415	100%	Öle und Fette
721400	100%	Fremdleistung, Instandhaltung, Brücken &
828030	100%	Verzugszinsenaufwand
9440147	100%	LV Folie/Platte MPI3001/Alu3mm(LA 40147)
9460047	100%	LV Aufsicht intern Substitut (LA 60047)
760000	100%	Büromaterial
785010	100%	EDV-Leistungen WienIT
785030	100%	Wäschereinigung
721410	100%	Fremdleist. zur Instandhaltung Fahrbahne
775000	100%	Beratungsl.-rechtl. inkl. Gerichtskosten
9440084	100%	LV C Alu/Magnet (LA 40084)
9440146	100%	LV Folie/Platte MPI2001/PVC4mm(LA 40146)
9200001	100%	Personalleistung
9440082	100%	LV A Platte (LA 40082)
9440083	100%	LV B Platte (LA 40083)
9460023	100%	LV Wkm Administration (LA 60023)
9460026	100%	LV Instandhaltung (LA 60026)
726010	100%	Aufwend. für Entsorgung von gefährlichen
9460018	100%	LV Einsatz Transportfahrzeug (LA 60018)
9460036	100%	LV LKW (LA 60036)
775020	100%	Überprüfungsarbeiten

Tabelle 8.35: Zuweisung der Instandhaltungskosten

Die Aufwendungen der Kostenarten berechnen sich daher wie folgt:

$$K_{ij} = k_{ij} \cdot a_i \quad (29)$$

K_{ij} ... Summe der Aufwendungen der Stationen einer Kostenart, einer CO Nummer, 01.01.2004-31.12.2010

k_{ij} ... Summe der Aufwendungen einer Kostenart, einer CO-Nummer, 01.01.2004-31.12.2010

a_{ij} ... Anteil der Instandhaltung Station

i ... Index der Kostenart $i = 1, \dots, 65$

j ... Index der CO-Nummer $j = 1, \dots, 24$

Summiert man die Aufwendungen der verschiedenen Kostenarten, erhält man die Instandhaltungskosten entsprechend der jeweiligen CO-Nummer (Stationsgruppe).

$$I_j = \sum_{i=1}^{65} K_{ij} \quad (30)$$

I_j ... Summe Instandhaltungskosten
01.01.2004-31.12.2010

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 8.36 dargestellt. Die ausgewerteten Daten entsprechen dem Zeitraum 01.01.2004-31.12.2010 (7 Jahre).

Örtlichkeit	CO-Nummer	Instandhaltung I_j [€] 7 Jahre
U1 Reumannplatz - Donauinsel	46004450	3.808.798,88
U1 Kaisermühlen - Vienna Int. Centre - Leopoldau	46006858	1.698.735,09
U2 Museumsquartier - Schottentor	46004399	943.991,07
U2 Taborstraße - Aspernstraße	46007785	442.038,63
U3 Simmering - Herrengasse	46004453	1.932.984,77
U3 Neubaugasse - Ottakring	46004369	2.291.803,93
U4 Hütteldorf - Meidlinger Hauptstraße	46004362	3.415.788,62
U4 Margaretengürtel - Stadtpark	46004447	1.340.932,26
U4 Roßauerländer - Heiligenstadt	46004402	1.299.430,54
U6 Floridsdorf - Burggasse	46004397	5.059.470,86
Projekt: U6 - Hauptinspektionen	46010110	0,00
U6 Gumpendorfer Straße - Siebenhirten	46004371	2.604.399,10
U1/U4 Schwedenplatz	46004449	942.745,23
U1/U2 Praterstern	46007788	311.573,98
U1/U2/U4 Karlsplatz	46004448	1.474.805,23
U2/U4 Schottenring	46004400	396.618,43
U3/U2 Volkstheater	46004401	632.800,59
U3/U4 Landstraße	46004452	348.696,65
U3/U4 Landstraße	46006700	0,00
Projekt: U3/U4 Landstraße - Neuh. Einlaufgitter	46004452	348.696,65
U3/U1 Stephansplatz	46004451	632.050,23
U6/U4 Spittelau	46004398	479.057,01
U6/U4 Längenfeldgasse	46004372	255.325,25
U3/U6 Westbahnhof	46004370	1.026.477,36

Tabelle 8.36: Instandhaltungskosten getrennt nach Streckenabschnitten (CO-Nummern)

Einige Auffälligkeiten sind der Tabelle 8.36 zu entnehmen. Auf die CO-Nummern 46010110 und 46006700 wurden keine Aufwendungen gebucht. Weiters ist zu erkennen, dass für die Station *Landstraße* neue Einlaufgitter angeschafft wurden und diese auf

eine eigene CO-Nummer gebucht wurden. Der Autor geht daher davon aus, dass diese Anschaffung keiner Instandhaltung, sondern einer Instandsetzung entspricht. Die Aufwendungen werden daher in den weiteren Auswertungen nicht mehr berücksichtigt.

8.4.2.2 Problematik Buchhaltungsstruktur – Baujahr der Stationen

Zuvor wurde beschrieben wie die Aufwendungen für die jeweiligen CO-Nummern berechnet wurden. Das Ergebnis kann jedoch nicht direkt interpretiert werden, da in den Stationsgruppen, Stationen aus unterschiedlichen Ausbauphasen sowie unterschiedlicher Randbedingungen (Hochlage, Tieflage) zusammengefasst sind. Diese Problematik ist in Abbildung 8.30 und Abbildung 8.31 dargestellt. In Abbildung 8.30 ist die Gruppierung nach Baujahr und in Abbildung 8.31 die Gruppierungen nach der Buchhaltungsstruktur erkennbar. Vergleicht man diese Abbildungen erkennt man, dass nahezu keine homogenen Stationsgruppen in der Buchhaltung bezogen auf das Baujahr existieren.

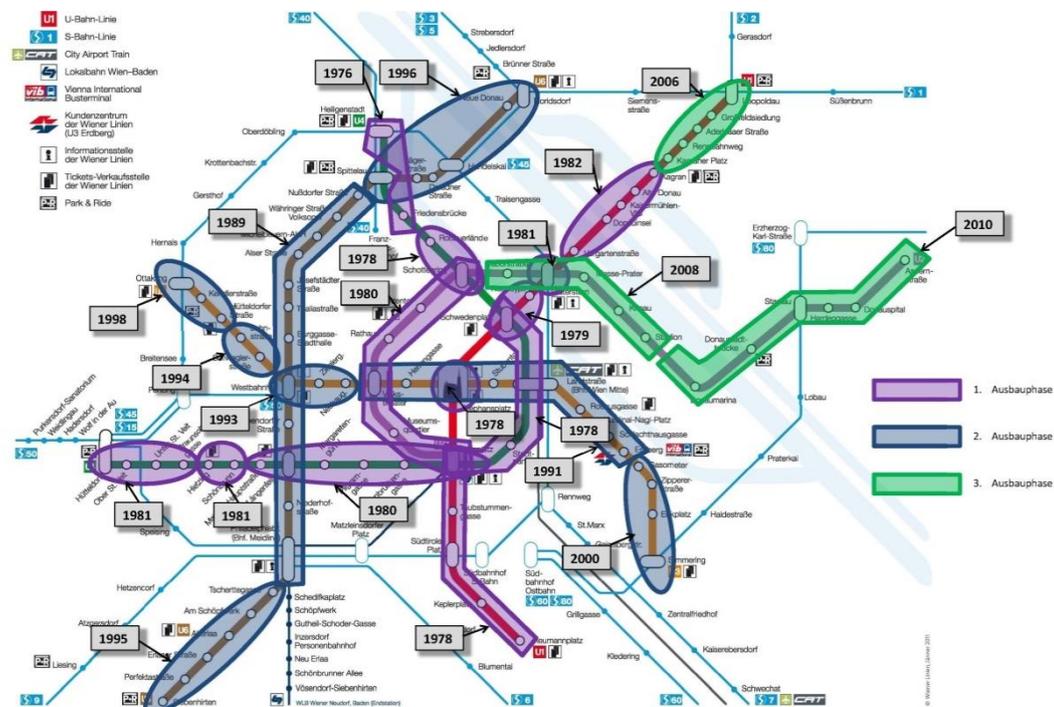


Abbildung 8.30: Übersicht der Stationen nach Baujahr

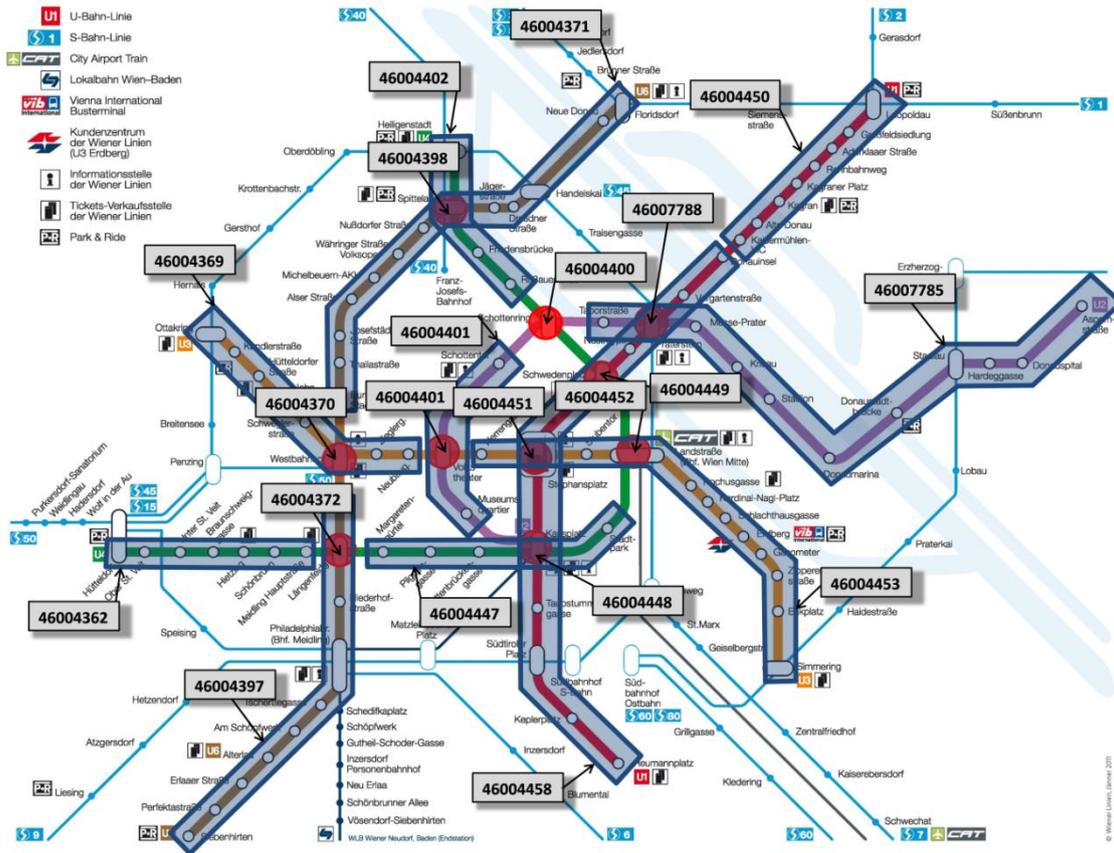


Abbildung 8.31: Übersicht der Stationen nach CO-Nummer

8.4.2.3 Jährlicher Instandhaltungsaufwand

Um einen Mittelwert für den jährlichen Instandhaltungsaufwand je Station zu erhalten, ist es notwendig, die unterschiedlichen Ausbauphasen innerhalb der Stationsgruppen zu berücksichtigen. Die Daten bilden einen Zeitraum von 01.01.2004-31.12.2010 ab. Es gibt jedoch Stationen, die erst nach dem 01.01.2004 errichtet wurden und daher Aufwendungen nur über einen kürzeren Zeitraum verursacht haben. Daher ist es notwendig, den angefallenen Aufwand durch die entsprechenden Stationsjahre zu dividieren.

Die folgenden Formeln verdeutlichen die Berechnungsschritte

I_j ... Summe Instandhaltungskosten 01.01.2004-31.12.2010

Zuerst müssen die Stationsjahre SJ jeder Station berechnet werden. Anhand des Baujahres BJ und der vorhandenen Daten werden diese wie folgt berechnet:

$$SJ_{js} = \begin{cases} BJ \leq 01.01.2004 \rightarrow SJ_{js} = 7 \\ BJ > 01.01.2004 \rightarrow SJ_{js} = \frac{31.12.2010 - BJ}{365} \end{cases} \quad (31)$$

s ... Index für die jeweilige Station $s = 1, \dots, 90$

Werden Stationsjahre SJ_s über die jeweiligen CO-Nummern addiert, erhält man die Summe Stationsjahre innerhalb einer Stationsgruppe (CO-Nummer) = SJ_j .

$$SJ_j = \sum_s SJ_{js} \quad \text{Summe aller Stationsjahre, die der jeweiligen Stationsgruppe } j \text{ entsprechen.} \quad (32)$$

Der mittlere jährliche Instandhaltungsaufwand je Station kann wie folgt berechnet werden:

$$Ij_j = \frac{I_j}{SJ_j} \quad \text{mittlerer jährlicher Instandhaltungsaufwand je Station} \quad (33)$$

Dividiert man nun den mittlere jährlichen Instandhaltungsaufwand durch die durchschnittliche Fläche der Stationsgruppe, erhält man einen durchschnittlichen jährlichen Instandhaltungsaufwand je m^2 IjA .

Dieser wird daher wie folgt berechnet:

A_{js} ... Fläche der jeweiligen Station

n_j ... Anzahl der Stationen einer Stationsgruppe

$$A_j = \sum_s A_{js} \quad \text{Summe der Flächen einer Stationsgruppe} \quad (34)$$

$$\bar{A}_j = \frac{A_j}{n_j} \quad \text{mittlere Stationsfläche einer Stationsgruppe} \quad (35)$$

$$IjA_j = \frac{Ij_j}{\bar{A}_j} \quad \text{mittlerer jährlicher Instandhaltungsaufwand je } m^2 \quad (36)$$

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 8.38 abgebildet.

Der durchschnittliche jährlich Instandhaltungsaufwand liegt zwischen 4,60 €/m²a (Station *Westbahnhof*) und 24,70 €/m²a (Abschnitt Margaretengürtel-Stadtpark). Dieser enorme Unterschied lässt sich nicht auf den ersten Blick erklären. In der weiteren Folge wird versucht, Ursachen für diese Unterschiede zu identifizieren.

Ein wesentlicher Unterschied in der Gestaltung der Station ist, ob es sich um eine Knotenstation oder um eine einfache Station handelt. Die Mittelwerte sind in der Tabelle 8.37 dargestellt.

Mittelwerte	€/m ² a	€/a
Station	13,29	50.401
Knotenstation	6,95	94.833

Tabelle 8.37: Kennwerte von Instandhaltungskosten in Abhängigkeit des Stationstyps

Wie zu erwarten liegen die absoluten Instandhaltungskosten der Knotenstation weit über denen einer einfachen Station. Dieser Umstand lässt sich vor allem durch die wesentlich größeren Flächen erklären. Während die absoluten Kosten der Knotenstationen (€/a) doppelt so hoch sind wie die einer einfachen Station, betragen die relativen Kosten (€/m²a) knapp die Hälfte. Das bedeutet, dass der flächenbezogene Instandhaltungsaufwand bei Knotenstationen wesentlich geringer ist als bei einfachen Stationen.

Mathematische Abkürzung	CO- Nummer	S_j		\bar{A}_j		A_j		$I_j A_j$		I_j	
		Stations- jahre	Durchschnitt Fläche Station m ²	Summe Fläche m ²	Instandhaltung €/m ² a	Instandhaltung	Instandhaltung	Instandhaltung	Instandhaltung	Instandhaltung	Instandhaltung
U1 Reumannplatz - Donauinsel	46004450	49	6.425	44.974	12,09	77.700,18	3.808.798,88				
U1 Kaisermühlen - Vienna Int. Centre - Leopoldau	46006858	43	5.113	40.908	7,79	39.814,96	1.698.735,09				
U2 Museumsquartier - Schottentor	46004399	21	3.543	10.628	12,68	44.934,37	943.991,07				
U2 Taborstraße - Aspernstraße	46007785	12	4.110	41.097	8,92	36.669,11	442.038,63				
U3 Simmering - Herrngasse	46004453	70	5.044	50.445	5,47	27.603,26	1.932.984,77				
U3 Neubaugasse - Ottakring	46004369	49	7.913	55.390	5,91	46.753,21	2.291.803,93				
U4 Hütteldorf - Meidlinger Hauptstraße	46004362	49	3.334	23.337	20,90	69.682,70	3.415.788,62				
U4 Margaretengürtel - Stadtpark	46004447	28	1.938	7.751	24,70	47.871,70	1.340.932,26				
U4 Roßauerlände - Heiligenstadt	46004402	21	3.549	10.647	17,43	61.853,44	1.299.430,54				
U6 Floridsdorf - Burggasse	46004397	84	3.900	46.796	15,44	60.208,23	5.059.470,86				
U6 Gumpendorfer Straße - Siebenhirten	46004371	63	2.786	25.075	14,83	41.323,49	2.604.399,10				
U1/U4 Schwedenplatz	46004449	7	12.263	12.263	10,98	134.625,20	942.745,23				
U1/U2 Praterstern	46007788	5	10.093	10.093	6,40	64.597,84	311.573,98				
U1/U2/U4 Karlsplatz	46004448	7	27.340	27.340	7,70	210.604,03	1.474.805,23				
U2/U4 Schottenring	46004400	7	6.006	6.006	9,43	56.637,61	396.618,43				
U3/U2 Volkstheater	46004401	7	12.833	12.833	7,04	90.364,72	632.800,59				
U3/U4 Landstraße	46004452	7	9.915	9.915	5,02	49.794,32	348.696,65				
U3/U1 Stephansplatz	46004451	7	12.562	12.562	7,19	90.257,56	632.050,23				
U6/U4 Spittelau	46004398	7	13.887	13.887	4,93	68.409,94	479.057,01				
U6/U4 Längenfeldgasse	46004372	7	5.846	5.846	6,24	36.460,77	255.325,25				
U3/U6 Westbahnhof	46004370	7	31.890	31.890	4,60	146.582,25	1.026.477,36				

Tabelle 8.38: Instandhaltungskosten unter der Berücksichtigung der Stationsjahre

Betrachtet man nur die Knotenstationen liegen die Aufwendungen in einem Bereich zwischen 4,60 €/m²a und 10,98 €/m²a. Die Bandbreite ist daher wesentlich geringer als bei einfachen Stationen (5,47 €/m²a bis 24,70 €/m²a), dennoch liegt ein Faktor 2 zwischen dem Minimum und dem Maximum.

Der jährliche Instandhaltungsaufwand je Station (ohne Knotenstationen) liegt zwischen 27.603 €/a und 77.700 €/a. Der Aufwand der Knotenstationen liegt zwischen 36.460 €/a (Station *Längenfeldgasse*) und 210.604 €/a (Station *Karlsplatz*).

Die Werte liegen weit auseinander und können ohne weitere Analyse nicht näher interpretiert werden. Die folgende Analyse soll dazu dienen, die Ursache dieser Unterschiede zu beleuchten bzw. Kategorien zu schaffen, um die Kosten zukünftiger Stationen prognostizieren zu können.

8.4.2.4 Verdichtung der Daten aufgrund von Erfahrungen

Da die Aufwendungen im SAP nur für Stationsgruppen dokumentiert sind, ist keine Aussage für einzelne Stationen auf dieser Basis möglich. In diesem Schritt wird versucht, die Erfahrungen des Fachreferenten einfließen zu lassen, um die Datenbasis zu verdichten. Es wurden aufgrund seiner Expertise Wichtungen der Kosten innerhalb einer Stationsgruppe vorgenommen und so versucht, die tatsächlichen Aufwendungen den einzelnen Stationen zuzuordnen. Die Wichtungen beziehen sich auf Aufwendungen pro Jahr und m² [€/m²a]. Diese Wichtungen basieren auf der langjährigen Erfahrung des Fachreferenten.

Im ersten Schritt wurden prozentuelle Wichtungen innerhalb der Stationsgruppen festgelegt. Dieser relative Wichtungsfaktor wird mit f_{js} bezeichnet. Da die Stationen unterschiedlich groß sind muss die Fläche bei der Wichtung berücksichtigt werden.

Als nächstes wird die fiktive Fläche jeder Station berechnet. Diese ergibt sich aus dem Produkt der Fläche A_{js} und dem vorher festgelegten Wichtungsfaktor f_{js} .

$$\begin{array}{ll} f_{js} \dots & \text{Relativer Wichtungsfaktor} \\ \hat{A}_{js} = A_{js} \cdot f_{js} \dots & \text{Fiktive Fläche} \end{array} \quad (37)$$

Der Abminderungsfaktor des Wichtungsfaktor berechnet sich nun aus dem Quotienten der fiktiven Fläche und der realen Fläche A_{js} :

$$F_j = \frac{\sum_s \hat{A}_{js}}{\sum_s A_{js}} \quad (38)$$

Der Quotient der prozentuellen Wichtung f_{js} und dem Abminderungsfaktor F_j ergibt den endgültigen absoluten Wichtungsfaktor G_{js} :

$$G_{js} = \frac{f_{js}}{F_j} \quad (39)$$

Im nächsten Schritt wird das Produkt aus den jährlichen flächenbezogenen Instandhaltungskosten $I_j A_j$ und dem absoluten Wichtungsfaktor gebildet, um die korrigierten Aufwendungen $\widehat{I_j A_{js}}$ zu erhalten:

$$\widehat{I_j A_{js}} = I_j A_{js} \cdot G_{js} \quad \text{Gewichtete Instandhaltungskosten je m}^2 \text{ und Jahr} \quad (40)$$

8 Kosten

Multipliziert man diese Aufwendung mit den entsprechenden Flächen, erhält man die Instandhaltungskosten der jeweiligen Station:

$$\hat{I}_{js} = \hat{I}A_{js} \cdot A_{js} \quad \text{Gewichtete Instandhaltungskosten je Station und Jahr} \quad (41)$$

Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in Tabelle 8.39 und Tabelle 8.40 abgebildet.

Die in der Tabelle 8.39 und Tabelle 8.40 aufbereiteten Aufwendungen sollen dazu dienen, den Instandhaltungsaufwand zukünftiger Stationen abschätzen zu können. In der weiteren Datenanalyse wird versucht, einen Leitfaden für eine entsprechende Prognose zu entwickeln.

Auf eine Analyse mittels Regression wird bewusst verzichtet, da das ursprüngliche Datenmaterial nur eine sehr begrenzte Anzahl an Datensätzen aufweist. Aus diesem Grund versucht der Autor auf Basis der vorhandenen Daten, die wichtigsten Einflussparameter zu beschreiben und Richtwerte für eine Prognose bereitzustellen.

PSP-Element	CO-Nummer	Linie	Variable Station	f_{js}	A_{js}	I/A_j	I_j	\hat{A}_{js}	$\sum_s \hat{A}_{js}$	$\sum_s A_{js}$	F_j	G_{js}	$\hat{I}A_{js}$	I_{js}
				Gewichtung der Kosten pro m ² /a	Fläche in m ²	ohne Wichtung Instandhaltung Kosten € je (m ² Jahr)	ohne Wichtung Instandhaltung Kosten € je Jahr	Fläche fiktiv	Fläche Summe fiktiv	Fläche Summe	Faktor	Gewichtung / Faktor	mit Wichtung Instandhaltung Kosten € je (m ² Jahr)	mit Wichtung Instandhaltung Kosten € je Jahr
41.65.76411	46004450	U1	Reumannplatz	100%	12.789	12,09	154.662	12.789	54.650	44.974	1,22	0,82	9,95	127.278
	46004450	U1	Keplerplatz	100%	3.219	12,09	38.930	3.219			1,22	0,82	9,95	32.037
	46004450	U1	Südtiroler Platz	180%	11.415	12,09	138.051	20.547			1,22	1,48	17,91	204.494
	46004450	U1	Taubstummen-gasse	100%	5.433	12,09	65.706	5.433			1,22	0,82	9,95	54.072
	46004450	U1	Nestroyplatz	100%	5.657	12,09	68.416	5.657			1,22	0,82	9,95	56.302
	46004450	U1	Vorgartenstraße	100%	3.740	12,09	45.230	3.740			1,22	0,82	9,95	37.221
	46004450	U1	Donauinsel	120%	2.721	12,09	32.907	3.265			1,22	0,99	11,94	32.497
41.65.76411	46006858	U1	Kaisermühlen	120%	6.337	7,79	49.341	7.604	47.438	40.908	1,16	1,03	8,06	51.059
	46006858	U1	Alte Donau	120%	3.056	7,79	23.795	3.667			1,16	1,03	8,06	24.624
	46006858	U1	Kagran	150%	6.548	7,79	50.985	9.822			1,16	1,29	10,07	65.950
	46006858	U1	Kagranner Platz	100%	7.644	7,79	59.518	7.644			1,16	0,86	6,71	51.325
	46006858	U1	Rennbahnweg	100%	2.845	7,79	22.152	2.845			1,16	0,86	6,71	19.102
	46006858	U1	Aderklaaer Straße	100%	3.744	7,79	29.155	3.744			1,16	0,86	6,71	25.142
	46006858	U1	Großfeldsiedlung	100%	3.846	7,79	29.942	3.846			1,16	0,86	6,71	25.821
41.65.76411	46004399	U2	Museumsquartier	100%	3.360	12,68	42.617	5.040	16.718	10.628	1,57	0,95	12,06	40.640
	46004399	U2	Rathaus	120%	2.342	12,68	29.699	2.810			1,57	0,76	9,68	22.657
	46004399	U2	Schottentor	180%	4.927	12,68	62.487	8.868			1,57	1,14	14,51	71.506
41.65.76411	46007785	U2	Taborstraße	100%	4.410	8,92	39.348	4.410	49.298	41.097	1,20	0,83	7,44	32.802
	46007785	U2	Messe Prater	100%	3.372	8,92	30.088	3.372			1,20	0,83	7,44	25.082
	46007785	U2	Krieau	110%	3.403	8,92	30.363	3.743			1,20	0,92	8,18	27.842
	46007785	U2	Stadion	140%	6.569	8,92	58.611	9.196			1,20	1,17	10,41	68.404
	46007785	U2	Donaumarina	120%	3.319	8,92	29.612	3.983			1,20	1,00	8,93	29.623
	46007785	U2	Donaustadtbrücke	120%	3.297	8,92	29.422	3.957			1,20	1,00	8,93	29.432
	46007785	U2	Stadlau	130%	5.650	8,92	50.417	7.346			1,20	1,08	9,67	54.638
	46007785	U2	Hardegasse	120%	3.153	8,92	28.133	3.784			1,20	1,00	8,93	28.143
	46007785	U2	Donauspital	120%	3.130	8,92	27.926	3.756			1,20	1,00	8,93	27.937
41.65.76411	46004453	U3	Aspernstraße	120%	4.794	8,92	42.772	5.752	52.126	50.445	1,20	1,00	8,93	42.787
	46004453	U3	Simmering	110%	9.429	5,47	51.597	10.372			1,03	1,06	5,83	54.926
	46004453	U3	Enkplatz	100%	7.173	5,47	39.251	7.173			1,03	0,97	5,30	37.985
	46004453	U3	Zippererstr.	100%	5.564	5,47	30.447	5.564			1,03	0,97	5,30	29.465
	46004453	U3	Gasometer	100%	3.863	5,47	21.138	3.863			1,03	0,97	5,30	20.456
	46004453	U3	Erdberg	100%	4.101	5,47	22.441	4.101			1,03	0,97	5,30	21.717
	46004453	U3	Schlachthausgasse	100%	3.599	5,47	19.694	3.599			1,03	0,97	5,30	19.058
	46004453	U3	Kardinal Nagl Platz	100%	3.550	5,47	19.426	3.550			1,03	0,97	5,30	18.799
	46004453	U3	Rochusgasse	100%	5.780	5,47	31.628	5.780			1,03	0,97	5,30	30.608
	46004453	U3	Stubentor	110%	4.219	5,47	23.086	4.641			1,03	1,06	5,83	24.576
41.65.76411	46004369	U3	Herrengasse	110%	3.166	5,47	17.324	3.483	68.257	55.390	1,03	1,06	5,83	18.442
	46004369	U3	Neubaugasse	130%	9.774	5,91	57.749	12.706			1,23	1,05	6,23	60.922
	46004369	U3	Zieglergasse	130%	8.314	5,91	49.123	10.808			1,23	1,05	6,23	51.822
	46004369	U3	Schweglerstraße	130%	6.682	5,91	39.480	8.687			1,23	1,05	6,23	41.649
	46004369	U3	Johnstraße	130%	10.444	5,91	61.708	13.577			1,23	1,05	6,23	65.098
	46004369	U3	Hütteldorferstraße	120%	7.265	5,91	42.927	8.718			1,23	0,97	5,75	41.802
	46004369	U3	Kendlerstraße	100%	4.413	5,91	26.074	4.413			1,23	0,81	4,79	21.159
41.65.76411	46004362	U4	Ottakring	110%	8.498	5,91	50.210	9.348	28.900	23.337	1,23	0,89	5,27	44.820
	46004362	U4	Hütteldorf	130%	9.941	20,90	207.793	12.924			1,24	1,05	21,94	218.135
	46004362	U4	Ober St. Veit	150%	2.231	20,90	46.632	3.347			1,24	1,21	25,32	56.484
	46004362	U4	Unter St. Veit	120%	1.712	20,90	35.784	2.054			1,24	0,97	20,25	34.675
	46004362	U4	Braunschweig-gasse	90%	1.728	20,90	36.118	1.555			1,24	0,73	15,19	26.249
	46004362	U4	Hietzing	140%	2.309	20,90	48.262	3.233			1,24	1,13	23,63	54.561
	46004362	U4	Schönbrunn	90%	850	20,90	17.766	765			1,24	0,73	15,19	12.912
41.65.76411	46004447	U4	Meidling-Hauptstr.	110%	4.565	20,90	95.424	5.022	12.311	7.751	1,24	0,89	18,57	84.762
	46004447	U4	Margarete ngürtel	150%	1.705	24,70	42.122	2.558			1,59	0,94	23,33	39.780
	46004447	U4	Pilgramgasse	150%	2.481	24,70	61.293	3.722			1,59	0,94	23,33	57.885
	46004447	U4	Kettenbrückengasse	150%	2.196	24,70	54.252	3.294			1,59	0,94	23,33	51.235
41.65.76411	46004402	U4	Stadtpark	200%	1.369	24,70	33.821	2.738	14.704	10.647	1,59	1,26	31,11	42.587
	46004402	U4	Roßauer Lände	150%	1.672	17,43	29.141	2.508			1,38	1,09	18,93	31.650
	46004402	U4	Friedensbrücke	150%	2.645	17,43	46.100	3.968			1,38	1,09	18,93	50.068
41.65.76411	46004402	U4	Heiligenstadt	130%	6.330	17,43	110.320	8.229			1,38	0,94	16,41	103.842

Tabelle 8.39: gewichtete Instandhaltungskosten unter Berücksichtigung der Stationsflächen und des Baujahres

8 Kosten

PSP-Element	CO-Nummer	Linie	Station	Variable	f_{js}	A_{js}	I/A_j	I_j	\hat{A}_{js}	$\sum_x \hat{A}_{js}$	$\sum_x A_{js}$	F_j	G_{js}	\bar{I}/\bar{A}_{js}	\bar{I}_j
				ohne Wichtung Instandhaltung Kosten € je (m² Jahr)	ohne Wichtung Instandhaltung Kosten € je Jahr	Fläche fiktiv	Fläche Summe fiktiv	Fläche Summe	Faktor	Gewichtung / Faktor	mit Wichtung Instandhaltung Kosten € je (m² Jahr)	mit Wichtung Instandhaltung Kosten € je Jahr			
41.65.76431	46004397	U6	Floridsdorf	120%	10.039	15,44	154.996	12.047	62.972	46.796	1,35	0,89	13,77	138.216	
	46004397	U6	Neue Donau	100%	4.409	15,44	68.072	4.409			1,35	0,74	11,47	50.586	
	46004397	U6	Handelskai	130%	6.062	15,44	93.593	7.881			1,35	0,97	14,92	90.416	
	46004397	U6	Dresdner Straße	100%	3.189	15,44	49.236	3.189			1,35	0,74	11,47	36.588	
	46004397	U6	Jägerstraße	100%	4.377	15,44	67.578	4.377			1,35	0,74	11,47	50.219	
	46004397	U6	Nußdorfer Straße	200%	3.327	15,44	51.361	6.653			1,35	1,49	22,95	76.334	
	46004397	U6	Währinger Straße	200%	3.817	15,44	58.925	7.633			1,35	1,49	22,95	87.577	
	46004397	U6	Michelbeuern	150%	3.571	15,44	55.130	5.356			1,35	1,11	17,21	61.453	
	46004397	U6	Alser Straße	200%	2.791	15,44	43.091	5.582			1,35	1,49	22,95	64.044	
	46004397	U6	Josefstädter Straße	120%	1.491	15,44	23.020	1.789			1,35	0,89	13,77	20.528	
	46004397	U6	Thaliastraße	100%	2.063	15,44	31.851	2.063			1,35	0,74	11,47	23.669	
	46004397	U6	Burggasse	120%	1.661	15,44	25.645	1.993			1,35	0,89	13,77	22.869	
41.65.76431	46004371	U6	Gumpendorfer Straße	150%	1.630	14,83	24.176	2.445	28.117	25.075	1,12	1,34	19,84	32.341	
	46004371	U6	Niederhofstraße	100%	3.651	14,83	54.152	3.651			1,12	0,89	13,23	48.294	
	46004371	U6	Philadelphiabücke	120%	8.897	14,83	131.956	10.676			1,12	1,07	15,87	141.216	
	46004371	U6	Tscherttegasse	100%	1.207	14,83	17.902	1.207			1,12	0,89	13,23	15.966	
	46004371	U6	Am Schöpfwerk	100%	2.191	14,83	32.497	2.191			1,12	0,89	13,23	28.981	
	46004371	U6	Alt Erlaa	120%	2.238	14,83	33.194	2.686			1,12	1,07	15,87	35.524	
	46004371	U6	Erlaaer Straße	100%	1.680	14,83	24.918	1.680			1,12	0,89	13,23	22.222	
	46004371	U6	Perfektastraße	100%	1.614	14,83	23.939	1.614			1,12	0,89	13,23	21.349	
41.65.76411	46004371	U6	Siebenhirten	100%	1.967	14,83	29.175	1.967	1,12	0,89	13,23	26.019			
41.65.76411	46004449	U1/U4	Schwedenplatz	100%	12.263	10,98	134.625	12.263	12.263	12.263	1,00	1,00	10,98	134.625	
41.65.76411	46007788	U1/U2	Praterstern	100%	10.093	6,40	64.598	10.093	10.093	10.093	1,00	1,00	6,40	64.598	
41.65.76411	46004448	U1/U3/U4	U4 Karlsplatz	100%	27.340	7,70	210.604	27.340	27.340	27.340	1,00	1,00	7,70	210.604	
41.65.76411	46004400	U2/U4	Schottenring	100%	6.006	9,43	56.638	6.006	6.006	6.006	1,00	1,00	9,43	56.638	
41.65.76411	46004401	U3/U2	Volkstheater	100%	12.833	7,04	90.365	12.833	12.833	12.833	1,00	1,00	7,04	90.365	
41.65.76411	46004452	U3/U4	Landstraße	100%	9.915	5,02	49.794	9.915	9.915	9.915	1,00	1,00	5,02	49.794	
41.65.76411	46004451	U3/U1	Stephansplatz	100%	12.562	7,19	90.258	12.562	12.562	12.562	1,00	1,00	7,19	90.258	
41.65.76411	46004398	U6/U4	Spittelau	100%	13.887	4,93	68.410	13.887	13.887	13.887	1,00	1,00	4,93	68.410	
41.65.76431	46004372	U6/U4	Längenfeldgasse	100%	5.846	6,24	36.461	5.846	5.846	5.846	1,00	1,00	6,24	36.461	
41.65.76431	46004370	U3/U6	Westbahnhof	100%	31.890	4,60	146.582	31.890	31.890	31.890	1,00	1,00	4,60	146.582	

Tabelle 8.40: gewichtete Instandhaltungskosten unter Berücksichtigung der Stationsflächen und des Baujahres

In Abbildung 8.32 sind die Ergebnisse der Auswertung aus Tabelle 8.38 dargestellt. Knotenstationen wurden nicht berücksichtigt. Auf der vertikalen Achse sind die jährlichen Instandhaltungsaufwendungen je m² angegeben, auf der horizontalen Achse die entsprechenden Stationsgruppen.

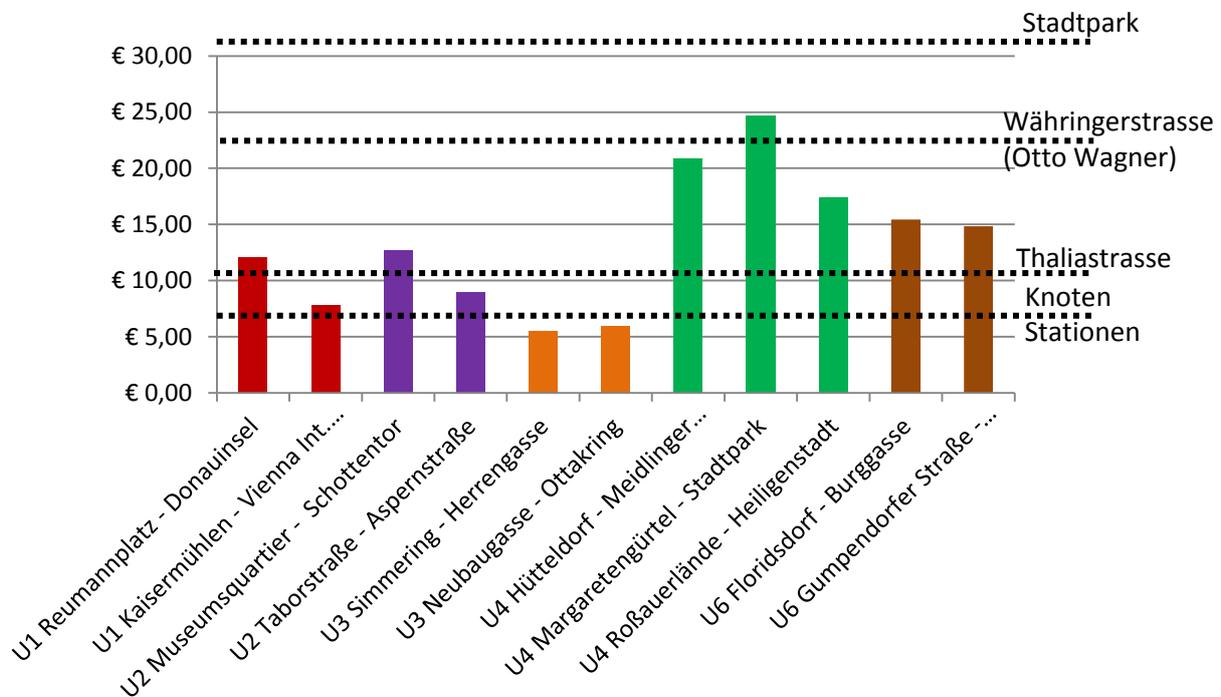


Abbildung 8.32: Instandhaltungskosten in Abhängigkeit des Streckenabschnitts in €/m²a

Als Benchmark wurden 4 zusätzliche Werte (punktierte Linien) dargestellt, die Station *Stadtpark* (Kostenmaximum), die Station *Währingerstraße* (Otto-Wagner-Station), die Station *Thaliastraße* (moderne Station auf der Linie U6) und die durchschnittlichen Kosten der Knotenstationen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Linie U1 und U2 in etwa auf einem Niveau liegen. Die Linie U3 weist mit Abstand die geringsten Kosten auf, im Gegensatz dazu die Linie U4 die höchsten. Wie zu erwarten war, haben die alten Otto-Wagner-Stationen einen sehr hohen Instandhaltungsaufwand. Dies schlägt sich in den durchschnittlichen Kosten der Linie U4 sowie der Linie U6 nieder (siehe Tabelle 8.38). Knotenstation benötigen überraschenderweise einen relativ geringen flächenbezogenen Instandhaltungsaufwand, der absolute Aufwand je Station €/a liegt jedoch über dem einfacher Stationen (siehe Tabelle 8.38).

Betrachtet man den flächenbezogenen (relativen) Instandhaltungsaufwand der Linie U1 so könnte man zu dem Schluss kommen, dass diese Linie im Mittelfeld liegt. Diese Stationen haben jedoch überdurchschnittlich große Flächen und liegen daher bei den absoluten Instandhaltungskosten €/a an oberster Stelle (siehe Abbildung 8.33).

Die Linie mit dem geringsten Instandhaltungsaufwand ist die Linie U3. Diese hat mit Abstand die geringsten relativen, als auch absoluten Instandhaltungskosten. Besonders günstig ist der Streckenabschnitt Simmering bis Herrengasse. Abbildung 8.32 zeigt, dass die Otto-Wagner Station *Währingerstraße* einen mehr als doppelt so hohen relativen Instandhaltungsaufwand, als eine moderne Station *Thaliastraße* aufweist. Noch größer ist der Unterschied wenn man die absoluten Instandhaltungskosten betrachtet. Aufgrund unterschiedlichen Flächen liegt der absolute Instandhaltungsaufwand der Station *Währingerstraße* bei 87.577 €/a, der der Station *Thaliastraße* bei 23.669 €/a (siehe Abbildung 8.33). Dabei ist zu beachten, dass die Station *Thaliastraße* streng genommen ein „dauerhaftes“ Provisorium darstellt und deshalb besonders einfach gehalten wurde. Die Bauteile sind einfach gestaltet und es sind keine nennenswerten Betriebsräume vorgesehen. Der durchschnittliche Instandhaltungsaufwand der alten Otto-Wagner-Stationen liegt bei 20,49 €/m²a und damit weit über dem Gesamtdurchschnitt von 12,18 €/m²a

Aufgrund dieser Auswertung kann davon ausgegangen werden, dass Otto-Wagner-Stationen in der Instandhaltung wesentlich aufwendiger sind als entsprechende Stationen späterer Ausbauphasen.

Die Linien U3 und U2 weisen den geringsten Aufwand auf. Der Streckenabschnitt Simmering bis Herrengasse der Linie U3 (1991) hat den geringsten Aufwand und liegt sogar unter dem der neu (2008) errichteten U2 – Taborstraße - Aspernstraße. Da mit zunehmendem Alter der Station der Instandhaltungsaufwand steigt, ist der niedrige Instandhaltungsaufwand der Linie U3 besonders hervorzuheben, da dieser trotz höheren Alters unter dem der Linie U2 liegt.

Um in Zukunft niedrige Instandhaltungsaufwendungen zu verursachen, sollte sich die Planung an den Stationen der Linie U3 orientieren.

Es erscheint naheliegend, dass das Alter einer Station einen wesentlichen Einfluss auf den Instandhaltungsaufwand hat. Um diesen Einfluss abzubilden, wurden die Stationen (ohne Knotenstationen) entsprechend der Ausbauphase ausgewertet. Die Mittelwerte in Tabelle 8.41 zeigen, dass der Instandhaltungsaufwand von der 1. bis zur 3. Ausbauphase fällt. Während die Stationen der 3. Ausbauphase im Mittel nur 8,18 €/m²a benötigen, ist der Aufwand der älteren Stationen mit 16,21 €/m²a bereits doppelt so hoch.

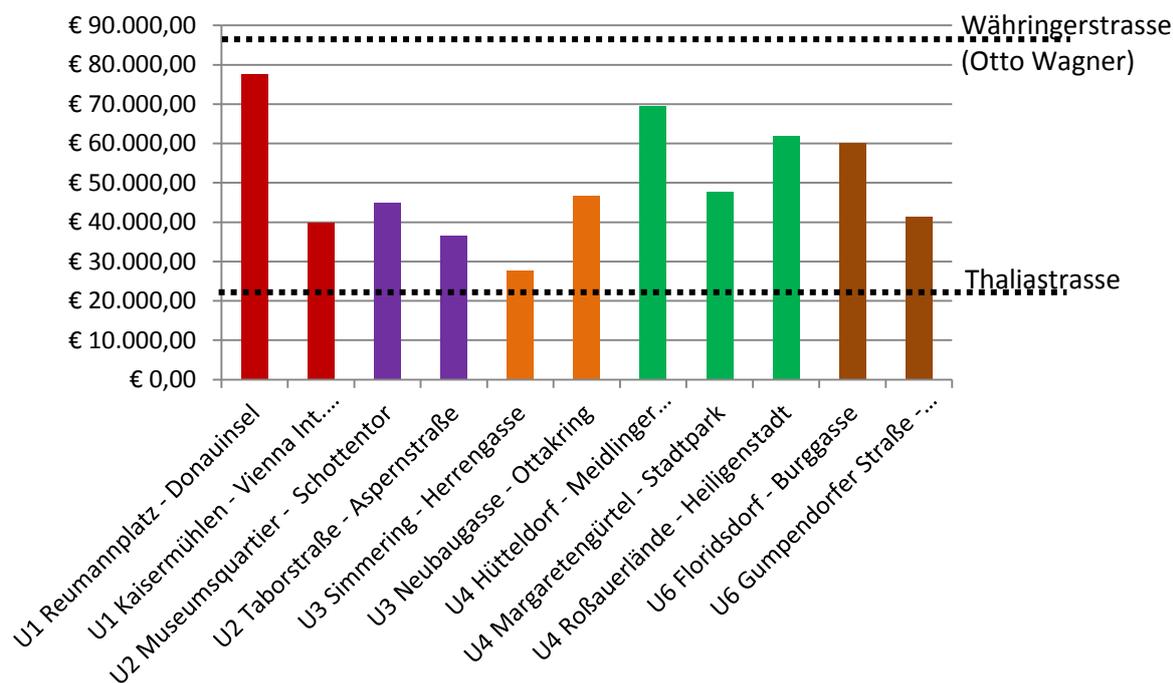


Abbildung 8.33: Instandhaltungskosten in Abhängigkeit des Streckenabschnitts in €/a

	Hochlage	mittlere Lage	Tieflage	Mittelwert
Ausbauphase 1	9,53 €/m ² a	21,10 €/m ² a	11,55 €/m ² a	16,21 €/m²a
Ausbauphase 2	14,74 €/m ² a	13,50 €/m ² a	7,20 €/m ² a	10,91 €/m²a
Ausbauphase 3	8,63 €/m ² a		7,27 €/m ² a	8,18 €/m²a
Gesamt	12,10 €/m²a	20,15 €/m²a	8,40 €/m²a	12,18 €/m²a

Tabelle 8.41: Instandhaltungskosten in Abhängigkeit der Ausbauphase und der Höhenlage der Station in €/m²a

Die Stationen wurden in 3 Höhenlagen eingeteilt und getrennt ausgewertet. (Abbildungen siehe Kapitel 5.4). Dies ermöglicht die Berücksichtigung der Lage der Station.

- Hochlage (Station *Alte Donau*)
- Mittlere Lage (Station *Meidling*)
- Tieflage (Station *Karlsplatz*)

In Tabelle 8.41 sind die Ergebnisse dieser Auswertung dargestellt. Die mittlere Lage weist mit 20,15 €/m²a den höchsten Instandhaltungsaufwand auf, gefolgt von der Hochlage mit 12,10 €/m²a und der Tieflage mit 8,40 €/m²a.

Der hohe Instandhaltungsaufwand der mittleren und hohen Lage muss jedoch näher betrachtet werden. Die mittlere Lage entspricht größten Teils der Linie U4 zwischen Hütteldorf und Kettenbrückengasse. Dieser Abschnitt weist einen sehr hohen Anteil an alten Otto-Wagner-Stationen auf, die einen entsprechend hohen Instandhaltungsaufwand verursachen. Die Ursache liegt daher nicht unbedingt in der Höhenlage, sondern in

der Bauart und dem Alter der Stationen. Auf Basis der vorliegenden Daten kann der Einfluss „mittlere Höhenlage“ und „Otto Wagner Station“ nicht eindeutig getrennt werden, da diese beiden Einflussparameter immer gemeinsam auftreten.

Naheliegender ist jedoch, dass die Stationen in Tieflage einen sehr geringen Instandhaltungsaufwand aufweisen, da z.B. keine Außenfassaden in Stand zu halten sind. Die äußere Gebäudehülle beschränkt sich auf die Abgänge zur Station.

Entscheidend für den absoluten Instandhaltungsaufwand ist die entsprechende Fläche der Station. Diese ist von vielen Randbedingungen abhängig (siehe Kapitel 5.1) und entscheidet letztendlich über den gesamten Aufwand einer Station.

Multipliziert man die Werte in der Tabelle 8.41 mit den entsprechenden Stationsflächen erhält man die Tabelle 8.42.

	Hochlage	mittlere Lage	Tieflage	Mittelwert
Ausbauphase 1	43.532 €/a	61.773 €/a	71.801 €/a	62.413 €/a
Ausbauphase 2	49.753 €/a	19.417 €/a	42.794 €/a	44.677 €/a
Ausbauphase 3	35.305 €/a		38.105 €/a	36.239 €/a
Gesamt	44.290 €/a	56.479 €/a	49.995 €/a	49.081 €/a

Tabelle 8.42: Instandhaltungskosten in Abhängigkeit der Ausbauphase und der Höhenlage der Station in €/a

Im Gegensatz zu den flächenbezogenen Werten in Tabelle 8.41 gleichen sich die Werte an. Der niedrige relative Instandhaltungsaufwand der Stationen in Tieflage wird durch den erhöhten Flächenbedarf zunichte gemacht. Es verbleiben daher nur sehr geringe Unterschiede im Instandhaltungsaufwand bezogen auf die Höhenlage. Anders ist die Situation bezogen auf die Ausbauphase. Hier ist klar zu erkennen, dass mit zunehmendem Alter erwartungsgemäß auch der Instandhaltungsaufwand steigt.

Knotenstationen sind aufgrund ihrer besonderen Anforderungen getrennt zu betrachten. In Abbildung 8.34 ist ein Überblick über den relativen Instandhaltungsaufwand der Knotenstationen dargestellt. Dieser reicht von 4,60 €/m²a (Station *Westbahnhof*) bis 10,98 €/m²a (Station *Schwedenplatz*). Der Durchschnitt liegt bei einem Wert von 6,95 €/m²a.

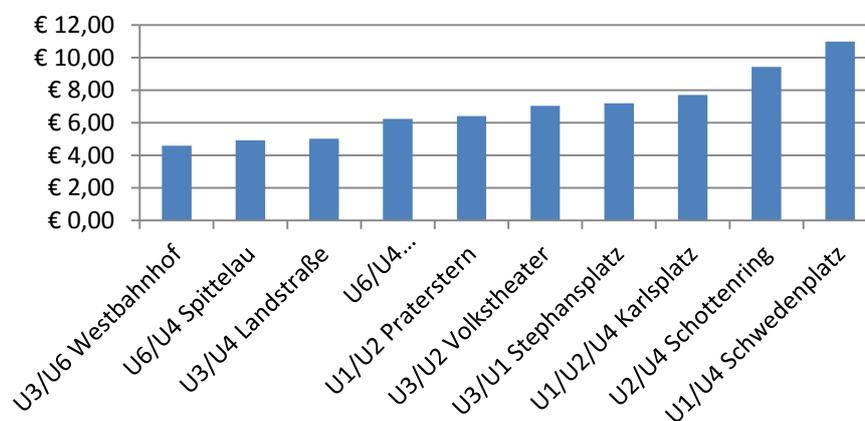


Abbildung 8.34: Instandhaltungskosten von Knotenstationen in €/m²a

Weist die Station *Westbahnhof* beim relativen Instandhaltungsaufwand den geringsten Wert auf, so gilt dies nicht für den absoluten Aufwand. Aufgrund der enormen Flächen liegt die Station im Spitzenfeld, und verursacht mit ca. 146.000 €/a die zweithöchsten Instandhaltungskosten. Spitzenreiter ist die Station *Karlsplatz* mit ca. 210.000 €/a.

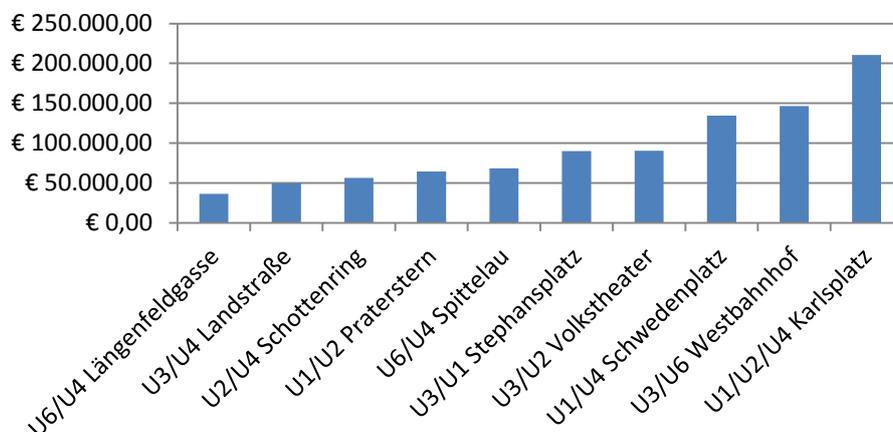


Abbildung 8.35: Instandhaltungskosten von Knotenstationen in €/a

Für die Abschätzung der Instandhaltungskosten neuer Knotenstationen wird eine Orientierung an bestehenden Stationen empfohlen. Eine Modellierung mit Hilfe des Mittelwertes auf Basis €/m²a macht aufgrund der großen Streuung nur begrenzt Sinn. Es wird daher empfohlen, sich auf eine Referenzstation zu beziehen, die am ehesten der geplanten Station entspricht.

8.4.3 Instandhaltung – Gewerke

Eine Zuordnung der erbrachten Leistungen auf entsprechende Gewerke ermöglicht die Unterschiede in der Art der Instandhaltung herauszuarbeiten. Dies erfolgt über die Zuordnung der tätigen Unternehmen.

Die Kostenart mit dem größten Betrag ist die „Fremdleistung, Instandhaltung, Gebäude G“, diese verursacht 60% aller Instandhaltungskosten. Die 8 umsatzstärksten Gewerke decken wiederum 96% dieser Kosten ab. Tabelle 8.43 liefert einen Überblick über die Zuteilung der Kosten auf die einzelnen Gewerke, Tabelle 8.44 die entsprechenden flächenbezogenen Werte. Die beiden Tabellen sollen den Planern helfen, die Instandhaltungskosten bei zukünftigen Stationen besser steuern zu können.

Tabelle 8.43 zeigt, dass die Aufwendungen im Metallbau mit ca. 6,8 Mio. € am höchsten sind, gefolgt vom Baumeister mit 5,7 Mio. € und dem Glaser mit 3,2 Mio. €. Die relativen Aufwendungen streuen sehr stark (siehe Tabelle 8.44). Knotenstationen zeigen durchwegs niedrigere relative Kosten als Stationen mit einer Linie.

8 Kosten

	8 Kosten						
	5.671.254,60	6.782.224,47	3.251.222,24	2.669.470,48	1.118.534,43	1.093.175,37	918.515,82
	721405	721405	721405	721405	721405	721405	721405
Örtlichkeit	Baumeister	Metallbau	Glaser	Fliesenleger	Maler/Korro	Dachdecker	Tischler
U1 Reumannplatz - Donauinsel	496.668,44	880.347,72	611.674,38	198.328,11	183.404,17	3.651,55	0,00
U1 Kaisermühlen - Vienna Int. Centre - Leopoldau	115.568,46	513.049,88	345.088,31	208.533,49	17.389,65	4.337,04	1.571,82
U2 Museumsquartier - Schottentor	161.533,11	255.903,99	139.072,32	118.012,23	26.824,30	3.534,64	7.084,37
U2 Taborstraße - Aspernstraße	0,00	141.916,02	40.875,52	19.790,03	6.882,24	0,00	0,00
U3 Simmering - Herrngasse	99.317,56	470.100,82	147.779,90	429.573,31	59.011,33	0,00	15.757,46
U3 Neubaugasse - Ottakring	642.724,82	408.973,39	128.492,90	4.026,28	48.882,92	112.562,43	22.289,07
U4 Hütteldorf - Meidlinger Hauptstraße	1.092.231,40	514.686,88	169.205,32	65.576,54	122.868,92	470.599,76	59.936,87
U4 Margaretengürtel - Stadtpark	181.164,23	181.425,77	22.739,06	317.815,66	97.392,11	0,00	49.585,36
U4 Roßauerlände - Heiligenstadt	186.276,17	226.518,91	287.058,59	248.197,97	30.413,07	3.849,22	98.864,48
U6 Floridsdorf - Burggasse	1.032.781,44	925.886,88	484.981,80	601.914,87	150.876,76	19.821,01	614.774,66
U6 Gumpendorfer Straße - Siebenhirten	550.190,10	514.532,77	279.370,27	123.936,26	101.645,69	315.283,89	24.817,75
U1/U4 Schwedenplatz	221.235,98	169.079,40	50.838,47	63.990,96	41.188,10	501,59	0,00
U1/U2 Praterstern	21.816,81	87.905,15	9.270,77	7.450,15	926,28	0,00	0,00
U1/U2/U4 Karlsplatz	156.924,79	395.209,56	194.174,01	19.892,18	109.948,23	0,00	0,00
U2/U4 Schottenring	26.752,22	118.719,87	47.367,06	86.174,24	15.218,81	0,00	4.547,04
U3/U2 Volkstheater	186.287,96	149.888,26	69.020,29	64.485,10	16.266,10	6.971,37	11.249,20
U3/U4 Landstraße	41.117,07	113.511,92	8.304,37	4.400,06	10.480,50	0,00	0,00
U3/U1 Stephansplatz	34.726,39	216.040,26	67.565,66	9.338,14	41.610,76	0,00	0,00
U6/U4 Spittelau	129.828,81	145.071,31	84.241,65	50.258,66	2.458,69	0,00	1.318,76
U6/U4 Längenfeldgasse	25.438,04	63.795,99	16.152,73	8.775,43	9.914,81	29.196,89	1.703,63
U3/U6 Westbahnhof	227.553,73	176.147,80	39.644,49	14.600,75	14.450,49	122.865,98	5.015,35

Tabelle 8.43: Instandhaltungsaufwand getrennt nach Gewerken in €/a

	8 Kosten						
	721405	721405	721405	721405	721405	721405	721405
	Baumeister	Metallbau	Glaser	Fliesenleger	Maler/Korrosi	Dachdecker	Tischler
U1 Reumannplatz - Donauinsel	1,58	2,80	1,94	0,63	0,58	0,01	0,00
U1 Kaisermühlen - Vienna Int. Centre - Leopoldau	0,53	2,35	1,58	0,96	0,08	0,02	0,01
U2 Museumsquartier - Schottentor	2,17	3,44	1,87	1,59	0,36	0,05	0,10
U2 Taborstraße - Aspernstraße	0,00	2,86	0,83	0,40	0,14	0,00	0,00
U3 Simmering - Herrngasse	0,28	1,33	0,42	1,22	0,17	0,00	0,04
U3 Neubaugasse - Ottakring	1,66	1,05	0,33	0,01	0,13	0,29	0,06
U4 Hütteldorf - Meidlinger Hauptstraße	6,68	3,15	1,04	0,40	0,75	2,88	0,37
U4 Margaretengürtel - Stadtpark	3,34	3,34	0,42	5,86	1,79	0,00	0,91
U4 Roßauerlände - Heiligenstadt	2,50	3,04	3,85	3,33	0,41	0,05	1,33
U6 Floridsdorf - Burggasse	3,15	2,83	1,48	1,84	0,46	0,06	1,88
U6 Gumpendorfer Straße - Siebenhirten	3,13	2,93	1,59	0,71	0,58	1,80	0,14
U1/U4 Schwedenplatz	2,58	1,97	0,59	0,75	0,48	0,01	0,00
U1/U2 Praterstern	0,45	1,81	0,19	0,15	0,02	0,00	0,00
U1/U2/U4 Karlsplatz	0,82	2,06	1,01	0,10	0,57	0,00	0,00
U2/U4 Schottenring	0,64	2,82	1,13	2,05	0,36	0,00	0,11
U3/U2 Volkstheater	2,07	1,67	0,77	0,72	0,18	0,08	0,13
U3/U4 Landstraße	0,59	1,63	0,12	0,06	0,15	0,00	0,00
U3/U1 Stephansplatz	0,39	2,46	0,77	0,11	0,47	0,00	0,00
U6/U4 Spittelau	1,34	1,49	0,87	0,52	0,03	0,00	0,01
U6/U4 Längenfeldgasse	0,62	1,56	0,39	0,21	0,24	0,71	0,04
U3/U6 Westbahnhof	1,02	0,79	0,18	0,07	0,06	0,55	0,02

Tabelle 8.44: Instandhaltungsaufwand getrennt nach Gewerken in €/m²a

8.5 Bauliche Instandsetzung

Im Gegensatz zur baulichen Instandhaltung, handelt es sich bei der Instandsetzung um weitreichende Maßnahmen, die die Lebensdauer oder den Nutzwert des Gebäudes wesentlich erhöhen. Innerhalb der Wiener Linien wird diese als Erneuerung bezeichnet.

In der DIN EN 13306 gibt es folgende Definition:

*physische Maßnahme, die ausgeführt wird, um die Funktion einer fehlerhaften Einheit wiederherzustellen*⁶⁶

8.5.1 Daten

Für die Bestimmung der Kostenkennwerte, wurden die Instandsetzungskosten (Erneuerung) der Jahre 2005 bis 2012 erhoben. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 24 Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt (siehe Abbildung 8.36).

Instandsetzung	Kosten €
U4-Sanierung der WC-Anlagen in der U4-Station Hietzing	145.909
U4-Schönbrunn - Generalsanierung der Bahnsteigkanten	284.621
U4-Stat. MG, PG, KG und ST - Generalsinstandsetzung	139.118
Aktualisierung und Digitalisierung der Strecken- und Brandschutzpläne der U-Bahn	827.021
U4-Station Meidling - Sanierung der Träger und Stützmauern	368.567
U4-Station Meidling - Sanierung der Bahnsteigdecke	152.776
U4-Station Hietzing- Aufnahmegebäude - Sanierung der Stahlkonstruktion	329.607
U6-Stat. Gumpendorferstr. - Generalsanierung des Daches	499.137
U6-Stat. Alt Erlaa - Generalsan. des Stiegenaufganges	29.247
U6-Stat. Gumpendorferstr. - Generalsan. der Naturstützmauer	46.200
U4-Stationen - Teilerneuerungen	792.406
U4-Stat. Roßauer Lände - Generalsan. der Bahnsteigkanten und des Bahnsteigbelages	10.017
U6-Stat. Thaliastr. - Generalsan. der Bahnsteigkanten und des Bahnsteigbelages	226.644
U4-Stat. Schönbrunn - Generalsan. der Holzeinhausung der Stiegenhausabgänge	98.365
U4-Stat. Hütteldorf - Generalsan. des Daches	445.432
U1 Umbauarbeiten in Stüg und Infostellen	129.679
U4-Stat. Meidlinger Hauptstr. - Generalsanierung der Stiegeneinhausung	143.904
U4-Stationen - San. elektrischer Betriebsräume	240.754
Div. Umbauarbeiten in Stüg und Infostellen	99.043
U4-Stat. Hütteldorf bis Hietzing - San. der Bahnsteige im Zuge der Betriebssperre 2009	495.598
Kundendienstliche Verbesserung der Vorverkaufsstellen	191.637
U3-Stat. Ottakring - Dachsanierung	270.012
U3-Stat. Ottakring - San. der Bahnsteigdächer	214.509
U4-Stat. Hietzing - San. des östlichen Eingangsportales	69.892

Abbildung 8.36: Bauliche Instandsetzung in den Jahren 2005-2012

⁶⁶ [3] DIN EN 13306:2010-12, S.28

8.5.2 Datenauswertung

Die Instandsetzungsarbeiten wurden den einzelnen Linien zugeordnet. Abbildung 8.37 zeigt, dass die Linie U4 mit Abstand die höchsten Instandsetzungskosten aufweist. Bei der Linie U2 wurden im Erhebungszeitraum keine Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt. Ein Betrag von ca. 1,1 Mio. € kann nicht direkt einer Linie zugeordnet werden, dies trifft z.B. auf die *kundendienstliche Verbesserung der Vorverkaufsstellen* zu (siehe Abbildung 8.36).

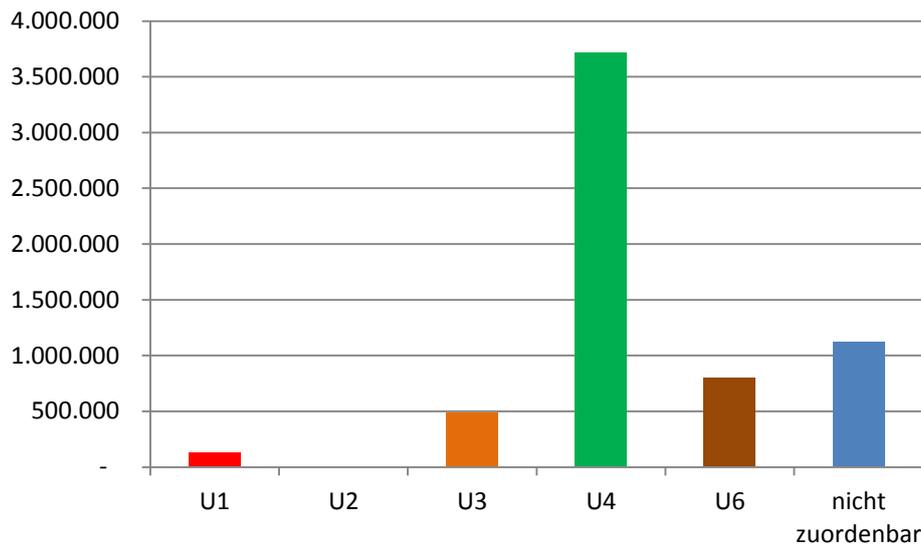


Abbildung 8.37: Instandsetzungskosten der Jahre 2005-2012 in Abhängigkeit der Linie

Die aufsummierten Instandsetzungskosten der Jahre 2005-2012 sind in Tabelle 8.45 dargestellt.

Linie	Kosten €
U1	129.679
U2	-
U3	484.521
U4	3.716.965
U6	801.228
nicht zuordenbar	1.117.701

Tabelle 8.45: Kosten der baulichen Instandsetzung in Abhängigkeit der Linie im Zeitraum 2005-2012

Auf Basis der Werte in Tabelle 8.45 kann nicht automatisch darauf geschlossen werden, dass die Linie U4 über den Lebenszyklus höhere Instandsetzungskosten aufweist als andere Linien. Dies liegt daran, dass die Instandsetzungskosten in sehr großen Zeitintervallen auftreten. Um Unterschiede zwischen den Linien/Stationen abbilden zu können, müsste das Erhebungsintervall wesentlich länger sein.

Geht man in einer ersten Näherung davon aus, dass die Instandsetzungskosten aller Stationen über den Lebenszyklus gleich sind, ist das jährliche Instandhaltungsbudget von Interesse, da dieses einen Mittelwert der jährlichen Instandhaltungskosten aller Stationen abbildet (siehe Abbildung 8.38).

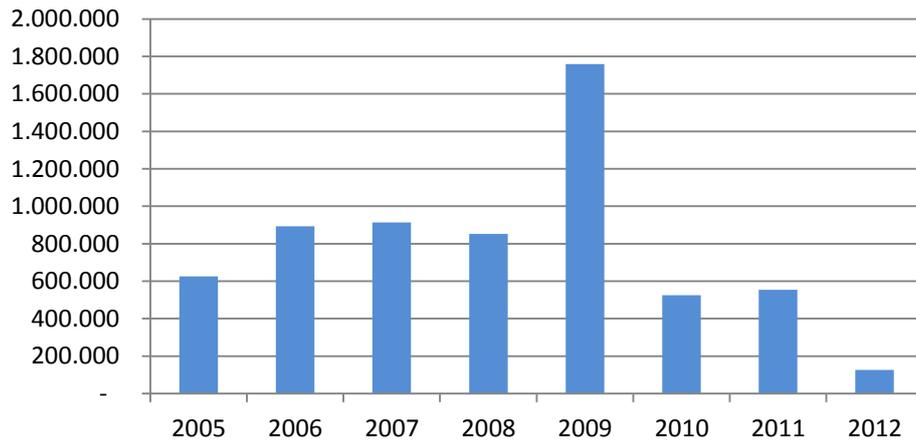


Abbildung 8.38: Instandsetzungskosten der Jahre 2005-2012

Abbildung 8.38 zeigt, dass die jährlichen Instandhaltungskosten (exkl. 2012 und 2009) zwischen ca. 500.000 € und 900.000 € schwanken. Der Mittelwert der letzten 8 Jahre beträgt 781.262 €.

Jahr	Kosten €
2005	626.502
2006	892.484
2007	914.005
2008	851.656
2009	1.759.278
2010	525.911
2011	554.413
2012	125.846
Mittelwert	781.262

Tabelle 8.46: Instandsetzungskosten der Jahre 2005-2012

Mittelwert	781.262 €/a
Fläche	499.679 m ²
Anzahl Stationen	90 STK
Kennwert	1,56 €/m²a
Kennwert	8.681 €/a

Tabelle 8.47: Kostenkennwerte für die bauliche Instandsetzung

Der mittlere jährliche Instandsetzungsaufwand von 781.262 € wird für die Prognose herangezogen. Eine Möglichkeit ist, den jährlichen Instandsetzungsaufwand auf die Anzahl der Stationen zu beziehen, dies ergibt einen Kostenkennwert von ca. 8.700 €/a (siehe Tabelle 8.47). Geht man davon aus dass die Stationsfläche einen Einfluss auf die Instandsetzungskosten hat, ist es zielführend, einen flächenbezogenen Kennwert zu bilden. **Dies liefert einen Kennwert von 1.56 €/m²a (siehe Tabelle 8.47). Der Autor empfiehlt diesen für die Prognose heranzuziehen.**

8.5.3 Entwicklung der Instandsetzungskosten

Die Ermittlung der Kostenkennwerte basiert auf Daten der Vergangenheit. Vor allem wenn Kosten in sehr großen Zeitabständen auftreten (Instandsetzungskosten), muss geprüft werden, ob der erfasste Zeitraum repräsentativ für den Lebenszyklus ist.

Die bauliche Instandsetzung weist einen sehr langen Zyklus auf. Um zukünftige Instandsetzungsarbeiten besser abschätzen zu können wurden die Stationsflächen in Abhängigkeit ihres Alters aufgetragen (siehe Abbildung 8.39). Die 3 Ausbauphasen sind in diesem Diagramm klar zu erkennen. Für die Prognose der Budgets der Instandsetzung der nächsten Jahre ist die 1. Ausbauphase von Interesse (rote Markierung). Diese Gruppe der Stationen wird in den kommenden Jahren von größeren Instandsetzungsarbeiten betroffen sein.

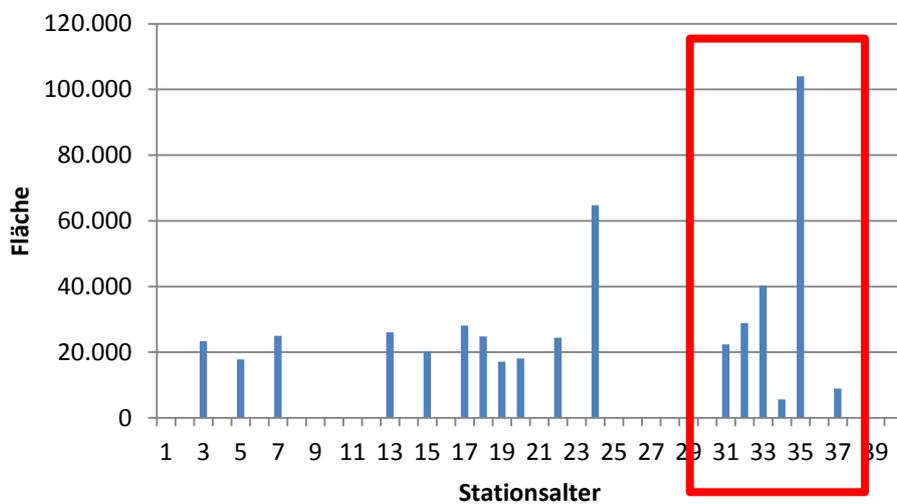


Abbildung 8.39: Stationsflächen unter der Berücksichtigung des Stationsalters

Summiert man die Flächen über das Alter erhält man die Verteilungskurve in Abbildung 8.40. Der Sprunghafte Anstieg der Flächen im Bereich 30-35 Jahre (1. Ausbauphase) ist rot markiert.

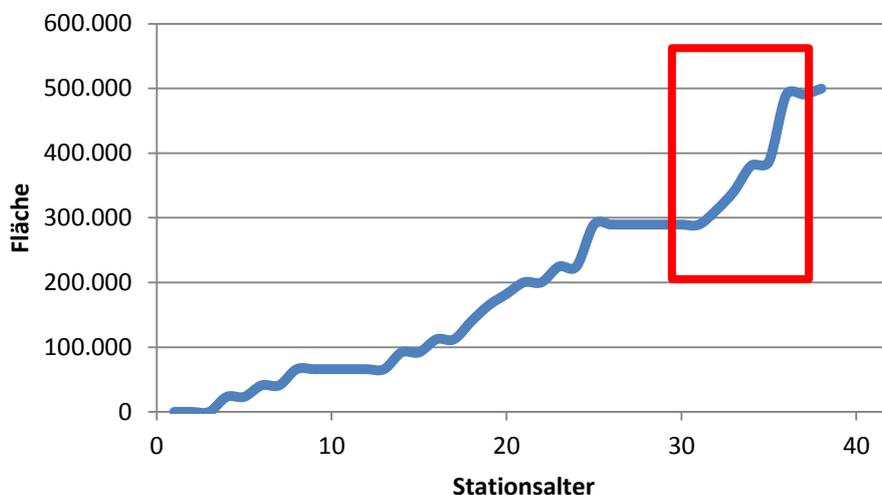


Abbildung 8.40: Verteilung des Stationsalters bezogen auf die Fläche

Wichtig für die Budgetierung ist nun, welche Flächen zu welchem Zeitpunkt saniert werden müssen. Setzt man einen Instandsetzungszyklus von 40 Jahren an, ergibt sich der Sanierungsplan in Abbildung 8.41. Dieser zeigt, dass in den nächsten 1-5 Jahren ca. 110.000 m² Instand zu setzen sind. Im Sinne einer zukunftsorientierten Budgetplanung ist das Alter der Infrastruktur mit einzubeziehen und durch Berücksichtigung eine Glättung der notwendigen Investitionen herzustellen. Das bedeutet, dass man versuchen muss, die notwendigen Instandsetzungsmaßnahmen möglichst gleichmäßig über die jährlichen Budgets zu verteilen, bzw. Mittel für größere Instandsetzungsmaßnahmen anzusparen.

Die erhobenen Instandsetzungskosten stammen aus den Jahren 2005-2012. Geht man davon aus, dass der Instandsetzungszyklus ca. 40 Jahre beträgt, ist der Erhebungszeitraum nicht repräsentativ für den Lebenszyklus einer U-Bahnstation (siehe rot markierte Jahre in Abbildung 8.41). Es ist daher davon auszugehen, dass die Instandsetzungskosten sich in naher Zukunft vervielfachen werden, da die 1. Ausbauphase ein entsprechendes Alter erreicht hat und größere Instandsetzungsarbeiten zu erwarten sind.

Der Autor rät daher im Sinne der Bilanzvorsicht die ermittelten Instandsetzungskennwerte entsprechend zu erhöhen, um der Altersverteilung der Stationen gerecht zu werden.

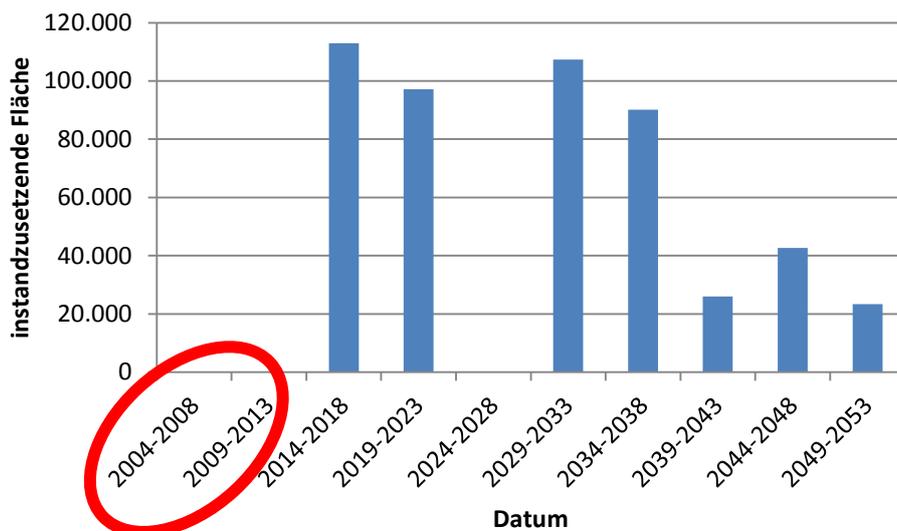


Abbildung 8.41: Plan der Instandsetzungsmaßnahmen

8.6 Winterdienst

Der Winterdienst ist eine sicherheitsrelevante Leistung die abhängig von der Witterung abgerufen werden kann. Kern dieser Arbeit ist die Beseitigung von Vereisungen und Schneeräumung, um den Fahrgästen einen sicheren Zugang zu den Zügen ermöglichen zu können.

8.6.1 Daten

Die Einsätze des Winterdienstes werden Losen zugeordnet. Diese Lose sind wie folgt definiert:

Los 1:

Stationen: Schottentor, Rathaus, Museumsquartier, Schottenring, Volkstheater, Roßbäuerlände, Friedensbrücke, Heiligenstadt

Los 2:

Stationen: Kaisermühlen, Alte Donau, Kagran, Floridsdorf, Neue Donau, Handelskai, Dresdner Straße, Jägerstraße; Spittelau

Los 3:

Stationen: Nußdorfer Straße, Währinger Straße, Michelbeuern, Alser Straße, Josefstädter Straße, Thaliastraße, Burggasse

Los 4:

*Stationen: Reumannplatz, Keplerplatz, Südtirolerplatz, Taubstummengasse, Margareten-
gürtel, Pilgramgasse, Kettenbrückengasse, Eichenstraße, Matzleinsdorfer Platz, Klieber-
gasse, Laurenzgasse, Blechturm-gasse*

Los 5:

*Stationen: Rochusgasse, Kardinal Nagl - Platz, Schlachthausgasse, Erdberg, Gasometer,
Zippererstraße, Enkplatz, Simmering*

Los 6:

*Stationen: Schwedenplatz, Nestroyplatz, Praterstern, Vorgartenstraße, Donauinsel, Tabor-
straße, Messe-Prater, Krieau, Stadion, Erzherzog Karl-Straße*

Los 7:

*Stationen: Stadtpark, Karlsplatz, KP Passage, Herrengasse, Stubentor, Landstraße, Ste-
phansplatz*

Los 8:

*Abstellhalle Rößlergasse Stationen: Tscherttegasse, Am Schöpfwerk, Alt Erlaa, Erlaaer
Straße, Perfektastraße, Siebenhirten, Gumpendorfer Straße, Längenfeldgasse, Niederhof-
straße, Philadelphiabrücke*

Los 9:

*Stationen: Hütteldorf, Ober - St. Veit, Unter - St. Veit, Braunschweiggasse, Hietzing, Schön-
brunn, Meidling-Hauptstraße*

Los 10:

*Stationen: Ottakring, Kandlerstraße, Hütteldorfer Straße, Johnstraße, Schweglerstraße,
Westbahnhof, Zieglergasse, Neubaugasse, Abstellhalle: Ottakring*

Los 11:

Stationen: Aderklaaerstraße, Großfeldsiedlung, Kagraner Platz, Leopoldau, Rennbahnweg,

Los 12:

*Stationen: Aspernstraße, Donaumarina, Donauspital, Donaustadtbrücke, Hardeggasse,
Stadlau*

Weiters gibt es 7 verschiedene Leistungen, die abgerufen werden können:

- Glätte 1
- Glätte 2
- Schneediens 1
- Schneediens 2
- Wasserschieben 1
- Wasserschieben 2
- Einkehren

Da die Lose unterschiedlich groß sind, werden unterschiedlich viele Mitarbeiter pro Los benötigt. Die Anzahl der Mitarbeiter pro Los und Einsatz ist in Tabelle 8.48 abgebildet.

	G1	G2	S1	S2	W1	W2	EK
Los	Mitarbeiter pro Stufe						
	Glätte 1	Glätte 2	Schneediens 1	Schneediens 2	Wasserschieben1	Wasserschieben 2	Einkehren
Los 1	4	6	4	6	2	4	2
Los 2	4	7	4	7	2	4	2
Los 3	4	7	4	7	3	6	3
Los 4	4	6	4	7	2	4	2
Los 5	4	6	4	7	2	4	2
Los 6	4	7	4	7	3	6	3
Los 7	4	5	4	5	2	4	2
Los 8	6	8	6	8	2	4	2
Los 9	5	7	5	7	3	6	3
Los 10	4	5	4	7	2	4	2
Los 11	3	5	3	7	2	4	2
Los 12	3	4	3	5	2	3	2
Summe	49	73	49	80	27	53	27

Tabelle 8.48: Personalbedarf im Winterdienst

Eine Winterdienstschicht entspricht 4 Stunden, um die Kosten einer Schicht zu ermitteln, wird die Anzahl der Personen mit dem Stundenlohn multipliziert. Dieser ist nach Schicht (Tag-Nacht) unterschiedlich.

$$\text{Kosten} = 4h \cdot \text{Anzahl Personen} \cdot \text{Stundenlohn} \cdot \text{Anzahl der Einsätze} \quad (42)$$

	Tag		Nacht
	Stundenlohn €		Stundenlohn €
Los 1	20,21	Los 1	28,29
Los 2	20,21	Los 2	28,29
Los 3	21,02	Los 3	28,38
Los 4	20,21	Los 4	28,29
Los 5	20,21	Los 5	28,29
Los 6	21,26	Los 6	28,27
Los 7	21,26	Los 7	28,27
Los 8	21,02	Los 8	28,38
Los 9	21,00	Los 9	31,50
Los 10	19,84	Los 10	27,37
Los 11	14,70	Los 11	31,03
Los 12	20,21	Los 12	28,29

Tabelle 8.49: Winterdienst Stundenlohn

8.6.2 Datenauswertung

Die nachstehenden Kosten entsprechen der Preisbasis 2011 abzüglich eines Nachlasses von 5 %. Die Stationen der Lose wurden vom Autor in folgende Kategorien eingeteilt:

	Typ	Lage	Beschreibung	Beispiel
g	geschlossen	Tieflage	Bahnsteig kein Schnee und Wind	Karlsplatz
o	offen	Hochlage	Bahnsteig Schnee und Wind ausgesetzt	Schönbrunn
ü	überdacht	Hochlage	Bahnsteig überdacht - an den Enden offen	Aspernstraße

Tabelle 8.50: Stationstypen im Winterdienst

Weist man nun den Kosten der Lose die entsprechenden Typen zu erhält man Tabelle 8.51.

	Anzahl der Objekte	Kosten €/a	g	o	ü
Los 1	8	9.981,01	5	2	1
Los 2	9	11.448,26	3	6	0
Los 3	7	12.356,01	0	7	0
Los 4	12	10.039,04	9	3	0
Los 5	8	10.039,04	7	0	1
Los 6	10	10.481,30	7	0	3
Los 7	7	8.681,18	6	1	0
Los 8	11	15.275,59	3	7	1
Los 9	7	14.709,33	1	5	1
Los 10	9	10.107,14	8	1	0
Los 11	5	9.059,28	3	2	0
Los 12	6	8.542,66	0	0	6

Tabelle 8.51: Winterdienst Kosten 2011

Da in den meisten Losen sowohl offene, geschlossene und überdachte Objekte vorhanden sind, können die Unterschiede in den Kosten nicht direkt abgelesen werden. Daher wurde eine lineare Regression in SPSS durchgeführt. Das Ergebnis ist in Tabelle 8.52 und Tabelle 8.53 zusammengefasst.

Modellzusammenfassung				
Modell	R	R-Quadrat ^b	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,985 ^a	,969	,959	2242,12550

a. Einflußvariablen : überdacht, offen, geschlossen

b. Bei der Regression durch den Ursprung (Modell ohne konstanten Term) misst das R-Quadrat den Anteil der Variabilität in der abhängigen Variable durch den Ursprung, der durch Regression erklärt werden kann. Dieses Verfahren KANN NICHT mit dem R-Quadrat bei Modellen verglichen werden, die einen konstanten Term enthalten.

Tabelle 8.52: Winterdienst Modellzusammenfassung

Der Standardfehler von 2.242 scheint größer als die einzelnen Koeffizienten, dieser Standardfehler gilt jedoch für 5-12 Stationen und ist daher für die Prognose einer Station dementsprechend zu dividieren. Bezogen auf die Prognose einer Station betragen die Standardfehler: 140 €, 185 € und 335 €.

Das Modell wurde ohne konstanten Term gewählt, da die Kosten je Station berechnet werden. Das Ergebnis setzt sich daher nur aus einem Koeffizienten zusammen.

Koeffizienten^{a,b}

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1 geschlossen	928,758	139,842	,440	6,641	,000
1 offen	1728,399	184,861	,600	9,350	,000
überdacht	1513,126	334,887	,276	4,518	,001

a. Abhängige Variable: Winterdienst

b. Lineare Regression durch den Ursprung

Tabelle 8.53: Winterdienst Modellparameter mittels SPSS

Die Modellierung bildet die Realität ausgezeichnet ab, R^2 liegt bei ca. 0,97. Geschlossene Stationen verursachen Kosten von ca. 930 €/a, offene von ca. 1.730 €/a und überdachte Stationen von ca. 1.520 €/a. Dieses Ergebnis entspricht auch den technischen Überlegungen und kann somit in das LCC-Modell integriert werden.

Überdachte Stationen müssen zwar nicht vom Schnee geräumt werden, es besteht jedoch Vereisungsgefahr. Aus diesem Grund sind die Kosten nur geringfügig niedriger als bei den offenen Stationen. Bei geschlossenen Stationen müssen nur die Zugänge zu den Stationen intensiv betreut werden, die Kosten sind daher am geringsten.

Für die Modellierung werden daher folgende Werte angenommen:

Typ	Kosten in €/a Station
Geschlossene Station	929,00
Offene Station	1.728,00
Überdachte Station	1.513,00

Tabelle 8.54: Kostenkennwerte Winterdienst

Der Autor empfiehlt aufgrund der lohnintensiven Arbeit, die Kosten mit dem Tariflohnindex anzupassen (Voreinstellung im LCC-Berechnungstool).

8.7 Aufzüge

Aufzüge sind ein wichtiger Beitrag zur Barrierefreiheit der U-Bahninfrastruktur. Es handelt sich daher bei den Aufzügen nicht um einen zusätzlichen Komfort für Fahrgäste, sondern um eine zwingende Investition.

Die Anzahl der Aufzüge wird durch die Situierung sowie Planungsvorschriften bestimmt.

8.7.1 Planungsvorschriften⁶⁷

Jeder Bahnsteig ist mit mindestens einem Aufzug auszustatten, falls ein Zugang über eine Stiege notwendig ist. Weiters ist bei Neubauten bei jedem Aufgang ein Aufzug zu situieren. Diese Aufgänge werden bereits in einer sehr frühen Projektphase fixiert, die Anzahl der Aufzüge ist daher ebenfalls zu einem frühen Zeitpunkt abschätzbar. Um bei tiefer liegenden Stationen die Wartezeiten zu verkürzen, werden zwei Aufzüge nebeneinander angeordnet, lt. Architekt Moßburger existieren jedoch diesbezüglich keine Vorschriften.

Im Wesentlichen ist die Barrierefreiheit gemäß OIB-Richtlinie 4 zu gewährleisten.

8.7.2 Ausschreibungsbedingungen

Alle Anlagen sind entsprechend den Bedingungen der vorliegenden Normausschreibung auszuführen, und sind für eine Mindestlebensdauer von 30 Jahren – mit Ausnahme der ausgesprochenen Verschleißteile – auszulegen. Die Bauteile sind daher entsprechend robust auszuführen, vor allem im Hinblick auf die Beanspruchungen im öffentlichen Verkehr, sowie Witterungseinflüsse und Vandalismus.⁶⁸

In der aktuellen Ausschreibung werden 3 verschiedene Aufzugsgrößen definiert (siehe Tabelle 8.55).

Typ	Breite	Tiefe	Fläche	Last
NL 900 E und NL 900 D	1,20 m	1,60 m	2,05 - 2,18 m ²	900 kg
L1	1,30 m	1,90 m	2,60 – 2,80 m ²	1.200 kg
L3 und L4	1,30/1,55/1,60 m	2,00/2,10/2,50 m	3,50 - 3,57 m ²	1.600 kg

Tabelle 8.55: Kabinengrößen bei Aufzügen der Wiener Linien

Für Sonderanlagen können auch andere Typen verwendet werden.

In der Regel werden folgende (aufeinander folgende) Wartungsarten unterschieden:

- 5 Jahre Garantiewartung
- 10 Jahre Vollwartung (Option)
- 10 Jahre Vollwartung (Option)

In Summe steht eine Wartungsoption von 25 Jahren zur Verfügung. Die 10-Jahre-Vollwartung können jeweils von den Wiener Linien in Anspruch genommen werden.

⁶⁷ Besprechungsprotokoll Architekt Moßburger 2012-04-06

⁶⁸ [29] Aufzugsnormausschreibung II 2011, S.6

Falls sich jedoch eine wirtschaftlichere Wartungsmöglichkeit ergibt, kann ohne Angabe von Gründen auf diese Verlängerung der Wartung verzichtet werden.

Wartungsarbeiten werden monatlich durchgeführt.⁶⁹ Dieses Intervall kann seitens der Wiener Linien auf 6-mal jährlich herabgesetzt werden.

Da die Wartungsverträge über einen langen Zeitraum abgeschlossen werden, ist eine Preisgleitung vorgesehen. Im Standardvertrag der Wiener Linien findet sich daher folgende Textstelle, die für eine LCC-Modellierung von Bedeutung ist:

Die Wartungspreise gelten als veränderliche Preise und werden nach den Baukostenveränderungen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit angepasst. Es sind die Baukostenveränderungen der Kategorie Aufzüge anzuwenden. Preiserhöhungen werden nur nach den von dem BMWA verlautbarten Sätzen vorgenommen, wobei die 2% Klausel gemäß Pkt. 3.3.2 der Allgemeinen Vertragsbestimmungen der Wiener Stadtwerke für Dienstleistungen (WSTW 9313, Ausgabe 01.01.2007) zur Anwendung kommt.⁷⁰

Die Modellierung dieses Index wurde in Kapitel 6.9 erläutert.

Grundsätzlich stehen 2 unterschiedliche Wartungsarten zur Verfügung. Diese unterscheiden sich in Bezug auf die vereinbarte Zusammensetzung von Lohn und Sonstiges. Zur Erläuterung werden die entsprechenden Textpassagen wiedergegeben.

Garantiewartung:

Für alle Anlagen gilt die Aufteilung Lohnanteil 80% und Sonstiges 20 %. Erhöhungen werden jeweils nur ab dem 01.01. des jeweiligen Jahres akzeptiert. Eine rückwirkende Nachverrechnung von Erhöhungen ist ausgeschlossen.

Vollwartung:

Für alle Anlagen gilt die Aufteilung Lohnanteil 60% und Sonstiges 40 %. Erhöhungen werden jeweils nur ab dem 01.01. des jeweiligen Jahres akzeptiert. Eine rückwirkende Nachverrechnung von Erhöhungen ist ausgeschlossen.

Die unterschiedliche Zusammensetzung wird durch Bildung von 2 entsprechenden Indexwerten berücksichtigt (vergleiche Kapitel 6.9).

8.7.3 Daten

Die Datenbasis der Fahrtreppen und Aufzüge ist sehr detailliert. Jede Fahrtreppe bzw. jeder Aufzug wird als eigenes Objekt erfasst. Neben den monatlichen und jährlichen Kosten wird eine Reihe an weiteren Daten gesammelt (siehe Tabelle 8.56).

Folgende Faktoren sind nicht erfasst und können daher nicht in das Modell integriert werden:

- Größe der Kabine
- Antriebsleistung
- Tragkraft
- Positionierung des Antriebs (ohne Triebwerksraum, auf Kabine, usw.)

⁶⁹ [29] Aufzugsnormausschreibung II 2011, S.44

⁷⁰ [29] Aufzugsnormausschreibung II 2011, S.46

Diese Einflussparameter konnten nicht untersucht werden. Dem Autor erscheint es sinnvoll in Zukunft diese Parameter in den Datenbestand zu integrieren, um die Prognose der Kosten zu verbessern.

Datenfeld	Erklärung
Linien Zuteilung	U1, U2, U3, U4, U6
Station	
Top.Nr.	
Hersteller	Firma
Wartung Reparatur Störungsbehebung	Firma
Hersteller Nr.	Herstellernummer
Baujahr	
Hubhöhe	
Aufzugsart (Seil) (Hydr.)	
Bergefahrt	Ja, nein
Notstrom	Ja, nein
Tagw. Nachtw. Betriebsl.	Tag, Nacht, Betriebsl.
Wartung	Eigenwartung, Garantiewartung, Regiewartung, Wartungsvertrag, WL/ÖBB
Beginn	Beginn Wartungsvertrag
Ende	Ende Wartungsvertrag
Vertragsdauer	
Optionsverlängerung	Mögliche Vertragsverlängerungen
Generalsanierung Erneuerung Fahrtreppen	Zeitpunkt der Generalsanierung, Erneuerung
Wartungspreis Monat 2011	€/Monat
Wartungspreis Jahr 2011	€/Jahr

Tabelle 8.56: Datenbestand – Aufzüge

In der Datenbank sind 258 Aufzüge erfasst, 241 können U-Bahn-Stationen zugeordnet werden, die Verteilung der Aufzüge auf die einzelnen Linien ist in Abbildung 8.42 dargestellt. Die Linie U3 weist mit 71 Aufzügen den höchsten Bestand auf, die Linie U4 den niedrigsten mit 29.

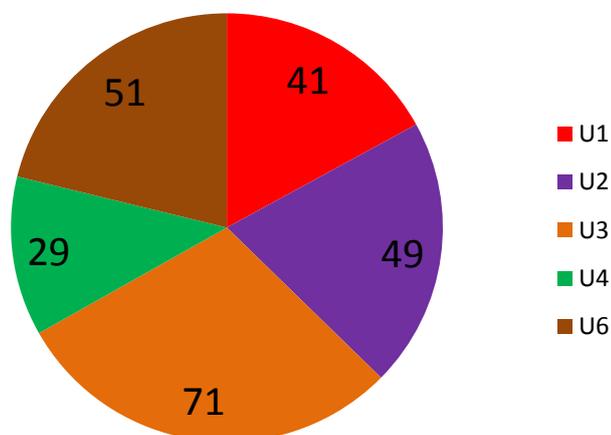


Abbildung 8.42: Anzahl der Aufzüge in Abhängigkeit der Linie

Bedarf

Die unterschiedlichen Randbedingungen der verschiedenen Linien führen zu einem unterschiedlichen Bedarf an Aufzügen. Entscheidend für die Planung ist der Bedarf *einer* Station. Um den Unterschied der Linien herauszuarbeiten, wurde die durchschnittliche Anzahl an Aufzügen ermittelt (siehe Tabelle 8.57).

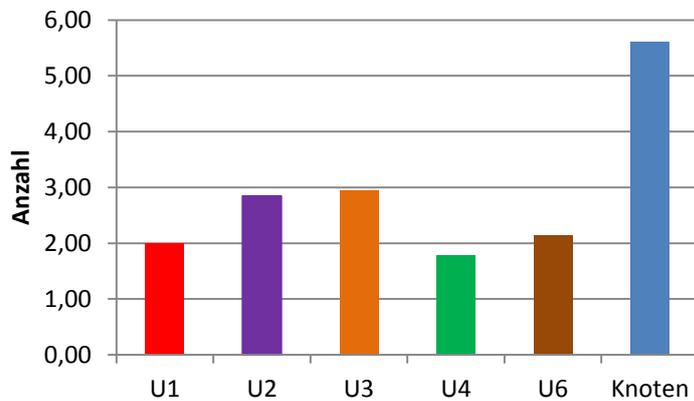


Abbildung 8.43: Durchschnittliche Anzahl der Aufzüge je Station

Linie	Aufzug
U1	2,00
U2	2,85
U3	2,94
U4	1,79
U6	2,14
Knoten	5,60

Tabelle 8.57: Durchschnittliche Anzahl der Aufzüge je Station

Die Linie U4 weist eine unterdurchschnittliche Anzahl an Aufzügen auf. Die alten Stadtbahnstationen wurden von Otto Wagner geplant und verfügten ursprünglich über keine Aufzüge. Erst zu einem späteren Zeitpunkt wurden die Stationen adaptiert und nachträglich Aufzüge eingebaut. Die Anlageverhältnisse und die nachträgliche Adaptierung sind der Grund für die geringe Anzahl.

Die Mindestanzahl ergibt sich aus der Barrierefreiheit der Stationen, je Bahnsteig muss mindestens ein Aufzug zur Verfügung stehen. Mittelbahnsteige ermöglichen eine Reduktion der Aufzüge, da im Minimalfall nur einer notwendig ist (Seitenbahnsteig 2). Ein weiterer Einflussfaktor ist die Tiefenlage der Station. Mit zunehmender Tiefe verlängern sich die Fahrzeiten der Aufzüge, aus logistischen Gründen kann es daher notwendig sein, einen weiteren anzuordnen.

Knotenstationen weisen einen signifikant höheren Bedarf auf als Linien-Stationen, dieser liegt im Durchschnitt bei 5,6 Aufzügen. Dies lässt sich sowohl durch die höhere Anzahl an Bahnsteigen, als auch durch die Situierung in Tieflage erklären.

Da Wartungskosten einen wesentlichen Anteil der LCC einer Station verursachen, ist die Anzahl der Aufzügen aus wirtschaftlicher Sicht auf ein Minimum zu reduzieren. Diese Strategie steht dem Komfort der Fahrgäste diametral gegenüber. Um dem Planer ein Steuerungsinstrument bieten zu können, werden nun die Kosten der Aufzüge untersucht.

8.7.4 Kosten Neubau

Für die Abschätzung der LCC wird ein Modell für die Anschaffungskosten von Aufzügen erstellt. Im Jahr 2007 wurden die Aufzugshersteller erstinstanzlich wegen verbotener

Preisabsprachen verurteilt. Um den Einfluss des Aufzugskartells auszuschließen werden nur Anschaffungspreise ab 2008 berücksichtigt.

Folgende Einflussparameter stehen auf Basis der Datenbank zur Verfügung:

- Hersteller
- Baujahr
- **Hubhöhe**
- Aufzugsart
- Anzahl der Stationen

Für das Modell wurde die Hubhöhe als Parameter ausgewählt. Die anderen Parameter wurden aus folgenden Gründen ausgeschlossen:

- Hersteller → Ausschließlich Aufzüge der Firma Thyssen ab 2008
- Aufzugsart → Keine Hydraulischen Aufzüge ab 2008
- Baujahr → Wird über Aufzugsindex Berücksichtigt Lohn/Sonstiges 60/40
- Anzahl der Stationen → hat bei Regression keine Signifikanz gezeigt

Um den Einfluss der Preissteigerung zu eliminieren, wurden die Preise mit Hilfe des Aufzugsindex 60/40 auf das Jahr 2010 hochgerechnet und somit vergleichbar gemacht. Trägt man nun die angepassten Preise bezogen auf die Hubhöhe des Aufzugs in einem Diagramm auf, erhält man Abbildung 8.44.

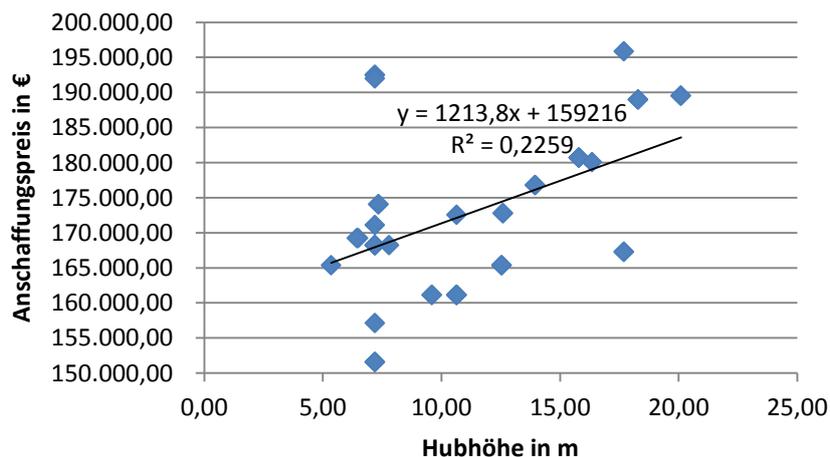


Abbildung 8.44: Anschaffungspreis in Abhängigkeit der Hubhöhe

Wie zu erwarten steigt der Preis abhängig von der Hubhöhe. Da trotz eindeutigem Trend die Werte stark streuen, ist es notwendig, die Werte kritisch zu hinterfragen und mit Erfahrungswerten abzugleichen.

Die Analyse mit Hilfe der linearen Regression liefert das Ergebnis in Tabelle 8.58.

R^2 hat einen Wert von nur 0,226, das Modell erklärt daher nur begrenzt den Neubaupreis eines Aufzugs. Das Modell setzt sich aus einer Konstanten von 159.216 € und einem von der Hubhöhe abhängigen Wert von 1.214 €/m zusammen.

Das Modell lautet somit:

$$\begin{aligned} \text{Neubaukosten Aufzug} &= 159.216 + 1.214 \cdot h \\ h &\dots \text{Hubhöhe} \end{aligned} \quad (43)$$

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R- Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,475 ^a	,226	,206	10311,48924

a. Einflußvariablen : (Konstante), Hubhöhe

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	
	Regressionsko- effizientB	Standardfehler	Beta			
1	(Konstante)	159216,164	4443,451		35,832	,000
	Hubhöhe	1213,810	364,477	,475	3,330	,002

a. Abhängige Variable: Preismlaindex

Tabelle 8.58: Regressionsanalyse Aufzug mittels SPSS

Diskussion Prognosefehler:

Da das Bestimmtheitsmaß R^2 bei dieser Modellierung aufgrund der begrenzten Einflussparameter begrenzt ist, sind die Prognosefehler kritisch zu hinterfragen. Der Standardfehler der Konstanten beträgt 4.443 €, dieser Fehler ist nach Ansicht des Autors bezogen auf die Größenordnung der Konstanten von 159.216 € in einem vertretbaren Bereich. Der Faktor der Hubhöhe beträgt 1.214 €/m, der Standardfehler hier beträgt 364 €/m. Bei einer Hubhöhe von 10 m ergibt das einen Standardfehler von 3.645 € in der Prognose. Dies ist in Anbetracht der Konstanten vertretbar.

Sind im Zuge der LCC-Simulation genauere Preise bekannt, sind diese für eine Prognose heranzuziehen.

Der Autor empfiehlt Preisschwankungen bis zu 25 % zu ergründen und so für die Zukunft eine Optimierung der Kosten zu erreichen. Aus dem bestehenden Datenbestand sind diese nicht abzuleiten.

8.7.5 Kosten Wartung

Monatliche Kosten werden nur für Fremdwartungen objektbezogen erfasst. Daher beziehen sich die folgenden Auswertungen nur auf diesen Datenbestand. Aufzüge, die in Eigenwartung sind, werden nicht berücksichtigt, da eine Kostenzuteilung nur sehr schwer möglich ist. Es wurden nur Aufzüge von U-Bahn-Stationen berücksichtigt, Aufzüge von Wartungshallen etc. wurden aufgrund der unterschiedlichen Belastung ausgetrennt.

Für die Wartung gibt es 2 unterschiedliche Wartungsverträge:

- 5 jährige Wartung – Garantiewartung
- 10 jährige Wartung

Welchen Einfluss hat die Dauer des Wartungsvertrages?

Das Histogramm in Abbildung 8.45 zeigt, dass die monatlichen Wartungsgebühren der 5-jährigen Garantiewartung tendenziell niedriger sind als die der 10-jährigen Wartungsverträge. Dies kann durch den Umstand erklärt werden, dass in den ersten 5 Jahren der Wartungsaufwand geringer zu erwarten ist als in den darauf folgenden Jahren. Die horizontale Achse im Diagramm entspricht den monatlichen Wartungskosten Stand 2011, die vertikale Achse gibt die absolute Häufigkeit an.

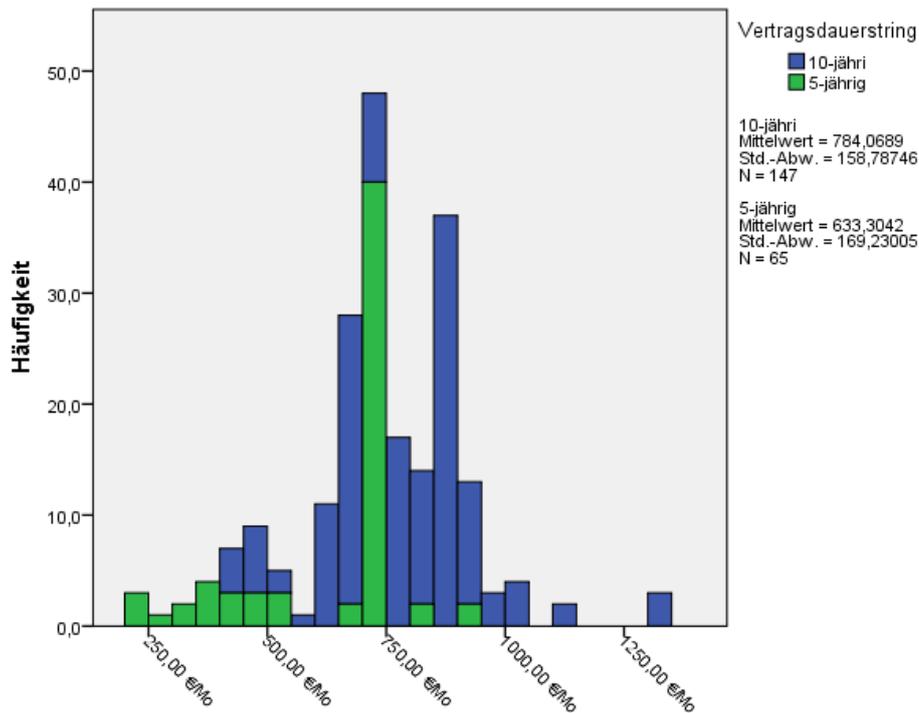


Abbildung 8.45: Histogramm der monatlichen Wartungskosten €/Mo in Abhängigkeit des Wartungsvertrages – Aufzüge

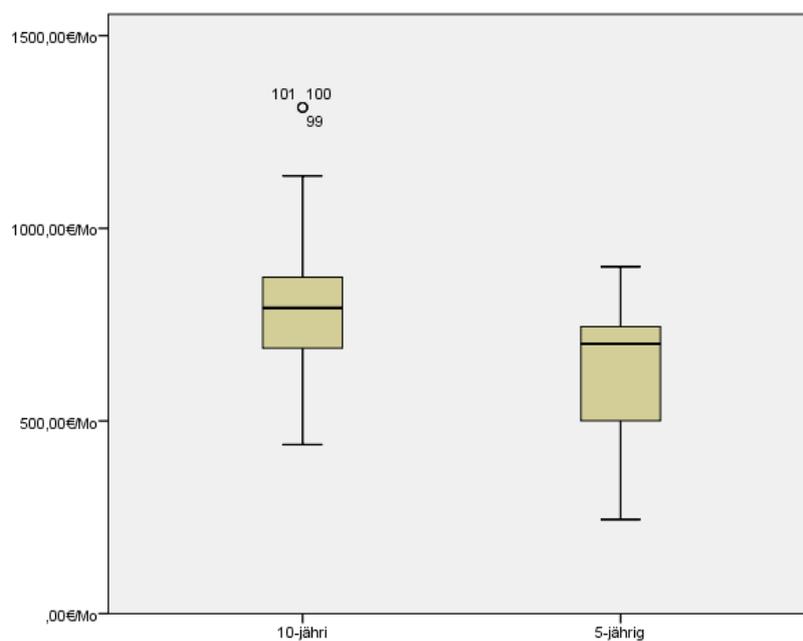


Abbildung 8.46: Boxplot der monatlichen Wartungskosten in Abhängigkeit des Wartungsvertrages – Aufzüge

Abbildung 8.46 zeigt, dass der Median der 10-jährigen Wartung über dem der 5-jährigen Wartung liegt. Das bedeutet, dass die 5-jährige Garantiewartung üblicherweise billiger ist. Die Bandbreite der Einzelwerte ist jedoch sehr hoch. Die Auswertung zeigt jedoch, dass die Dauer des Wartungsvertrages einen wesentlichen Einfluss auf die Wartungskosten hat.

Welchen Einfluss hat der Zeitpunkt des Vertragsabschlusses?

Die jährlichen Wartungskosten abhängig vom Zeitpunkt des Vertragsabschlusses sind in Abbildung 8.47 ersichtlich. Dieser weist starke Schwankungen auf, sowohl bei den 5-jährigen als auch bei den 10-jährigen Wartungsverträgen. Im Jahr 2007 ist ein Rückgang der Wartungskosten in beiden Verläufen zu erkennen, dieser ist vermutlich auf die damalige Marktsituation zurückzuführen. Der Verlauf dieser Kurven lässt vermuten, dass der Markt einen wesentlichen Einfluss auf die Wartungskosten eines Aufzuges hat.

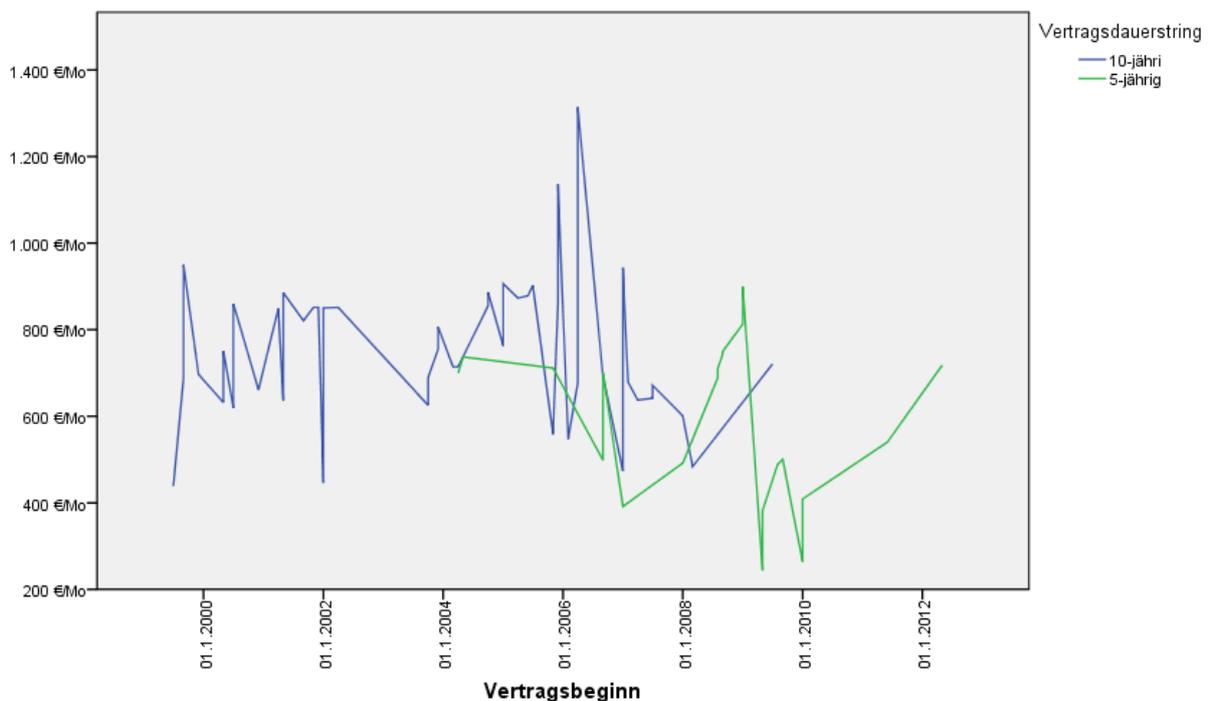


Abbildung 8.47: monatliche Wartungskosten €/Mo in Abhängigkeit des Zeitpunktes des Vertragsabschlusses – Aufzüge

Die Dauer und der Vertragsbeginn des Wartungsvertrages sind nicht die einzigen Parameter, die die Wartungskosten beeinflussen.

Welchen Einfluss hat der Hersteller auf die Wartungskosten?

Das Histogramm in Abbildung 8.48 zeigt die Wartungskosten abhängig vom Hersteller.

Die Mittelwerte liegen in etwa um 700 €/Mo. Der niedrige Mittelwert von Thyssen mit 600 €/Mo oder der besonders hohe Mittelwert des Herstellers Schmitt sind aufgrund der geringen Anzahl an Aufzügen nur begrenzt repräsentativ. Auf Basis dieser Auswertung kann kein signifikanter Unterschied auf Basis des Herstellers festgestellt werden. Aus diesem Grund schließt der Autor darauf, dass der Parameter Herstellerfirma eines Aufzuges nur sehr begrenzte Auswirkungen auf die Höhe der Wartungskosten hat. Eine entsprechende Regressionsanalyse führte ebenfalls zu dieser Erkenntnis.

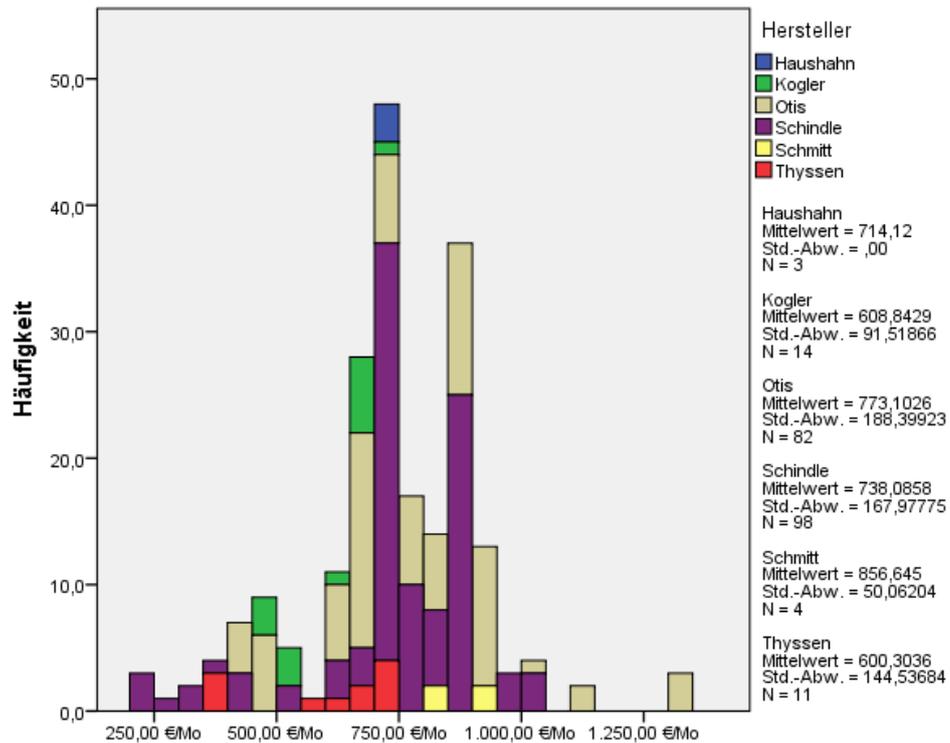


Abbildung 8.48: monatliche Wartungskosten €/Mo in Abhängigkeit des Herstellers – Aufzüge

Welchen Einfluss hat die Aufzugsart (hydraulisch, Seil) auf die Wartungskosten?

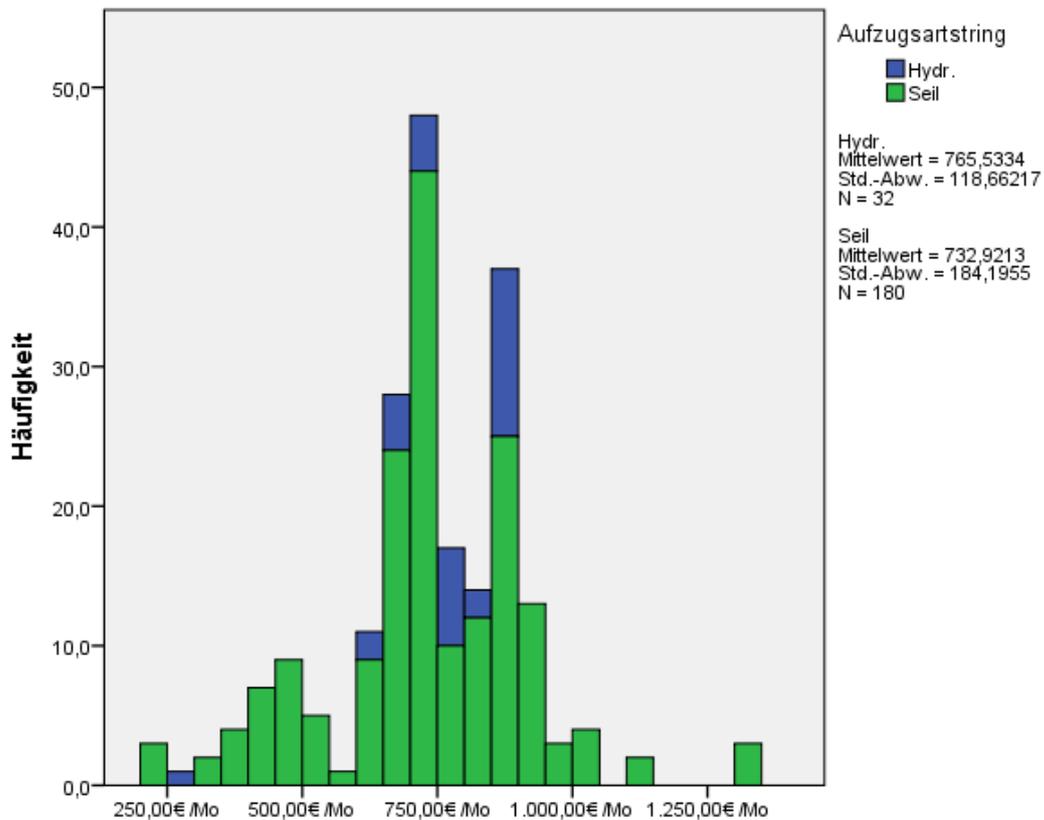


Abbildung 8.49: monatliche Wartungskosten €/Mo in Abhängigkeit des Antriebskonzeptes – Aufzüge

In Abbildung 8.49 wurden die Wartungskosten bezogen auf ihre Antriebsart untersucht. Der Mittelwert der Wartungskosten für hydraulischen Aufzüge von 766 €/Mo liegt nur geringfügig über dem Mittelwert der seilbetriebenen Aufzüge mit einem Mittelwert von 733 €/Mo. Die Art des Antriebes hat scheinbar keine signifikante Auswirkung auf die Wartungskosten. Diese These wurde ebenfalls durch eine Regressionsanalyse bestätigt.

Nach einem Regressionstest mit allen verfügbaren Parametern haben sich die folgen 2 Parameter als sinnvoll erwiesen:

- Vertragsdauer
- Hubhöhe

Die Regression hat gezeigt, dass die Anzahl der Stationen nicht signifikant für die Berechnung der Wartungskosten (Sig. 0,761) und wurde daher aus dem Modell entfernt.

Die Auswertung der Daten mit Hilfe der linearen Regression liefert das Ergebnis Tabelle 8.59.

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,538 ^a	,289	,282	142,82121

a. Einflußvariablen : (Konstante), Vertragsdauer, Hubhöhe

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	551,347	26,950		20,458	,000
1 Hubhöhe	8,822	2,116	,250	4,169	,000
Vertragsdauer	176,919	21,658	,490	8,169	,000

a. Abhängige Variable: Wartungskosten/Mo

Tabelle 8.59: Regressionsanalyse Aufzug mittels SPSS

R² liegt mit 0,289 im unteren Bereich, der Standardfehler beträgt 143 €/Mo. Das Ergebnis kann so gedeutet werden, dass die ausgewählten Parameter signifikant für die Wartungskosten sind. Aufgrund von nicht erklärbaeren Einflussparametern (Marktsituation) sinkt das Bestimmtheitsmaß. Der Einfluss der Hubhöhe ist signifikant, jedoch als gering einzuschätzen.

Falls für die Abschätzung der Lebenszykluskosten keine genaueren Werte bekannt sind (Angebote), empfiehlt der Autor diese mit folgenden Formeln abzuschätzen:

$$\begin{aligned} \text{Wartungskosten €/Mo} &= 551 + 9 \cdot h + 177 \cdot i_{\text{Vertragsdauer}} & (44) \\ h \dots \text{Hubhöhe} & \\ i_{\text{Vertragsdauer}} &= \begin{cases} 1 & \text{für 10 jährigen Wartungsvertrag} \\ 0 & \text{für 5 jährigen Wartungsvertrag} \end{cases} \end{aligned}$$

Die Prognose der Preissteigerungen erfolgt mit den in Kapitel 6.9 analysierten Indizes.

8.8 Fahrtreppen

Fahrtreppen sind ein kostenintensiver Bestandteil einer U-Bahn-Station.

8.8.1 Planungsvorschriften⁷¹

Grundsätzlich werden bei einfacher Hochlage (7,2m) keine Fahrtreppen angeordnet, dies geschieht nur bei Stationen mit besonders hohen Anforderungen (Fahrgastzahlen). Falls aufgrund der Anforderungen eine Fahrtreppe notwendig erscheint, wird diese nur an einer Seite des Bahnsteigs und nur in Richtung bergauf situiert.

Bei Höhen- bzw. Tiefenlagen, die über 7,2m hinausgehen, wird mindestens eine Fahrtreppe auf jedem Bahnsteig situiert. Bei besonderen Anforderungen entsprechend mehr.

Aufgrund der klaren Anforderungen an die Quantität der Fahrtreppen ist die Anzahl der notwendigen Fahrtreppen früh und präzise abschätzbar.

8.8.2 Ausschreibungsbedingungen

Die Fahrtreppen werden für eine Lebensdauer von mindestens 30 Jahren ausgelegt, ausgenommen sind entsprechende Verschleißteile.

Alle Anlagen sind als Verkehrsfahrtreppen gemäß EN 115-1, Pkt. 3.9 auszuführen und sind für eine Mindestlebensdauer von 30 Jahren - mit Ausnahme der ausgesprochenen Verschleißteile - auszulegen. Alle bewegten Teile sind statisch und dynamisch zu wuchten. Jede Fahrtreppe muss für einen Zweirichtungsbetrieb geeignet sein.⁷²

Wie auch bei den Aufzügen werden folgende Wartungsmöglichkeiten unterschieden:

- 5 Jahre Garantiewartung
- 10 Jahre Vollwartung (1. optional)
- 10 Jahre Vollwartung (2. optional)

Für die Inanspruchnahme gelten die gleichen Bedingungen wie bei den Aufzügen (siehe Kapitel 8.7.2).

⁷¹ Besprechungsprotokoll Architekt Moßburger 2012-04-06

⁷² [30] Fahrtreppennormausschreibung 2011, S.7

Da diese Wartungsverträge über einen langen Zeitraum abgeschlossen werden, sind die vereinbarten Preise veränderliche Preise, die mit einem entsprechenden Index anzupassen sind.

Die Wartungspreise gelten als veränderliche Preise und werden nach den Baukostenveränderungen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit angepasst. Es sind die Baukostenveränderungen der Kategorie Aufzüge anzuwenden. Preiserhöhungen werden nur nach den von dem BMWA verlautbarten Sätzen vorgenommen, wobei die 2% Klausel gemäß Pkt. 3.3.2 der Allgemeinen Vertragsbestimmungen der Wiener Stadtwerke für Bauleistungen (WSTW 9314, Ausgabe 01.01.2007) zur Anwendung kommt.⁷³

Garantiewartung

Für alle Anlagen gilt die Aufteilung Lohnanteil 80% und Sonstiges 20 %. Erhöhungen werden jeweils nur ab dem 01.01. des jeweiligen Jahres akzeptiert. Eine rückwirkende Nachverrechnung von Erhöhungen ist ausgeschlossen.⁷⁴

Vollwartung

Für alle Anlagen gilt die Aufteilung Lohnanteil 60% und Sonstiges 40 %. Erhöhungen werden jeweils nur ab dem 01.01. des jeweiligen Jahres akzeptiert. Eine rückwirkende Nachverrechnung von Erhöhungen ist ausgeschlossen.⁷⁵

Die Gewichtung der Indizes entspricht somit denen der Aufzugs-Wartungsverträge.

Die Wartung beinhaltet ebenfalls regelmäßige Überprüfungen der Treppen, um die höchstmögliche Verfügbarkeit der Fahrtreppen zu gewährleisten.

8.8.3 Daten

Die erfassten Daten entsprechen in weiten Bereichen denen der Aufzüge, diese sind in Tabelle 8.60 dargestellt.

Folgende Faktoren sind nicht erfasst und können daher nicht in das Modell integriert werden:

- Außentreppe - Innentreppe
- Antriebsleistung

Diese Einflussparameter konnten nicht untersucht werden, dem Autor erscheint es sinnvoll in Zukunft diese Parameter in den Datenbestand zu integrieren, um die Prognose der Kosten zu verbessern.

⁷³ [30] Fahrtreppennormausschreibung 2011, S.42

⁷⁴ [30] Fahrtreppennormausschreibung 2011, S.43

⁷⁵ [30] Fahrtreppennormausschreibung 2011, S.43

Datenfeld	Erklärung
Linien Zuteilung	U1, U2, U3, U4, U6
Station	
Top.Nr.	
Hersteller	Firma
Wartung Reparatur Störungsbehebung	Firma
Hersteller Nr.	Herstellernummer
Baujahr	
Hubhöhe	
Neigung	
Tagw. Nachtw. Betriebsl.	Tag, Nacht, Betriebsl.
Wartung	Eigenwartung, Garantiewartung, Regiewartung, Wartungsvertrag, WL/ÖBB
Beginn	Beginn Wartungsvertrag
Ende	Ende Wartungsvertrag
Vertragsdauer	
Optionsverlängerung	Mögliche Vertragsverlängerungen
Generalsanierung Erneuerung Fahrtreppen	Zeitpunkt der Generalsanierung, Erneuerung
Wartungspreis Monat 2011	€/Monat
Wartungspreis Jahr 2011	€/Jahr

Tabelle 8.60: Datenbestand Fahrtreppen

In der Datenbank sind 341 Fahrtreppen erfasst, 329 können U-Bahn-Stationen zugeordnet werden, Abbildung 8.50 verdeutlicht die Zuordnung zu den jeweiligen Linien.

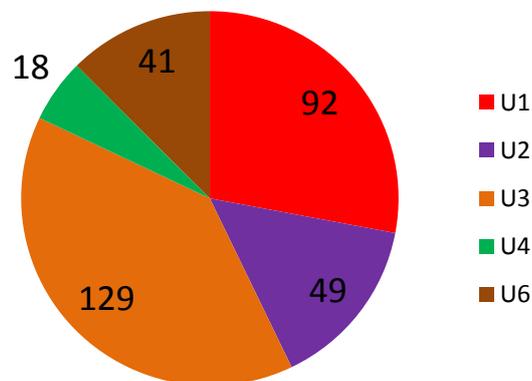
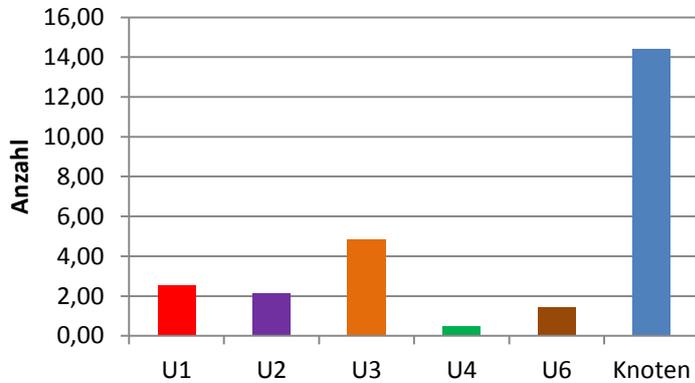


Abbildung 8.50: Anzahl der Fahrtreppen in Abhängigkeit der Linie

Die Linien U3 und U1 weisen mit Abstand den höchsten Bestand an Fahrtreppen auf.

Bedarf

Für den Vergleich von Planungen ist es notwendig, den Bedarf pro Station auszuwerten. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tabelle 8.61 dargestellt.



Linie	Fahrtreppe
U1	2,53
U2	2,15
U3	4,82
U4	0,50
U6	1,43
Knoten	14,40

Tabelle 8.61: Anzahl der Fahrtreppen je Station in Abhängigkeit der Linie

Abbildung 8.51: Anzahl der Fahrtreppen je Station in Abhängigkeit der Linie

Die alte Stadtbahnlinie U4 weist einen durchschnittlichen Bestand von 0,5 Fahrtreppen je Station auf. Dieser Wert liegt weit unter dem Durchschnitt der anderen Stationen. Eine Erklärung dafür ist die geringe Tiefenlage dieser Linie. Die noch erhaltenen Otto-Wagner-Stationen verfügen über keine Fahrtreppen, was den Durchschnitt entsprechend senkt. Aus wirtschaftlicher Sicht ist eine Planung mit möglichst wenigen Fahrtreppen zu bevorzugen, bei der Linie U3 war dies aufgrund der Tiefenlage nicht möglich.

Die ursprüngliche Planung der alten Stadtbahn, mit geringer Tiefenlage, schneidet daher bei den Kosten entsprechend gut ab. Dies gilt auch für die Linie U6 die mit 1,43 Rolltreppen ebenfalls unter dem Gesamtdurchschnitt liegt.

Die Linie U3 weist mit Ausnahme der Knotenstationen den mit Abstand höchsten Bedarf mit 4,82 Fahrtreppen pro Station auf.

Knotenstationen benötigen aufgrund der großen Tiefenlage meist eine erhebliche Anzahl an Fahrtruppen. Der Durchschnitt liegt bei fast 15 Fahrtruppen je Station, und damit weit über dem Gesamtdurchschnitt. Knotenstationen sind daher bezogen auf die Kosten der Fahrtreppen wesentlich kostenintensiver.

Um den Bedarf an Fahrtreppen gering zu halten, sind große Hoch- oder Tiefenlagen möglichst zu vermeiden. Diese verursachen erheblich höhere Kosten.

8.8.4 Kosten Neubau

Im Jahr 2007 wurden die Aufzugshersteller erstinstanzlich wegen verbotener Preisabsprachen verurteilt. Um den Einfluss des Aufzugskartells auszuschließen werden nur Anschaffungspreise ab 2008 berücksichtigt.

Folgende Einflussparameter stehen auf Basis der Datenbank zur Verfügung:

- Baujahr
- Hersteller
- **Hubhöhe**
- **Neigung**
- Nenngeschwindigkeit
- Stufenbreite
- Ausführung

Für die Modellierung wurden folgende Parameter ausgeschlossen:

- Nenngeschwindigkeit – alle Treppen 0,65 m/s
- Stufenbreite – alle Treppen 1,00 m
- Ausführung – alle Treppen schwere Verkehrsfahrtrepp WL Ausführung
- Hersteller – zu geringe Stichprobe

Abbildung 8.52 zeigt die Kosten abhängig von der Hubhöhe.

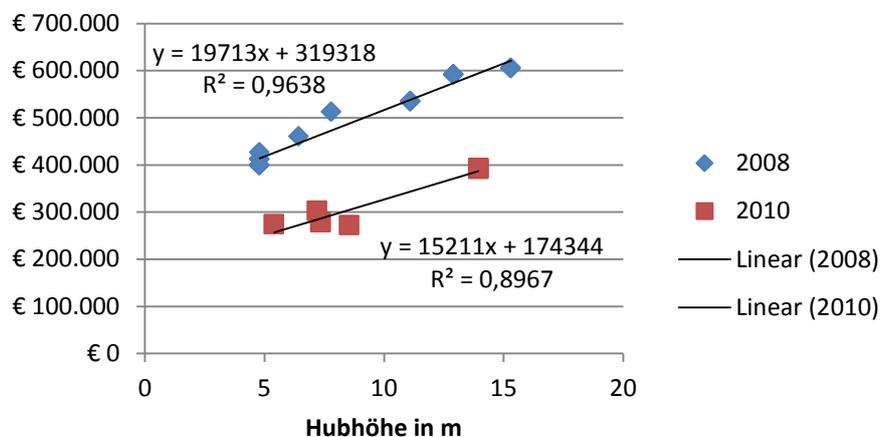


Abbildung 8.52: Neubaukosten Fahrtrepp

Die Stichprobe umfasst nur 25 Fahrtreppen, alle weiteren Analysen sind daher unter diesem Gesichtspunkt zu bewerten. Legt man eine Ausgleichsgerade durch die Datenreihe aus dem Jahr 2008, ist ein linearer Zusammenhang zwischen Hubhöhe und Neubaukosten zu erkennen (siehe Abbildung 8.52). Die Ausgleichsgerade besitzt ein Bestimmtheitsmaß von über 0,96 und stimmt daher mit den Daten sehr gut überein. Die Treppen aus dem Jahr 2008 stammen überwiegend von der Firma Otis und Schindler, im 2010 wurden ausschließlich Fahrtreppen von der Firma Thyssen eingebaut.

Die Ausgleichsgerade der Datenreihe 2010 besitzt ebenfalls ein Bestimmtheitsmaß von über 0,89 und stimmt somit ebenfalls gut mit den Daten überein.

Da man annehmen kann, dass die Firma Thyssen auch im Jahr 2008 ein Angebot abgegeben hat, kann der Unterschied in der Konstanten von 144.974 € (=319.318-174.344) nicht auf den Hersteller zurückgeführt werden. Der Unterschied bezogen auf das Jahr 2008 beträgt 45 %. Dieser Unterschied führt bei einer gemeinsamen Ausgleichsgeraden zu einer Reduktion des Bestimmtheitsmaßes auf 0,433 (siehe Tabelle 8.62 bzw. Abbildung 8.53).

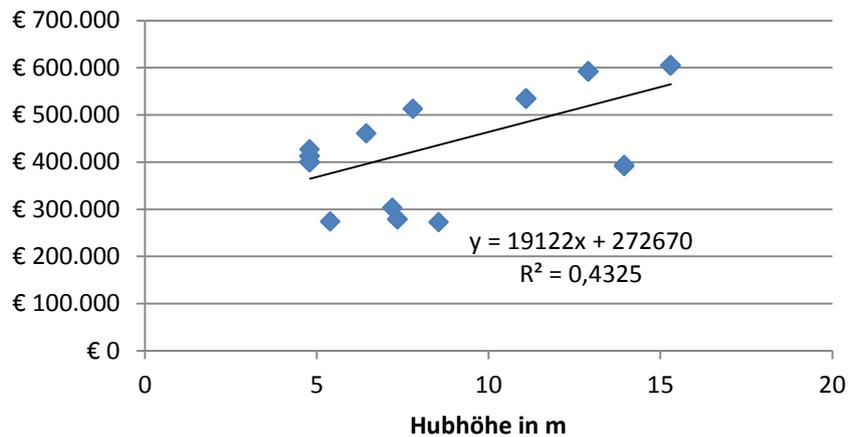


Abbildung 8.53: Neubaukosten Fahrtreppe

Modellzusammenfassung				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,658 ^a	,433	,408	88959,31489

a. Einflußvariablen : (Konstante), Hubhöhe

Tabelle 8.62: Modell Hubhöhe

Es stellt sich die Frage, welche Zeitreihe für eine Prognose herangezogen werden soll. In der linearen Regression wird daher ein weiterer Faktor eingeführt, der für die Differenzen der Kosten verantwortlich sein könnte, die Neigung der Fahrtreppe.

Die Simulation erfolgt daher mit den Parametern **Hubhöhe** und **Neigung** der Fahrtreppe. Um den Einfluss der Preissteigerungen zu eliminieren, wurden die Preise mit Hilfe des Aufzugsindex 60/40 auf das Jahr 2010 hochgerechnet und somit vergleichbar gemacht.

Die lineare Regression ergibt die Ergebnisse in Tabelle 8.63 und Tabelle 8.64.

Modellzusammenfassung				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,682 ^a	,465	,416	88340,50604

a. Einflußvariablen : (Konstante), Hubhöhe, Neigung

Tabelle 8.63: Modell Hubhöhe u. Neigung

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	29312,966	216327,016		,136	,893
1 Neigung	10964,184	9531,010	,239	1,150	,262
1 Hubhöhe	14530,251	6041,431	,500	2,405	,025

a. Abhängige Variable: Preisangepasst

Tabelle 8.64: Regressionsanalyse Neigung u. Hubhöhe mittels SPSS

Da der Standardfehler der Neigung der Größenordnung des Regressionskoeffizienten entspricht, ist dieses Ergebnis zu verwerfen. Weiters sinkt die Signifikanz der Konstanten auf 0,893, der Standardfehler ist ein Vielfaches des Koeffizienten. Auch aus technischer Sicht kann nachvollzogen werden, dass der Konstruktion der Fahrtreppe bei geringen Neigungsänderungen keine wesentliche Änderung widerfährt. Aus diesem Grund bleibt als einziger Parameter die Hubhöhe.

Die entsprechende Ausgleichsgerade hat folgende Koeffizienten (siehe Tabelle 8.65, bzw. Abbildung 8.53).

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	272670,253	45540,892		5,987	,000
1 Hubhöhe	19121,960	4566,825	,658	4,187	,000

a. Abhängige Variable: Preisangepasst

Tabelle 8.65: Regressionsanalyse Hubhöhe mittels SPSS

Die Formel zur Prognose der Neubaukosten lautet somit:

$$\text{Neubaukosten Fahrtreppe €} = 272.670 + 19.122 \cdot h \quad (45)$$

h= Hubhöhe

Diskussion Prognosefehler:

Betrachtet man die Zeitreihen getrennt voneinander, führt diese zu einer sehr hohen Übereinstimmung der Daten und dem Modell. Der Unterschied zwischen den Datenreihen ist jedoch auf Basis der vorliegenden Daten nicht zu erklären. Eine entsprechend angespannte Marktlage könnte 2010 zu den niedrigen Preisen geführt haben, dieser Einflussparameter kann jedoch nicht im Modell berücksichtigt werden.

Für eine Prognose muss daher eine ingenieurmäßige Lösung herangezogen werden. Der Autor empfindet es als sinnvoll, alle Daten in das Prognosemodell miteinzubeziehen und so einen entsprechenden Durchschnitt zu bilden, auch wenn das eine deutliche Reduktion des Bestimmtheitsmaßes zur Folge hat.

Eine mögliche Erklärung des Standardfehlers liegt darin, dass nicht zwischen Außen- bzw. Innentreppen unterschieden wird. Fahrtreppen, die in Aufgangsbereichen Feuchtigkeit ausgesetzt sind, müssen besondere technische Anforderungen erfüllen. Ein Großteil der verzinkten Teile muss durch Niro-Teile ersetzt werden. Da dieser Parameter in der Datenbank nicht erfasst ist, kann der Einfluss nicht analysiert werden. Klar ist jedoch, dass dieser Parameter zu einer erheblichen Varianz der Kosten beiträgt.⁷⁶ Der Autor empfiehlt, in Zukunft diesen Parameter in der Datenbank zu ergänzen.

Liegen bei der Berechnung der LCC bereits Angebote von entsprechenden Firmen vor, empfiehlt der Autor diese für die Prognose heranzuziehen, für eine erste Abschätzung der Kosten hält der Autor das beschriebene Modell für ausreichend.

8.8.5 Kosten Wartung

Wie auch bei den Aufzügen gibt es die Unterscheidung zwischen der Garantiewartung und der Vollwartung. Eigenwartung und Regiewartung wurde bei der Auswertung aufgrund der fehlenden Kosten nicht berücksichtigt, ebenso die Garantiewartung der neuen U2-Stationen bei denen die Kosten nicht explizit ausgewiesen sind. Weiters wurden Fahrtreppen, die nicht einer U-Bahn-Station zugeordnet sind, aus der Datenbank entfernt.

Welchen Einfluss hat die Dauer des Wartungsvertrages auf die Kosten?

Abbildung 8.54 zeigt die Häufigkeitsverteilung der abgeschlossenen Wartungsverträge abhängig vom Wartungspreis.

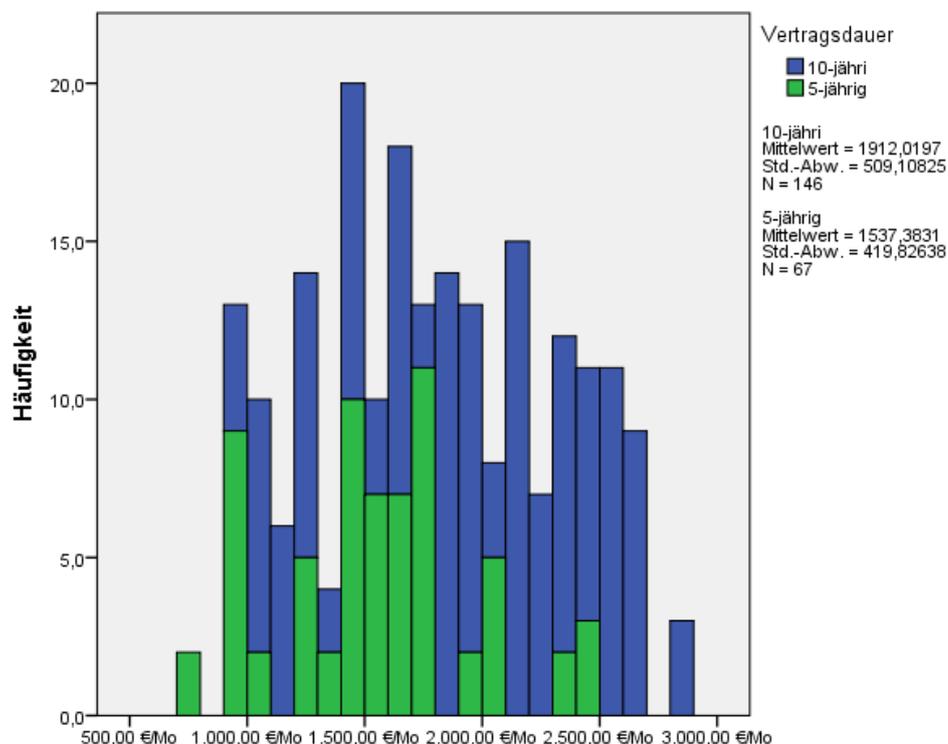


Abbildung 8.54: Histogramm der Wartungskosten in Abhängigkeit des Wartungsvertrages – Fahrtreppen

⁷⁶ Gespräch Mitarbeiter Konstruktion Schindler 31.09.2012

Gut zu erkennen ist, dass die blau dargestellten 10-jährigen Wartungsverträge kostenintensiver sind, als die 5-jährigen. In Abbildung 8.55 ist der Median mit einer schwarzen horizontalen Linie eingetragen. Der Mittelwert der 10-jährigen Wartungsverträge liegt bei 1.912 €/Mo, der der 5-jährigen Verträge liegt bei 1.537 €/Mo.

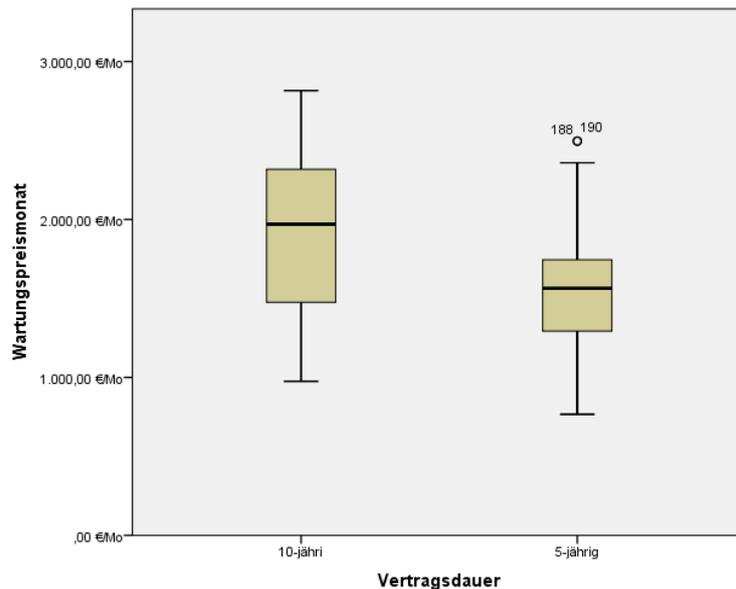


Abbildung 8.55: Boxplot der Wartungskosten in Abhängigkeit des Wartungsvertrages – Fahrtreppen

Welchen Einfluss hat der Zeitpunkt des Vertragsabschlusses?

Die Zeitreihe ist in Abbildung 8.56 dargestellt. Die blaue Linie zeigt die Wartungspreise der 10-Jahresverträge, die grüne Linie die der 5-Jahresverträgen. Ein klarer Trend ist aus dem Diagramm nicht zu erkennen. Da die Verläufe deutliche Schwankungen aufweisen, ist davon auszugehen, dass andere Einflussparameter einen wesentlich höheren Einfluss auf den Wartungspreis haben.

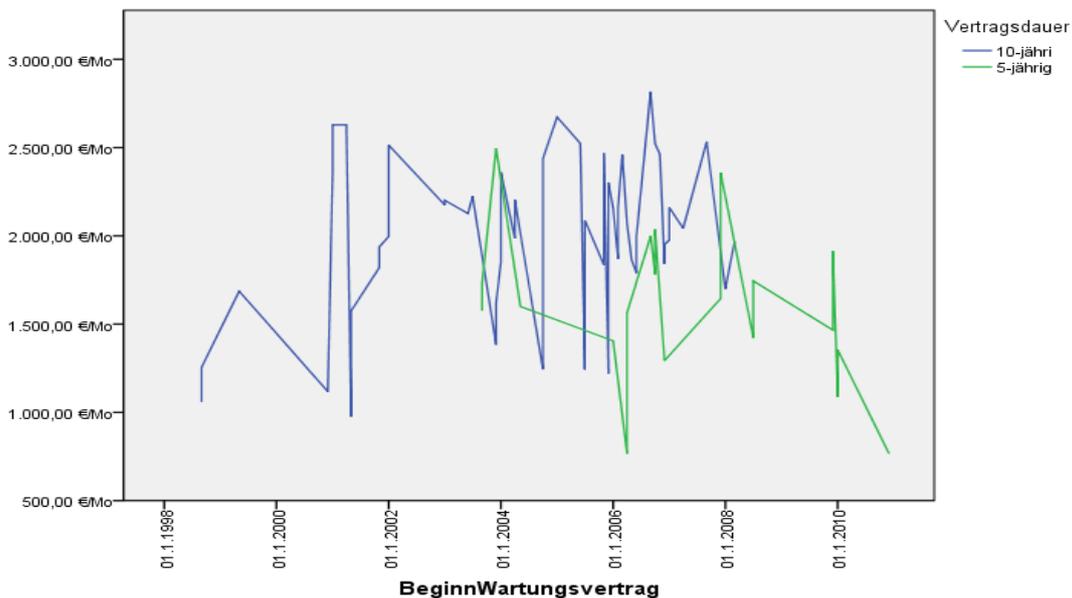


Abbildung 8.56: Wartungskosten in Abhängigkeit des Zeitpunktes des Vertragsabschlusses – Fahrtreppen

Welchen Einfluss hat der Hersteller auf die Wartungskosten?

Im Laufe der Zeit wurden Fahrtreppen von allen namhaften Herstellern (Kone, Otis, Schindler, Thyssen) verbaut. Man könnte davon ausgehen, dass aufgrund der unterschiedlichen Bauarten, unterschiedliche Wartungskosten entstehen. Abbildung 8.57 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Fahrtreppen der einzelnen Hersteller abhängig vom Wartungspreis.

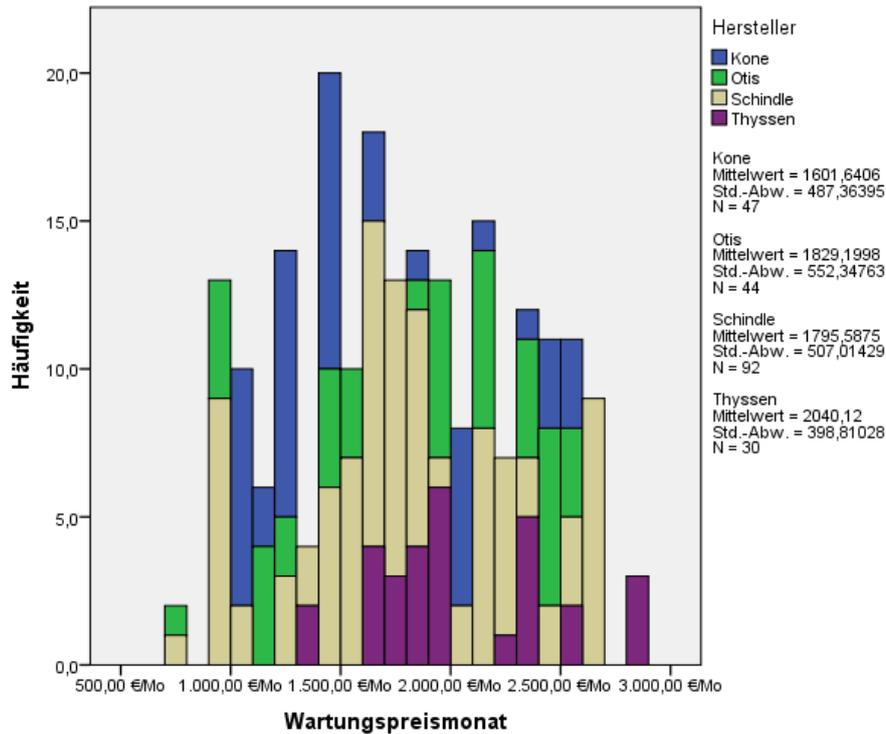


Abbildung 8.57: Histogramm der Wartungskosten in Abhängigkeit des Herstellers – Fahrtreppen

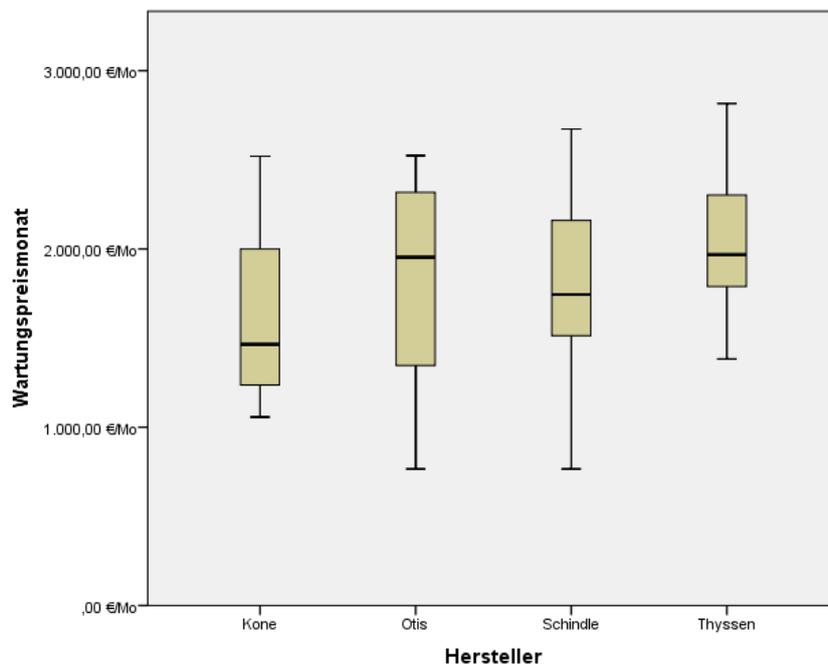


Abbildung 8.58: Boxplot der Wartungskosten in Abhängigkeit des Herstellers – Fahrtreppen

Thyssen weist im Durchschnitt die höchsten durchschnittlichen Wartungskosten mit 2.040 €/Mo auf. Die geringsten durchschnittlichen Wartungskosten hat der Hersteller Kone. Bei diesem Vergleich muss jedoch gleichzeitig die Struktur der Stichprobe herangezogen werden. Die Hubhöhen verteilen sich wie folgt auf die entsprechenden Hersteller (siehe Abbildung 8.59).

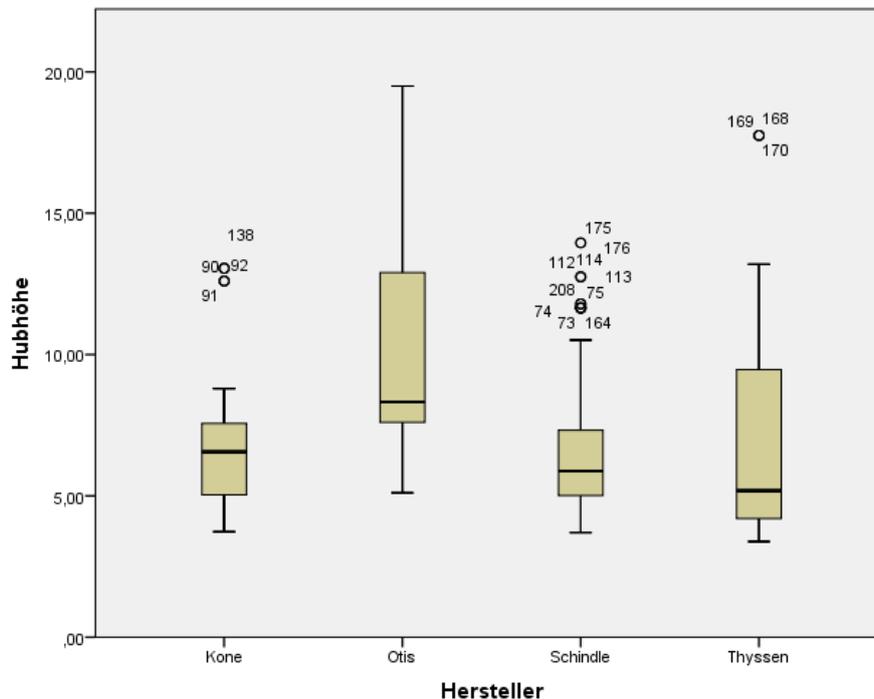


Abbildung 8.59: Boxplot der Hubhöhe in Abhängigkeit des Herstellers – Fahrtreppen

Die Firma Thyssen hat überdurchschnittlich lange Fahrtreppen geliefert, somit lassen sich die im Vergleich höheren Wartungskosten erklären. **Auf Basis der Auswertung in Abbildung 8.59 und Abbildung 8.58 kann keine eindeutige Aussage betreffend der Abhängigkeit der Wartungskosten vom Hersteller getroffen werden.**

Der Zusammenhang aller Parameter wird in der folgenden Regressionsanalyse (SPSS) getestet.

Folgende Parameter stehen zur Auswahl:

- **Tag/Nachtwartung**
- **Vertragsdauer**
- **Hubhöhe**
- Neigung → geringer Einfluss
- Hersteller → geringer Einfluss

Auf Basis der Daten und technischen Überlegungen wurden folgende Parameter für die Modellierung ausgewählt:

- Tag/Nachtwartung
- Vertragsdauer
- Hubhöhe

Die Analyse mittels linearer Regression liefert das Ergebnis in Tabelle 8.66.

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,571 ^a	,327	,317	423,49028

a. Einflußvariablen : (Konstante), TagNacht, Hubhöhe, Vertragsdauern

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta			
	(Konstante)	1022,959	86,546		11,820	,000
1	Vertragsdauer	429,092	62,908	,390	6,821	,000
	Hubhöhe	53,102	8,342	,363	6,366	,000
	TagNacht	434,803	78,154	,319	5,563	,000

a. Abhängige Variable: Wartungspreismonat

Tabelle 8.66: Regressionsanalyse Fahrtreppe mittels SPSS

Alle ausgewählten Parameter weisen eine Signifikanz von 0,000 auf und sind daher für die Modellierung geeignet. Die Standardfehler der Koeffizienten liegen in einem vertretbaren Bereich.

Die Wartungskosten können somit mit folgender Formel abgeschätzt werden:

$$\text{Wartung €/Mo} = 1023 + 53,10 \cdot h + 429 \cdot i_{\text{Vertragsdauer}} + 435 \cdot i_{\text{Tag/Nacht}} \quad (46)$$

h ... Hubhöhe in m

$$i_{\text{Vertragsdauer}} = \begin{cases} 1 & \text{für 10 jährigen Wartungsvertrag} \\ 0 & \text{für 5 jährigen Wartungsvertrag} \end{cases}$$

$$i_{\text{Tag/Nacht}} = \begin{cases} 1 & \text{für Nachtwartung} \\ 0 & \text{für Tagwartung} \end{cases}$$

Diskussion Prognosefehler:

Die Wartungskosten sind entsprechend abhängig von der aktuellen Auslastung der Unternehmen, sowie der aktuellen Marktlage. Ein entsprechender Anteil der Varianz kann daher nicht mit den erfassten technischen Parametern modelliert werden, das Bestimmtheitsmaß beträgt somit nur 0,327. Für eine erste Abschätzung der Kosten ist das Modell ausreichend. Da die LCC einer gesamten U-Bahn-Station im Vordergrund stehen, sind die hier im Modell beschriebenen Abweichungen, bezogen auf die Gesamtheit der LCC, zu vertreten.

Liegen aktuelle Angebote vor, sind diese dem Modell vorzuziehen.

8.8.6 Maschinenleistung Fahrtreppe

Für die Prognose der Energiekosten ist es erforderlich, die Maschinenleistung einer Fahrtreppe abschätzen zu können. Die Firma Kone bietet auf ihrer Website⁷⁷ einen Fahrtreppen-Konfigurator, der die erforderliche maschinelle Leistung angibt.

Für die Berechnung wurde die Fahrtreppe „Kone transitmaster140“ (entspricht in etwa den Fahrtreppen der U-Bahn-Stationen) ausgewählt. Sie ist für den Transport großer Fahrgastzahlen ausgelegt und wird daher bevorzugt bei Bahnstationen eingesetzt.

Folgende Eingangsparameter wurden ausgewählt:

- Neigung 30°
- Fördergeschwindigkeit 0,65 m/s
- Stufenbreite 1.000 mm

Der Konfigurator ermittelt abhängig von der Hubhöhe die Maschinenleistungen in

Höhe [m]	2,00	2,55	3,65	4,55	5,25	7,45	9,05	10,45	16,05
Leistung [kW]	5,50	7,50	9,20	11,00	15,00	18,40	22,00	30,00	37,00

Tabelle 8.67.

Höhe [m]	2,00	2,55	3,65	4,55	5,25	7,45	9,05	10,45	16,05
Leistung [kW]	5,50	7,50	9,20	11,00	15,00	18,40	22,00	30,00	37,00

Tabelle 8.67: Maschinenleistung von Fahrtreppen in Abhängigkeit der Hubhöhe

Trägt man die erforderliche Leistung in einem Diagramm auf, erhält man Abbildung 8.60.

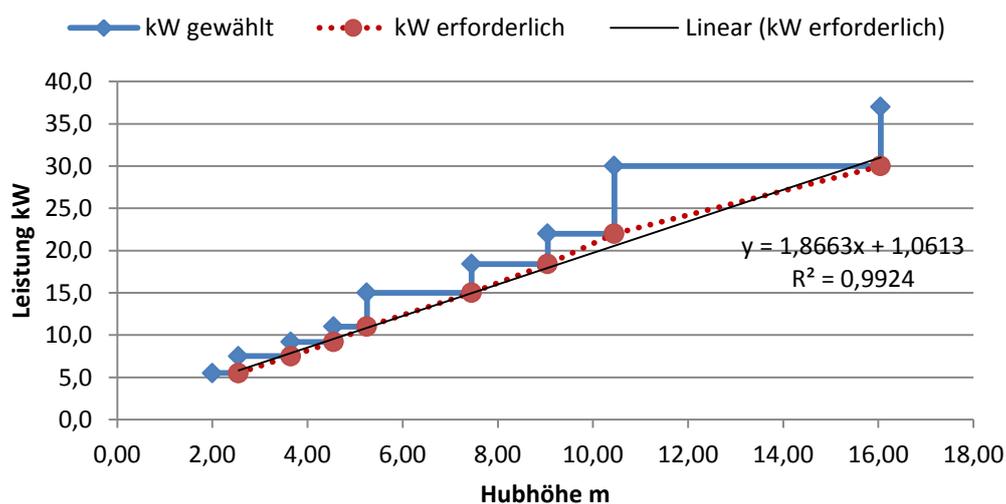


Abbildung 8.60: Maschinenleistung von Fahrtreppen in Abhängigkeit der Hubhöhe

⁷⁷

http://www.kone.com/countries/SiteCollectionDocuments/Escalator_Designer/TransitMaster_140.html
2012-10-10

Da die Motorleistung nicht beliebig gewählt werden kann, ergibt sich ein treppenförmiger Verlauf der Kurve. Die gewählte Maschinenleistung muss immer über der erforderlichen Leistung liegen, diese ist hier mit einer rot strichlierten Linie dargestellt. Die blaue Linie entspricht den Motorisierungsstufen der Firma Kone.

Für eine spätere Prognose des Stromverbrauchs ist die erforderliche Leistung maßgebend, es gibt keine Sprünge im Strombedarf. Das bedeutet, dass ein größer dimensionierter Motor nicht signifikant mehr Energie benötigt. Für die Prognose des Strombedarfs wurde daher eine Ausgleichsgerade durch die rot markierten Punkte gelegt. Dies ermöglicht in Abhängigkeit der Hubhöhe die erforderliche Leistung zu ermitteln. Das Bestimmtheitsmaß der Ausgleichsgeraden liegt bei 0,99, die Genauigkeit des Modells ist damit mehr als ausreichend. Die Formel der erforderlichen Maschinenleistung lautet:

$$\begin{aligned} \text{erforderliche Leistung kW} &= 1,06 + 1,87 \cdot h && (47) \\ h &\dots \text{ Hubhöhe} \end{aligned}$$

8.8.7 *Fahrtreppe vs. Aufzug*

Neubau

Vergleicht man die Formeln zur Abschätzung der Neubaukosten, ist klar zu erkennen, dass eine Fahrtreppe wesentlich höhere Kosten verursacht als ein entsprechender Aufzug. Weiters ist gut zu erkennen, dass die Kosten von dem zu überwindenden Höhenunterschied abhängig sind. Bei Aufzügen ist der Einfluss der Hubhöhe wesentlich geringer als bei den Fahrtreppen. Dieser Umstand ist dadurch zu erklären, dass die wesentlichen Bestandteile (Kabine, Antrieb) eines Aufzugs unabhängig von der Hubhöhe sind.

Aufzug:

$$\begin{aligned} \text{Neubaukosten Aufzug €} &= 159.216 + 1.213 \cdot h \\ h &\dots \text{ Hubhöhe} \end{aligned}$$

Fahrtreppe

$$\begin{aligned} \text{Neubaukosten Fahrtreppe €} &= 272.670 + 19.122 \cdot h \\ h &\dots \text{ Hubhöhe} \end{aligned}$$

Während Aufzüge notwendig sind, um den Bahnsteig barrierefrei erreichen zu können, steigern Fahrtreppen den Komfort der Fahrgäste. Aus wirtschaftlicher Sicht ist es daher sinnvoll, Höhenlagen für die Stationen zu erreichen, bei denen auf Fahrtreppen verzichtet werden kann. Dies senkt nicht nur die Errichtungskosten, sondern im Besonderen die Wartungskosten.

Wartung

Die Wartungskosten unterscheiden sich ebenfalls deutlich. Fahrtreppen weisen aufgrund der höheren Komplexität und Verschleiß, wesentlich höhere Wartungskosten auf. Die Konstante in der Abschätzungsformel entspricht fast dem doppelten Wert.

Aufzug:

$$\text{Wartungskosten €/Mo} = 551 + 9 \cdot h + 177 \cdot i_{\text{Vertragsdauer}}$$

$h = \text{Hubhöhe}$

$$i_{\text{Vertragsdauer}} = \begin{cases} 1 & \text{für 10-jährigen Wartungsvertrag} \\ 0 & \text{für 5-jährigen Wartungsvertrag} \end{cases}$$

Fahrtreppe:

$$\text{Wartung €/Mo} = 1023 + 53,10 \cdot h + 429 \cdot i_{\text{Vertragsdauer}} + 435 \cdot i_{\text{Tag/Nacht}}$$

$h \dots \text{Hubhöhe in m}$

$$i_{\text{Vertragsdauer}} = \begin{cases} 1 & \text{für 10-jährigen Wartungsvertrag} \\ 0 & \text{für 5-jährigen Wartungsvertrag} \end{cases}$$

$$i_{\text{Tag/Nacht}} = \begin{cases} 1 & \text{für Nachtwartung} \\ 0 & \text{für Tagwartung} \end{cases}$$

Die Wartung ist ein wesentlicher Faktor bei der Berechnung der LCC, die durchschnittlichen Werte sind in Tabelle 8.68 dargestellt.

Zeilenbeschriftungen	Anzahl ausgewertete Objekte		Wartungskosten €/Mo	
	Aufzug	Fahrtreppe	Aufzug	Fahrtreppe
10-jährig	153	146	769,11	1.912,02
Hydr.	28		790,67	
Seil	120		778,98	
5-jährig	73	69	586,88	1.530,14
Hydr.	8		443,00	
Seil	64		612,70	

Tabelle 8.68: Durchschnittliche monatliche Wartungskosten – Aufzug/Fahrtreppe

Geht man von einem Höhenunterschied von 10 m aus, ergeben sich nach den oben präsentierten Abschätzungsformeln folgende Kosten:

$h=10m$ $i_{\text{Tag/Nacht}} = 1$ (Nachtwartung)	Aufzug	Fahrtreppe
Neubau	171.346 €	463.890 €
5 jähriger Wartungsvertrag	641 €/Mo	1.989 €/Mo
10 jähriger Wartungsvertrag	818 €/Mo	2.418 €/Mo

Tabelle 8.69: Rechenbeispiel Aufzug/Fahrtreppe

Die Ergebnisse in Tabelle 8.69 verdeutlichen sowohl den Unterschied im Neubau als auch in der Wartung. Fahrtreppen haben daher einen wesentlich höheren Einfluss auf die LCC als entsprechende Aufzüge.

Für die Berechnung der LCC müssen die Kosten mit den entsprechenden Indizes über die Jahre angepasst werden.

8.9 Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär (HKLS)

8.9.1 Daten

Die Erhebung der Kosten stellt einen erheblichen Aufwand dar, da diese nicht systematisch erfasst werden. Aus diesem Grund wurden gemeinsam mit den zuständigen Fachreferenten 10 repräsentative Stationen ausgewählt, für die die entsprechenden Daten erhoben wurden.

Innerhalb der Wiener Linien werden regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen als Wartung bezeichnet, größere Investitionen der Instandsetzung als Instandhaltung.

Folgende Kosten wurden erhoben:

- Errichtung
- Wartung (Instandhaltung)
- Instandhaltung (Instandsetzung/Investition)
- Wasser
- Strom
- Wärme

Für folgende Anlagen wurden diese Kosten erhoben:

- Lüftung
- Heizung
- Klima
- Sanitär
- MSR (Mess-, Steuer- und Regelungstechnik)
- Trockenlöschleitung
- Brandrauchentlüftung

Beispielhaft sind die erhobenen Daten in Tabelle 8.70 dargestellt.

Nr	Linie	Station	Anlage	Anlage - Art	Baujahr	Kosten					
						Errichtung	Wartung	Instandhaltung	Wasser	Strom	Wärme
						€	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a
1	U1	Rennbahnweg	Gesamt		2006	€ 459.000,00	€ 27.036,00	€ 2.400,00	€ 1.232,00	€ 17.100,00	€ 0,00
		Rennbahnweg	Lüftung	2 Zentrale Lüftungsanlagen		€ 265.000,00	€ 18.540,00	€ 0,00		€ 2.500,00	
		Rennbahnweg	Heizung	elektrisch		€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00			
		Rennbahnweg	Klima	Klima Split		€ 29.000,00	€ 6.956,00	€ 300,00		€ 14.600,00	
		Rennbahnweg	Sanitär	WC intern		€ 86.000,00	€ 490,00	€ 100,00	€ 1.232,00		
		Rennbahnweg	MSR	2 Schaltschränke		€ 79.000,00	€ 1.050,00	€ 2.000,00			
		Rennbahnweg	Trockenlöschleitung	nein		€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00			
		Rennbahnweg	Brandrauch	Statisch BRE		€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00			

Tabelle 8.70: Erhobene Daten HKLS Station Rennbahnweg

Die Datenauswertung soll dazu dienen Unterschiede zwischen unterschiedlichen Stationstypen, bezogen auf die Haustechnik, herauszuarbeiten. Dazu wurden folgende Typen definiert:

- Stationen in Hochlage
- Stationen in mittlerer Lage
- Stationen in Tieflage
- Otto-Wagner-Stationen

8.9.2 Errichtungskosten

In Tabelle 8.71 wurden 10 ausgewählte Stationen getrennt nach Technischer Ausrüstung (Lüftung, Heizung, usw.) ausgewertet. Bei den Stationen *Enkplatz*, *Hütteldorferstraße* und *Taubstummengasse* sind nur die Kosten der Brandrauchentlüftung bekannt. Bei den Stationen *Ober St. Veit*, *Unter St. Veit*, *Nussdorferstraße* und *Perfektastraße* konnten keine Errichtungskosten erhoben werden. Im Zuge der Datenerhebung stellte sich heraus, dass die *Station Taborstraße* und *Donaustadtbrücke* die einzigen Stationen sind bei denen die Errichtungskosten lückenlos erfasst werden können. Das Modell stützt sich daher bei der Abschätzung der Errichtungskosten auf diese beiden Stationen.

Errichtung €										
Linie	Station	Lüftung	Heizung	Klima	Sanitär	MSR	TLL	Brandrauch	€	Typ
U1	Taborstraße	485.000	82.000	79.000	152.000	1.053.100	237.000	1.443.000	3.531.100	t
U1	Donaustadtbrücke	529.000	-	374.000	325.000	419.000	300.000	-	1.947.000	h
U2	Rennbahnweg	265.000	-	29.000	86.000	79.000	-	-	459.000	h
U2	Enkplatz	-	-	-	-	-	-	440.800	440.800	t
U3	Hütteldorferstraße	-	-	-	-	-	-	420.000	420.000	t
U3	Taubstummengasse	-	-	-	-	-	-	350.000	350.000	t
U4	Ober St. Veit	-	-	-	-	-	-	-	-	m
U4	Unter St. Veit	-	-	-	-	-	-	-	-	m
U6	Nussdorferstraße	-	-	-	-	-	-	-	-	o
U6	Perfektastraße	-	-	-	-	-	-	-	-	h
	Mittelwert	426.333	82.000	160.667	187.667	517.033	268.500	663.450	1.191.317	

Tabelle 8.71: Errichtungskosten der HKLS in €

Die *Station Taborstraße* entspricht einer typischen U-Bahn-Station in Tieflage. Vergleicht man die HKLS Kosten dieser Station mit der der *Donaustadtbrücke* (Station in Hochlage) erkennt man, dass die Kosten exklusive der Brandrauchentlüften in etwa gleich hoch sind (siehe Abbildung 8.61). Die Kosten liegen in etwa bei 2.000.000 € je Station. Die Kostenzusammensetzung unterscheidet sich jedoch grundlegend. Die Station in Tieflage verursacht wesentlich höhere Kosten im Bereich MSR (Mess- und Regelungstechnik), während bei einer Station in Hochlage die Kosten der Klimatisierung einen wesentlichen Anteil aufweisen (siehe Abbildung 8.61). Die Errichtungskosten der Lüftungsanlagen liegen auf einem vergleichbaren Niveau.

8 Kosten

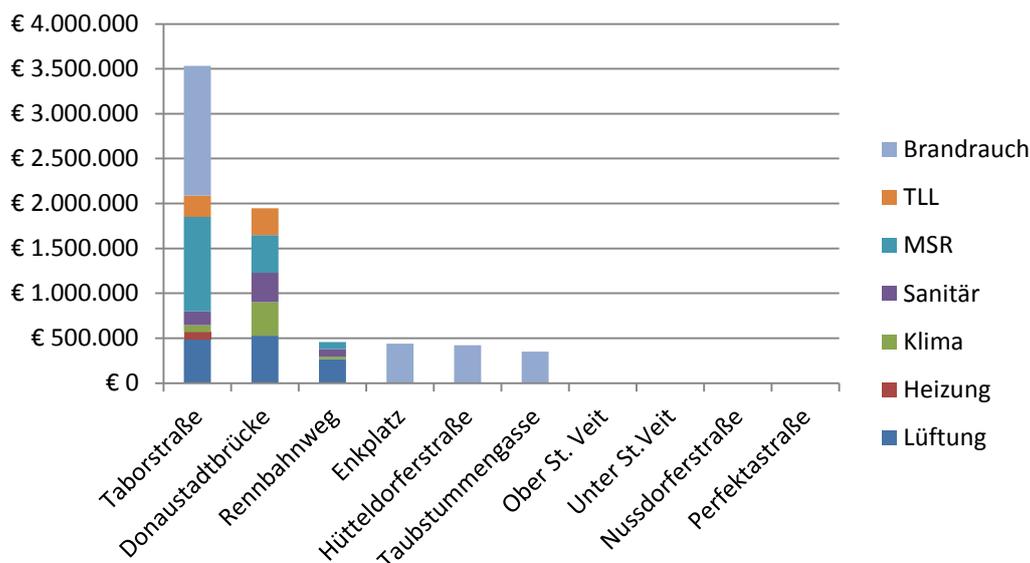


Abbildung 8.61: Errichtungskosten der HKLS in €

Die absoluten Kosten der Stationen in Tieflage sind ca. 1,5 Mio. € (75 %) über denen der Station in Hochlage. Um den Einfluss der Stationsgröße zu eliminieren, wurden die Kosten auf die jeweilige Stationsfläche bezogen (siehe Tabelle 8.72). Die flächenbezogenen Kosten liegen bei ca. 800 €/m² (*Station Taborstraße*) bzw. bei ca. 590 €/m² (*Station Donaustadtbrücke*). Der Kostenunterschied reduziert sich auf 35 % (siehe Abbildung 8.62). Die Reduktion des Kostenunterschieds kommt zustande, da Stationen in Tieflage einen wesentlichen höheren Flächenbedarf aufweisen.

Linie	Station	Errichtung €/m ²							€/m ² a	Typ
		Lüftung	Heizung	Klima	Sanitär	MSR	TLL	Brandrauch		
U1	Taborstraße	109,98	18,59	17,91	34,47	238,80	53,74	327,22	800,72	t
U1	Donaustadtbrücke	160,43	-	113,42	98,56	127,07	90,98	-	590,47	h
U2	Rennbahnweg	93,15	-	10,19	30,23	27,77	-	-	161,34	h
U2	Enkplatz	-	-	-	-	-	-	61,45	61,45	t
U3	Hütteldorferstraße	-	-	-	-	-	-	57,81	57,81	t
U3	Taubstummengasse	-	-	-	-	-	-	64,42	64,42	t
U4	Ober St. Veit	-	-	-	-	-	-	-	-	m
U4	Unter St. Veit	-	-	-	-	-	-	-	-	m
U6	Nussdorferstraße	-	-	-	-	-	-	-	-	o
U6	Perfektastraße	-	-	-	-	-	-	-	-	h
Mittelwert		121,19	18,59	47,18	54,42	131,21	72,36	127,72	289,37	

Tabelle 8.72: Errichtungskosten der HKLS in €/m²

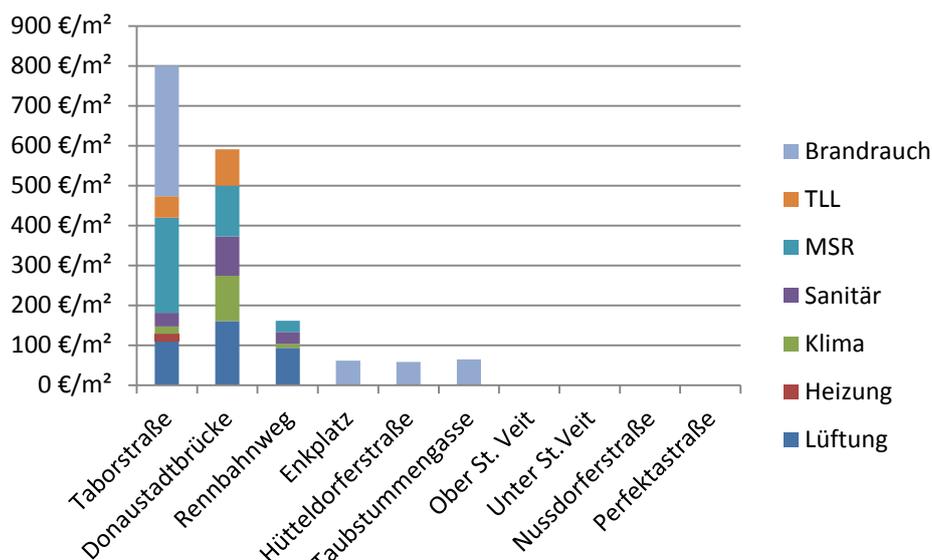


Abbildung 8.62: Errichtungskosten der HKLS in €/m²

Die Kennwerte der unterschiedlichen Stationstypen für die Prognose werden auf Basis der Datenauswertung und den Erfahrungen der Fachreferenten erstellt. Dabei wurden folgende Grundlagen für die Ermittlung vereinbart:

- Tieflage → Station Taborstraße
- mittlerer Lage → Schätzung des Fachreferenten
- Hochlage → Station Donaustadtbrücke
- Otto-Wagner-Stationen → Schätzung des Fachreferenten

Für Stationen in mittlerer Lage und Otto-Wagner-Stationen wurden in Absprache mit dem Fachreferenten Kosten in Höhe von 350.000 € angenommen. Die Ergebnisse der Kennwertermittlung sind in Tabelle 8.73 abgebildet. Stationen in mittlerer Lage bzw. Otto-Wagner-Stationen weisen im Vergleich zu den anderen Stationstypen wesentlich geringere Errichtungskosten bezogen auf die HKLS auf. Dies liegt an der minimalistischen technischen Ausstattung, bzw. an der Höhenlage der Stationen. Für das Prognosemodell wurden die ermittelten Werte sinnvoll gerundet.

Ermittelte Kennwerte

Errichtungskosten	€	€/m²
Tieflage	3.531.100	800,72
mittlere Lage	350.000	177,53
Hochlage	1.947.000	590,47
Otto-Wagner	350.000	105,21

Kennwerte für die Prognose

Errichtungskosten	€	€/m²
Tieflage	3.500.000	800
mittlere Lage	350.000	180
Hochlage	2.000.000	600
Otto-Wagner	350.000	100

Tabelle 8.73: Kostenkennwerte der HKLS – Errichtung

8.9.3 Instandhaltungskosten

Die Auswertung der Instandhaltungskosten ist in Tabelle 8.74 dargestellt. Die Stationen in Tieflage (*Enkplatz, Taborstraße und Taubstummengasse*) weisen erwartungsgemäß höhere Kosten auf als entsprechende Stationen in Hochlage. Auffallend ist, dass bei diesen Stationen wesentlich höhere Instandhaltungskosten der Sanitäreinrichtungen anfallen als bei Stationen in Hochlage. Die Otto-Wagner-Station *Nussdorferstraße* liegt mit 12.030 €/a im Mittelfeld. Die Station *Hütteldorferstraße* wird in der Auswertung nicht berücksichtigt, da die Daten nicht vollständig erfasst werden konnten.

Die Auswertung in Abbildung 8.63 zeigt, dass abgesehen von den Sanitäreinrichtungen die Lüftung maßgebend für die Instandhaltungskosten ist. Die Kostenbereiche TLL (Trockenlöschleitung), MSR, Klima, Heizung und Brauchrauch unterscheiden sich nur geringfügig bezogen auf die Gesamtkosten.

Instandhaltung €/a										
Linie	Station	Lüftung	Heizung	Klima	Sanitär	MSR	TLL	Brauchrauch	€/a	Typ
U1	Enkplatz	53.400	2.200	2.360	16.970	2.080	300	3.500	80.810	t
U1	Taborstraße	33.880	1.300	3.300	13.880	5.500	300	3.500	61.660	t
U2	Taubstummengasse	23.550	2.200	4.300	18.700	1.200	500	3.500	53.950	t
U2	Rennbahnweg	18.540	-	6.956	490	1.050	-	-	27.036	h
U3	Donaustadtbrücke	19.200	-	2.500	2.400	200	500	-	24.800	h
U3	Nussdorferstraße	8.448	-	2.032	850	700	-	-	12.030	o
U4	Perfektastraße	4.560	-	3.772	730	700	-	-	9.762	h
U4	Ober St. Veit	7.980	-	804	100	700	-	-	9.584	m
U6	Unter St. Veit	4.560	-	2.948	100	700	-	-	8.308	m
U6	Hütteldorferstraße	-	-	-	-	-	500	3.500	4.000	t
Mittelwert		19.346	1.900	3.219	6.024	1.426	420	3.500	29.194	

Tabelle 8.74: Instandhaltungskosten der HKLS in €/a

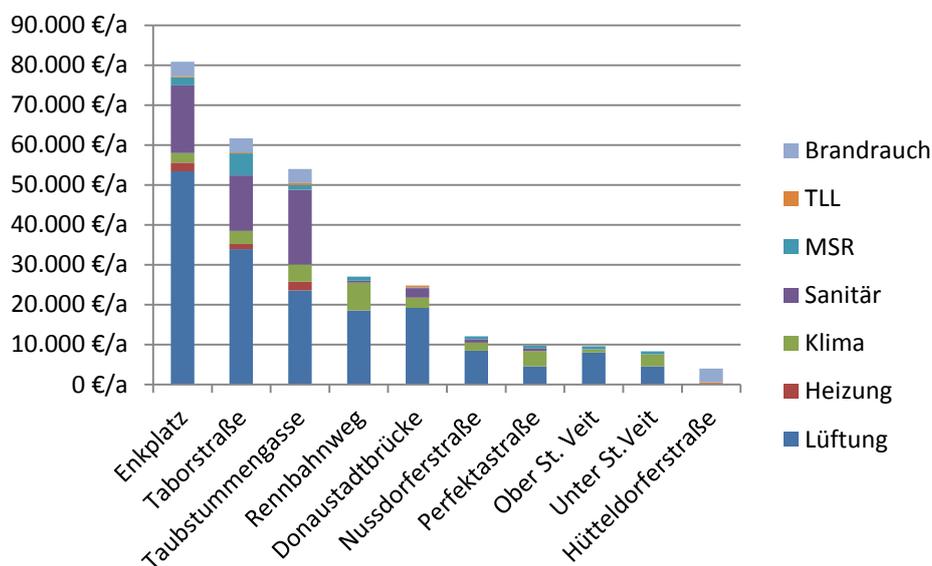


Abbildung 8.63: Instandhaltungskosten der HKLS in €/a

Analog zu den Errichtungskosten relativieren sich die Kostenunterschiede, wenn man diese auf die Stationsfläche bezieht (siehe Abbildung 8.64). Der Mittelwert aller Stationen liegt bei 7,16 €/m²a, exklusive der Station *Hütteldorferstraße* bei 7,89 €/m²a. Die Lüftung hat dabei einen Anteil von 4,82 €/m²a (siehe Tabelle 8.75).

8 Kosten

Instandhaltung €/m ² a										
Linie	Station	Lüftung	Heizung	Klima	Sanitär	MSR	TLL	Brandrauch	€/m ² a	Typ
U1	Enkplatz	7,44	0,31	0,33	2,37	0,29	0,04	0,49	11,27	t
U1	Taborstraße	7,68	0,29	0,75	3,15	1,25	0,07	0,79	13,98	t
U2	Taubstummengasse	4,33	0,40	0,79	3,44	0,22	0,09	0,64	9,93	t
U2	Rennbahnweg	6,52	-	2,45	0,17	0,37	-	-	9,50	h
U3	Donaustadtbrücke	5,82	-	0,76	0,73	0,06	0,15	-	7,52	h
U3	Nussdorferstraße	2,54	-	0,61	0,26	0,21	-	-	3,62	o
U4	Perfektastraße	2,83	-	2,34	0,45	0,43	-	-	6,05	h
U4	Ober St. Veit	3,58	-	0,36	0,04	0,31	-	-	4,30	m
U6	Unter St. Veit	2,66	-	1,72	0,06	0,41	-	-	4,85	m
U6	Hütteldorferstraße	-	-	-	-	-	0,07	0,48	0,55	t
Mittelwert		4,82	0,34	1,12	1,19	0,39	0,08	0,60	7,16	

Tabelle 8.75: Instandhaltungskosten der HKLS in €/m²a

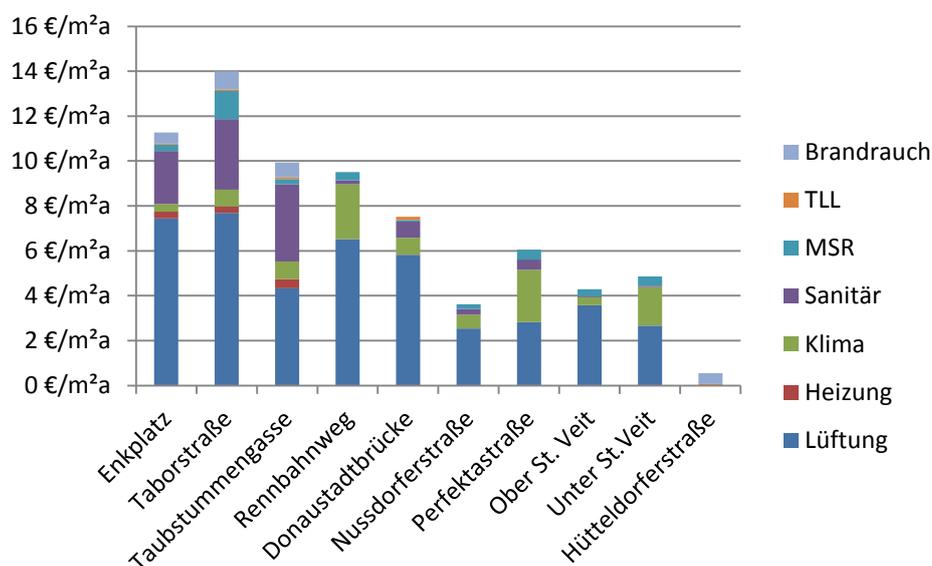


Abbildung 8.64: Instandhaltungskosten der HKLS in €/m²a

Für die Ermittlung der Kennwerte wurden folgende Stationen herangezogen:

- Tieflage → Station Taborstraße, Enkplatz, Taubstummengasse
- mittlerer Lage → Station Ober St. Veit, Unter St. Veit
- Hochlage → Station Donaustadtbrücke, Rennweg, Perfektastraße
- Otto-Wagner-Stationen → Station Nussdorferstraße

Stationen in Tieflage verursachen im Durchschnitt Instandhaltungskosten von 11,73 €/m²a, während Otto-Wagner-Stationen bei nur 3,62 €/m²a liegen. Knapp über den Otto-Wagner-Stationen liegen Stationen in mittlerer Lage mit 4,57 €/m²a. Bei der Kategorie Hochlage werden überwiegend neue Stationen berücksichtigt, diese weisen ähnliche flächenbezogene Kosten auf wie Stationen in Tieflage. Absolut verursachen diese jedoch aufgrund der viel geringeren Stationsflächen Kosten von ca. 20.000 €/a was in etwa einem Drittel der Stationen in Tieflage entspricht (65.000 €/a). Die Ergebnisse der Analyse und Kennwerte für die Prognose sind in Tabelle 8.76 zusammengefasst.

Ermittelte Kennwerte

Instandhaltung	€	€/m ²
Tieflage	65.473	11,73
mittlere Lage	8.946	4,57
Hochlage	20.533	7,69
Otto-Wagner	12.030	3,62

Kennwerte für die Prognose

Instandhaltung	€	€/m ²
Tieflage	65.000	12
mittlere Lage	9.000	5
Hochlage	21.000	8
Otto-Wagner	12.000	4

Tabelle 8.76: Kostenkennwerte der HKLS - Instandhaltung

8.9.4 Instandsetzungskosten

Linie	Station	Instandsetzung €/a								€/a	Typ
		Lüftung	Heizung	Klima	Sanitär	MSR	TLL	Brandrauch			
U1	Taubstummengasse	8.700	4.500	3.900	4.200	1.500	500	500	23.800	t	
U1	Enkplatz	9.000	2.650	3.350	3.300	1.500	500	500	20.800	t	
U2	Taborstraße	6.500	2.800	1.680	4.600	-	500	500	16.580	t	
U2	Perfektastraße	600	-	300	500	1.500	-	-	2.900	h	
U3	Nussdorferstraße	700	-	200	450	1.500	-	-	2.850	o	
U3	Unter St. Veit	600	-	250	100	1.500	-	-	2.450	m	
U4	Rennbahnweg	-	-	300	100	2.000	-	-	2.400	h	
U4	Ober St. Veit	700	-	100	100	1.500	-	-	2.400	m	
U6	Hütteldorferstraße	-	-	-	-	-	-	500	500	t	
U6	Donaustadtbrücke	-	-	-	-	-	-	-	-	h	
Mittelwert		3.829	3.317	1.260	1.669	1.571	500	500	8.298		

Tabelle 8.77: Instandsetzungskosten der HKLS in €/a

Vergleicht man die Instandhaltungskosten (Wartung) in Abbildung 8.63 mit den Instandsetzungskosten (Investition) in Abbildung 8.65 fällt auf, dass Heizung, Klima und Sanitär bei den Instandsetzungskosten einen wesentlich höheren Kostenanteil aufweisen.

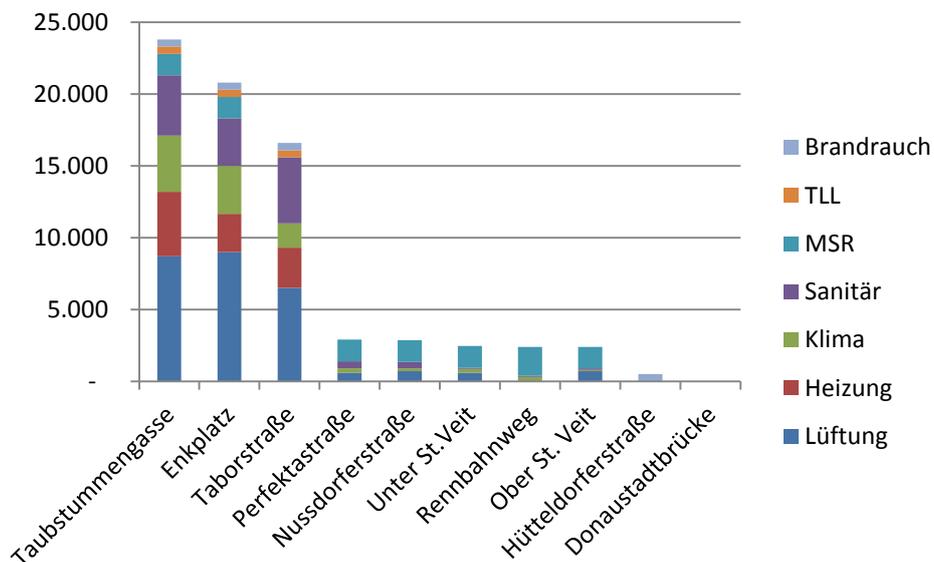


Abbildung 8.65: Instandsetzungskosten der HKLS in €/a

Die auf die Stationsfläche umgelegten Instandsetzungskosten sind in Tabelle 8.78 ersichtlich. Die *Station Donaustadtbrücke* wurde erst 2010 eröffnet und weist daher keine Instandsetzungskosten auf.

Instandsetzung €/m ² a										
Linie	Station	Lüftung	Heizung	Klima	Sanitär	MSR	TLL	Brandrauch	€/m ² a	Typ
U1	Taubstummengasse	1,60	0,83	0,72	0,77	0,28	0,09	0,09	4,38	t
U1	Enkplatz	1,25	0,37	0,47	0,46	0,21	0,07	0,07	2,90	t
U2	Taborstraße	1,47	0,63	0,38	1,04	-	0,11	0,11	3,76	t
U2	Perfektastraße	0,37	-	0,19	0,31	0,93	-	-	1,80	h
U3	Nussdorferstraße	0,21	-	0,06	0,14	0,45	-	-	0,86	o
U3	Unter St. Veit	0,35	-	0,15	0,06	0,88	-	-	1,43	m
U4	Rennbahnweg	-	-	0,11	0,04	0,70	-	-	0,84	h
U4	Ober St. Veit	0,31	-	0,04	0,04	0,67	-	-	1,08	m
U6	Hütteldorferstraße	-	-	-	-	-	-	0,07	0,07	t
U6	Donaustadtbrücke	-	-	-	-	-	-	-	-	h
Mittelwert		0,80	0,61	0,26	0,36	0,59	0,09	0,09	1,90	

Tabelle 8.78: Instandsetzungskosten der HKLS in €/m²a

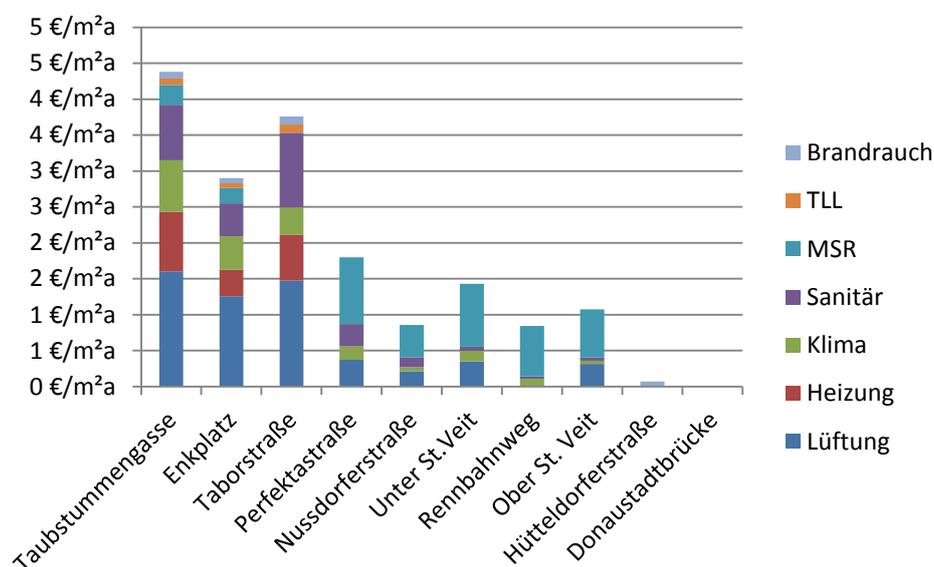


Abbildung 8.66: Instandsetzungskosten der HKLS in €/m²a

Instandsetzungskosten treten in sehr unregelmäßigen Zeitabständen auf. Um diese erfassen zu können sind daher sehr lange Beobachtungszeiträume notwendig. Die erfassten Daten erfüllen dieses Kriterium nur sehr begrenzt, daher werden in Absprache mit dem zuständigen Fachreferenten die jährlichen Kosten zusätzlich als Prozentsatz der Errichtungskosten abgeschätzt. Dieses Modell folgt der Logik, dass höhere Errichtungskosten (umfangreiche HKLS) auch höhere Instandsetzungskosten nach sich ziehen.

Die einzige Station bei der sowohl Errichtungskosten als auch Instandsetzungskosten bekannt sind ist die *Station Taborstraße*. Die Instandsetzungskosten betragen 16.580 €/a (siehe Tabelle 8.77), die Errichtungskosten 3.531.000 €. Die jährlichen Instandsetzungskosten ergeben daher ca. 0,47 % (siehe Tabelle 8.79). König et al.

empfiehlt für die Haustechnik jährliche Instandsetzungskosten zwischen 1-2% anzusetzen.⁷⁸ Der ermittelte Wert liegt mit 0,5 % weit darunter.

Eine andere Möglichkeit die Instandsetzungskosten zu prognostizieren ist den Mittelwert heranzuziehen, dieser beträgt 1,90 €/m²a. Die Auswertung eines Bürogebäudes durch das BKI Baukosteninformationszentrum ergab durchschnittliche Instandsetzungskosten von 2,38 €/m²a.⁷⁹ Diese liegen in etwa in dem Bereich der ermittelten Instandsetzungskosten einer U-Bahn-Station.

Grundlagen für die Berechnung der Kennwerte ergeben sich daher wie folgt:

- Tieflage
 - mittlerer Lage
 - Hochlage
 - Otto-Wagner-Stationen
- } % der Errichtungskosten (Taborstraße)
€/m²a

Die ermittelten Kennwerte, sowie die vorgeschlagenen Werte für die Prognose sind in Tabelle 8.79 zusammengefasst.

Ermittelte Kennwerte		Kennwerte für die Prognose	
Instadsetzung	Ansatz	Instadsetzung	Ansatz
% der Errichtung	0,47%	% der Errichtung	0,50%
€/m ² a	1,90	€/m ² a	2,00

Tabelle 8.79: Kostenkennwerte der HKLS – Instandsetzung

Bei der Prognose sind die Unschärfen, der in Tabelle 8.79 angeführten Kennwerte, zu berücksichtigen und gegebenenfalls Werte entsprechend anzupassen.

⁷⁸ [13] König et al., 2009, S.71

⁷⁹ [28] Stoy et al., 2011, S64

8.10 Strom

Ursächlich kann die Abschätzung des Energiebedarfs über die Abschätzung der Verbraucher erfolgen. Sind alle Verbraucher bekannt, können Prognosen einfach und relativ genau erstellt werden. In der folgenden Auflistung sind die wesentlichen Stromverbraucher einer U-Bahn-Station aufgelistet:

- Beleuchtung
- Fahrtreppen
- Aufzüge
- Belüftung
- Haustechnik

Über die Größenordnung der einzelnen Verbraucher liegen derzeit keine Daten vor, da der Verbrauch stationsbezogen erfasst wird. Nun könnte man versuchen, die möglichen Verbraucher zu eruieren und über Maschinenleistung und Einsatzdauer den Energieverbrauch abzuschätzen. Diese Anschlusswerte nachträglich zu erheben, ist jedoch mit einem erheblichen Aufwand verbunden.

Aus diesem Grund wird ein anderer Weg gewählt. In dieser Arbeit wird der Strombedarf über Stationsparameter abgeschätzt, da unterstellt wird, dass die maschinelle Ausrüstung einer Station in direktem Zusammenhang zur Fläche (Beleuchtung), Höhe (Aufzug, Fahrtreppe, Lüftung) und Bauart offen/geschlossen (Lüftung, Belichtung) steht.

8.10.1 Daten

Verbrauchsdaten liegen von den Jahren 2009 sowie 2010 stationsbezogen vor. Diese Daten wurden bezogen auf den Stationsnamen vereinheitlicht und gegenübergestellt. Erfasst sind 53 Stationen, die jeweiligen Verbrauchswerte, in kWh/Jahr, sind in der Tabelle 8.80 abgebildet.

8 Kosten

Linie	Station	2009	2010	Mittelwert		Fläche
		kWh/Jahr	kWh/Jahr	kWh/Jahr	kWh/m²/Jahr	m²
U6	Alt Erlaa	399.561	400.140	399.850	179	2.238
U6	Am Schöpfwerk	269.218	306.300	287.759	131	2.191
U4	Braunschweigasse	221.480	235.628	228.554	132	1.728
U6	Burggasse	355.470	335.685	345.578	208	1.661
U6	Dresdner Straße	342.083	359.264	350.674	110	3.189
U3	Enkplatz	777.024	835.210	806.117	112	7.173
U3	Erdberg	763.447	771.390	767.419	187	4.101
U6	Erlaaer Straße	165.457	187.823	176.640	105	1.680
U6	Floridsdorf	920.097	987.280	953.688	95	10.039
U4	Friedensbrücke	384.407		384.407	145	2.645
U3	Gasometer	607.822	613.192	610.507	158	3.863
U6	Gumpendorfer Straße	307.639	277.480	292.560	179	1.630
U6	Handelskai	764.329	884.584	824.456	136	6.062
U4	Heiligenstadt	619.690	625.437	622.564	98	6.330
U3	Herrengasse	641.087	602.971	622.029	196	3.166
U4	Hietzing	514.401	608.900	561.651	243	2.309
U4	Hütteldorf	762.347	988.876	875.612	88	9.941
U3	Hütteldorferstraße	909.852	901.089	905.471	125	7.265
U6	Jägerstraße	392.817	432.200	412.508	94	4.377
U3	Johnstraße	1.505.838	1.476.665	1.491.252	143	10.444
U6	Josefstädter Straße	233.015	242.868	237.941	160	1.491
U3	Kardinal Nagl Platz	368.252	353.220	360.736	102	3.550
U3	Kendlerstraße	400.640	384.922	392.781	89	4.413
U1	Keplerplatz	539.108	226.528	382.818	119	3.219
Knoten	Längenfeldgasse	902.860	944.410	923.635	158	5.846
U4	Margareteingürtel	251.135	212.485	231.810	136	1.705
U4	Meidling-Hauptstr.	586.157	590.140	588.149	129	4.565
U3	Neubaugasse	1.049.567	1.109.547	1.079.557	110	9.774
U6	Neue Donau	433.288	514.288	473.788	107	4.409
U6	Niederhofstraße	462.091	481.026	471.559	129	3.651
U6	Nußdorfer Straße	272.021	288.765	280.393	84	3.327
U4	Ober St. Veit	186.494	196.532	191.513	86	2.231
U3	Ottakring	1.184.835	1.196.281	1.190.558	140	8.498
U6	Perfektastraße	173.108	185.328	179.218	111	1.614
U6	Philadelphiabrücke	1.231.135	1.353.413	1.292.274	145	8.897
U4	Pilgramgasse	251.594	242.220	246.907	100	2.481
U1	Reumannplatz	1.528.267	709.684	1.118.975	87	12.789
U3	Rochusgasse	726.363	783.488	754.925	131	5.780
U3	Schlachthausgasse	428.693	408.384	418.539	116	3.599
U4	Schönbrunn	239.002	251.277	245.139	288	850
U3	Schweglerstraße	1.250.637	1.260.262	1.255.449	188	6.682
U6	Siebenhirten	244.548	290.207	267.378	136	1.967
U3	Simmering	1.050.595	1.054.344	1.052.470	112	9.429
Knoten	Spittelau	1.554.032	1.582.038	1.568.035	113	13.887
U3	Stubentor	667.353	676.997	672.175	159	4.219
U6	Thaliastraße	206.020	197.955	201.987	98	2.063
U6	Tscherttegasse	242.818	247.608	245.213	203	1.207
U4	Unter St. Veit	179.871	172.083	175.977	103	1.712
Knoten	Volkstheater	2.128.438	1.986.527	2.057.483	160	12.833
U6	Währinger Straße	215.513	203.726	209.620	55	3.817
Knoten	Westbahnhof	2.810.496	2.867.058	2.838.777	89	31.890
U3	Zieglergasse	1.204.754	1.266.776	1.235.765	149	8.314
U3	Zippererstr.	932.480	888.144	910.312	164	5.564

Tabelle 8.80: Stromverbrauch der einzelnen U-Bahn-Stationen

Die *Station Schönbrunn* weist den höchsten spezifischen Stromverbrauch auf, dies lässt sich jedoch auf die sehr geringe Stationsfläche zurückführen. Der absolute Verbrauch liegt im unteren Mittelfeld.

8.10.2 Datenauswertung

Die entsprechenden Flächen wurden aus den Rauml Listen entnommen und den jeweiligen Stationen zugeordnet. Der Mittelwert liegt bei 673.041 kWh/a, der Median liegt 200.000 kWh/a darunter. Die Differenz ergibt sich dadurch, dass einige wenige Stationen einen wesentlich höheren Stromverbrauch aufweisen, als der Rest der Population. Den höchsten Verbrauch hat die *Station Westbahnhof* mit 2.838.777 kWh/a. Aus diesen großen Schwankungen ergibt sich eine Streuung, die mit 523.672 kWh/a bereits in der Größenordnung des Mittelwerts liegt. Die Schwankungsbreite des spezifischen Stromverbrauch in kWh/m²a ist wesentlich geringer. Das gibt bereits einen Hinweis darauf, dass die Fläche ein wichtiger Einflussparameter für den Stromverbrauch ist.

	kWh/Jahr	kWh/m ² Jahr
Mittelwert	673.041	134
Median	473.788	129
Streuung	523.672	43

Tabelle 8.81: Kennwerte Stromverbrauch

8.10.2.1 Absoluter – relativer Stromverbrauch

Es scheint mit Ausnahme der Ausreißer naheliegend, dass der Stromverbrauch abhängig von der Stationsgröße ist. In einem ersten Schritt wurde daher ein Punktdiagramm erstellt, bei dem der Verbrauch den entsprechenden Flächen gegenübergestellt wird (siehe Abbildung 8.67).

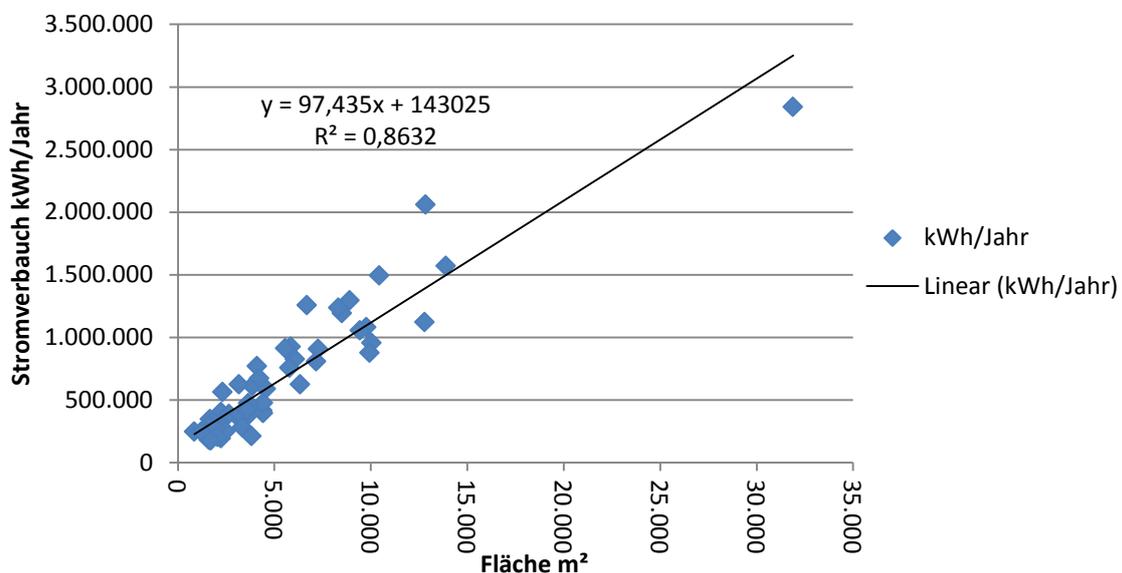


Abbildung 8.67: Stromverbrauch in Abhängigkeit der Stationsfläche

Es existiert ein linearer Zusammenhang zwischen der Stationsfläche und dem Stromverbrauch. Das Bestimmtheitsmaß der Ausgleichsgeraden liegt bei 0,86 und somit in einem vertretbaren Bereich.

Die lineare Regression liefert das Ergebnis in Tabelle 8.82.

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,929 ^a	,863	,861	195571,65512

a. Einflußvariablen : (Konstante), Fläche

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	143024,404	39931,713		3,582	,001
	Fläche	97,435	5,431	,929	17,940	,000

a. Abhängige Variable: Verbrauch

Tabelle 8.82: Regressionsanalyse Stromverbrauch mittels SPSS

Die Konstante beträgt 143.024 kWh/a, zusätzlich ist ein Verbrauch von 97 kWh/m²a zu berücksichtigen. Der Standardfehler der Fläche beträgt ca. 5 %, der der Konstanten 29 %. In weiterer Folge werden Einflussparameter untersucht, die eventuell die Varianz der Konstanten verringern.

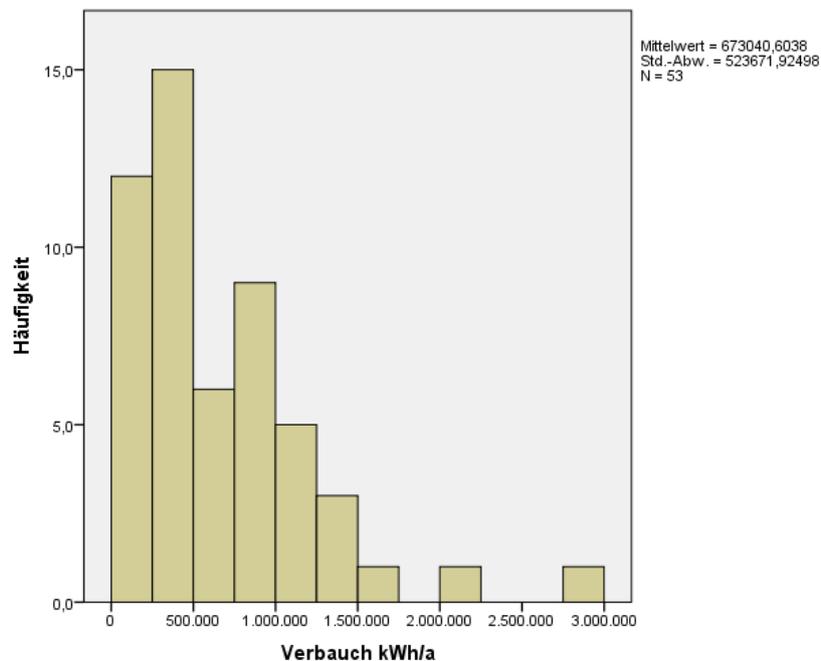


Abbildung 8.68: Histogramm des Stromverbrauchs

Aus Abbildung 8.68 ist zu erkennen, dass die Häufigkeiten bei steigendem Stromverbrauch abnehmen. Über 1.500.000 kWh/a befinden sich nur 3 Stationen, der überdurch-

schnittliche Stromverbrauch lässt sich dadurch erklären, dass diese Stationen Knotenstationen sind. Ein hoher absoluter Stromverbrauch muss jedoch nicht zwangsläufig zu einem hohen spezifischen Stromverbrauch führen. Die *Station Westbahnhof* hat mit 2.838.777 kWh/a den mit Abstand höchsten Verbrauch, der spezifische Stromverbrauch liegt mit 89 kWh/m²a jedoch unter dem Durchschnitt.

Die Verteilung des spezifischen Stromverbrauchs ist in Abbildung 8.69 dargestellt.

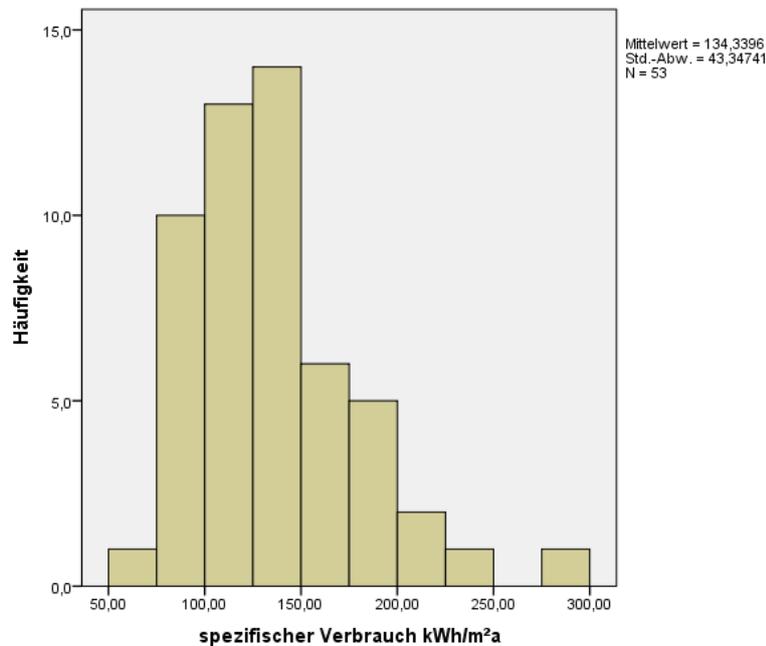


Abbildung 8.69: Histogramm des spezifischen Stromverbrauchs

In Abbildung 8.69 ist zu erkennen, dass der Großteil zwischen 75-150 kWh/m²a liegt. Um ein Gefühl für die Abhängigkeit des spezifischen Strombedarfs von der Stationsfläche zu bekommen, wurde ein entsprechendes Punktdiagramm erstellt (siehe Abbildung 8.70).

Bereich	spezifischer Stromverbrauch	Fläche	Anzahl der Stationen
1	hoch	klein	15
2	hoch	groß	0
3	gering	groß	1
4	gering	klein	37

Tabelle 8.83: spezifischer Stromverbrauch in Abhängigkeit der Stationsfläche

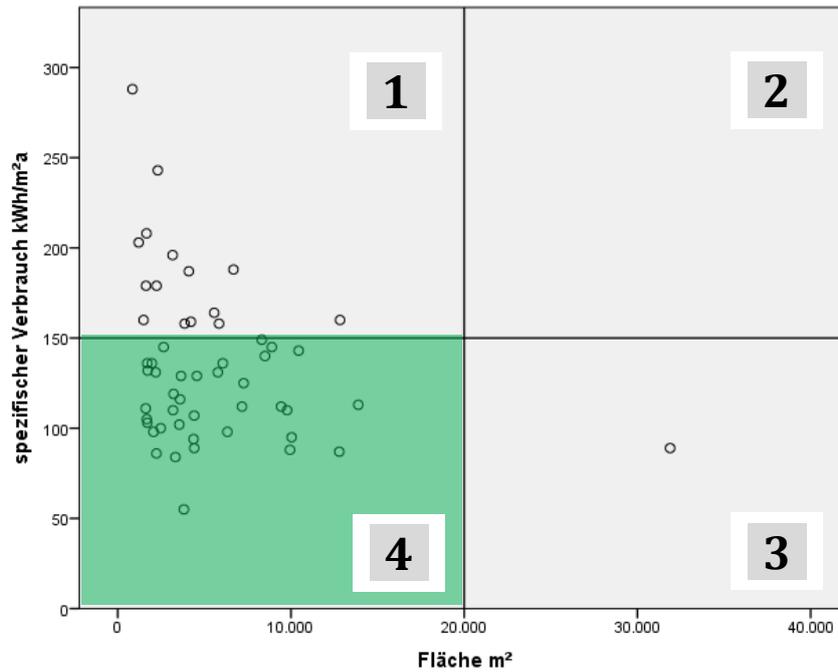


Abbildung 8.70: spezifischer Stromverbrauch in Abhängigkeit der Stationsfläche

Abbildung 8.70 kann in 4 Bereiche eingeteilt werden:

- Bereich 1: zeichnet sich durch einen vergleichsweise hohen spezifischen Stromverbrauch und kleine Flächen aus. Die Auswirkungen auf den absoluten Stromverbrauch sind daher begrenzt. In diesem Bereich befinden sich 15 Stationen, die eher zu Bereich 4 als Bereich 2 tendieren. Der Maximalwert von 288 kWh/m²a ist bei der *Station Schönbrunn* zu finden, der absolute Verbrauch liegt mit 245.139 kWh/a aber weit unter dem Durchschnitt. Der hohe spezifische Verbrauch ist auf einen Dokumentationsfehler im Raumbuch zurückzuführen.
- Bereich 2: zeichnet sich durch einen vergleichsweise hohen spezifischen Stromverbrauch und große Flächen aus. Der Einfluss auf den absoluten Stromverbrauch ist sehr groß, es befinden sich jedoch keine Stationen in diesem Bereich.
- Bereich 3: zeichnet sich durch einen vergleichsweise niedrigen spezifischen Stromverbrauch und große Flächen aus. In dieser Kategorie befindet sich die *Station Westbahnhof*. Diese verfügt aufgrund ihrer besonderen Anforderungen über sehr große Flächen, der spezifische Stromverbrauch liegt jedoch weit unter dem Durchschnitt.
- Bereich 4: zeichnet sich durch einen vergleichsweise niedrigen spezifischen Stromverbrauch und kleine Flächen aus. Der überwiegende Anteil der Stationen kann dieser Kategorie zugeordnet werden. Um einen geringen absoluten Stromverbrauch zu erreichen, ist dieser Bereich bei der Planung anzustreben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der überwiegende Anteil der Stationen in einem anzustrebenden Bereich liegt. Niedrige spezifische Verbrauchskennwerte bei steigenden Flächen führen zu keiner Stromeinsparung, Ziel muss daher immer ein möglichst geringer absoluter Verbrauch sein.

Verbrauchen alte Stationen mehr Strom als neue?

Wenn der Strombedarf untersucht wird, drängt sich die Frage auf, ob neue Stationen mehr Strom verbrauchen als alte. Um einen ersten Überblick zu bekommen wurde sowohl der Gesamtverbrauch, als auch der spezifische Verbrauch, abhängig vom Baujahr dargestellt (siehe Abbildung 8.71.)

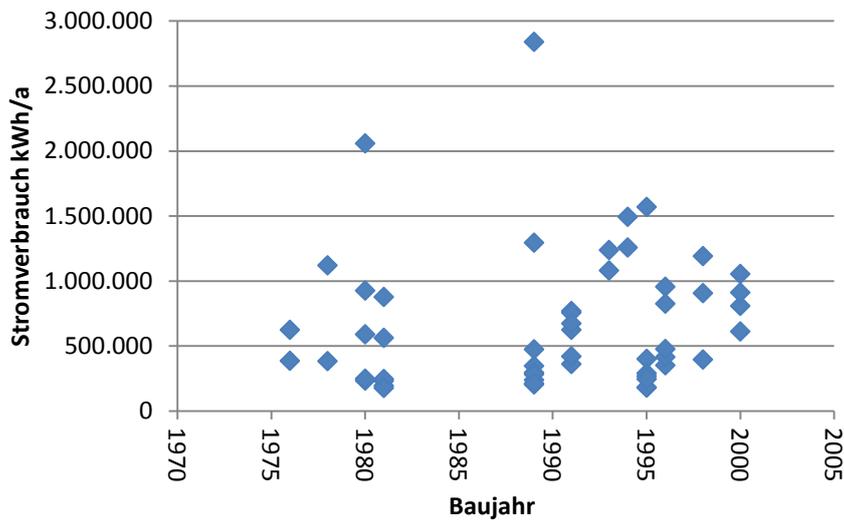


Abbildung 8.71: Stromverbrauch in Abhängigkeit des Baujahrs

In Abbildung 8.71 ist auf der horizontalen Achse das Baujahr, auf der vertikalen Achse der absolute Stromverbrauch dargestellt. Aus dem Punktidagramm lässt sich kein Zusammenhang zwischen dem Baujahr und dem Stromverbrauch erkennen, um den Einfluss der Fläche zu eliminieren wurde der spezifische Stromverbrauch in Abbildung 8.72 dargestellt.

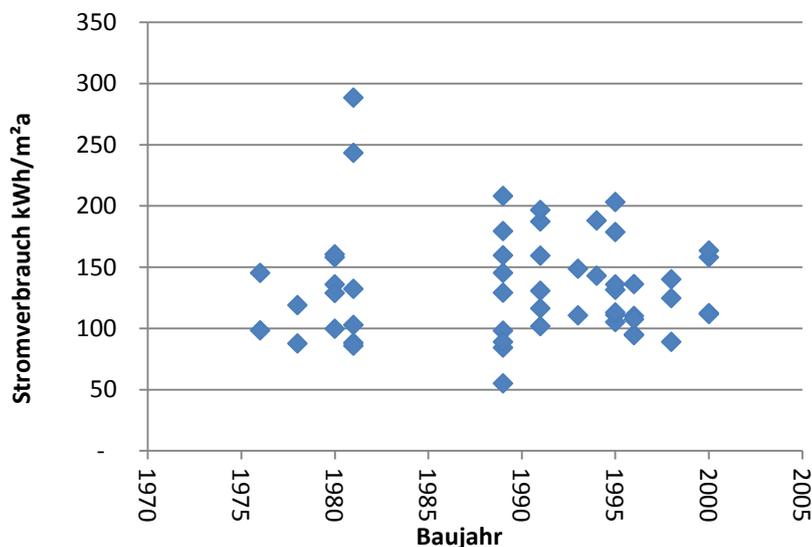


Abbildung 8.72: spezifischer Stromverbrauch/Baujahr

Weder in Abbildung 8.71 noch in Abbildung 8.72 ist eine Abhängigkeit vom Baujahr zu erkennen. Das bedeutet, dass das Baujahr einer Station keinen wesentlichen Einfluss auf den Strombedarf hat. Weder der Gesamtverbrauch, noch der spezifische Verbrauch zeigen eine Abhängigkeit von der Zeit.

Für dieses Ergebnis bieten sich folgende Erklärungen an:

- Andere Parameter haben einen wesentlich größeren Einfluss auf den Verbrauch, die Effekte der technischen Weiterentwicklung werden daher überdeckt.
- Die technische Weiterentwicklung und die damit verbundenen Energieeinsparungen werden durch ein Mehr an Technik kompensiert.
- Ältere Stationen wurden technisch laufend auf den heutigen Stand gebracht, dadurch gibt es im Stromverbrauch keinen signifikanten Unterschied zu neueren.

Welchen Einfluss hat die Stationsgestaltung (offen, überdacht, geschlossen)?

Es gibt 3 unterschiedliche Bautypen von Stationen, offene, überdachte und geschlossene Stationen. Aufgrund der unterschiedlichen Höhenlagen und der damit einhergehenden technischen Ausstattung sind Unterschiede im Stromverbrauch zu erwarten. Geschlossene Stationen benötigen aufwendige Lüftungsanlagen, längere Fahrtreppen und Aufzüge sowie ständige Beleuchtung. Aus diesem Grund sind höhere Verbrauchswerte zu erwarten.

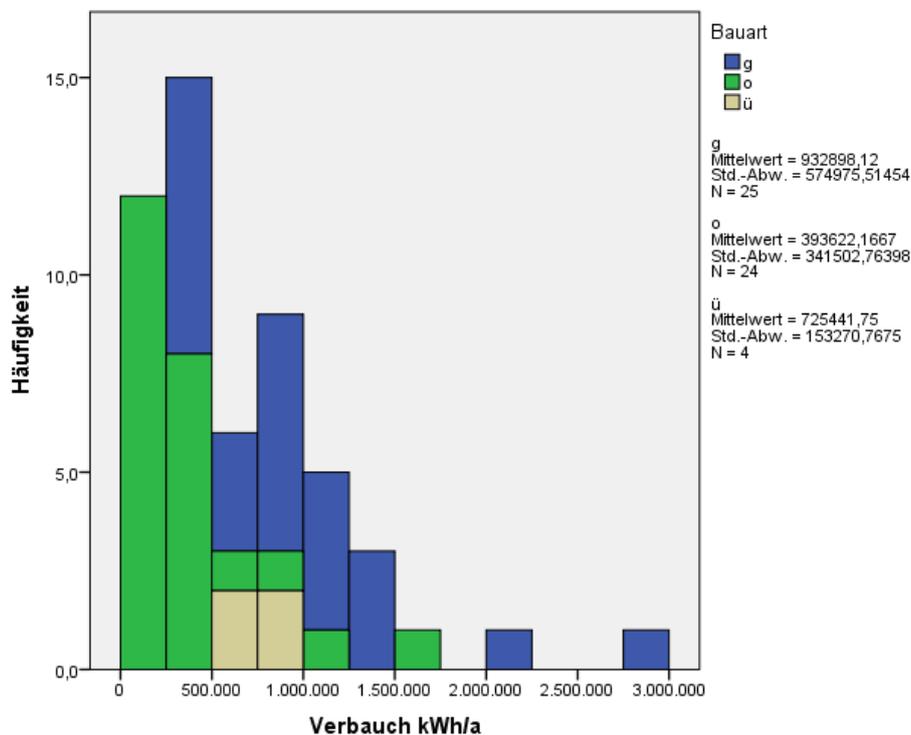


Abbildung 8.73: Histogramm des Stromverbrauchs in Abhängigkeit der Bauart

In Abbildung 8.73 ist zu erkennen, dass offene Stationen den geringsten Strombedarf aufweisen, der Mittelwert liegt bei 393.622 kWh/a. Der Mittelwert der überdachten Station liegt bei 725.441 kWh/a, der der geschlossenen Stationen bei 932.898 kWh/a (siehe Tabelle 8.84).

Die jeweiligen Streuungen sind bezogen auf den Mittelwert sehr hoch, bei den offenen Stationen liegt diese annähernd beim Mittelwert. Diese Streuungen ergeben sich größtenteils durch unterschiedliche Stationsgrößen, aus diesem Grund ist es sinnvoll den spezifischen Stromverbrauch zu untersuchen. In Abbildung 8.74 sind die absoluten Verbrauchswerte als Boxplot dargestellt.

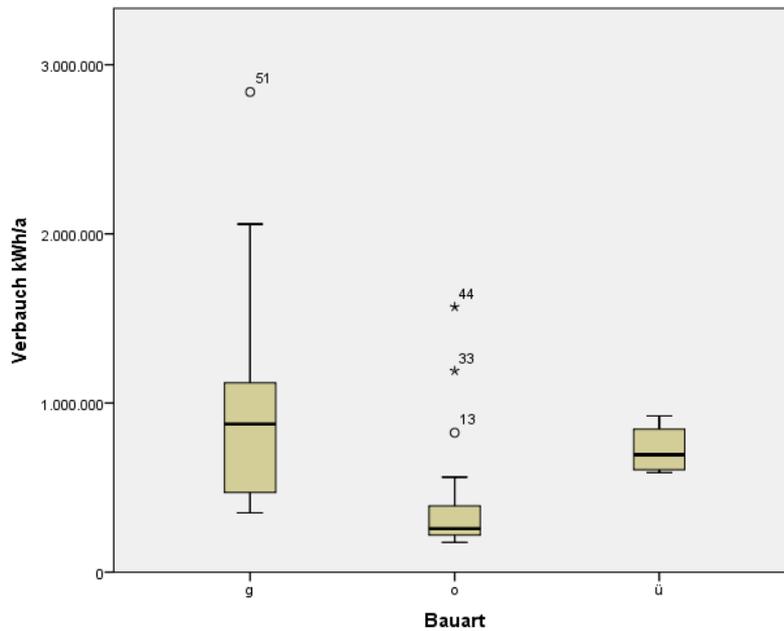


Abbildung 8.74: Boxplot des Stromverbrauchs in Abhängigkeit der Bauart

Absoluter Stromverbrauch	offen	überdacht	geschlossen
Mittelwert	393.622 kWh/a	725.441 kWh/a	932.898 kWh/a
Streuung	341.503 kWh/a	153.270 kWh/a	574.976 kWh/a

Tabelle 8.84: absoluter Stromverbrauch

Der spezifische Stromverbrauch hat den Vorteil, dass der Einfluss der Stationsgröße miteinbezogen werden kann. Die Verbrauchswerte der einzelnen Stationen werden somit vergleichbar.

In Abbildung 8.75 ist zu erkennen, dass die Mittelwerte der Stationstypen wesentlich enger beieinander liegen als beim absoluten Stromverbrauch. Die Streuung liegt nun in einem vertretbaren Bereich. Geschlossene Stationen weisen entgegen der Erwartung den niedrigsten spezifischen Strombedarf mit 127 kWh/m²a auf (siehe Tabelle 8.85).

Das Ergebnis ist in Abbildung 8.76 grafisch dargestellt.

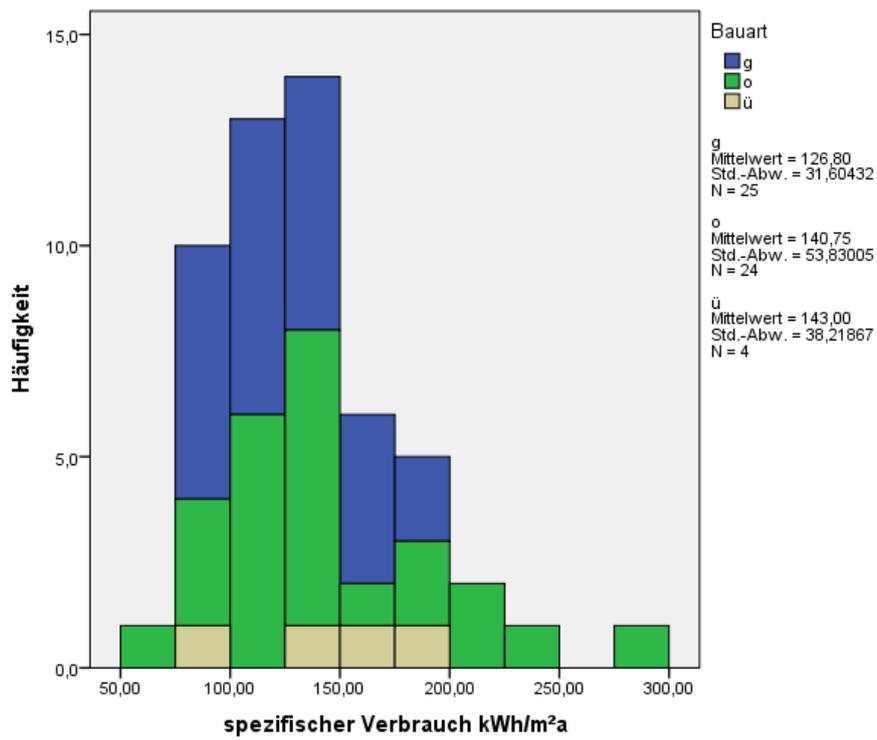


Abbildung 8.75: Histogramm des flächenbezogenen Stromverbrauchs

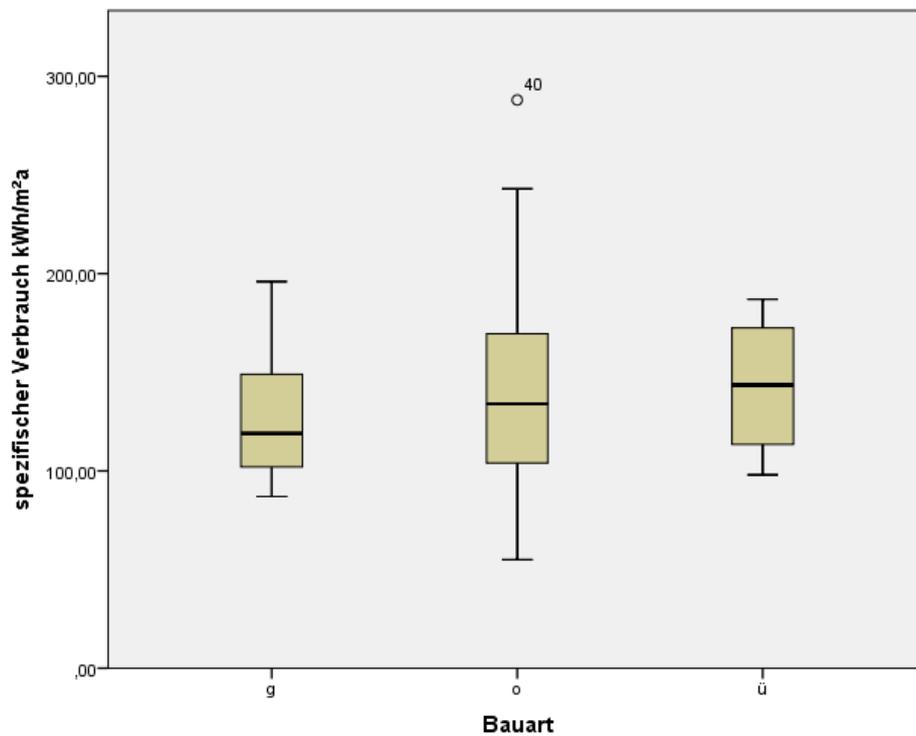


Abbildung 8.76: Boxplot des flächenbezogenen Stromverbrauchs

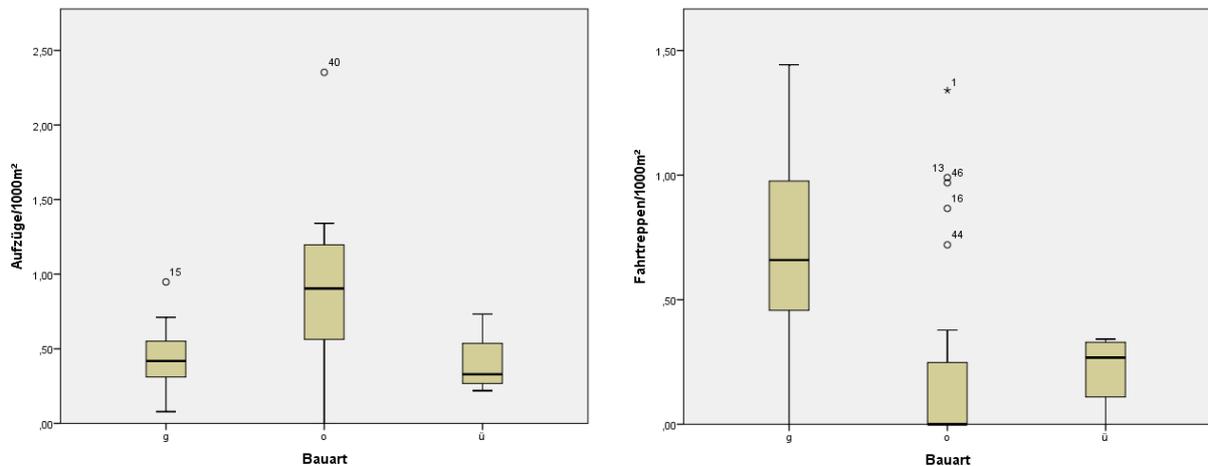
spezifischer Stromverbrauch	offen	überdacht	geschlossen
Mittelwert	141 kWh/m ² a	143 kWh/m ² a	127 kWh/m ² a
Streuung	31 kWh/m ² a	38 kWh/m ² a	31 kWh/m ² a

Tabelle 8.85: spezifischer Stromverbrauch

Der relative Stromverbrauch scheint weitgehend unabhängig von der Bauart zu sein. Die geschlossenen Stationen haben einen geringfügig niedrigeren relativen Stromverbrauch als die beiden anderen.

Diskussion des Ergebnisses:

- Die Anzahl der Aufzüge pro m² Stationsfläche ist wesentlich geringer als bei offenen Stationen. Der Anteil des Stromverbrauchs ist daher geringer (siehe Abbildung 8.77).
- Dem widerspricht, dass die Anzahl der Fahrtreppen bezogen auf die Fläche bei geschlossenen Stationen wesentlich höher ist, als bei anderen Stationstypen. Der Effekt der niedrigen Aufzugskosten/m² wird daher durch hohe Fahrtreppenkosten/m² wieder aufgehoben (siehe Abbildung 8.77).
- Eventuell sind bei geschlossenen Stationen Flächen vorhanden, die sehr wenig Strom benötigen (Lager, Archiv,...). Diese könnten für einen geringen spezifischen Strombedarf verantwortlich sein.

Abbildung 8.77: Boxplot - Anzahl der Aufzüge/Fahrtreppen je 1.000m²

8.10.2.2 Modellierung mittels Flächen

Will man die Bauart einfließen lassen, ist es notwendig, vorher die entsprechenden Flächen zu ermitteln und zuzuordnen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 8.78 dargestellt. Man erkennt, dass die offenen Stationen (grün) einen niedrigen Flächenbedarf und daher einen entsprechend niedrigen Stromverbrauch aufweisen.

Mit Hilfe der linearen Regression kann nun der Einfluss der Bauart sowie der entsprechenden Fläche erfasst werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8.86 abgebildet.

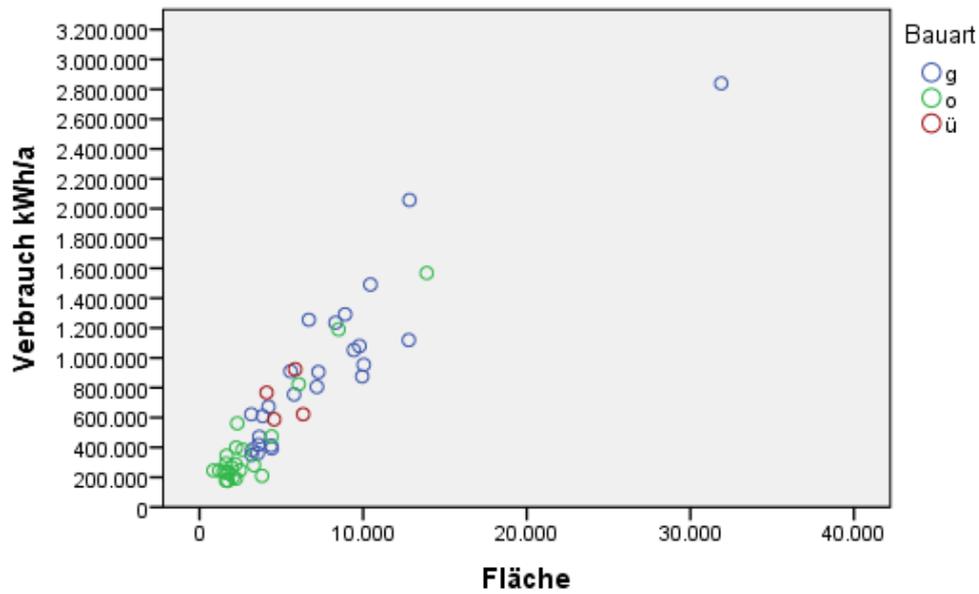


Abbildung 8.78: Stromverbrauch abhängig von der Bauart und Fläche

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,930 ^a	,864	,856	198696,08656

a. Einflußvariablen : (Konstante), überdacht, offen, geschlossen

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta			
	(Konstante)	138996,594	44471,490		3,126	,003
1	geschlossen	97,455	5,519	1,042	17,657	,000
	offen	96,806	12,586	,452	7,691	,000
	überdacht	109,699	20,528	,296	5,344	,000

a. Abhängige Variable: Verbrauch

Tabelle 8.86: Stromverbrauch Bauart/Fläche mittels SPSS

Aus den Ergebnissen in Tabelle 8.86 leitet sich folgende Formel zur Berechnung des Strombedarfs ab:

$$E = 138.997 \cdot A \cdot x \quad \begin{cases} x = 97\text{€/m}^2\text{a geschlossene Station} \\ x = 97\text{€/m}^2\text{a offene Station} \\ x = 110\text{€/m}^2\text{a überdachte Station} \end{cases} \quad (48)$$

E ... jährlicher Stromverbrauch €/a

A ... Fläche der Station m²

Die Ergebnisse zeigen, dass es keinen wesentlichen Unterschied bezogen auf die Fläche gibt.

8.10.2.3 Modellierung mittels Flächen inkl. Aufzüge und Fahrtreppen

Versucht man den Einfluss der Aufzüge und Fahrtreppen in das Modell zu integrieren, ergibt sich folgendes Ergebnis der linearen Regression (siehe Tabelle 8.87).

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,957 ^a	,916	,907	159535,02214

a. Einflußvariablen : (Konstante), Aufzüge, überdacht, offen, Fahrtreppen, geschlossen

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	129318,042	42226,582		3,062	,004
geschlossen	57,767	8,599	,618	6,718	,000
offen	60,541	12,973	,283	4,667	,000
überdacht	90,097	16,934	,243	5,320	,000
Fahrtreppen	45248,928	10949,965	,372	4,132	,000
Aufzüge	26363,896	20568,439	,092	1,282	,206

a. Abhängige Variable: Verbrauch

Tabelle 8.87: Stromverbrauch abhängig von Bauart, Fläche, Anzahl der Aufzüge und Anzahl der Fahrtreppen – Regression mittels SPSS

Integriert man diese zusätzlichen Parameter, steigt R² von 0,864 auf 0,916. Die Steigerung des Bestimmtheitsmaßes ist auf die höhere Anzahl an Einflussparametern zurückzuführen, da dieses mit Erhöhung der Einflussparameter automatisch steigt. Da das Bestimmtheitsmaß bereits ohne diese Parameter ein sehr hohes Niveau aufweist, werden die zusätzlichen Parameter (Aufzüge und Fahrtreppen) nicht berücksichtigt.

8.10.2.4 Modellierung mittels Kalkulation (SIA 380/4)

Die Modellierung der Kapitel 8.10.2.2 und 8.10.2.3 ermöglicht eine Prognose auf Basis der vorliegenden Daten. Da der Stromverbrauch global für jeweils eine Station erfasst wird, ist das Optimierungspotential jedoch begrenzt. Der Einfluss der Beleuchtung (Leuchtmittel, Oberflächen, Raumgeometrie), Belüftung, Haustechnik, usw. kann nicht explizit ermittelt werden. Der Autor erachtet es daher als sinnvoll, eine weitere Möglichkeit zur Prognose des Stromverbrauchs einfließen zu lassen. Aus diesem Grund wurde das Berechnungsschema der SIA 380/4⁸⁰ in das LCC-Berechnungstool integriert, das vom Schweizer Ingenieur- und Architektenverein herausgegeben wird.

Die Zielsetzung wird wie folgt definiert:

Die vorliegende Norm SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau hat einen rationellen Einsatz von Elektrizität in Bauten und Anlagen zum Ziel und will als Planungshilfe dazu beitragen, den Elektrizitätsverbrauch von Neu- und Umbauten zu optimieren. Sie definiert die massgebenden Kenngrößen und legt eine standardisierte Darstellung des Elektrizitätsbedarfs fest.⁸¹

Die Norm bietet die Möglichkeit, abhängig von Eingangsparametern, den Stromverbrauch zu ermitteln. Beispielfhaft werden die Eingangsparameter der Beleuchtung und der Lüftung angeführt:

Beleuchtung:

- Vollaststunden
- Wartungswert der Beleuchtungsstärke
- Planungsfaktor der Beleuchtung
- Lichtausbeute
- Leuchtenbetriebswirkungsgrad
- Raumwirkungsgrad

Lüftung:

- Vollaststunden
- Druckdifferenz der gesamten Anlage
- Geförderter Luftvolumenstrom
- Gesamtwirkungsgrad der Lüftung

Ähnliches gilt auch für die Ermittlung des Stromverbrauchs der Bereiche Klima und Aufzug.

Der Anwender hat nun die Möglichkeit aus den vorgestellten Berechnungsmethoden eine geeignete auszuwählen. Um diese Auswahl zu erleichtern wird vom Autor eine Vorgehensweise empfohlen.

⁸⁰ [23] SIA 380/4, Ausgabe 2006

⁸¹ [23] SIA 380/4, Ausgabe 2006, S.4

8.10.2.5 Auswahl der Modellierung

Je nach Planungsstand kann es sinnvoll sein, eine unterschiedliche Herangehensweise zu wählen, die wiederum vom steigenden Informationsgehalt während der Planungsphase abhängt.

Der Autor empfiehlt folgende Vorgehensweise:

Planungsphase	Ansatz
Projektidee	673.000 kWh/a
Entwurfsphase	134 kWh/m ² a
Ausführungsplanung	Kalkulation

Tabelle 8.88: Ansätze für die Modellierung des Stromverbrauchs in Abhängigkeit der Planungsphase

Die Werte sind ebenfalls der Tabelle 8.81 auf Seite 197 zu entnehmen und entsprechen dem Mittelwert des Stromverbrauchs.

8.11 Fernwärme und Gas

8.11.1 Daten

Die Daten stammen aus den Jahren 2007 bis 2010 (4 Jahre). Von den 90 betrachteten Stationen weisen nur 33 Stationen Verbrauchswerte für Fernwärme oder Gas auf. Das bedeutet, dass über 63 % der Stationen über keine Heizung oder Warmwasseraufbereitung mittels Fernwärme oder Gas verfügen.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass nur Diensträume beheizt werden. Die Verkehrsflächen (Bahnsteig, Gänge, usw.) werden nicht beheizt.

In der Tabelle 8.89 sind die dokumentierten Verbrauchswerte dargestellt:

Station	Durchschnittlicher Verbrauch kWh/m ² a Gesamtfläche	Durchschnittlicher Verbrauch kWh/a	Fernwärme				Gas			
			Verbrauch kWh/a	10.169.032	10.090.611	9.610.702	7.151.958	98.962	162.672	655.147
			2010	2009	2008	2007	2010	2009	2008	2007
Aderklaaer Straße	36	132.987	124.417	135.721	149.384	122.425	-	-	-	-
Aiser Straße	10	28.616	-	-	-	-	34.355	32.231	27.366	20.513
Alt Erlaa	34	76.192	82.885	96.465	85.200	40.219	-	-	-	-
Floridsdorf	34	337.560	372.390	255.060	401.560	321.230	-	-	-	-
Großfeldsiedlung	31	120.720	68.221	148.019	153.211	113.430	-	-	-	-
Gumpendorfer Straße	58	95.247	-	-	-	-	64.607	130.441	109.506	76.434
Heiligenstadt	67	423.646	268.111	442.162	-	-	-	-	514.810	469.500
Hütteldorferstraße	40	287.748	351.387	351.673	366.846	-	-	-	-	81.087
Johnstraße	3	33.148	33.148	-	-	-	-	-	-	-
Josefstädter Straße	5	7.432	-	-	-	-	-	-	3.465	11.398
Kagran	43	280.795	248.931	252.928	437.020	184.302	-	-	-	-
Kagraner Platz	42	317.978	299.483	330.363	374.341	267.725	-	-	-	-
Karlsplatz	44	1.215.270	1.437.998	1.261.849	1.268.894	892.340	-	-	-	-
Kendlerstraße	216	953.494	895.618	1.028.356	942.652	947.349	-	-	-	-
Landstraße	6	55.650	-	-	-	55.650	-	-	-	-
Leopoldau	127	875.239	899.282	918.078	993.992	689.605	-	-	-	-
Museumsquartier	84	281.689	241.063	285.729	347.141	252.822	-	-	-	-
Nestroyplatz	42	235.608	260.396	223.406	223.742	234.889	-	-	-	-
Nußdorfer Straße	56	186.900	187.149	198.315	197.055	165.080	-	-	-	-
Philadelpiabrücke	25	226.848	226.848	-	-	-	-	-	-	-
Praterstern	49	491.350	679.380	599.387	429.540	257.091	-	-	-	-
Reumannplatz	6	78.128	118.750	114.620	980	78.160	-	-	-	-
Schottenring	35	212.210	221.090	235.760	238.910	153.080	-	-	-	-
Schottentor	50	247.354	229.425	219.551	396.769	143.669	-	-	-	-
Schwedenplatz	31	382.288	316.930	439.990	386.480	385.750	-	-	-	-
Schweglerstraße	32	213.812	225.504	205.210	234.136	190.398	-	-	-	-
Simmering	38	362.072	375.179	351.840	393.840	327.430	-	-	-	-
Spittelau	25	342.139	375.604	401.961	303.742	287.248	-	-	-	-
Stadion	49	321.731	316.060	327.401	-	-	-	-	-	-
Stubentor	15	65.188	120.850	92.398	36.452	11.050	-	-	-	-
Taubstummengasse	36	196.421	155.230	189.146	240.563	200.744	-	-	-	-
Volkstheater	43	546.910	507.352	603.793	567.162	509.332	-	-	-	-
Westbahnhof	13	418.453	530.351	381.430	441.090	320.940	-	-	-	-

Tabelle 8.89: Verbrauchsdaten Gas/Fernwärme

8.11.2 Datenauswertung

Zu Beginn werden die vorhandenen Verbrauchsdaten analysiert und in einem Histogramm dargestellt (siehe Abbildung 8.79).

Die drei höchsten Verbräuche weisen folgende Stationen auf:

Station	kWh/a
Karlsplatz	1.215.270
Kendlerstraße	953.494
Leopoldau	875.239

Tabelle 8.90: maximale Verbrauchswerte Fernwärme und Gas in kWh/a

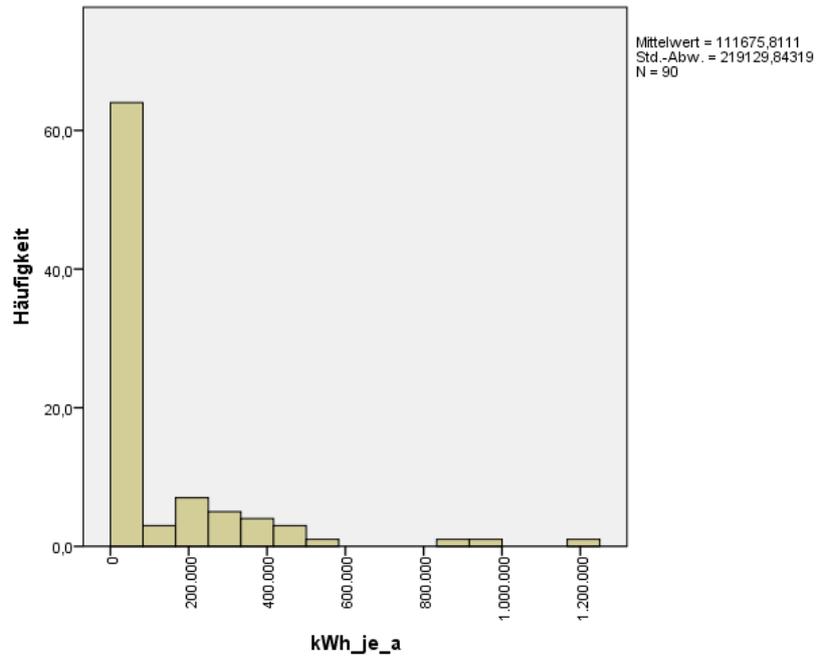


Abbildung 8.79: Histogramm der Verbrauchswerte Fernwärme und Gas in kWh/a

Legt man den Energieverbrauch auf die Stationsfläche um und eliminiert die Stationen ohne Verbrauch, ergibt sich Abbildung 8.80.

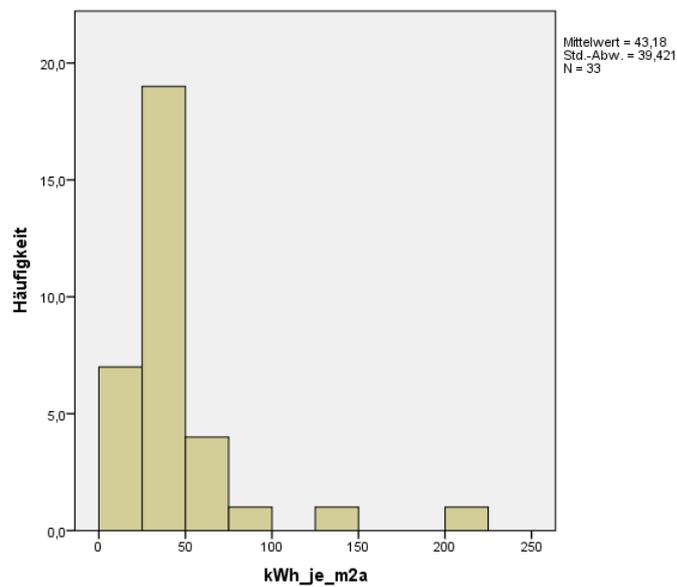


Abbildung 8.80: Histogramm der flächenbezogenen Verbrauchswerte in kWh/m²a

Der Mittelwert liegt bei 43 kWh/m²a, drei Stationen weisen jedoch ein Vielfaches dieses Wertes auf.

Station	kWh/m ² a	kWh/a
Museumsquartier	84	281.689
Leopoldau	127	875.239
Kenderstraße	216	953.494

Tabelle 8.91: maximale Verbrauchswerte Fernwärme und Gas in kWh/m²a

Gut zu erkennen ist, dass die Station *Karlsplatz* einen sehr hohen absoluten Verbrauch aufweist (siehe Tabelle 8.90), jedoch aufgrund der enormen Fläche einen durchschnittlichen Wert von 44 kWh/m^2 erreicht. Der Autor kann die hohen relativen als auch absoluten Verbräuche der Station nicht näher verifizieren. Es empfiehlt sich jedoch, diese außergewöhnlich hohen Verbräuche intern näher zu betrachten.

Für die Modellierung empfiehlt der Autor die Ergebnisse des „Energieausweises“ heranzuziehen, der im Zuge der Planung erstellt wird. Falls sich das Projekt noch in einer frühen Phase befindet und die notwendigen Daten nicht zur Verfügung stehen, wird in Folge vom Autor ein Näherungswert angegeben.

Für das Modell werden 2 Parameter bestimmt:

- Stationstyp
- Fläche der Station

Die Abhängigkeit des Energieverbrauchs wird deutlich, wenn man das Punktdiagramm in Abbildung 8.81 betrachtet.

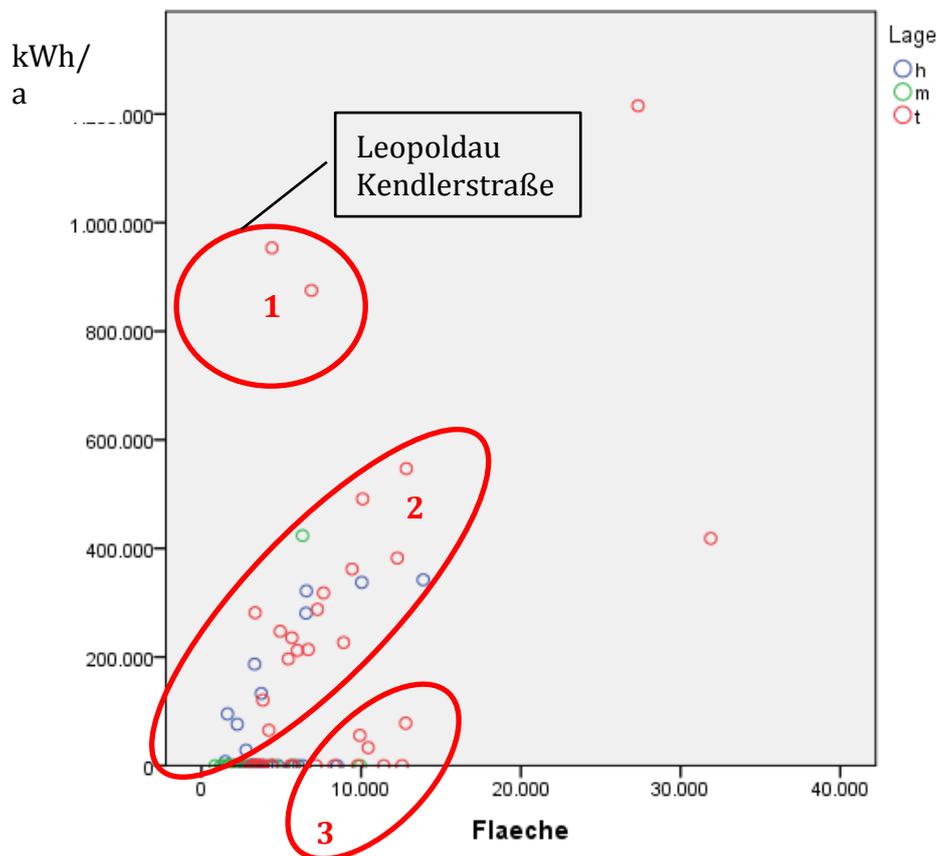


Abbildung 8.81: Verbrauch abhängig der Lage und der Fläche in kWh/a

In Abbildung 8.81 ist zu erkennen, dass die beiden Stationen Leopoldau und Kandlerstraße trotz geringer Fläche, sehr hohe Energieverbräuche aufweisen (rot markiert „1“). Weiters werden in dem Diagramm unterschiedliche Stationstypen (Hochlage, mittlere Lage, Tieflage) mit unterschiedlichen Farben dargestellt:

- Tieflage t → rot
- Mittlere Lage m → grün
- Hochlage h → blau

Vom Stationstyp mittlere Lage (grün) ist nur ein Datenpunkt über 0 vorhanden. Dies liegt daran, dass die Stationen in mittlerer Lage entlang der Linie U4 keine oder nur beschränkt Diensträume aufweisen, die beheizt werden. Auf Basis dieser einzigen Station kann kein Prognosewert für diesen Stationstyp abgeleitet werden.

Betrachtet man die Stationen in Tief- und Hochlage so erkennt man, dass keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Stationstypen (blau und rot „2“) zu erkennen sind. Einige Stationen in Tieflage weisen einen wesentlich geringeren Verbrauch auf (rot „3“).

Als Basis für ein Modell werden alle Verbrauchsdaten größer 0 auf die Gesamtfläche der Station umgelegt und statistisch ausgewertet (siehe Abbildung 8.82).

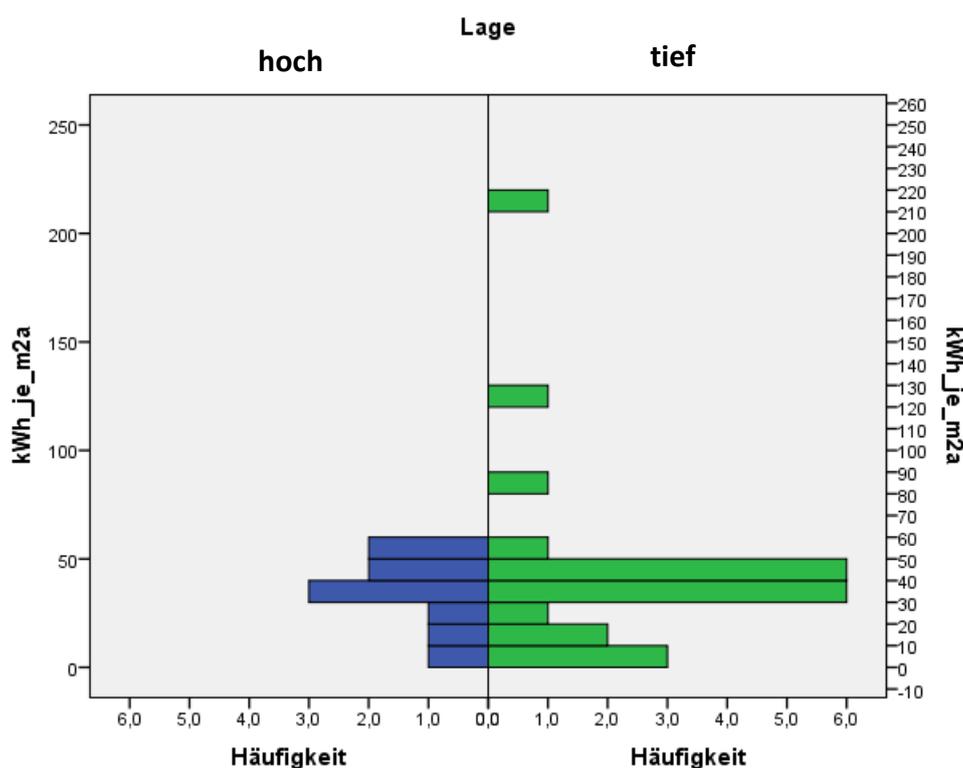


Abbildung 8.82: Histogramm des Energieverbrauchs in Abhängigkeit des Stationstyps

Der überwiegende Anteil der Stationen liegt zwischen 30-50 kWh/m²a. Für das Modell wird eine deskriptive Auswertung vorgenommen, die Ergebnisse sind in Tabelle 8.92 abgebildet.

	Hochlage kWh/m ² a	Tieflage kWh/m ² a	Tieflage ^{*82} kWh/m ² a
Mittelwert	35,0	45,9	33,3
Median	34,8	37,3	35,7
Standardabweichung	17,0	45,4	18,3
Minimum	5,0	3,2	3,2
Maximum	58,4	216,1	83,8

Tabelle 8.92: Energieverbrauch in Abhängigkeit der Höhenlage

⁸² Ohne Statione Leopoldau und Kendlerstraße

Die Standardabweichung der Tieflage ist um ein Vielfaches größer als die der Hochlage. Die hohe Standardabweichung sowie der höhere Mittelwert sind vor allem durch die beiden Stationen *Leopoldau* und *Kendlerstraße* bedingt. Bereinigt man den Datensatz und entfernt diese beiden Stationen erhält man die Spalte „Tieflage*“. Die Werte liegen sehr nahe an den Werten der Hochlage. Der Autor empfiehlt daher einen Wert von **35 kWh/m²a** anzusetzen.

8.12 Sonstige Kosten – Gebühren

8.12.1 Daten

Die Daten wurden aus SAP entnommen und entsprechen dem Zeitraum von 7 Jahren zwischen dem 01.01.2004-31.12.2010.

Folgende Kosten werden berücksichtigt:

- Grundsteuer
- Gebühren für Müllabfuhr und Müllentsorgung
- Wasser und Abwassergebühren

Der überwiegende Anteil sind die Gebühren für Müllabfuhr und Müllentsorgung (siehe Tabelle 8.93). Diese machen über 91 % der Gebühren aus.

Grundsteuer	7 %
Gebühren für Müllabfuhr und Müllentsorgung	91 %
Wasser und Abwassergebühren	2 %

Tabelle 8.93: Sonstige Gebühren

Wertet man die Daten aus SAP aus, erhält man Tabelle 8.94.

Örtlichkeit	Durchschnitt Kosten je (m ² Jahr)	Durchschnitt Kosten je (Station Jahr)	720000		
			711000 Grundsteuer	Gebühr für Müllabfuhr/Müllentsorgung	720010 Wasser- und Abwassergebühren
U1 Reumannplatz - Donauinsel	1,73	11.092	38.364,99	505.358,31	0,00
U1 Kaisermühlen - Vienna Int. Centre - Leopoldau	0,86	4.379	51.528,75	135.597,53	-296,54
U2 Museumsquartier - Schottentor	2,13	7.555	2.692,88	156.019,89	0,00
U2 Taborstraße - Aspernstraße	-0,48	-1.953	-37.759,10	14.212,03	0,00
U3 Simmering - Herrengasse	1,37	6.909	12.179,24	471.634,13	0,00
U3 Neubaugasse - Ottakring	1,42	11.258	224.617,03	327.225,41	0,00
U4 Hütteldorf - Meidlinger Hauptstraße	3,29	10.984	20.088,95	518.339,51	0,00
U4 Margareten Gürtel - Stadtpark	4,43	8.583	7.961,82	91.074,72	141.380,80
U4 Roßbäuerlände - Heiligenstadt	1,75	6.219	1.958,60	128.682,59	0,00
U6 Floridsdorf - Burggasse	2,01	7.826	27.778,64	629.865,67	0,00
U6 Gumpendorfer Straße - Siebenhirten	1,69	4.713	1.336,00	295.724,56	0,00
U1/U4 Schwedenplatz	1,29	15.783	5.351,50	105.176,16	0,00
U1/U2 Praterstern	1,04	10.531	0,00	50.795,40	0,00
U1/U2/U4 Karlsplatz	3,13	85.599	12.568,65	586.856,68	0,00
U2/U4 Schottenring	2,13	12.801	8.393,70	81.246,76	0,00
U3/U2 Volkstheater	2,44	31.374	0,00	219.701,56	0,00
U3/U4 Landstraße	1,85	18.299	0,00	128.143,37	0,00
U3/U1 Stephansplatz	1,72	21.634	0,00	151.494,48	0,00
U6/U4 Spittelau	1,65	22.980	29,00	160.895,10	0,00
U6/U4 Längenfeldgasse	1,88	10.978	88,11	76.789,85	0,00
U3/U6 Westbahnhof	1,76	56.263	544,25	393.454,04	0,00

Tabelle 8.94: Sonstige jährliche Kosten

8.12.2 Datenauswertung

Die *Stationen Karlplatz* und *Westbahnhof* weisen mit Abstand die höchsten absoluten Kosten auf. Weiters fällt auf, dass für vier Stationen keine Grundsteuer gebucht wurde. Der Autor geht davon aus, dass die entsprechende Grundsteuer auf eine andere Kostenart gebucht wurde. Ähnlich verhält es sich mit der Wasser- bzw. Abwassergebühr. Hier wurde überhaupt nur bei der *Station Stadtpark* ein positiver Wert gebucht, beim Streckenabschnitt *Kaisermühlen-VIC* bis *Leopoldau* wurde sogar ein Guthaben gebucht. Der Autor kann die Ursache nicht näher verifizieren, geht aber davon aus, dass diese Gebühren eventuell auf eine andere Kostenart gebucht wurden. Eine andere Möglichkeit ist, dass alle Wasser- und Abwassergebühren gesammelt auf den Streckenabschnitt *Marga- retengürtel-Stadtpark* gebucht wurden, um den Buchungsaufwand zu reduzieren.

In der Modellierung wird versucht, auf Basis dieser Daten, Prognosen für zukünftige Stationen abzuleiten.

8.12.3 Grundsteuer

Die Grundsteuer weist erhebliche Schwankungen auf (siehe Tabelle 8.96). Dies zeigt sich auch in der deskriptiven Auswertung (siehe Tabelle 8.95).

Deskriptive Statistik					
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Kosten €/m ² a	21	-,76	,58	,0462	,22765
Kosten €/a	21	-3132,00	4582,00	415,9524	1321,11345
Gültige Werte (Listenweise)	21				

Tabelle 8.95: Kennwerte für die Grundsteuer

Die Standardabweichung ist ein Vielfaches des Mittelwerts. Da beim Streckenabschnitt *Taborstraße* bis *Aspernstraße* eine negative Grundsteuer gebucht wurde liegt das Minimum bei -3.132 €/a. Der Mittelwert bereinigt um die negative Buchung und die 0 € Buchungen liegt bei 742 €/a. Generell kann festgehalten werden, dass die Grundsteuer keinen wesentlichen Einfluss auf die Lebenszykluskosten einer U-Bahn-Station hat. Basierend auf dieser Annahme empfiehlt der Autor im Falle, dass die Grundsteuer nicht bekannt ist, einen Wert je Station von **700 €/a** anzusetzen.

Die tatsächlich zu entrichtende Grundsteuer wird von der Stadt Wien festgelegt und wie folgt berechnet:

Höhe der Steuer: Maßgebend für die Festsetzung der Grundsteuer ist der Einheitswert, der für den Steuergegenstand nach den Vorschriften des Bewertungsgesetzes vom Lagefinanzamt festgestellt wurde. Das Finanzamt setzt durch Anwendung einer Steuermesszahl auf den Einheitswert den Steuermessbetrag fest. Dieser bildet die Bemessungsgrundlage für die Grundsteuer. Durch Anwendung von Hebesätzen wird der Jahresbetrag der Grundsteuer

von der Stadt Wien errechnet. In Wien muss an jährlicher Grundsteuer der fünffache Steuermessbetrag bezahlt werden.⁸³

Örtlichkeit	Durchschnitt Kosten je (m ² Jahr)	Durchschnitt Kosten je (Station Jahr)	711000 Grundsteuer
U1 Reumannplatz - Donauinsel	0,12	783	38.364,99
U1 Kaisermühlen - Vienna Int. Centre - Leopoldau	0,24	1.208	51.528,75
U2 Museumsquartier - Schottentor	0,04	128	2.692,88
U2 Taborstraße - Aspernstraße	-0,76	-3.132	-37.759,10
U3 Simmering - Herrengasse	0,03	174	12.179,24
U3 Neubaugasse - Ottakring	0,58	4.582	224.617,03
U4 Hütteldorf - Meidlinger Hauptstraße	0,12	410	20.088,95
U4 Margaretengürtel - Stadtpark	0,15	284	7.961,82
U4 Roßbauerlände - Heiligenstadt	0,03	93	1.958,60
U6 Floridsdorf - Burggasse	0,08	331	27.778,64
U6 Gumpendorfer Straße - Siebenhirten	0,01	21	1.336,00
U1/U4 Schwedenplatz	0,06	764	5.351,50
U1/U2 Praterstern	0,00	0	0,00
U1/U2/U4 Karlsplatz	0,07	1.795	12.568,65
U2/U4 Schottenring	0,20	1.199	8.393,70
U3/U2 Volkstheater	0,00	0	0,00
U3/U4 Landstraße	0,00	0	0,00
U3/U1 Stephansplatz	0,00	0	0,00
U6/U4 Spittelau	0,00	4	29,00
U6/U4 Längenfeldgasse	0,00	13	88,11
U3/U6 Westbahnhof	0,00	78	544,25

Tabelle 8.96: jährliche Grundsteuer

8.12.4 Gebühren für Müllabfuhr/Müllentsorgung

Die Gebühren für die Müllabfuhr/Müllentsorgung verursachen einen überwiegenden Anteil an den gesamten Gebühren (91%). Für alle angeführten Streckenabschnitte sind entsprechende Daten eingetragen (siehe Tabelle 8.98).

Die deskriptive Statistik bringt folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 8.97).

Deskriptive Statistik					
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Kosten €/m ² a	21	,29	3,17	1,6919	,69311
Kosten €/a	21	1179,00	83804,00	16668,1429	19688,79804
Gültige Werte (Listenweise)	21				

Tabelle 8.97: Kennwerte für Müllabfuhr/Müllentsorgung

⁸³ <http://www.wien.gv.at/amtshelfer/finanzielles/rechnungswesen/abgaben/grundsteuer.html>
05.08.2013

8 Kosten

Örtlichkeit	Durchschnitt Kosten je (m ² Jahr)	Durchschnitt Kosten je (Station Jahr)	720000 Gebühr für Müllabfuhr/Müllentsorgung
U1 Reumannplatz - Donauinsel	1,60	10.309	505.358,31
U1 Kaisermühlen - Vienna Int. Centre - Leopoldau	0,62	3.178	135.597,53
U2 Museumsquartier - Schottentor	2,10	7.427	156.019,89
U2 Taborstraße - Aspernstraße	0,29	1.179	14.212,03
U3 Simmering - Herrngasse	1,34	6.735	471.634,13
U3 Neubaugasse - Ottakring	0,84	6.675	327.225,41
U4 Hütteldorf - Meidlinger Hauptstraße	3,17	10.574	518.339,51
U4 Margaretengürtel - Stadtpark	1,68	3.251	91.074,72
U4 Roßauerlände - Heiligenstadt	1,73	6.125	128.682,59
U6 Floridsdorf - Burggasse	1,92	7.495	629.865,67
U6 Gumpendorfer Straße - Siebenhirten	1,68	4.692	295.724,56
U1/U4 Schwedenplatz	1,22	15.019	105.176,16
U1/U2 Praterstern	1,04	10.531	50.795,40
U1/U2/U4 Karlsplatz	3,07	83.804	586.856,68
U2/U4 Schottenring	1,93	11.602	81.246,76
U3/U2 Volkstheater	2,44	31.374	219.701,56
U3/U4 Landstraße	1,85	18.299	128.143,37
U3/U1 Stephansplatz	1,72	21.634	151.494,48
U6/U4 Spittelau	1,65	22.976	160.895,10
U6/U4 Längenfeldgasse	1,88	10.966	76.789,85
U3/U6 Westbahnhof	1,76	56.186	393.454,04

Tabelle 8.98: Gebühren für Müllabfuhr/Müllentsorgung

Die absoluten Werte €/a der Stationen unterscheiden sich sehr deutlich. Der Mittelwert liegt bei 16.668 €/a, die Standardabweichung bei 19.688 €/a. Anders sieht es bei den relativen Kosten €/m²a aus. Der Mittelwert liegt hier bei 1.69 €/m²a, mit einer Standardabweichung von 0.69 €/m². Trägt man die durchschnittlichen Stationsflächen und die entstandenen Gebühren in einem Diagramm auf, erhält man Abbildung 8.83.

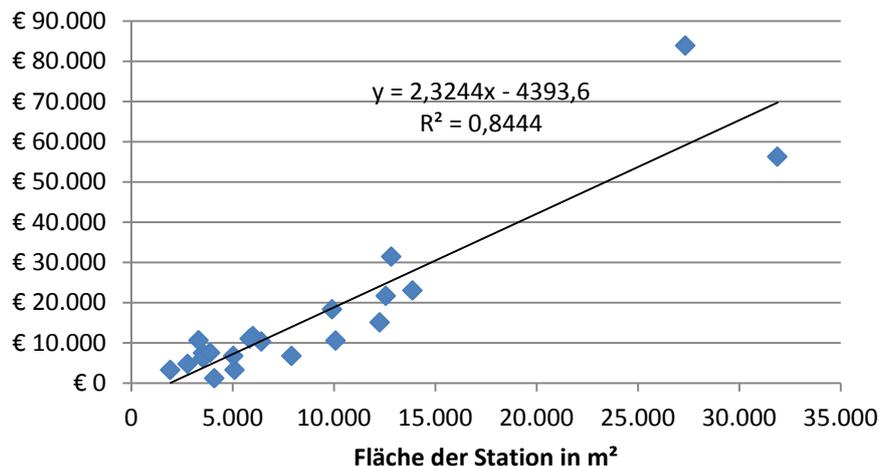


Abbildung 8.83: jährliche Gebühren der Müllabfuhr/Müllentsorgung in Abhängigkeit der Stationsfläche

Es ist ein linearer Zusammenhang zwischen der Fläche einer Station und den Müllgebühren zu erkennen. Die Modellierung erfolgt daher auf Basis der Stationsfläche. Falls die Gebühren nicht bekannt sind, empfiehlt der Autor den Mittelwert von **1,69 €/m²a** anzusetzen.

Die MA 48 der Stadt Wien berechnet die Gebühren abhängig von folgenden Parametern:

- Art des Müllbehälters
- Anzahl der Müllbehälter
- Größe der Müllbehälter
- Intervall der Entleerung

Falls diese Parameter bekannt sind, können die Gebühren bei der MA 48 angefragt werden. Die Entsorgung von 1.000 l Hausmüll kostet in Wien derzeit zwischen ca. 36-42 € abhängig von der Behältergröße.⁸⁴ Das Intervall hat keinen Einfluss auf diesen Wert, da die Entsorgungsgebühr linear mit dem Intervall steigt.

Es ist daher durchaus sinnvoll bei geringerem Müllaufkommen kleinere Behälter zu bestellen oder das Entleerungsintervall herabzusetzen, um unnötige und teure Entleerungen zu reduzieren. Grundsätzlich ist die Vermeidung von Müll anzustreben, die Wiener Linien haben darauf jedoch nur begrenzten Einfluss, da die Fahrgäste für den Großteil des Müllaufkommens verantwortlich sind.

Die aktuelle Liste zur Berechnung der Müllgebühren ist in Abbildung 8.84 dargestellt:

Behältervolumen	120 Liter	240 Liter	770 Liter	1.100 Liter	2.200 Liter	4.400 Liter
Grundbetrag für eine Entleerung	4,24	8,48	29,68	42,40	84,80	169,60

Abbildung 8.84: Grundbetrag je Leerung⁸⁵

8.12.5 Gebühren Wasser und Abwasser

Die Daten aus SAP sind nur sehr dürftig vorhanden (siehe Tabelle 8.99).

Derzeit werden in Wien folgende Gebühren für Wasser beziehungsweise Abwasser eingehoben:

- ⁸⁶Wasser: 1,73 €/m³ (inkl. 10% Umsatzsteuer)
- ⁸⁷Abwasser: 1,89 €/m³ (inkl. 10% Umsatzsteuer)

In Summe beträgt die Wasser/Abwassergebühr 3,65 €/m³ (inkl. Ust) bzw. 3,32 €/m³ (exkl. Ust.).

Im Zuge der Datenerhebung für den Themenbereich HKLS wurden 10 Stationen ausgewählt und entsprechende Verbrauchswerte erhoben, darunter auch der Wasserverbrauch (siehe Tabelle 8.100).

⁸⁴ <http://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/tarife/hausmuell.html> 05.08.2013

⁸⁵ <http://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/tarife/hausmuell.html> 05.08.2013

⁸⁶ <http://www.wien.gv.at/amtshelfer/bauen-wohnen/wasserwerk/wasseranschluss/wassergebuehr.html> 05.08.2013

⁸⁷ <http://www.wien.gv.at/amtshelfer/bauen-wohnen/wasserwerk/wasseranschluss/abwassergebuehr.html> 05.08.2013

8 Kosten

Örtlichkeit	Durchschnitt Kosten je (m ² Jahr)	Durchschnitt Kosten je (Station Jahr)	720010 Wasser- und Abwassergebühren
U1 Reumannplatz - Donauinsel	0,00	0	0,00
U1 Kaisermühlen - Vienna Int. Centre - Leopoldau	0,00	-7	-296,54
U2 Museumsquartier - Schottentor	0,00	0	0,00
U2 Taborstraße - Aspernstraße	0,00	0	0,00
U3 Simmering - Herrngasse	0,00	0	0,00
U3 Neubaugasse - Ottakring	0,00	0	0,00
U4 Hütteldorf - Meidlinger Hauptstraße	0,00	0	0,00
U4 Margaretengürtel - Stadtpark	2,60	5.047	141.380,80
U4 Roßauerlände - Heiligenstadt	0,00	0	0,00
U6 Floridsdorf - Burggasse	0,00	0	0,00
U6 Gumpendorfer Straße - Siebenhirten	0,00	0	0,00
U1/U4 Schwedenplatz	0,00	0	0,00
U1/U2 Praterstern	0,00	0	0,00
U1/U2/U4 Karlsplatz	0,00	0	0,00
U2/U4 Schottenring	0,00	0	0,00
U3/U2 Volkstheater	0,00	0	0,00
U3/U4 Landstraße	0,00	0	0,00
U3/U1 Stephansplatz	0,00	0	0,00
U6/U4 Spittelau	0,00	0	0,00
U6/U4 Längenfeldgasse	0,00	0	0,00
U3/U6 Westbahnhof	0,00	0	0,00

Tabelle 8.99: jährliche Wasser- bzw. Abwassergebühren

Linie	Station	Fläche	€/a	€/m ² a
U1	Rennbahnweg	2.845	€ 1.232,00	0,43
U1	Taubstummengasse	5.433	€ 788,08	0,15
U2	Donaustadtbrücke	3.297	€ 737,80	0,22
U2	Taborstraße	4.410	€ 216,25	0,05
U3	Enkplatz	7.173	€ 5.567,57	0,78
U3	Hütteldorferstraße	7.265	€ 80,24	0,01
U4	Ober St. Veit	2.231	€ 1.033,63	0,46
U4	Unter St. Veit	1.712	€ 465,45	0,27
U6	Nußdorfer Straße	3.327	€ 971,61	0,29
U6	Perfektastraße	1.614	€ 2.514,32	1,56

Tabelle 8.100: jährliche Wassergebühren

Die deskriptive Auswertung bringt Ergebnisse in Tabelle 8.101.

Deskriptive Statistik					
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Kosten €/m ² a	10	,01	1,56	,4223	,45714
Kosten €/a	10	80,24	5567,57	1360,6950	1625,15772
Gültige Werte (Listenweise)	10				

Tabelle 8.101: Kennwerte Wassergebühren

Der Mittelwert liegt bei 1.361 €/a und 0,42 €/m²a, wobei die Werte sehr stark schwanken. Der Wasserverbrauch bei den *Stationen Enkplatz und Perfektastraße* ist unverhältnismäßig hoch, während die *Stationen Hütteldorferstraße und Taborstraße* einen sehr geringen Wert aufweisen. Der Autor geht davon aus, dass bei den sehr geringen Werten Kosten eventuell auf eine andere Kostenart gebucht wurden. Der hohe spezifische Verbrauch der *Perfektastraße* bzw. *Enkplatz* kann nicht näher ergründet werden. Um einen seriösen Wert für die Prognose zu erhalten werden diese Werte ausgeschlossen. Für die Modellierung wird daher ein Mittelwert ohne diese Stationen (*Hütteldorferstraße, Enkplatz, Taborstraße, Perfektastraße*) gebildet. Dieser liegt bei **0,30 €/m²a**.

Dies entspricht einer Wassermenge von $0,305\text{€/m}^2\text{a} / 3,08\text{€/m}^3 \cdot 1000 = 99\text{ l/m}^2\text{a}$.

8.13 Verwaltung

Verwaltungskosten können einen wesentlichen Anteil an den Lebenszykluskosten eines Bauwerks haben. In den meisten Fällen ist es jedoch schwierig bis unmöglich diese Kosten konkreten Bauwerken zuzuordnen. Die Verwaltung stellt eine zentrale Dienstleistung dar, Aufwendungen werden daher nur zentral gebucht. Die Zuordnung der Kosten auf konkrete Objekte ist daher nur näherungsweise möglich.

Die Verwaltungskosten werden in dieser Arbeit nicht näher analysiert.

Diese Kosten können jedoch nachträglich in das entwickelte Modell einfließen. Der Autor geht davon aus, dass eine Umlage der Verwaltungskosten auf Basis der Fahrgastzahlen (Bus, Straßenbahn, U-Bahn) ein zielführender Weg wäre.

9 Dokumentation

Das erstellte Prognosemodell basiert auf den bestehenden Daten. Diese reichen aus, um solide Prognosen erstellen zu können. Dennoch ist es sinnvoll, Gebäudedaten strukturiert zu erfassen, um in Zukunft die Prognosen verbessern zu können. Um ein Modell aufstellen zu können, müssen Input- und Output-Parameter bekannt sein. Bezogen auf die Lebenszykluskosten von U-Bahn-Stationen bedeutet das, dass die Kosten stationsbezogen erfasst werden (Output-Parameter) und alle Input-Parameter (Fläche, Aufzüge, Fahrtreppen, usw.) vorliegen.

Auf Basis der gewonnenen Erfahrungen bei der Datenauswertung empfiehlt der Autor folgende Struktur bei der Erfassung der Daten.

9.1 *Outputparameter (Kosten)*

Die Dokumentation der Kosten spielt eine wichtige Rolle bei der Erstellung des Prognosemodells. Je detaillierter die Kosten erfasst werden, desto spezifischer kann anschließend eine Auswertung erfolgen.

Folgende Grundsätze sind dabei zu berücksichtigen:

- Wo sind die Kosten entstanden (örtliche Zuordnung)
- Welche Kosten sind entstanden (Kostenarten)

9.1.1 *Örtliche Zuordnung der Kosten*

Der überwiegende Anteil der Daten stammt aus den Jahren bis 2010. Die örtliche Zuordnung ist dabei abhängig von der jeweiligen Kostenart. Während Reinigungskosten getrennt für jede Station erfasst werden, erfolgt dies bei der baulichen Instandhaltung z.B. nur in Stationsgruppen, was eine spätere Zuordnung erschwert bzw. unmöglich macht.

Der Autor empfiehlt daher unabhängig von der Kostenart eine stationsbezogene Kostenerfassung.

Dies erleichtert die Übersicht und Stationen können explizit verglichen werden.

9.1.2 *Kostenarten*

Der Autor empfiehlt, bei der Definition der Kostenarten sich an den Vorschlägen der ÖNORM B 1801 zu orientieren und an die Bedürfnisse der Wiener Linien anzupassen.

10 LCC-Berechnungstool

Das im Zuge der Arbeit vom Autor entwickelte Berechnungstool macht die Ergebnisse der zuvor betriebenen Untersuchungen für einen Anwender nutzbar. Dieses ermöglicht, auf Basis von Eingabeparametern die Folgekosten einer U-Bahn-Station zu prognostizieren. Mit Hilfe des Berechnungstools kann der Einfluss der Verzinsung sowie Preissteigerungen berücksichtigt werden. Ebenso können in einer sehr frühen Planungsphase Optimierungen der Folgekosten vorgenommen werden.

Das Programm so aufgebaut, dass für jede Kostenart ein Berechnungsblatt existiert. Folgende Kostenarten/Berechnungs-sheets sind im Programm enthalten:

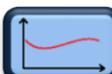
	Allgemeine Daten
	Stationsaufsicht
	Winterdienst
	Reinigung
	Aufzüge
	Fahrtreppen
	Strom
	Heizung
	HKLS
	Bauliche Instandhaltung/ Instandsetzung
	Gebühren/sonstige Kosten
	Ergebnisse

Tabelle 10.1: LCC-Berechnungstool - Berechnungsblätter

10.1 Allgemeine Daten

Zuerst sind folgende Basisdaten einzugeben:

- Prognosezeitraum
 - Start der Prognose (maßgebend für die Hochrechnung der Kostenkennwerte)
 - Ende der Prognose
- Zinssatz (Als Hilfestellung wird der mittlere Kreditzins sowie Einlagezins eingeblendet)
- Fläche der Station

The screenshot shows the start screen of the LCC-Tool. It has a light blue background. At the top center is the logo 'U LCC - Tool', where 'U' is in a blue circle. Below the logo are three rows of input fields:

- Prognose:** A blue header with 'Start' and 'Ende' labels above input boxes containing '2012' and '2062' respectively, with 'bis' in between.
- Zinssatz:** A blue header with 'Kreditzins' (4,35%), 'Einlagezins' (3,41%), and 'Eingabe' (3,41%) labels above their respective input boxes.
- Fläche der Station:** A blue header with an input box containing '3.872 m²'.

Below these fields is a grid of 11 icons: a pencil, an eye, a snowflake, a house with arrows, a paperclip, a thermometer, a lightning bolt, a gear, a dollar sign, a hammer, and a graph. At the bottom are three logos: 'WIENER LINIEN' (red and white), 'ARCHITEKT DI GERHARD MOSSBURGER' (black and white), and 'TU WIEN' (blue and white).

Abbildung 10.1: LCC-Berechnungstool – Startbildschirm

Für die Beispielrechnung wird eine fiktive Station mit einer Gesamtfläche von 3.872m² in Tieflage gewählt.

10.2 Stationsaufsicht

Prognose

Unter diesem Punkt wird der im Blatt allgemeine Daten (Kapitel 10.1) ausgewählte Prognosezeitraum zur Kontrolle wiedergegeben

Index

Zuallererst ist es notwendig einen entsprechenden Index aus einer Liste auszuwählen. Dieser wird in der Folge für die automatische Berechnung der Preissteigerung herangezogen. In diesem Beispiel (siehe Abbildung 10.2) ist der Tariflohnindex ausgewählt, da die Stationsaufsicht sehr lohnintensiv und daher eine Kostensteigerung entsprechend diesem Index zu erwarten ist.

Stationsaufsicht

Prognose
Prognosezeitraum 2012 bis 2062

Index
Index wählen ->

Eingabe

	Eingabe
Kosten	58,39 €/m ² a
Verkehrsfläche	2.375 m ²
Summe	138.674 €/a

Modell

jährliche Kosten	138.674 €
Kosten statisch	10.612.492 €
Barwert	4.690.914 €
Endwert	25.083.283 €

Diagramm
jährliche Kosten

Abbildung 10.2: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich für Stationsaufsicht

Eingabe

Dieser Bereich ist notwendig, um die entsprechenden jährlichen Kosten einer Kostenart zu ermitteln. In diesem Fall sind die Kosten der Stationsaufsicht abhängig von der überwachten Verkehrsfläche und den entsprechenden Kosten €/m²a. Dabei werden die Kosten €/m²a automatisch an den vorher gewählten Prognosezeitraum und Index angepasst. Der Nutzer hat anschließend die Möglichkeit diesen Wert mittel Schieberegler manuell anzupassen. Diese Vorgehensweise verhindert Fehleingaben und erleichtert dem Nutzer die Eingabe.

Modell

Aus den eingegebenen Parametern werden in der Folge nun 4 Kostenkennwerte berechnet:

- Jährliche Kosten
- Kosten statisch (mit Preissteigerung aber ohne Verzinsung)
- Barwert (abgezinste Kosten)
- Endwert (aufgezinste Kosten)

Diagramm

Die vorher berechneten Verläufe werden anschließend automatisch in entsprechenden Diagrammen angezeigt. Der Autor hat sich entschieden, den Verlauf der jährlichen sowie die Summe der Kosten auszuwerten. Dies ermöglicht die Entwicklung des jährlichen Budgets sowie die Gesamtaufwendungen abzuschätzen. Der Button am Ende des Sheets führt zur nächsten Kostenart.

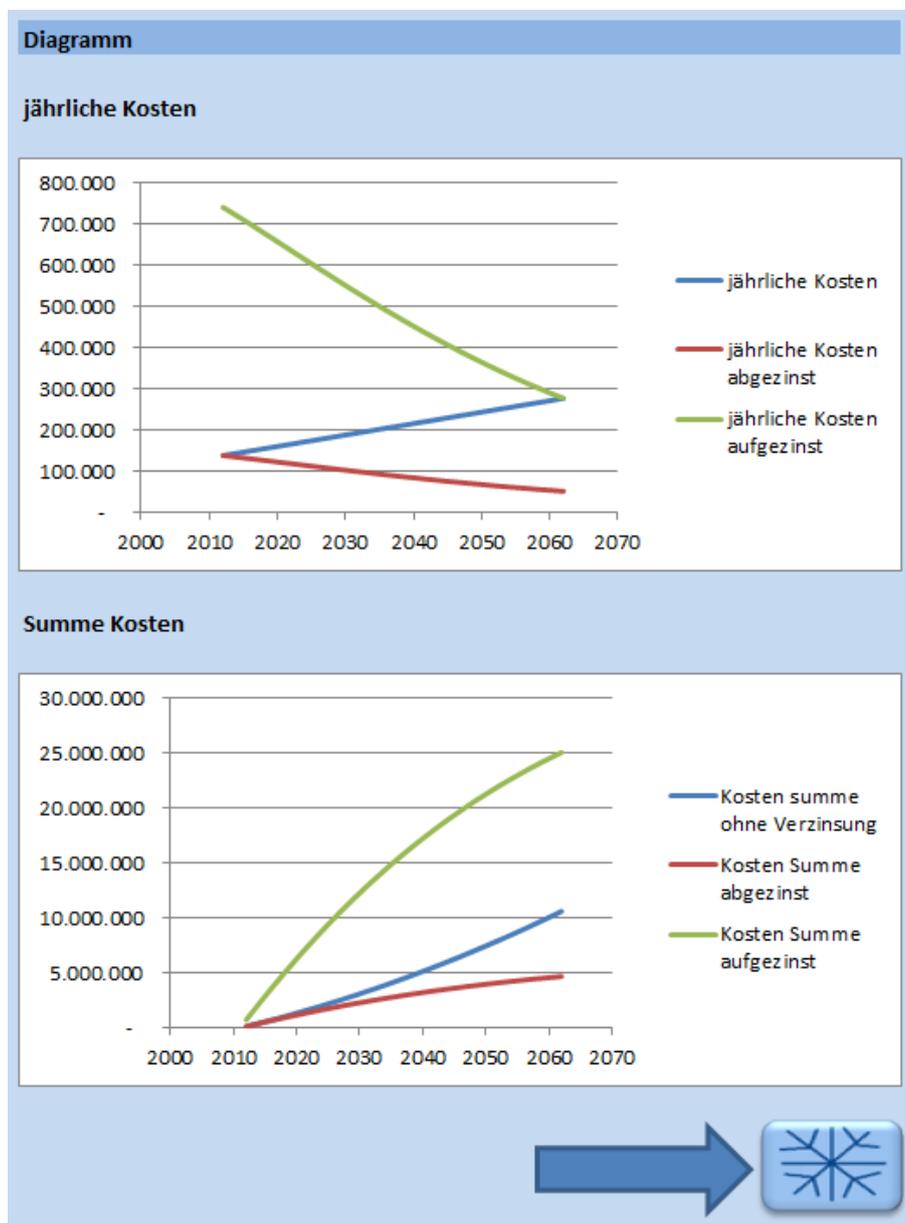


Abbildung 10.3: LCC-Berechnungstool – Diagramme Stationsaufsicht

10.3 Winterdienst

Die allgemeinen Funktionen wurden im Kapitel 10.2 erläutert in der Folge geht der Autor nur auf den spezifischen Bereich der „Eingabe“ ein.

Eingabe

Der Winterdienst wird mit Hilfe des Stationstyps abgeschätzt. Dieser wird in 3 Typen eingeteilt:

- offen
- überdacht
- geschlossen

Abhängig von dieser Eingabe wird auf Basis des gewählten Indexwertes und Prognosezeitraumes ein Richtwert der Kosten ermittelt. Der Nutzer hat dann die Möglichkeit diesen manuell anzupassen.

The screenshot shows the 'Winterdienst' input sheet. It includes a snowflake icon, the title 'Winterdienst', and several sections: 'Prognose' with 'Prognosezeitraum 2012 bis 2062', 'Index' with 'Index wählen -> Tariflohnindex', and 'Eingabe' with 'Stationstyp' set to 'offen'. At the bottom, there is a 'Summe Kosten' field with a slider and a value of 1.763 €/a.

Abbildung 10.4: LCC-Berechnungstool – Eingabesheet für Winterdienst

10.4 Reinigung

Eingabe

Die Reinigungskosten sind von 3 Einflussparametern abhängig.

- Welche Reinigungsleistungen werden durchgeführt?
- Welche Flächen werden gereinigt?
- Wie oft wird die Reinigung durchgeführt?

Aus der Datenanalyse wurden repräsentative Kostenkennwerte ermittelt. Der Anwender hat nun die Möglichkeit, die entsprechenden Flächen (Entwurfsplanung) einzugeben und die Kosten zu ermitteln. Mit Hilfe dieses Berechnungsblattes ist es möglich, die Reinigungskosten zu optimieren bzw. die Auswirkungen von Zyklus und Fläche zu untersuchen. Die Preise werden automatisch mit Hilfe des ausgewählten Index an den Prognosezeitraum angepasst. Die vorgeschlagenen Zyklen entsprechen den derzeitigen Ausschreibungsbestimmungen. Die einzelnen Werte können anschließend vom Nutzer manuell angepasst werden.

Eingabe		Eingabe					Ergebnis	
Positionstext		Bedarf	Einheit	Mittel	Einheit	Häufigkeit pro Jahr	Summe	
Tägl. Reinigung Verkehrsflächen-Nacht		2.416	m ²	1,32	€/m ² Mo	12	38.356	€/a
Verkehrsflächen waschen		2.411	m ²	0,19	€/m ²	52	23.703	€/a
Tägl. Reinigung Verkehrsflächen-Tag		2.277	m ²	0,64	€/m ² Mo	12	17.427	€/a
Wandflächen waschen		1.761	m ²	0,32	€/m ²	12	6.806	€/a
Glasfassaden u. Glasflächen reinigen		1.318	m ²	1,32	€/m ²	6	10.465	€/a
Tgl. R. d. Vf. inkl. Abfalltrennung - Tag		2.838	m ²	0,73	€/m ² Mo	12	24.980	€/a
Aufzahlung auf Nachreinigung		592	m ²	1,86	€/m ²	6	6.596	€/a
Sonstige Positionen		17	%				21.817	€/a
Deckenuntersichten u. Leuchtbänder reinigen			m ²	1,66	€/m ²	2	-	€/a
Tägliche Stationsbetreuung Passagendienst			h	20,91	€/h	-	-	€/a
Reinig. der Dienst-u. Sanitarräume - 6 Tage			m ²	2,83	€/m ² Mo	12	-	€/a
Aufz. ASP-Beläge einpflegen			m ²	2,35	€/m ²		-	€/a
Reinig. d. Dienst-u. Sanitarräume-3x/Woche			m ²	1,48	€/m ² Mo	12	-	€/a
Nebenräume reinigen			m ²	0,46	€/m ²	1	-	€/a
Reinig. d. Dienst-u. Automatenräume-2x/Mo			m ²	1,34	€/m ² Mo	12	-	€/a
Aufz. LGK masch. Grundreinigung			m ²	2,36	€/m ²		-	€/a
Reinig. d. Dienst-u. Automatenräume-1x/Mo			m ²	0,68	€/m ² Mo	12	-	€/a
Nachtsperren reinigen			ST	38,19	€/ST	2	-	€/a
Fassaden waschen			m ²	1,59	€/m ²	1	-	€/a
U-Bahn-Symbole reinigen			ST	28,69	€/ST	2	-	€/a
Graffiti entfernen über 1m ² - Tag			m ²	13,79	€/m ²	10	-	€/a
Leitsysteme reinigen			ST	105,64	€/ST	2	-	€/a
Aufz. KLI masch. Grundreinigung			m ²	2,04	€/m ²		-	€/a
Aufz. TEX Belege sprühextrahieren			m ²	3,74	€/m ²		-	€/a
Graffiti entfernen über 1m ² - Nacht			m ²	19,34	€/m ²		-	€/a
Maschinelle Grundreinigung Fliesen			m ²	2,37	€/m ²		-	€/a
Summe							150.151	€/a

Abbildung 10.5: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Reinigung

10.5 Aufzüge

Index

Bei der Prognose der Aufzugskosten steht kein Index zur Auswahl. In den derzeitigen Verträgen ist der Index vorgegeben. Die Kosten werden daher entsprechend dieser Bestimmungen angepasst.

Für die Garantiewartung wird ein Index von 80% Lohn/20% Material, für die anschließende Vollwartung ein Index 60% Lohn/40% Material angesetzt.

Eingabe

Die Kosten der Aufzüge errechnen sich anschließend aus:

- Anzahl
- Hubhöhe
- Lebensdauer

Auf Basis dieser Eingabeparameter werden automatisch folgende Kosten ermittelt:

- Aufzug-Neubau (Errichtungskosten)
- Aufzug-Garantiewartung 5 Jahre (Wartungskosten)
- Aufzug-Vollwartung (nach Garantiewartung)

Aufzüge	
Prognose	
Prognosezeitraum 2012 bis 2062	
Index	
Index	Aufzug Garantie 80/20
Index	Aufzug Voll 60/40
Eingabe	
Anzahl	2 STK
Hubhöhe	8 m
Lebensdauer	25 Jahre
Aufzug-Neubau	160.429,00 €
Aufzug-Garantiewartung 5 Jahre	6.996,00 €/a
Aufzug-Vollwartung 10 Jahre	9.120,00 €/a

Abbildung 10.6: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Aufzüge

Die ermittelten Werte werden mit Hilfe der angegebenen Indizes an den gewählten Prognosezeitraum angepasst und können anschließend vom Nutzer manuell geändert werden.

10.6 Fahrtreppen

Index

Der maßgebende Index ist wie bei den Aufzügen festgelegt und kann nicht geändert werden.

Eingabe

Folgende Eingabeparameter müssen vom Nutzer angegeben werden:

- Anzahl (Anzahl der Fahrtreppen)
- Hubhöhe
- Lebensdauer
- Tagwartung/Nachtwartung

Da Fahrtreppen nicht zwingend in Betrieb sein müssen, ist es möglich Wartungsarbeiten unter Tags durchzuführen. Dies hat erwartungsgemäß einen wesentlichen Einfluss auf die Wartungskosten.

Abhängig von den eingegebenen Parametern werden folgende Kosten ermittelt:

- Fahrtreppe-Neubau (Errichtungskosten)
- Fahrtreppe-Garantiewartung 5 Jahre
- Fahrtreppe-Vollwartung 10 Jahre (nach Garantiewartung)

Weiters wird abhängig von der Hubhöhe eine Antriebsleistung berechnet, die für die folgende Ermittlung des Strombedarfs maßgebend ist.

Fahrtreppe

Prognose
Prognosezeitraum 2012 bis 2062

Index

Index	Aufzug Garantie 80/20	Index	Aufzug Voll 60/40
-------	-----------------------	-------	-------------------

Eingabe

Anzahl STK Leistung ◀ ▶

Hubhöhe m Gesamtleistung 60,0 kW

Lebensdauer Jahre

Tagwartung
 Nachtwartung

Fahrtreppe-Neubau	291.792,00 €	◀ ▶
Fahrtreppe-Garantiewartung 5 Jahre	21.196,80 €/a	◀ ▶
Fahrtreppe-Vollwartung 10 Jahre	26.344,80 €/a	◀ ▶

Abbildung 10.7: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Fahrtreppen

Alle ermittelten Werte können manuell angepasst werden.

10.7 Strom

Index

Standardmäßig ist der Energiepreisindex (EPI) voreingestellt, es können jedoch auch andere Indizes gewählt werden (GHPI, VPI, usw.).

Eingabe

Für die Ermittlung des Strombedarfs wurde die Berechnung nach SIA 380/4 Ausgabe 2006 durchgeführt. Dieses Berechnungsmuster erlaubt eine Optimierung auf einem höheren Detaillierungsgrad als auf Basis der vorhandenen Verbrauchsdaten möglich wäre (stationsbezogen ohne Zuordnung der Verbraucher).

Die Vorgehensweise entspricht daher der SIA 380/4 und wird für folgende Bereiche durchgeführt:

- Beleuchtung
- Lüftung/Klima
- Aufzug
- Fahrtreppe

Strom

Prognose
Prognosezeitraum 2012 bis 2062

Index
Index wählen ->

Beleuchtung

Fläche	3.000 m ²
Beleuchtungsstärke	300 lx
Planungsfaktor	1,25
Leuchtmittel	stabförmige Leuchtstoffröhren
Leuchtmittel	26 mm Rohrdurchmesser 36W
Lichtausbeute	91,4 lm/W
Wirkungsgrad	Lichtleiste, freistrahlend
Wirkungsgrad	90%
kr	2
f1	1,25
f2	1
Raumwirkungsgrad	83%
Leistung erf.	5,49 W/m ²
Dauer Beleuchtung	24 h/d
Dauer Beleuchtung	8.760 h/a

Strombedarf 144.341 kWh/a

Abbildung 10.8: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Strom

Mit Hilfe dieses Berechnungsblattes können die Auswirkungen unterschiedlicher Beleuchtungskonzepte (siehe Abbildung 10.8) sowie verschiedener Lüftungsanlagen (siehe Abbildung 10.9) untersucht werden. Zusätzlich erfolgt die Berechnung des Strombedarfs der Aufzüge und Fahrtreppen (siehe Abbildung 10.9).

Lüftung/Klima	
Fläche	1.500 m ²
Luftvolumen	Einzel-, Gruppenbüro
Luftvolumen	2,6 m ³ /m ² h
Luftvolumen	3.900 m ³ /h
Anlage	Einfache Lüftungsanlage
komplex. Anlage	komplexe Anlage
spez. Ventilatorleist.	0,200 W pro m ³ /h
Betriebsstunden/d	24 h/d
Betriebsstunden/a	8.760 h/a
Strombedarf	
6.833 kWh/a	
Aufzug	
Anzahl der Aufzüge	2 STK
Anzahl der Fahrten	400.000 Fahrten/a
Förderhöhe	8 m
Geschwindigkeit	1,6 m/s
Antriebsleistung	10 kW
Aufzug	Seiltraktionsaufzüge mit Gegengewicht
Etr	0,004861111 kWh/Fahrt
Hilfsberiebe	5.000 kWh/a
Strombedarf	
6.944 kWh/a	
Fahrtreppe	
Anzahl Fahrtreppen	2 STK
Antriebsleistung	30 kW
Betriebsstunden	15 h/d
Betriebsstunden	5.475 h/a
Strombedarf	
328.500 kWh/a	

Abbildung 10.9: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Strom

Anschließend werden die so ermittelten Werte mit einem aus den vorhandenen Daten abgeleiteten Schätzwert (134 kWh/m²a) verglichen (siehe Abbildung 10.10). Der Nutzer kann dann einen Wert auf Basis beider Prognosen wählen.

Summe		
Beleuchtung	144.341 kWh/a	
Lüftung/Klima	6.833 kWh/a	
Fahrtreppe	328.500 kWh/a	
Aufzug	6.944 kWh/a	
Summe SIA 380/4	486.618 kWh/a	
Summe Schätzwert	518.848 kWh/a	(134kWh/m ² a)
Gewählt	518.848 kWh/a	
jährliche Kosten	32.012,92 €/a	

Abbildung 10.10: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Strom

10.8 Heizung

Eingabe

Bei der Eingabe ist grundsätzlich zu wählen, ob eine Heizung vorhanden ist (ja/nein). Abhängig von der Gesamtfläche der Station wird anhand eines Kennwertes (35 kWh/m²a) der Energiebedarf abgeschätzt. Mit Hilfe der derzeitigen Kosten erfolgt die Berechnung der jährlichen Kosten für die Heizung. Diese Kosten werden standardmäßig mit dem Energiepreisindex (EPI) an den Prognosezeitraum angepasst.

Heizung

Prognose

Prognosezeitraum 2012 bis 2062

Index

Index wählen ->

Eingabe

Heizung	<input style="width: 80px;" type="text" value="ja"/>
Fläche	3.872 m ²
Energiebedarf	35 kWh/m ² a
Energiebedarf	<input style="width: 80px;" type="text" value="135.520 kWh/a"/>
Energiekosten	<input style="width: 80px;" type="text" value="0,067 €/kWh"/>
Summe	9.037 €/a

Abbildung 10.11: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Heizung

10.9 HKLS

Eingabe

Bei der Eingabe ist zu erst der Stationstyp auszuwählen, dabei stehen folgende zur Auswahl:

- Hochlage
- Mittlere Lage
- Tieflage
- Otto-Wagner-Stationen

Abhängig von dieser Eingabe werden die Kostenkennwerte ausgewählt, diese werden automatisch mittels Index angepasst. Abhängig von der Gesamtfläche der Station erfolgt die Berechnung der jährlichen Kosten der Instandhaltung und Instandsetzung.

The screenshot shows a software interface for HKLS (Highway Maintenance Cost Calculation). It includes a gear icon, the title 'HKLS', and several input fields and calculation results.

Prognose	
Prognosezeitraum	2012 bis 2062
Index	
Index wählen ->	GHPI
Eingabe	
Stationstyp	Tieflage
Instandhaltung	12,00 €/m²a
Fläche Station	3.872 m ²
Instandhaltungskosten	46.464 €/a
Instandsetzung	2,00 €/m²a
Fläche Station	3.872 m ²
Instandsetzungskosten	7.744 €/a
Summe	54.208 €/a

Abbildung 10.12: Eingabesheet – HKLS Instandhaltung/Instandsetzung

Der Nutzer hat zusätzlich die Möglichkeit die Kostenkennwert bei Bedarf anzupassen.

10.10 Bauliche Instandhaltung/Instandsetzung

Eingabe

Bei der Eingabe ist zu erst der Stationstyp auszuwählen, dabei stehen folgende zur Auswahl:

- Hochlage
- Mittlere Lage
- Tieflage
- Knotenstationen
- Otto-Wagner-Stationen

Abhängig von dieser Eingabe wird werden die Kostenkennwerte ausgewählt, diese werden automatisch mittels Index angepasst. Abhängig von der Gesamtfläche der Station erfolgt die Berechnung der jährlichen Kosten der Instandhaltung/-setzung.

Instandhaltung		
Instandhaltung	8,72	€/m ² a
Fläche Station	3.872	m ²
Instandhaltungskosten	33.750	€/a
Instandsetzung		
Instandsetzung	2,00	€/m ² a
Fläche Station	3.872	m ²
Instandsetzungskosten	7.755	€/a
Summe	41.505	€/a

Abbildung 10.13: Eingabesheet – Bauliche Instandhaltung/Instandsetzung

Der Nutzer hat zusätzlich die Möglichkeit die Kostenkennwerte bei Bedarf anzupassen.

10.11 Gebühren/sonstige Kosten

Im Berechnungsblatt „Gebühren/sonstige Kosten“ werden folgende Kosten berechnet:

- Grundsteuer
- Müllabfuhr/Müllentsorgung
- Wasser- u. Abwassergebühren

Eingabe

Für die Grundsteuer wird aufgrund sehr weniger Daten ein Pauschalwert von 700 €/a vorgeschlagen, dieser Wert kann durch den Anwender angepasst werden. Für die Müllabfuhr beträgt der Kennwert derzeit 1,75 €/m²a und wird automatisch an den Prognosezeitraum angepasst. Der Autor hält den Verbraucherpreisindex (VPI) am geeignetsten, um die Preissteigerung abzubilden.

Wasser- u. Abwassergebühren werden ebenfalls mittels flächenbezogenem Kennwert ermittelt (0,38 €/m²a). Der Nutzer hat auch hier die Möglichkeit die Werte nachträglich anzupassen.

§ Gebühren	
Prognose	
Prognosezeitraum	2012 bis 2062
Index	
Index wählen ->	VPI
Eingabe	
Grundsteuer	700,00 €/a
Müllabfuhr/Müllentsorgung	1,75 €/m ² a
Fläche Station	3.872 m ²
	6.782 €/a
Wasser- u. Abwassergebühren	0,32 €/m ² a
Fläche Station	3.872 m ²
	1.224 €/a
Summe	8.706 €/a

Abbildung 10.14: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Gebühren

10.12 Ergebnisse

Im abschließenden Ergebnisblatt werden alle Eingaben und ausgewertet. Dem Anwender stehen dabei drei verschiedene Auswertungen zur Verfügung (alle drei mit Berücksichtigung der Preissteigerung).

- Ergebnis statisch (ohne Verzinsung) → Ergebnis ohne Verzinsung
- Ergebnis dynamisch Barwert (abgezinst) → Ergebnis Barwert
- Ergebnis dynamisch Endwert (aufgezinst) → Ergebnis Endwert

Je nach Aufgabenstellung ist eines dieser Diagramme zu wählen. Für die Fortschreibung des jährlichen Budgets sind die Ergebnisse ohne Verzinsung in Abbildung 10.15 maßgebend. Diese berücksichtigt die Preissteigerungen der einzelnen Bereiche und prognostiziert den jährlichen Bedarf an Budgetmitteln (linkes Diagramm). Im zweiten Diagramm werden die jährlichen Kosten summiert. Im hier ersichtlichen Beispiel ergeben sich Folgekosten in der Höhe von ca. 41 Mio. € über einen Zeitraum von 50 Jahren.

In Abbildung 10.16 sind sowohl die Barwerte als auch die Endwerte der jährlichen Kosten aufgetragen. Der Barwert der jährlichen Ausgaben sinkt aufgrund der Abzinsung, die Summenkurve flacht daher ab und erreicht einen Wert von ca. 18 Mio. €. Dieser liegt aufgrund der Verzinsung deutlich unter dem statischen Ergebnis. Dieser Wert ist von Interesse, wenn Investitionen und deren Finanzierung untersucht werden. Kosten, die zu einem späteren Zeitpunkt getätigt werden, haben einen geringeren Einfluss auf den Barwert als Investitionen, die zu einem früheren Zeitpunkt getätigt werden. Der Break-even-Point von Investitionen mit langen Amortisationszeiträumen verschiebt sich daher deutlich nach hinten.

Die Summe der jährlichen Barwerte entspricht jenem Betrag, der zu Beginn der Investition vorhanden sein müsste, um die Folgekosten mit der angegebenen Verzinsung decken zu können.

Im Gegensatz zu den Barwerten werden die Endwerte auf den Endzeitpunkt aufgezinst. Die Summe der Endwerte entspricht daher jenem Betrag, den man angespart hätte, wären die Beträge anstelle von Investitionen z.B. auf einem Sparbuch mit dem entsprechenden Zinssatz veranlagt worden.

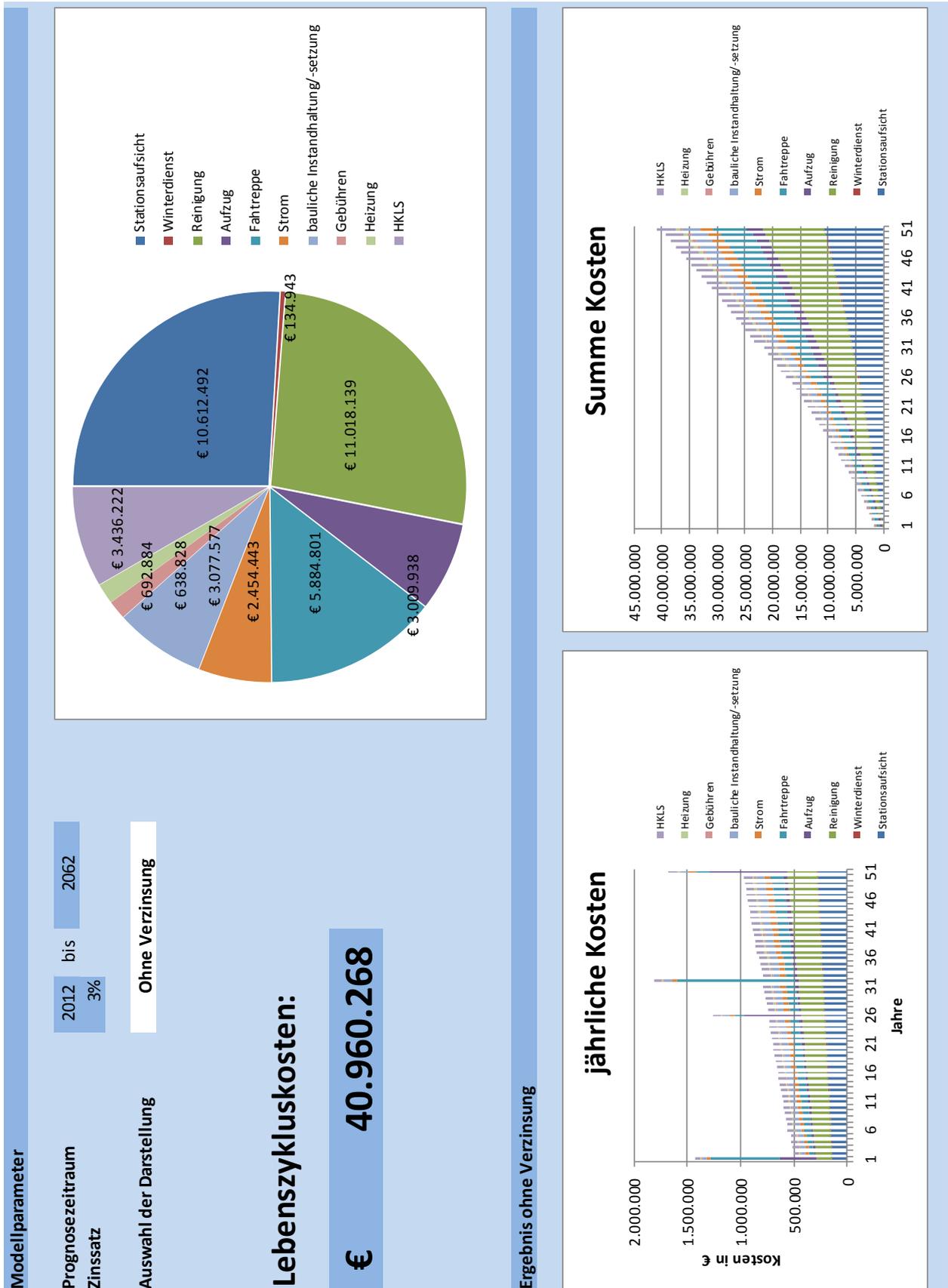


Abbildung 10.15: LCC-Berechnungstool – Ergebnisse statisch

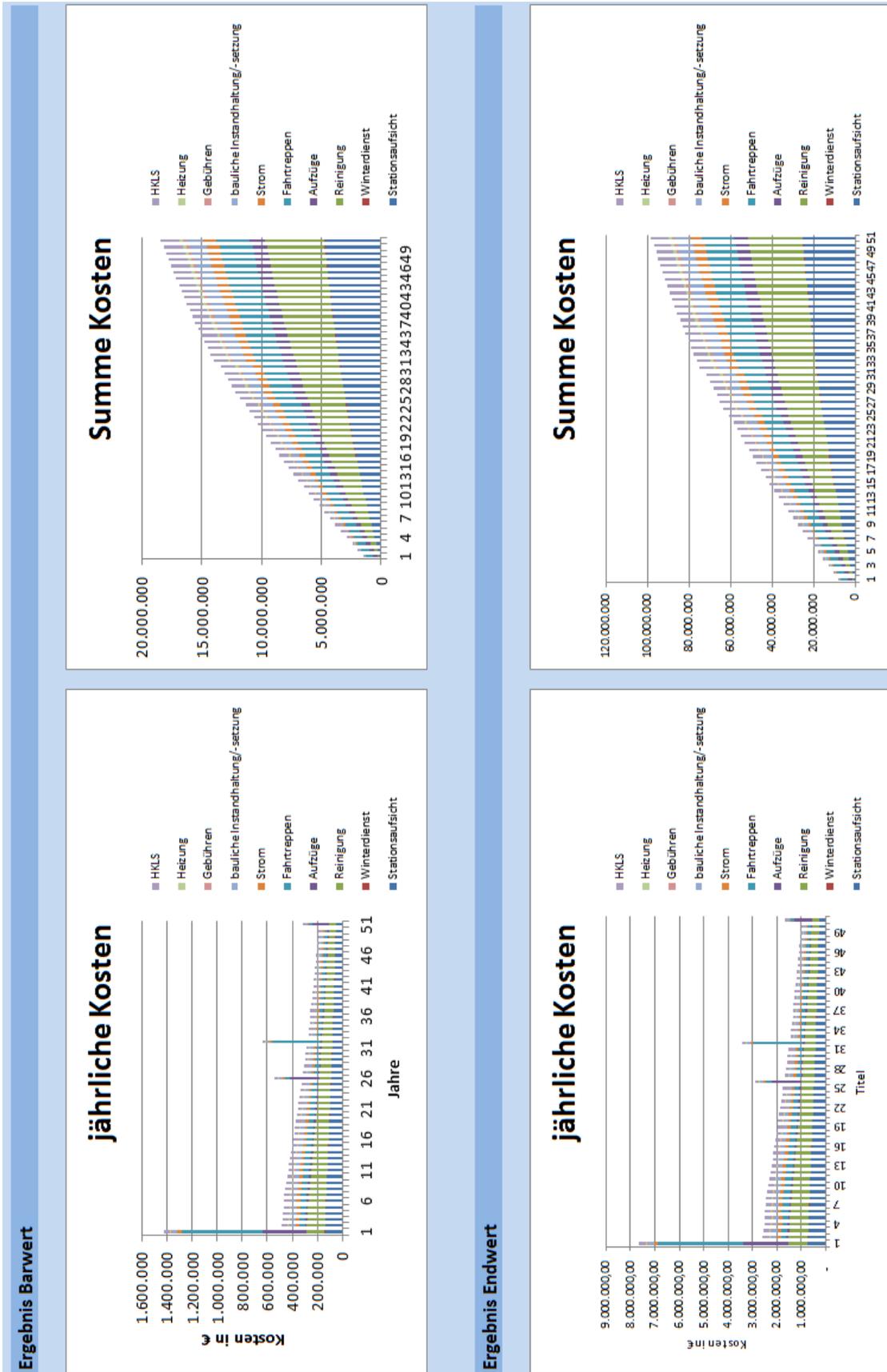


Abbildung 10.16: Ergebnisse - dynamisch

11 LCC-Vergleichstool

In der Planungsphase müssen oft Entscheidungen getroffen werden, die langfristige Auswirkungen auf die Kosten eines Gebäudes haben. Auf den ersten Blick ist nicht immer klar, welches Produkt, Bauweise, Konstruktion usw. gewählt werden soll, um die LCC zu optimieren. Gerade bei der Analyse der LCC ist es sehr schwer, diese abzuschätzen, da die Folgekosten von Preissteigerungen bzw. Verzinsung beeinflusst werden. Eine einfache Handrechnung ist daher nicht zielführend, da die Komplexität der Berechnung relativ hoch ist.

Das LCC-Vergleichstool ist ein Programm, das diese Berechnung übernimmt und so einen schnellen Vergleich zweier Varianten ermöglicht. Es soll dabei helfen, den Lebenszyklus grafisch darzustellen, sowie die Auswirkungen von Preissteigerung und Verzinsung zu veranschaulichen. Mit Hilfe diese Tools ist es möglich, die optimale Variante zu ermitteln und so die LCC zu reduzieren.

11.1 Eingabe Basisdaten

Für die Modellierung sind folgende Basisdaten notwendig:

- Betrachtungszeitraum
- Zinssatz

Der Betrachtungszeitraum ist jene Zeitspanne, über die die Kosten berechnet und anschließend grafisch dargestellt werden. Um den Einfluss der einzelnen Bauteile erfassen zu können, sollte diese mindestens so lange sein wie die des Bauteils mit der längsten Lebensdauer. Die Verzinsung hat einen besonders großen Einfluss auf die LCC, wenn bei den zu vergleichenden Varianten, Investitionen zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten erforderlich sind. Falls dies der Fall ist, empfiehlt der Autor den Zinssatz mit besonderem Augenmerk auf seine Auswirkungen zu wählen.

Die Eingabemaske ist in Abbildung 11.1 dargestellt.

The screenshot shows the input form for the LCC - Variantenrechner. At the top, there are logos for Wiener Linien, ARCHITEKT DI GERHARD MOSSBURGER, and TU WIEN. The main title is 'LCC - Variantenrechner'. Below it is a section titled 'Allgemeine Daten'. The form contains the following input fields:

Zinssatz	3%
Prognosezeitraum	60 Jahre
Variantenname 1	Verputzte Wand
Variantenname 2	Paneelverkleidung

Abbildung 11.1: LCC-Variantenrechner – Eingabemaske für Basisdaten

11.2 Eingabe Variante

Für die Berechnung der LCC sind folgende Eingaben erforderlich (siehe Abbildung 11.2):

- Vorgangsname
- Zyklus (Jahre, Monate, Wochen, Tage)
- Kosten je Zyklus
- Index für die Preissteigerung

Nr.	Vorgänge		Zyklus		Kosten	Index
1	Paneel	fällig alle	30	Jahre	80,00 €	BPI Hochbau gesamt
2	Waschen	fällig alle	1	Monate	0,32 €	Tariflohnindex
3	Instandhaltung	fällig alle	5	Jahre	1,00 €	BPI Hochbau gesamt
4				Tage		Keine Anpassung
5				Tage		
6				Tage		
7				Tage		
8				Tage		
9				Tage		
10				Tage		

Abbildung 11.2: LCC-Variantenrechner – Eingabemaske für Variante

Vorgänge

Mit Hilfe diese, Tools können Varianten mit bis zu 10 unterschiedlichen Kostenbereichen untersucht werden. Diese sind in die entsprechenden Zeilen einzutragen.

Zyklus

Die definierten Vorgänge weisen unterschiedliche Zyklen bezüglich der Kosten auf. Diese werden in der Spalte Zyklus berücksichtigt. Der Zyklus kann in Jahren, Monaten, Wochen, oder Tagen eingetragen werden.

Beispiele:

- Reinigung Boden täglich
- Boden waschen wöchentlich
- Wände waschen monatlich
- Schilder reinigen jährlich

Kosten

In die Spalte Kosten ist jener Betrag einzutragen, der in jedem Zyklus verursacht wird. Diese Kosten können sich auf unterschiedliche Basen beziehen, z.B. m, m², m³, STK, usw. Die Basis ist immer von der betrachteten Variante abhängig. Die Kosten in

Abbildung 11.2 beziehen sich z.B. auf m² und sind vom Autor frei erfunden um die Funktion des Tools zu demonstrieren.

Index

Da die Kosten zeitabhängig sind, ist es sinnvoll eine entsprechende Preissteigerung zu berücksichtigen. Im Vergleichstool wurden die wichtigsten Indizes analysiert und entsprechende Modelle im Programm hinterlegt. Mit Hilfe dieser Modelle werden die Kosten über den LC automatisch angepasst und in der Berechnung berücksichtigt.

Folgende Indizes stehen zur Auswahl:

- VPI Verbraucherspreisindex
- GHPI Großhandelspreisindex
- BPI Hochbau Baupreisindex Hochbau
- TLI Tariflohnindex
- EPI Energiepreisindex
- Aufzug Garantie Index für Garantiewartung
- Aufzug Voll Index für Vollwartung

11.3 Ergebnisse

Ein Diagramm zeigt die auftretenden Kosten inklusive Preissteigerungen beider Varianten und ermöglicht einen raschen Vergleich der Varianten.

Zusätzlich werden die folgenden Kosten tabellarisch dargestellt.

- Kosten ohne Berücksichtigung der Preissteigerung
- Kosten unter Berücksichtigung der Preissteigerung
- Kosten unter Berücksichtigung von Preissteigerung und Verzinsung (Barwert)

In Abbildung 11.3 ist ein erster Überblick über die Ergebnisse dargestellt.

Die detaillierte grafische Darstellung der Ergebnisse findet sich in einer eigenen Auswertung „detaillierte Ergebnisse“.

Ergebnisse

	Verputzte Wand	Paneelverkleidung
ohne Preissteigerung	450 €	483 €
mit Preissteigerung	687 €	742 €
Barwert	298 €	321 €

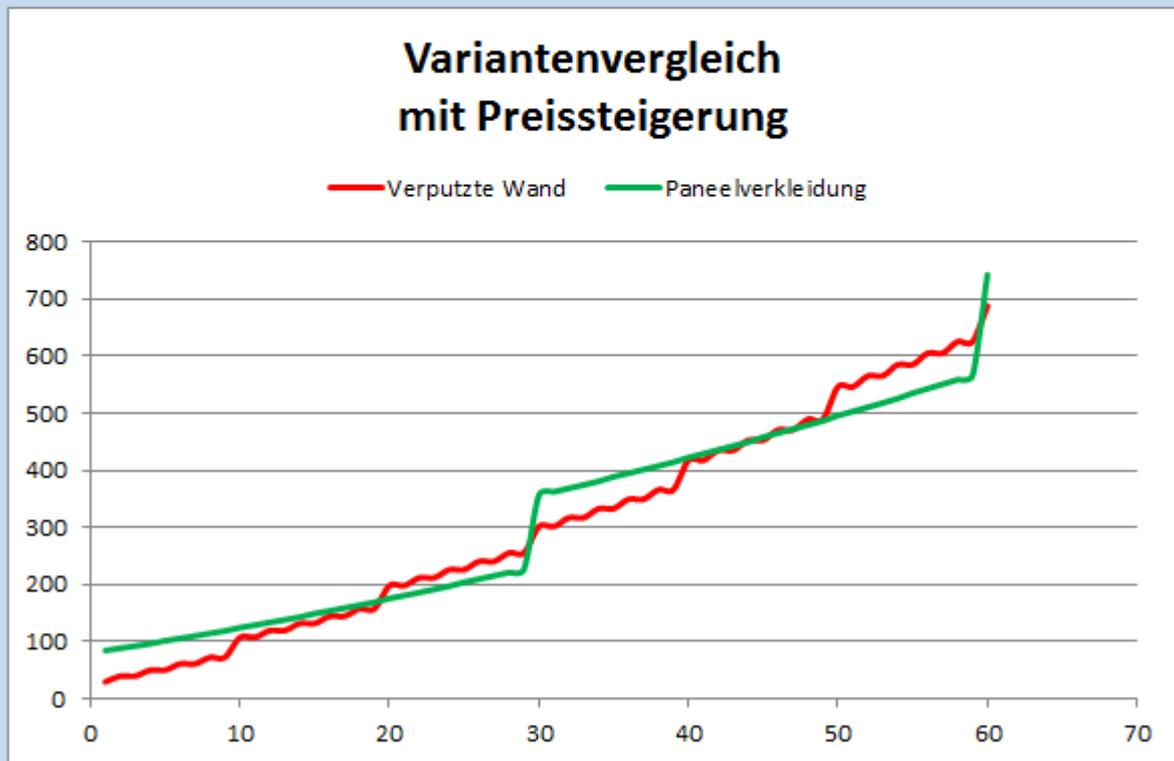


Abbildung 11.3: LCC-Variantenrechner – Ergebnisse

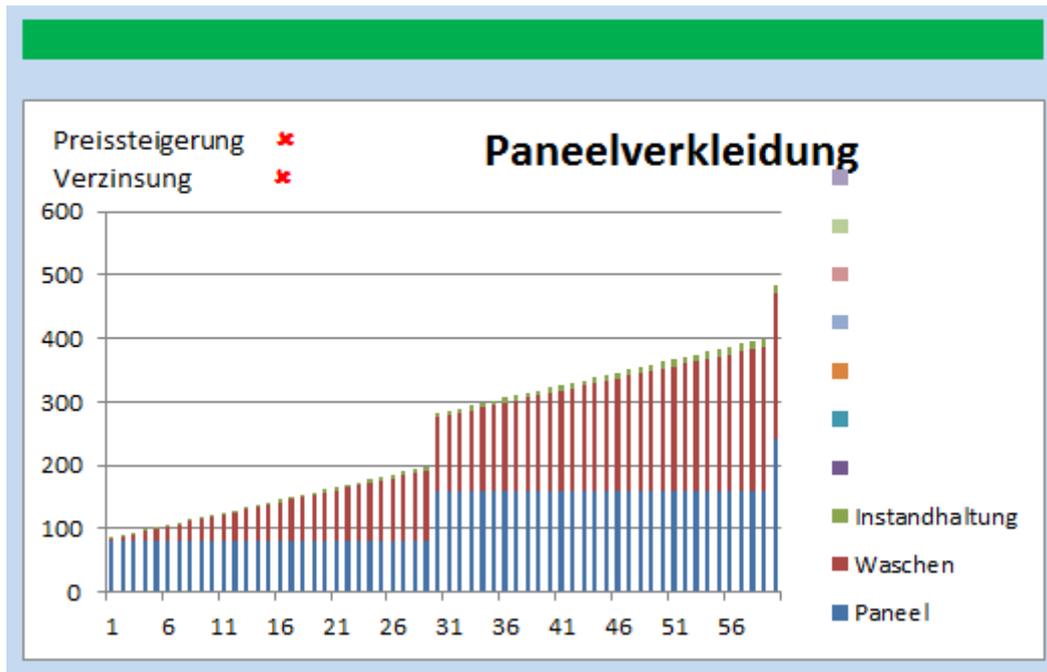


Abbildung 11.5: LCC-Variantenrechner – Kosten einer Variante ohne Preissteigerung und ohne Verzinsung

Die nächste Darstellung berücksichtigt die Preissteigerung jedoch keine Verzinsung der entsprechenden Kosten.

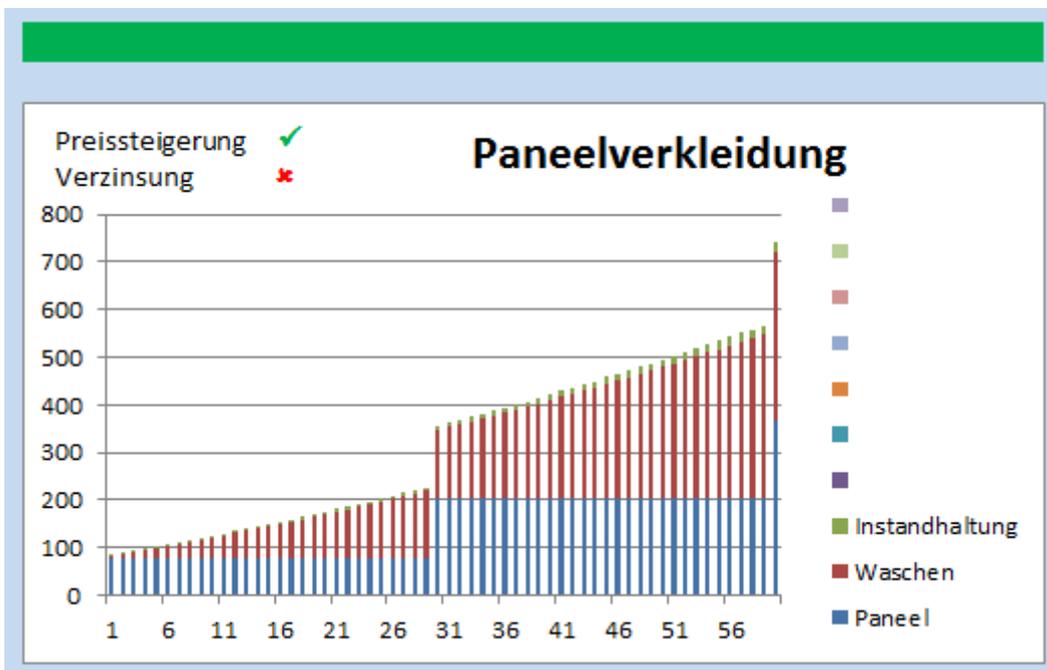


Abbildung 11.6: LCC-Variantenrechner – Kosten einer Variante mit Preissteigerung und ohne Verzinsung

In Abbildung 11.7 sind die LCC-Kosten unter Berücksichtigung von Preissteigerung und Verzinsung dargestellt. Die Abzinsung führt dazu, dass die Kosten (Barwerte) über die Zeit geringer werden, dies ist sehr gut an dem Verlauf der Kosten zu erkennen (abflachen der Kostenentwicklung).

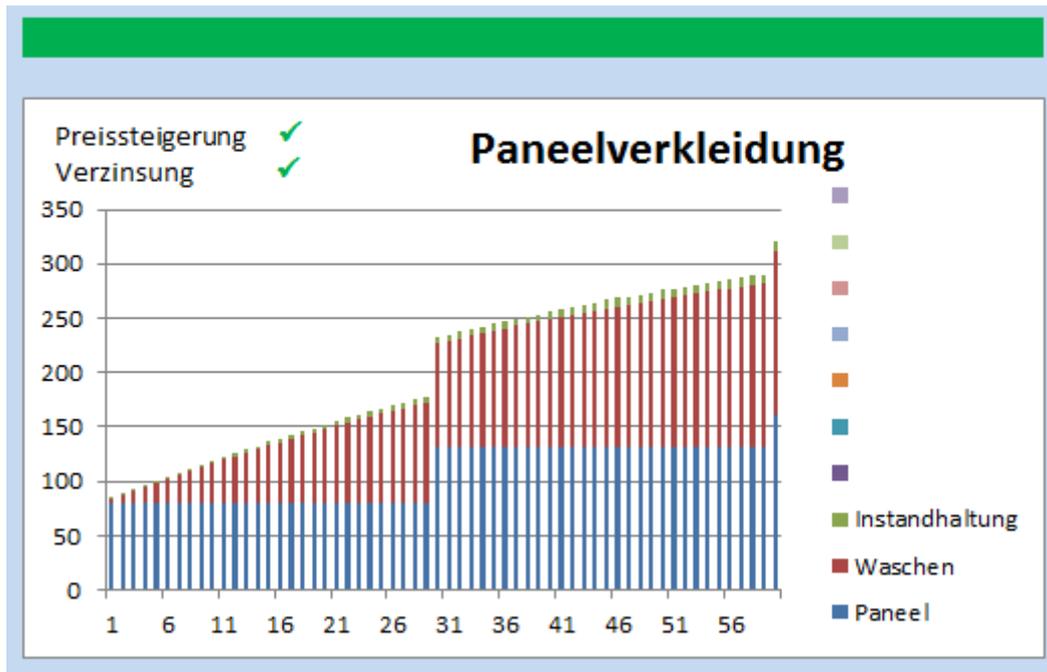


Abbildung 11.7: LCC-Variantenrechner – Kosten einer Variante mit Preissteigerung und Verzinsung

11.5 Anwendungsbereich

Mit Hilfe dieses Tools können Varianten in Bezug auf ihre Kostenentwicklung miteinander verglichen werden. Somit ist es möglich, die langfristigen Kosten im Sinne einer LCC-Betrachtung zu optimieren.

Es kann mit diesem Programm nicht nur die Fragestellung der LCC-Kosten geklärt werden. Oft ist es in der Planungsphase notwendig, kalkulatorische Ansätze zu treffen. Hier kann das Tool ebenfalls behilflich sein, da die Auswirkungen auf die LCC sofort abgelesen werden können.

Folgende Fragestellungen können z.B. mit Hilfe des Tools untersucht werden:

- Wie lange muss der Zyklus sein, um vorgegebene LCC zu erreichen?
 - Wie lange muss die Lebensdauer eines Granitfußboden sein, damit sich die höheren Errichtungskosten gegenüber einem Fliesenbelag amortisieren?
 - In welchem Intervall kann ich die Wandverkleidung reinigen, um keine höheren Kosten als bei einer verputzten Wand zu erreichen?
- Wie hoch dürfen die Kosten der einzelnen Vorgänge sein, um vorgegebene LCC zu erreichen?
 - Welche Wartungskosten der Wandpaneele sind noch gegenüber einer verputzten Wand rentabel.

Das Tool soll eine Hilfestellung für die Planung sein und dazu beitragen, die LCC langfristig zu optimieren.

12 Resümee

Lebenszyklusmodelle versuchen die während der Lebensdauer eines Gebäudes entstehenden **Kosten** zu erfassen und aus diesen Erkenntnissen eine Prognose für zukünftige Bauwerke zu erstellen. Die Optimierung von Lebenszykluskosten wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Gerade im öffentlichen Bereich spielen Lebenszykluskosten eine wichtige Rolle, da hier Errichtungskosten und Folgekosten oft aus unterschiedlichen Budgets aufgebracht werden. Ein ähnliches Phänomen ist bei Projekten in der Privatwirtschaft zu beobachten, bei denen der Errichter nicht Nutzer seines Objektes ist. Aufgrund der extrem langen Nutzungszeiten gerade im Bereich der U-Bahn ist eine Betrachtung der Folgekosten von besonderer Bedeutung.

Die bisherige Dokumentation der Daten ist jedoch in den meisten Fällen nicht ausreichend, um eine Optimierung auf Bauteilebene durchführen zu können. Die bestehenden Daten reichen in den meisten Fällen nur 7 Jahre in die Vergangenheit und wurden bisher nach anderen Gesichtspunkten dokumentiert. Dies steht im starken Widerspruch zur Anforderung an Lebenszykluskostenprognosen. Dieser Umstand verlangt auf Basis relativ kurzer Beobachtungen, langfristige Prognosen zu erstellen.

Eine Prognose kann sich jedoch nur auf bestehende Daten stützen. Die gewonnenen Erkenntnisse sind daher immer unter diesem Gesichtspunkt zu betrachten. Dies macht es notwendig, die Expertise der betroffenen Referenten einzubinden und die Ergebnisse des entwickelten Prognosetools kritisch zu hinterfragen. Das Programm ermöglicht auf Basis der vorhandenen Daten eine bestmögliche Prognose zu erstellen; diese Prognose ist jedoch anschließend auf Plausibilität zu prüfen und erforderlichenfalls anzupassen.

Die Analyse der Daten hat gezeigt, dass der Großteil der Kosten abhängig von der Fläche einer Station ist. Besonders große Stationen verursachen auch die größten Kosten. Dies betrifft die Stationsaufsicht, Stromverbrauch, Winterdienst usw. Einer der größten Kostenanteile wird durch die Reinigung verursacht, der unmittelbar mit der zu reinigenden Fläche in Zusammenhang steht. Will man diese Kosten optimieren bzw. reduzieren, sind zwei Ansätze denkbar. Einerseits können die Flächen reduziert werden, andererseits ist es möglich das Reinigungsintervall bzw. die Reinigungsqualität zu verändern. Beide Maßnahmen haben jedoch Auswirkungen auf den Komfort der Fahrgäste.

Die Analysen haben gezeigt, dass eine spürbare Kostenoptimierung nur mit einer Reduktion der Flächen erzielbar ist. Ziel muss daher sein, bereits in der Entwurfsplanung Flächen die nicht unbedingt für den Betrieb notwendig sind, auf ein Minimum zu beschränken. Daher ist es erforderlich sich intensiv mit dem Flächenbedarf einer Station auseinander zu setzen (siehe Kapitel 5.1).

Ein weiterer Einflussparameter ist die Höhenlage einer Station. Üblicherweise kann die Höhenlage einer Station nicht frei gewählt werden, sondern muss sich an den vorhandenen Baubestand anpassen. In neuen Stadterweiterungsgebieten ist dies jedoch anders. Hier besteht die Möglichkeit zu entscheiden, ob die Trasse in Hoch- oder Tieflage verlaufen soll. Stationen in Tieflage benötigen aufgrund der erforderlichen Stiegenhäuser und Gänge besonders viel Fläche. Hinzu kommen die Kosten für Aufzüge, Fahrtreppen und aufwendiger HKL. Aus ökonomischer Sicht sind daher Stationen in Hochlage bzw. mittlerer Lage zu bevorzugen.

Otto-Wagner-Stationen stellen im U-Bahnnetz der Wiener Linien eine Besonderheit dar. Aufgrund des Denkmalschutzes sind wesentlich höhere Kosten in der baulichen Instandhaltung aufzuwenden. Dem entgegen wirkt die minimale technische Ausstattung dieser Stationen. So sind in diesen Stationen keine Fahrtreppen verbaut, die Offenheit der Stationen macht eine kostspielige Brandrauchentlüftung obsolet.

Für zukünftige Stationen können aus wirtschaftlicher Sicht 4 wesentliche Ziele definiert werden, um möglichst geringe Folgekosten zu erzielen:

- Reduktion der Flächen
- Reduktion von Fahrteppen
- Reduktion von Stationen in Tieflage (HKL, Brandrauchentlüftung, Fläche)
- Reduktion der technischen Ausstattung

Diese Ziele beziehen sich auf die reine Kostenoptimierung und berücksichtigen nicht die Kundenzufriedenheit.

Der Schlüssel zur Optimierung von Folgekosten heißt daher **sinnvolle Reduktion**.

Der optische Zustand bzw. der Komfort der Nutzer fließt üblicherweise nicht in die Lebenszyklusbetrachtung ein. Diese Faktoren können in den meisten Fällen nicht monetär und somit nicht in einem Kosten/Nutzenmodell erfasst werden. Eine Senkung der Nutzungskosten führt nicht gleichzeitig zu einem nachhaltigen Gebäude. Bezogen auf die U-Bahn-Infrastruktur bedeutet das, eine Station muss für den Fahrgast ansprechend gestaltet werden. Dies führt zu einer hohen Akzeptanz und somit zu einer Steigerung der Fahrgastzahlen. Ausgaben bei der Neuerrichtung bzw. im Betrieb können die Einnahmenseite wesentlich beeinflussen. Die Senkung der Kosten darf daher nicht eindimensional betrachtet werden, vor allem wenn die Qualität für den Nutzer darunter leidet. Denn die geringsten Kosten bedeuten nicht automatisch einen wirtschaftlichen Erfolg.

Viele Parameter können gerade beim U-Bahnbau nicht frei gewählt werden. Die U-Bahn verläuft in der Regel in bebautem Gebiet. Die Station muss sich daher an die örtlichen Gegebenheiten anpassen. Der Autor ist dennoch der Überzeugung, dass Folgekosten reduziert werden können, wenn LCC-Betrachtungen bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden bzw. die Kenntnis der zu erwartenden Betriebskosten eine sachlich fundierte Argumentation für gesellschaftlich relevante Investitionsentscheidungen ermöglichen.

Diese Arbeit soll als Grundlage entsprechender Überlegungen dienen und dabei helfen, zukünftige Stationen zu optimieren.

Abschließen will ich die Arbeit mit einem Zitat von Albert Einstein:⁸⁸

Das Vorhersagen ist nicht einfach, besonders, wenn es die Zukunft anbelangt.

⁸⁸ Albert Einstein, deutscher Physiker und Nobelpreisträger, 1879–1955

Tabellenverzeichnis

Tabelle 5.1: 31 notwendige Kategorien des Raumbuchs	22
Tabelle 5.2: Flächenanteile der verschiedenen Raumkategorien an der Gesamtfläche.....	23
Tabelle 5.3: Gesamtflächen der den Reinigungsnummern zugeordneten Räume	25
Tabelle 5.4: Gegenüberstellung Raumliste Reinigung und Raumbuch Instandhaltung Teil 1	28
Tabelle 5.5: Gegenüberstellung Raumliste Reinigung und Raumbuch Instandhaltung Teil 2	29
Tabelle 5.6: Statistische Kennwerte Technikraum	31
Tabelle 5.7: statistische Kennwerte Technikraum nach Ausbauphase	32
Tabelle 5.8: Statistische Kennwerte Bahnsteig	34
Tabelle 5.9: Statistische Kennwerte je Art des Bahnsteigs	36
Tabelle 5.10: Statistische Kennwerte Gang	38
Tabelle 5.11: Statistische Kennwerte Gang nach Ausbauphase.....	39
Tabelle 5.12: Statistische Kennwerte Passage	40
Tabelle 5.13: Statistische Kennwerte Passage nach Ausbauphase.....	42
Tabelle 5.14: Statistische Kennwerte Lager/Archiv	43
Tabelle 5.15: statistische Kennwerte Lager/Archiv nach Ausbauphase.....	44
Tabelle 5.16: Statistische Kennwerte Stiege	46
Tabelle 5.17: Statistische Kennwerte Stiegenflächen nach Ausbauphase.....	47
Tabelle 5.18: Statistische Kennwerte Halle.....	48
Tabelle 5.19: Statistische Auswertung Halle nach Ausbauphase	49
Tabelle 5.20: Statistische Kennwerte Leerraum.....	51
Tabelle 5.21: Statistische Kennwerte Leerraum nach Ausbauphase.....	52
Tabelle 5.22: Statistische Kennwerte Sanitärraum	53
Tabelle 5.23: Statistische Auswertung Sanitärraum nach Ausbauphase.....	54
Tabelle 5.24 Statistische Kennwerte Sonstige Flächen.....	56
Tabelle 5.25 Statistische Kennwerte Sonstige Flächen nach Ausbauphase	57
Tabelle 5.26 Anteil der Sonstigen Flächen an der Gesamtfläche.....	57
Tabelle 5.27: Statistische Kennwerte Stationsflächen	59
Tabelle 5.28 Statistische Kennwerte Station nach Ausbauphase.....	61
Tabelle 5.29 Flächenbedarf in m ² abhängig von Ausbauphase und Höhenlage	61
Tabelle 5.30: Flächenbedarf in Abhängigkeit der Lage in m ²	62
Tabelle 5.31: Flächenbedarf der einzelnen Raumkategorien in Abhängigkeit der Ausbauphase	63
Tabelle 5.32: Vergleich des Flächenbedarfs einer Otto-Wagner-Station mit einer modernen U-Bahn-Station	65
Tabelle 5.33: Anteil der Verkehrsfläche in Abhängigkeit der Ausbauphase	67
Tabelle 5.34: Vergleich des Flächenbedarfs – Otto-Wagner-Station – moderne Station.....	67
Tabelle 6.1: Verbraucherpreisindex Regressionsanalyse mittels SPSS.....	71
Tabelle 6.2: Tariflohnindex Regressionsanalyse mittels SPSS	73
Tabelle 6.3: Gewichtung des Energiepreisindex.....	74
Tabelle 6.4: Energiepreisindex Regressionsanalyse mittels SPSS	75
Tabelle 6.5: GHPI Regressionsanalyse mittels SPSS.....	77
Tabelle 6.6: Baupreisindex Hochbau Regressionsanalyse mittels SPSS	78
Tabelle 6.7 Baukostenveränderungen - Aufzüge.....	81
Tabelle 6.8 Index Wartung Fahrtreppen - Aufzüge	81
Tabelle 6.9: Garantiewartung Regressionsanalyse mittels SPSS.....	82
Tabelle 6.10: Vollwartung Regressionsanalyse mittels SPSS.....	82
Tabelle 6.11: Parameter der Ausgleichsgeraden – Aufzüge und Fahrtreppen.....	83
Tabelle 7.1: Betriebskosten eines Beispielgebäudes	84
Tabelle 7.2: Indexzuordnung für die Berücksichtigung der Preissteigerung	85
Tabelle 7.3: Barwerte in Abhängigkeit des gewählten Zinssatzes.....	90
Tabelle 8.1: Zuordenbarkeit der Kosten.....	94
Tabelle 8.2: Kosten der Stationsaufsicht	95
Tabelle 8.3: Kosten der Stationsaufsicht bezogen auf die Stationsfläche	96
Tabelle 8.4: Kostenkennwerte der Stationsaufsicht	97
Tabelle 8.5: Zuordnung der Indizes – Stationsaufsicht.....	97
Tabelle 8.6: Leistungsumfang der Reinigung (LV).....	99
Tabelle 8.7: jährliche Reinigungskosten.....	100
Tabelle 8.8: Einheitspreise der Reinigung 101A.....	103
Tabelle 8.9: Kennwerte der Reinigungsnummer 101A	104

Verzeichnisse

Tabelle 8.10: Materialien – Abkürzungen	105
Tabelle 8.11: Regressionsanalyse 101A mittels SPSS.....	106
Tabelle 8.12: Reinigungskosten 101A Abhängig vom Bahnsteigtyp	107
Tabelle 8.13: Kennwerte Reinigungsnummer 201	108
Tabelle 8.14: Einheitspreise der Reinigungsnummer 201	109
Tabelle 8.15: Reinigungskosten in Abhängigkeit vom Bahnsteigtyp 201	110
Tabelle 8.16: Regressionsanalyse 201 mittels SPSS.....	111
Tabelle 8.17: Kennwerte der Reinigungsnummer 102A.....	112
Tabelle 8.18: Einheitspreise der Reinigungsnummer 102A.....	113
Tabelle 8.19: Parameter Regression	115
Tabelle 8.20: Regressionsanalyse 201A mittels SPSS.....	115
Tabelle 8.21: Reinigungskosten 102A in Abhängigkeit des Bahnsteigtyps	116
Tabelle 8.22: Einheitspreise der Reinigungsnummer 102B.....	117
Tabelle 8.23: Kennwerte der Reinigungsnummer 102B.....	117
Tabelle 8.24: Reinigung 102B Bahnsteigtyp.....	119
Tabelle 8.25: Einheitspreise der Reinigungsnummer 202	121
Tabelle 8.26: Kennwerte der Reinigungsnummer 202	121
Tabelle 8.27: Vergleich der Kosten der Wandreinigung	122
Tabelle 8.28: Einheitspreise der Reinigungsnummer 210A.....	124
Tabelle 8.29: Kennwerte der Reinigungsnummer 210A.....	125
Tabelle 8.30: Kennwerte der Reinigungsnummer 210B.....	126
Tabelle 8.31: Einheitspreise der Reinigungsnummer 210B.....	127
Tabelle 8.32: Einheitspreise aller Reinigungsleistungen.....	129
Tabelle 8.33: CO Nummern Knotenpunkte	136
Tabelle 8.34: Erläuterung der Bezeichnungen im SAP	137
Tabelle 8.35: Zuweisung der Instandhaltungskosten.....	138
Tabelle 8.36: Instandhaltungskosten getrennt nach Streckenabschnitten (CO-Nummern).....	139
Tabelle 8.37: Kennwerte von Instandhaltungskosten in Abhängigkeit des Stationstyps	142
Tabelle 8.38: Instandhaltungskosten unter der Berücksichtigung der Stationsjahre	143
Tabelle 8.39: gewichtete Instandhaltungskosten unter Berücksichtigung der Stationsflächen und des Baujahres	145
Tabelle 8.40: gewichtete Instandhaltungskosten unter Berücksichtigung der Stationsflächen und des Baujahres	146
Tabelle 8.41: Instandhaltungskosten in Abhängigkeit der Ausbauphase und der Höhenlage der Station in €/m ² a	148
Tabelle 8.42: Instandhaltungskosten in Abhängigkeit der Ausbauphase und der Höhenlage der Station in €/a	149
Tabelle 8.43: Instandhaltungsaufwand getrennt nach Gewerken in €/a	151
Tabelle 8.44: Instandhaltungsaufwand getrennt nach Gewerken in €/m ² a.....	151
Tabelle 8.45: Kosten der baulichen Instandsetzung in Abhängigkeit der Linie im Zeitraum 2005-2012 ..	153
Tabelle 8.46: Instandsetzungskosten der Jahre 2005-2012.....	154
Tabelle 8.47: Kostenkennwerte für die bauliche Instandsetzung.....	154
Tabelle 8.48: Personalbedarf im Winterdienst	158
Tabelle 8.49: Winterdienst Stundenlohn	158
Tabelle 8.50: Stationstypen im Winterdienst.....	159
Tabelle 8.51: Winterdienst Kosten 2011.....	159
Tabelle 8.52: Winterdienst Modellzusammenfassung	159
Tabelle 8.53: Winterdienst Modellparameter mittels SPSS.....	160
Tabelle 8.54: Kostenkennwerte Winterdienst.....	160
Tabelle 8.55: Kabinengrößen bei Aufzügen der Wiener Linien	161
Tabelle 8.56: Datenbestand – Aufzüge	163
Tabelle 8.57: Durchschnittliche Anzahl der Aufzüge je Station	164
Tabelle 8.58: Regressionsanalyse Aufzug mittels SPSS	166
Tabelle 8.59: Regressionsanalyse Aufzug mittels SPSS	170
Tabelle 8.60: Datenbestand Fahrtreppen	173
Tabelle 8.61: Anzahl der Fahrtreppen je Station in Abhängigkeit der Linie	174
Tabelle 8.62: Modell Hubhöhe	176
Tabelle 8.63: Modell Hubhöhe u. Neigung.....	176
Tabelle 8.64: Regressionsanalyse Neigung u. Hubhöhe mittels SPSS	177
Tabelle 8.65: Regressionsanalyse Hubhöhe mittels SPSS.....	177

Tabelle 8.66: Regressionsanalyse Fahrtreppe mittels SPSS	182
Tabelle 8.67: Maschinenleistung von Fahrtreppen in Abhängigkeit der Hubhöhe.....	183
Tabelle 8.68: Durchschnittliche monatliche Wartungskosten – Aufzug/Fahrtreppe	185
Tabelle 8.69: Rechenbeispiel Aufzug/Fahrtreppe	185
Tabelle 8.70: Erhobene Daten HKLS Station Rennbahnweg	186
Tabelle 8.71: Errichtungskosten der HKLS in €.....	187
Tabelle 8.72: Errichtungskosten der HKLS in €/m ²	188
Tabelle 8.73: Kostenkennwerte der HKLS – Errichtung	189
Tabelle 8.74: Instandhaltungskosten der HKLS in €/a.....	190
Tabelle 8.75: Instandhaltungskosten der HKLS in €/m ² a.....	191
Tabelle 8.76: Kostenkennwerte der HKLS - Instandhaltung.....	192
Tabelle 8.77: Instandsetzungskosten der HKLS in €/a	192
Tabelle 8.78: Instandsetzungskosten der HKLS in €/m ² a	193
Tabelle 8.79: Kostenkennwerte der HKLS – Instandsetzung.....	194
Tabelle 8.80: Stromverbrauch der einzelnen U-Bahn-Stationen	196
Tabelle 8.81: Kennwerte Stromverbrauch	197
Tabelle 8.82: Regressionsanalyse Stromverbrauch mittels SPSS	198
Tabelle 8.83: spezifischer Stromverbrauch in Abhängigkeit der Stationsfläche.....	199
Tabelle 8.84: absoluter Stromverbrauch	203
Tabelle 8.85: spezifischer Stromverbrauch	205
Tabelle 8.86: Stromverbrauch Bauart/Fläche mittels SPSS	206
Tabelle 8.87: Stromverbrauch abhängig von Bauart, Fläche, Anzahl der Aufzüge und Anzahl der Fahrtreppen – Regression mittels SPSS	207
Tabelle 8.88: Ansätze für die Modellierung des Stromverbrauchs in Abhängigkeit der Planungsphase....	209
Tabelle 8.89: Verbrauchsdaten Gas/Fernwärme	210
Tabelle 8.90: maximale Verbrauchswerte Fernwärme und Gas in kWh/a.....	210
Tabelle 8.91: maximale Verbrauchswerte Fernwärme und Gas in kWh/m ² a.....	211
Tabelle 8.92: Energieverbrauch in Abhängigkeit der Höhenlage	213
Tabelle 8.93: Sonstige Gebühren	214
Tabelle 8.94: Sonstige jährliche Kosten.....	214
Tabelle 8.95: Kennwerte für die Grundsteuer	215
Tabelle 8.96: jährliche Grundsteuer	216
Tabelle 8.97: Kennwerte für Müllabfuhr/Müllentsorgung	216
Tabelle 8.98: Gebühren für Müllabfuhr/Müllentsorgung.....	217
Tabelle 8.99: jährliche Wasser- bzw. Abwassergebühren.....	219
Tabelle 8.100: jährliche Wassergebühren	219
Tabelle 8.101: Kennwerte Wassergebühren	219
Tabelle 10.1: LCC-Berechnungstool - Berechnungsblätter.....	222

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Stationsgruppierung nach Eröffnungsdatum	2
Abbildung 2.1: Datenbasis	4
Abbildung 2.2: Kostengliederung	6
Abbildung 2.3: Analyse der Kosten	7
Abbildung 2.4: Modellierungsvarianten für Daten mit unterschiedlicher Detailtiefe	7
Abbildung 2.5: LCC-Prognosemodell	8
Abbildung 3.1: Begriffsdefinition bei der Zeitreihenanalyse	16
Abbildung 4.1: Verzinsung von 10.000 € über 10 Jahre mit einem Zinssatz von 6%	19
Abbildung 5.1: prozentuelle Verteilung der Flächen nach Raumkategorie	22
Abbildung 5.2: Durchschnittliche Flächen einer Station in m ²	24
Abbildung 5.3: Auszug Reinigungsliste Station Heiligenstadt	24
Abbildung 5.4: Gegenüberstellung Reinigungsleistungen der Ausschreibung und Reinigungsnummer im Raumverzeichnis	26
Abbildung 5.5: Auswertung der Raumzuordnung aus dem Leistungsverzeichnis der Reinigung	26
Abbildung 5.6: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Technikraum	30
Abbildung 5.7: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Technikraum	31
Abbildung 5.8: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Technikraum	32
Abbildung 5.9: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Technikraum	33
Abbildung 5.10: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Bahnsteig	33
Abbildung 5.11: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Bahnsteig	34
Abbildung 5.12: Mittelbahnsteig	35
Abbildung 5.13: Seitenbahnsteig	35
Abbildung 5.14: Histogramm Flächenbedarf Mittelbahnsteig-Seitenbahnsteig	35
Abbildung 5.15: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit des Bahnsteigtyps	36
Abbildung 5.16: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Gang	37
Abbildung 5.17: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Gang	38
Abbildung 5.18: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Gang	38
Abbildung 5.19: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Gang	39
Abbildung 5.20: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Passage	40
Abbildung 5.21: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Passage	40
Abbildung 5.22: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Passage	41
Abbildung 5.23: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Passage	41
Abbildung 5.24: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Lager/Archiv	42
Abbildung 5.25: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Lager/Archiv	43
Abbildung 5.26: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Lager/Archiv	44
Abbildung 5.27: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Lager/Archiv	44
Abbildung 5.28: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Stiege	45
Abbildung 5.29: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Stiege	46
Abbildung 5.30: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Stiege	46
Abbildung 5.31: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Stiege	47
Abbildung 5.32: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Halle	48
Abbildung 5.33: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Halle	48
Abbildung 5.34: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Halle	49
Abbildung 5.35: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Stiege	49
Abbildung 5.36: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Leerraum	50
Abbildung 5.37: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Leerraum	51
Abbildung 5.38: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Leerraum	51
Abbildung 5.39: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Leerraum	52
Abbildung 5.40: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Sanitärraum	53
Abbildung 5.41: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Sanitärraum	54
Abbildung 5.42: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Sanitärraum	54
Abbildung 5.43: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Sanitärraum	55
Abbildung 5.44: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Sonstige Flächen	55
Abbildung 5.45: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Linienanzahl – Sonstige Flächen	56
Abbildung 5.46: Histogramm der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Sonstige Flächen	56
Abbildung 5.47: Verteilung der Flächen in Abhängigkeit der Ausbauphase – Sonstige Flächen	57
Abbildung 5.48: Histogramm Anteil der Sonstigen Flächen an der Gesamtfläche	58
Abbildung 5.49: Verteilung Anteil der Sonstigen Flächen an der Gesamtfläche	58
Abbildung 5.50: Histogramm der Stationsflächen	59

Abbildung 5.51: Verteilung der Flächen Stationsflächen in Abhängigkeit der Linienanzahl	59
Abbildung 5.52 Histogramm Stationsfläche in Abhängigkeit der Ausbauphase	60
Abbildung 5.53: Verteilung Stationsfläche in Abhängigkeit der Ausbauphase	60
Abbildung 5.54: Hochlage	61
Abbildung 5.55: Mittlere Lage	61
Abbildung 5.56: Tieflage	61
Abbildung 5.57: Flächenbedarf einer durchschnittlichen Station in m ²	62
Abbildung 5.58: durchschnittlicher Flächenbedarf in Abhängigkeit der Ausbauphase	64
Abbildung 5.59: Station Donauspital	64
Abbildung 5.60: Station Nussdorferstraße.....	65
Abbildung 5.61: Anteil der Verkehrsflächen an den zu reinigenden Flächen	66
Abbildung 6.1: Preissteigerung von 1€ mit einem jährlichem Prozentsatz von 6%.....	69
Abbildung 6.2: VPI 1966.....	70
Abbildung 6.3: Modellvergleich exponentiell - linear	72
Abbildung 6.4: Tariflohnindex	73
Abbildung 6.5: Energiepreisindex.....	75
Abbildung 6.6 GHPI 76	
Abbildung 6.7: Baupreisindex Hochbau	79
Abbildung 6.8: Entwicklung der Zinssätze	80
Abbildung 6.9: Index Baukostenveränderungen - Aufzüge	80
Abbildung 6.10: Indexverlauf der Vollwartung und der Garantiewartung	83
Abbildung 7.1: Entwicklung der jährlichen Kosten ohne Preissteigerung, ohne Verzinsung.....	85
Abbildung 7.2: Summe der Kosten ohne Preissteigerung, ohne Verzinsung.....	85
Abbildung 7.3: jährliche Kosten mit Berücksichtigung der Preissteigerung, ohne Verzinsung.....	86
Abbildung 7.4: Summe der Kosten mit Berücksichtigung der Preissteigerung, ohne Verzinsung	86
Abbildung 7.5: Barwert der jährlichen Kosten mit Berücksichtigung der Preissteigerung und einer Verzinsung von 4%	87
Abbildung 7.6: Barwert der Summe der Kosten mit Berücksichtigung der Preissteigerung und einer Verzinsung von 4%	88
Abbildung 7.7: Vergleich der Barwerte der jährlichen Kosten in Abhängigkeit des Zinssatzes	89
Abbildung 7.8: Vergleich der Barwerte der Summe der Kosten in Abhängigkeit des Zinssatzes.....	89
Abbildung 7.9: 1€ mit einer jährliche Wertsteigerung von 6%.....	91
Abbildung 7.10 Ablauf der Investitionsentscheidung	92
Abbildung 8.1: Buchhaltungsstruktur der Wiener Linien	93
Abbildung 8.2: Kostenzuordnung in Abhängigkeit der Kostenart.....	94
Abbildung 8.3: Reinigungsleistung Beschreibung	98
Abbildung 8.4: Auszug aus dem Raumverzeichnis der Station Aderklaaerstraße	101
Abbildung 8.5: Histogramm der Reinigungsnummer 101A	104
Abbildung 8.6: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer A101	105
Abbildung 8.7: Reinigungskosten 101A in Abhängigkeit von Ausbauphase und Baujahr	107
Abbildung 8.8: Histogramm Reinigungsnummer 201.....	108
Abbildung 8.9: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 201	110
Abbildung 8.10 Reinigungskosten 201 in Abhängigkeit von Ausbauphase und Baujahr	110
Abbildung 8.11: Histogramm der Reinigungsnummer 102A.....	114
Abbildung 8.12: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 102A.....	114
Abbildung 8.13 Reinigungskosten 102A in Abhängigkeit von Ausbauphase und Baujahr	116
Abbildung 8.14: Histogramm der Reinigungsnummer 102B.....	118
Abbildung 8.15: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 102B.....	118
Abbildung 8.16: Reinigung 102A Ausbauphase Baujahr	119
Abbildung 8.17: Histogramm der Reinigungsnummer 202.....	121
Abbildung 8.18: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 202.....	122
Abbildung 8.19: Reinigung 202 Ausbauphase Baujahr	123
Abbildung 8.20: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 210A.....	125
Abbildung 8.21: Reinigung 210A Ausbauphase Baujahr	125
Abbildung 8.22: Entwicklung des Glasflächenanteils in Abhängigkeit des Baujahres	126
Abbildung 8.23: Reinigungskosten in Abhängigkeit der Stationsfläche der Reinigungsnummer 210B.....	128
Abbildung 8.24: Reinigung 210A Ausbauphase Baujahr	128
Abbildung 8.25: CO Nummern Linie U1.....	132
Abbildung 8.26: CO Nummern Linie U2.....	132
Abbildung 8.27: CO Nummern Linie U3.....	133

Abbildung 8.28: CO Nummern Linie U3.....	134
Abbildung 8.29: CO Nummern Linie U3.....	135
Abbildung 8.30: Übersicht der Stationen nach Baujahr	140
Abbildung 8.31: Übersicht der Stationen nach CO-Nummer.....	141
Abbildung 8.32: Instandhaltungskosten in Abhängigkeit des Streckenabschnitts in €/m ² a.....	146
Abbildung 8.33: Instandhaltungskosten in Abhängigkeit des Streckenabschnitts in €/a.....	148
Abbildung 8.34: Instandhaltungskosten von Knotenstationen in €/m ² a	149
Abbildung 8.35: Instandhaltungskosten von Knotenstationen in €/a	150
Abbildung 8.36: Bauliche Instandsetzung in den Jahren 2005-2012.....	152
Abbildung 8.37: Instandsetzungskosten der Jahre 2005-2012 in Abhängigkeit der Linie.....	153
Abbildung 8.38: Instandsetzungskosten der Jahre 2005-2012	154
Abbildung 8.39: Stationsflächen unter der Berücksichtigung des Stationsalters.....	155
Abbildung 8.40: Verteilung des Stationsalters bezogen auf die Fläche	155
Abbildung 8.41: Plan der Instandsetzungsmaßnahmen	156
Abbildung 8.42: Anzahl der Aufzüge in Abhängigkeit der Linie	163
Abbildung 8.43: Durchschnittliche Anzahl der Aufzüge je Station.....	164
Abbildung 8.44: Anschaffungspreis in Abhängigkeit der Hubhöhe	165
Abbildung 8.45: Histogramm der monatlichen Wartungskosten €/Mo in Abhängigkeit des Wartungsvertrages – Aufzüge.....	167
Abbildung 8.46: Boxplot der monatlichen Wartungskosten in Abhängigkeit des Wartungsvertrages – Aufzüge	167
Abbildung 8.47: monatliche Wartungskosten €/Mo in Abhängigkeit des Zeitpunktes des Vertragsabschlusses – Aufzüge.....	168
Abbildung 8.48: monatliche Wartungskosten €/Mo in Abhängigkeit des Herstellers – Aufzüge	169
Abbildung 8.49: monatliche Wartungskosten €/Mo in Abhängigkeit des Antriebskonzeptes – Aufzüge..	169
Abbildung 8.50: Anzahl der Fahrtreppen in Abhängigkeit der Linie.....	173
Abbildung 8.51: Anzahl der Fahrtreppen je Station in Abhängigkeit der Linie.....	174
Abbildung 8.52: Neubaukosten Fahrtreppe	175
Abbildung 8.53: Neubaukosten Fahrtreppe	176
Abbildung 8.54: Histogramm der Wartungskosten in Abhängigkeit des Wartungsvertrages – Fahrtreppen	178
Abbildung 8.55: Boxplot der Wartungskosten in Abhängigkeit des Wartungsvertrages – Fahrtreppen ...	179
Abbildung 8.56: Wartungskosten in Abhängigkeit des Zeitpunktes des Vertragsabschlusses – Fahrtreppen	179
Abbildung 8.57: Histogramm der Wartungskosten in Abhängigkeit des Herstellers – Fahrtreppen.....	180
Abbildung 8.58: Boxplot der Wartungskosten in Abhängigkeit des Herstellers – Fahrtreppen.....	180
Abbildung 8.59: Boxplot der Hubhöhe in Abhängigkeit des Herstellers – Fahrtreppen	181
Abbildung 8.60: Maschinenleistung von Fahrtreppen in Abhängigkeit der Hubhöhe	183
Abbildung 8.61: Errichtungskosten der HKLS in €.....	188
Abbildung 8.62: Errichtungskosten der HKLS in €/m ²	189
Abbildung 8.63: Instandhaltungskosten der HKLS in €/a	190
Abbildung 8.64: Instandhaltungskosten der HKLS in €/m ² a	191
Abbildung 8.65: Instandsetzungskosten der HKLS in €/a	192
Abbildung 8.66: Instandsetzungskosten der HKLS in €/m ² a	193
Abbildung 8.67: Stromverbrauch in Abhängigkeit der Stationsfläche	197
Abbildung 8.68: Histogramm des Stromverbrauchs.....	198
Abbildung 8.69: Histogramm des spezifischen Stromverbrauchs.....	199
Abbildung 8.70: spezifischer Stromverbrauch in Abhängigkeit der Stationsfläche	200
Abbildung 8.71: Stromverbrauch in Abhängigkeit des Baujahrs	201
Abbildung 8.72: spezifischer Stromverbrauch/Baujahr	201
Abbildung 8.73: Histogramm des Stromverbrauchs in Abhängigkeit der Bauart	202
Abbildung 8.74: Boxplot des Stromverbrauchs in Abhängigkeit der Bauart.....	203
Abbildung 8.75: Histogramm des flächenbezogenen Stromverbrauchs.....	204
Abbildung 8.76: Boxplot des flächenbezogenen Stromverbrauchs.....	204
Abbildung 8.77: Boxplot - Anzahl der Aufzüge/Fahrtreppen je 1.000m ²	205
Abbildung 8.78: Stromverbrauch abhängig von der Bauart und Fläche.....	206
Abbildung 8.79: Histogramm der Verbrauchswerte Fernwärme und Gas in kWh/a.....	211
Abbildung 8.80: Histogramm der flächenbezogenen Verbrauchswerte in kWh/m ² a	211
Abbildung 8.81: Verbrauch abhängig der Lage und der Fläche in kWh/a	212
Abbildung 8.82: Histogramm des Energieverbrauchs in Abhängigkeit des Stationstyps	213

Abbildung 8.83: jährliche Gebühren der Müllabfuhr/Müllentsorgung in Abhängigkeit der Stationsfläche	217
Abbildung 8.84: Grundbetrag je Leerung	218
Abbildung 10.1: LCC-Berechnungstool – Startbildschirm	223
Abbildung 10.2: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich für Stationsaufsicht	224
Abbildung 10.3: LCC-Berechnungstool – Diagramme Stationsaufsicht	225
Abbildung 10.4: LCC-Berechnungstool – Eingabesheet für Winterdienst	226
Abbildung 10.5: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Reinigung	227
Abbildung 10.6: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Aufzüge	228
Abbildung 10.7: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Fahrtreppen	229
Abbildung 10.8: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Strom	230
Abbildung 10.9: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Strom	231
Abbildung 10.10: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Strom	232
Abbildung 10.11: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Heizung	232
Abbildung 10.12: Eingabesheet – HKLS Instandhaltung/Instandsetzung	233
Abbildung 10.13: Eingabesheet – Bauliche Instandhaltung/Instandsetzung	234
Abbildung 10.14: LCC-Berechnungstool – Eingabebereich Gebühren	235
Abbildung 10.15: LCC-Berechnungstool – Ergebnisse statisch	237
Abbildung 10.16: Ergebnisse - dynamisch	238
Abbildung 11.1: LCC-Variantenrechner – Eingabemaske für Basisdaten	239
Abbildung 11.2: LCC-Variantenrechner – Eingabemaske für Variante	240
Abbildung 11.3: LCC-Variantenrechner – Ergebnisse	242
Abbildung 11.4: LCC-Variantenrechner – tabellarische Darstellung der detaillierten Ergebnisse	243
Abbildung 11.5: LCC-Variantenrechner – Kosten einer Variante ohne Preissteigerung und ohne Verzinsung	244
Abbildung 11.6: LCC-Variantenrechner – Kosten einer Variante mit Preissteigerung und ohne Verzinsung	244
Abbildung 11.7: LCC-Variantenrechner – Kosten einer Variante mit Preissteigerung und Verzinsung	245

Literaturverzeichnis

- [1] Backhaus Klaus, Erichson Bernd, Plinke Wulff, Weiber Rolf: Multivariate Analysemethoden, 13. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2011
- [2] DIN 18960:2008-02: Nutzkosten im Hochbau, Deutsches Institut für Normung, Berlin, 2008
- [3] DIN EN 13306:2010-12: Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung, Berlin, 2010
- [4] Fahrmeier Ludwig, Kneib Thomas, Lang Stefan: Regression, Modelle, Methoden und Anwendungen, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2009
- [5] Girmscheid Gerhard: Entscheidungsmodell – Lebenszyklusorientierte Wirtschaftlichkeitsanalyse von Unterhaltsstrategien für Straßennetze; Bauingenieur, Band 82, August 2007
- [6] Girmscheid Gerhard: Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell-Bewertung alternativer baulicher Lösungen, Bauingenieur, Band 81, September 2006
- [7] Götz Uwe, Bloech Jürgen: Investitionsrechnung Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben, 3.Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2002
- [8] Hödl Johann: DAS-WIENER-U-BAHN-NETZ, 200 Jahre Planungs- und Verkehrsgeschichte, Wiener Linien GmbH & Co KG, Wien 2009
- [9] Hödl Johann: Wiener U-Bahn-Kunst, Wiener Linien GmbH & Co KG, Wien 2011
- [10] Jodl Hans Georg: Lebenszykluskosten von Brücken – Teil1 – Berechnungsmodell LZKB, Bauingenieur, Band 85, Mai 2010
- [11] Jodl Hans Georg: Lebenszykluskosten von Brücken – Teil2 – Software LZKB, Bauingenieur, Band 85, Mai 2010
- [12] Kern Werner: Investitionsrechnung, Carl Ernst Peoschel Verlag GmbH, Stuttgart 1974
- [13] König Holger, Kohler Nikolaus, Kreißig Johannes, Lützkendorf Thomas: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, München 2009
- [14] Lippe Peter: Deskriptive Statistik, 7.Auflage, Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, München 2006

- [15] Makovec Andreas, Schranz Christian, Jodl Hans Georg: Zeitreise der Planungs- und Bauökonomie, Artikel: Lebenszykluskosten – Das Dilemma des Stützintervalls, Stuttgart 2013
- [16] Munz Max: Investitionsrechnung, 2.Auflage; Betriebswirtschaftlicher Verlag, Wiesbaden 1974
- [17] Nipkow Jürg: Elektrizitätsverbrauch und Einspar-Potentiale bei Aufzügen, S.A.F.E Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, Zürich 2005
- [18] ÖNORM B 1801-1:2009-06-01: Bauprojekt- und Objektmanagement – Teil 1: Objekterrichtung, Austrian Standards, Wien, 2009
- [19] ÖNORM B 1801-2:2011-04-01: Bauprojekt- und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten, Austrian Standards, Wien, 2011
- [20] Österreichische Forschungsgesellschaft Straße Schiene Verkehr: RVS 02.01.14 Ermittlung von Projektkosten für Infrastrukturvorhaben, Ausgabe 1.September 2012
- [21] Österreichische Forschungsgesellschaft Straße Schiene Verkehr: RVS 15.02.13 Dauerhaftigkeit von Brücken – Grundlagen für die Berechnung von Lebenszykluskosten, Ausgabe 1.April 2012
- [22] Schranz Christian, Makovec Andreas, Jodl Hans Georg: Datenerhebung für Lebenszykluskosten bestehender Bauwerke, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, Heft 1-12/2013, Wien 2013
- [23] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA 380/4 Ausgabe 2006, Zürich
- [24] Statistik Austria: Index der Großhandelspreise, Revision 2010
- [25] Statistik Austria: Standard-Dokumentation Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zum Tariflohnindex 06; Bearbeitungsstand 20.1.2011
- [26] Statistik Austria: Standard-Dokumentation Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zu Baupreise und Baukosten; Bearbeitungsstand 02.03.2012
- [27] Steinschaden Lukas, Winkler Christoph: Lebenszykluskosten von Hochbauten – Anwendungsgrenzen und Vergleich von Softwarelösungen, Diplomarbeit TU Wien, 2012
- [28] Stoy Christian, Hawlik Johannes, Strack Martin, Beusker Elisabeth: Objektdaten Nutzungskosten, BKI Baukosteninformationszentrum, Institut für Bauökonomie, Stuttgart 2011
- [29] Wiener Linien GmbH & Co KG: Aufzugsnormausschreibung II, Wien 2011
- [30] Wiener Linien GmbH & Co KG: Fahrtreppennormausschreibung, Wien 2011

- [31] Wiener Linien GmbH & Co KG: Langtext des Leistungsverzeichnisses und Vertragsbestimmungen, Wiener Linien für die 10 Lose über die tägliche Reinigung in insgesamt 86 U-Bahn Stationen, Wien 2010