Universität Zürich[UZH]

Abschlussarbeit

zur Erlangung des

Master of Advanced Studies in Real Estate

Automatisierung der Kostenermittlung im Bauwesen:
Potenziale und Herausforderungen Künstlicher Intelligenz im Vergleich zu konventionellen Methoden

Verfasser: Saljuk Anton

Eingereicht bei: Herrn Peter Zwick

Abgabedatum: 09.09.2024

Inhaltsverzeichnis

1. Abkürzungsverzeichnis IV

2. Abbildungsverzeichnis V

3. Tabellenverzeichnis VI

4. Executive Summary VII

1. Einleitung 1

1.1 Einführung und Problemstellung 1

1.2 Zielsetzung 3

1.2.1 Detaillierte Ziele 3

1.3 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes 4

1.4 Methodischer Aufbau der Arbeit 4

2. Grundlagen der Baukostenermittlung (theoretischer Teil) 6

2.1 Grundlagen und Ziele einer Kostenermittlung 6

2.2 Aufbau einer Kostenermittlung 7

2.3 Begriffsdefinitionen und Funktionsweisen 8

2.3.1 Elemente der Kostenermittlung 8

2.3.1.1 Flächenstrukturen 8

2.3.1.2 Kostenstrukturen 9

2.3.1.3 Ermittlungsstufen nach Phasen 11

2.3.2. Begriffsdefintionen der KI 12

2.3.2.1. Künstliche Intelligenz 12

2.3.2.2. Maschinelles Lernen 13

2.3.2.3. Kreuzvalidierung 16

2.3.2.4. Bias-Varianz-Dilemma 16

2.4. Innovationen im Bereich der Kostenermittlung 18

2.4.2. Auswahl der Kostenermittlungs-Software keeValue 18

2.4.3. Aufbau und Funktionsweise von keeValue 18

3. Anwendung der Kostenermittlung (empirischer Teil) 20

3.1 Anwendungfall Projekt Wohnüberbauung Katzenbach, 2. Etappe 20
3.1.1 Kostenschätzung nach dem eBKP-H Verfahren.....21
3.1.2 Durchführen der Kostenermittlung mittels KeeValue 22
3.2 Vergleich und Fazit.....23
4. Expertenbefragung im Bereich der Kostenermittlung 25
4.1 Methodik.....25
4.1.1 Grounded Research Theory 25
4.1.2 Datenerhebung.....25
4.1.3 Datenanalyse.....27
4.2 Auswertung der Ergebnisse 29
4.2.1 Effizienz und Genauigkeit der Kostenermittlung 29
4.2.2 Umgang mit Unsicherheiten und Änderungen 30
4.2.3 Integration von Künstlicher Intelligenz. 31
4.3 Theorieentwicklung 34
5. Experteninterviews und kalkulatorische Analyse.....38
6. Handlungsempfehlung und Ausblick 39
6.1 Handlungsempfehlungen 39
6.2 Ausblick.....40
7. Abgrenzung.....42
8. Fazit 44
9. Literaturverzeichnis i
10. Anhang..... iii

1. Abkürzungsverzeichnis

AEC	Architectural Engineering and Construction
BIM	Building Information Modelling
IMD	International Institute for Management Development
BKP	Baukostenplan
CRB	Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung
eBKP-H	Elementbasierter Baukostenplan - Hochbau
NPK	Normpositionenkatalog
GKS	Grobkostenschätzung
KS	Kostenschätzung
KV	Kostenvoranschlag
ML	Maschinelles Lernen
GRT	Grounded Research Theory
IFC	Industry Foundation Classes
GSF	Grundstücksfläche
GGF	Gebäudegrundfläche
GF	Geschossfläche
GV	Gebäudevolumen
HNF	Hauptnutzfläche
NGF	Nettogeschossfläche
AGF	Aussengeschossfläche
AWF	Aussenwandflächen
IWF	Innenwandflächen
STL	Stützenlänge
BOF	Bodenplattenfläche
DDF	Decken- und Dachfläche
WK	Wertklasse
KMU	kleines/ mittelgrosses Unternehmen
BFS	Bundesamt für Statistik

2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Digital Vortex 2023 2
Abbildung 2: Prozesselemente der Kostenplanung 4
Abbildung 3: Die drei tragenden Säulen eines Bauprojekts. 6
Abbildung 4: Genauigkeitsgrade der Kostenermittlung SIA 102 7
Abbildung 5: Schematische Darstellung der Flächenstrukturen nach SIA-Norm 416 ... 8
Abbildung 6 CRB | Elementbasierter Baukostenplan Hochbau eBKP-H 9
Abbildung 7: Genauigkeitsgrad nach SIA Teilphasen 11
Abbildung 8: Eine Regressionsgerade als ein Beispiel für ein statisches Modell. 14
Abbildung 9: Diagramm einer k-fachen Kreuzvalidierung 16
Abbildung 10: Veranschaulichung Overfitting, Underfitting und ideales Modell. 17
Abbildung 11: Abfrage von Komplexitätsgraden mittels Schiebereglern. 19
Abbildung 12: Aussenansicht der Wohnüberbauung Katzenbach 20
Abbildung 13: Erstellen eines Flächenausmasses der Geschossfläche vom 2.OG. 21
Abbildung 14: Kostenermittlung nach den Elementgruppen des eBKP-H 21
Abbildung 15: Erklärung der Wertklasse 5 in Gebäudeform. 22
Abbildung 16: Iterativer Forschungsprozess nach der GRT 25
Abbildung 17: Kategorien aus dem offenen Kodierverfahren 28
Abbildung 18: Ergebnis der axialen Kodierung. 28
Abbildung 19: Annahme Spannungsverhältnis zwischen Genaugikeit zu Effizienz. .. 34
Abbildung 20: Stundenaufwandsschätzung der Kalkulation. 35
Abbildung 21: Optimale Balance Aufwand zu Ergebnissen nach dem Pareto-Prinzip. 36

3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anwendungsbeispiele für Supervised Learning (Peter Buxmann, 2021) ...15
Tabelle 2: Ergebnis der Kostenschätzung verteilt nach BKP gemäss keeValue.....23
Tabelle 3: Entwicklung Wohnbaukostenindex ZH gemäss Bundesamt für Statistik...24

4. Executive Summary

Die Anwendung von Künstlicher Intelligenz (KI) im Bauwesen stellt für die Branche nach wie vor eine relativ neue Technologie dar, die jedoch ein enormes Potenzial für die Bauindustrie bietet. Aufgrund der heutigen Möglichkeiten, Daten abzurufen die in einer nie zuvor gekannten Menge zur Verfügung stehen, wächst auch umso mehr der Bedarf, dieses Potential in den Bereich des Bauwesens mit einzubringen.

Die Automatisierung als Überbegriff der KI hat dabei bereits schon in vielen anderen Branchen triumphalen Einzug gehalten indem bspw. bei der Herstellung von Gütern manuelle Tätigkeiten durch Roboter ersetzt wurden. Der Versuch jedoch eine Automatisation in den Bereich der planerischen Tätigkeit im Bauwesen miteinzubringen, hinkt weiterhin im grossen Abstand hinterher.

Ein empirischer Vergleich der Verfahren nach dem elementbasierten Baukostenplan im Hochbau (eBKP-H) und der Anwendung der KI-Softwarelösung keeValue ermöglichte es, den inhaltilichen Aufwand für die Kostenchätzung zu analysieren und die jeweiligen Vor- und Nachteile beider Ansätze aufzuzeigen.

Zusätzlich wurde mittels einer qualitativen Befragung von Inhabern, Geschäftsleitern und Exekutives aus dem Bereich der Kostenermittlung aufgezeigt, dass zwar erste Stösse hin zur Automatiosation bei der Berechnung von Kosten getätigt werden, jedoch noch nicht vollumfänglich auf Akzeptanz und Vertrauen solcher Anwendungen von den Endnutzern treffen, da die Ergebnisse teils nicht vollumfänglich nachvollzogen werden können wie es bisher in den konventionellen Anwendungend der Fall ist.

Die wesentlichen Erkenntnisse dieser Arbeit zeigen, dass es noch keine universelle Lösung über alle Planungsphasen der SIA für den Einsatz von KI in der Kostenermittlung im Bauwesen gibt. Vielmehr müssen die verschiedenen Ansätze auf den spezifischen Anwendungsfall pro Phase abgestimmt und individuell angepasst werden.

Dennoch bietet die Nutzung von KI in der Kostenermittlung erhebliches Potenzial, wenn sie gezielt auf die jeweilige Planungsphase und die projektspezifischen Anforderungen abgestimmt wird.

1. Einleitung

1.1 Einführung und Problemstellung

Vor Beginn der Coronavirus-Pandemie verzeichnete der Architectural Engineering and Construction Sektor (AEC) ein Investitionsvolumen von fast 12.000 Milliarden US-Dollar und trug etwa 15% zum globalen Bruttoinlandsprodukt (BIP) bei (Mazhar, 2015). Veraltete Methoden und unzureichende Technologien führen in der Baubranche jedoch zu einer hohen Ressourcenverschwendung und stagnierender Produktivität (Momade, 2021). Dies weckt den dringenden Bedarf an Innovationen und Optimierung des menschlichen Zutuns in der Erstellung von Bauwerken, sei es im Bereich der Planung oder der Ausführung (Trummer, 2024). Die Schweiz hat sich durch ihre Erst-Platzierung auf dem Global Innovation Index 2023 bereits zum sechsten Mal in Folge als das Land mit der weltweit höchsten Innovationskraft etabliert (Boksch, 2024). Dies prädestiniert sie geradezu, bedeutende Fortschritte auch in der Produktivität im AEC Sektor zu erwirken, welche weltweit positive Auswirkungen auf die globale Produktivität im Bauwesen haben könnten.

Das Problem in der Baubranche besteht jedoch wohl nicht in der fehlenden Innovation als solches, da heute bereits eine breite Palette an Werkzeugen wie Building Information Modeling (BIM), Digitalisierungs-Prozesse, Industrie 4.0 und KI vorhanden sind, sondern in deren erfolgreicher Anwendung und Etablierung als alltägliches Werkzeug in den Händen der Planenden. Der Digital Vortex des International Institute for Management Development (IMD) beschreibt branchenübergreifend die transformative Kraft der digitalen Disruption, die bestehende Geschäftsmodelle, Unternehmen und ganze Branchen erheblich beeinflussen und sogar verdrängen kann (IMD, 2024). Der in Abbildung 1 dargestellte Digital Vortex 2023 veranschaulicht dabei, in welchem Masse der Immobiliensektor im Vergleich zu anderen Branchen im Prozess der Innovation zurückbleibt.

Die Schweiz in Ihrer globalen Vorreiter-Rolle in Sachen Innvation hat jedoch das Potential den Bereich Real Estate & Construciton erheblich zu optimieren, indem sie die vorhandenen Mittel der Innovation erfolgreich einsetzt und somit das Stigma der Unproduktivität in der Baubranche nachhaltig und nachweisbar überwindet.

Da etwa 30%[1] der Grundleistungen der Architektur sich mit dem Leistungsbereich der Kosten befassen, stellt sich die Frage, ob die Automatisierung gerade nicht in diesem doch sehr zahlenlastigen Segment, durch KI-gestützte Anwendungen, eine Effektivitätssteigerung bewirken kann.

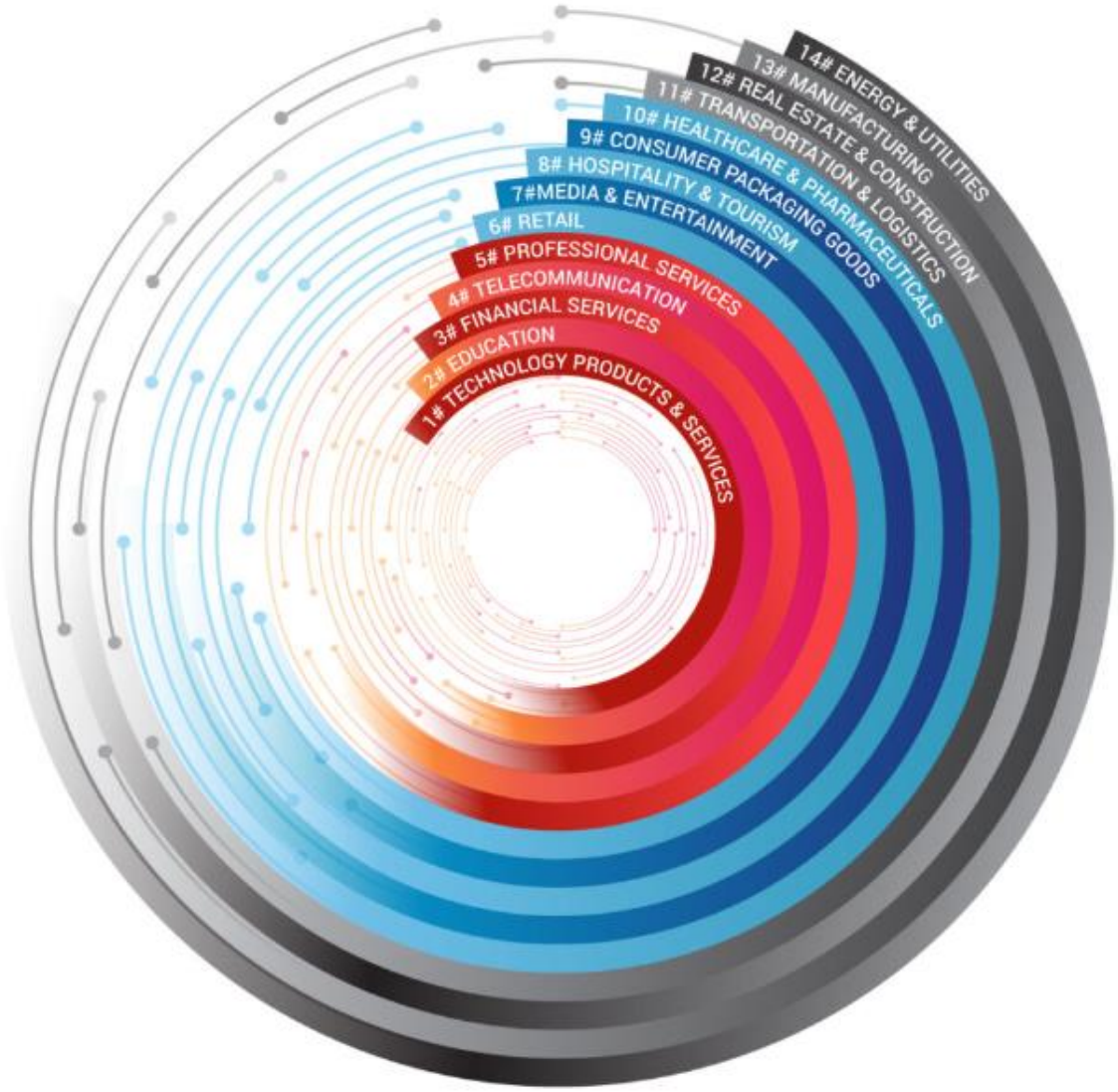


Abbildung 1: Digital Vortex 2023

[1] Gemäss SIA 102, 2014

1.2 Zielsetzung

Die vorliegende Masterarbeit hat das Ziel, die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von KI im AEC-Sektor zu untersuchen, mit einem besonderen Fokus auf die Automatisierung in der Kostenplanung. Die zentrale Forschungsfrage lautet: "Inwieweit kann die Anwendung von KI zur Automatisierung der Kostenplanung im Bauwesen beitragen und welche technologischen und organisatorischen Voraussetzungen sind bereits vorhanden rsp. müssen erfüllt sein, um eine erfolgreiche Implementierung zu gewährleisten?"

1.2.1 Detaillierte Ziele

1. **Analyse relevanter Methoden und Technologien:** Untersuchung sowie Erklärung aktueller Technologien und Ansätze im Bereich der Kostenplanung sowie der KI, welche für die Automatisierung von Kostenprozessen im Bauwesen von Bedeutung sind. Hierbei wird erläutert, welche Methoden und Innovationen in diesem Bereich vorhanden sind und wie diese funktionieren.
2. **Vergleich von traditionellen und innovativen Ansätzen:** Kritische Gegenüberstellung etablierter, konservativer Ansätze zur Kostenermittlung im Bauwesen mit innovativen, KI-gestützten Verfahren. Ziel ist es, die Potenziale und Grenzen der neuen Methoden aufzuzeigen und deren Nutzen im Vergleich zu traditionellen Ansätzen zu bewerten.
3. **Identifikation und Überwindung von Herausforderungen:** Analyse der bestehenden Herausforderungen in der Kostenplanung sowie bei der Implementierung von KI-gestützten Anwendungen in diesem Sektor. Die Arbeit zielt darauf ab, eine Theorie zu erarbeiten, welche beschreibt, ob und wo die momentanen Hindernisse in der Implementierung von KI liegen.
4. **Praktische Anwendbarkeit und Effizienzbewertung:** Die Arbeit soll praxisnahe Empfehlungen für die Integration dieser Technologien in bestehende Prozesse liefern und dabei die Vorteile sowie potenziellen Herausforderungen identifizieren.

Durch diese umfassende Analyse strebt diese Masterarbeit an, ein tieferes Verständnis für die Integration von KI im Bauwesen zu schaffen und konkrete Handlungsempfehlungen für die Praxis zu geben.

1.3 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes

Um sich dabei auf ein Spektrum begrenzen zu können, welches die Intensität der Bearbeitung vom Thema erhöht, wird der Prozess der Kostenplanung in der Abbildung 2 in seine Prozesselemente dargestellt.

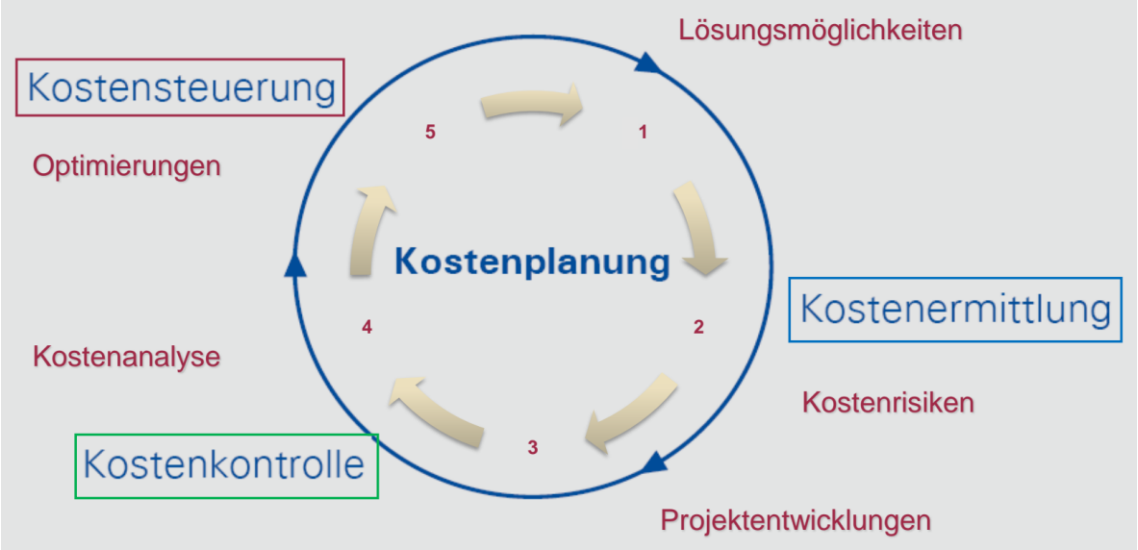


Abbildung 2: Prozesselemente der Kostenplanung (Zwick, Grundsätze der Bauökonomie, 2023)

Der Teilbereich der in dieser Abschlussarbeit hierzu untersucht werden soll, beschränkt sich auf das Prozesselement der **Kostenermittlung**.

Zusätzlich wird nach SIA 115 in den Kostentypen unterschieden zwischen "der **Anfangsinvestition**, welche die Kosten bis zur Übergabe der baulichen Anlage oder von Teilen davon an den Auftraggeber umfassen (Erstellungskosten)" und den "**Lebenszykluskosten**, welche alle Kosten von der strategischen Planung bis zum Rückbau und der Entsorgung der baulichen Anlage beinhalten". Diese Abschlussarbeit fokussiert sich dabei auf den Bereich der **Erstellungskosten.**

1.4 Methodischer Aufbau der Arbeit

Die Untersuchung beginnt mit der qualitativen Befragung von 5 erfahrenen Experten im Bereich der Kostenermittlung aus mittelgrossen und grossen Unternehmen mit Sitzen in der Deutschschweiz. Dabei wurden rund 100 Antworten ausgewertet. Die Mehrheit der Unternehmen kalkuliert eine breite Palette an Arten von Gebäudenutzungen, welche sich auch hinsichtlich Ihres Bauvolumens in einem weiteren Spektrum von einstelligen Millionen bis hin zu Milliarden-Projekten befinden.

Durch die Erklärung der vorhandenen Prozesse und Innovationen im Bereich der Schweizer Baukostenermittlung, welche sich gründet auf den von Experten

geäussserten Aussagen, soll der heute praxisbezogene Stand der Technik dargestellt werden. Anhand von einer Fallstudie wird die marktübliche Methode der Kostenermittlung mit einer innovativen, KI-gestützten Verfahren verglichen, um deren Potenziale und Grenzen zu bewerten. Herausforderungen bei der Implementierung von KI-Anwendungen und praktische Erfahrungen werden durch die Experteninterviews eruiert. Abschliessend werden die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst, um eine Theorie zu entwicklen sowie Schlussfolgerungen und praxisnahe Empfehlungen für die Integration von KI-Technologien im Bauwesen zu formulieren, wobei der Fokus auf den zu überwindenden Hürden in Sachen der Akzeptanz und praktischen Anwendung liegt.

2. Grundlagen der Baukostenermittlung (theoretischer Teil)

2.1 Grundlagen und Ziele einer Kostenermittlung

Nebst den Terminen und der Qualität gehören die Kosten zu den drei tragenden Säulen eines Bauprojekts, wie sie in Abbildung 3 dargestellt werden. Als Baustein der Kostenplanung gehört die Kostenermittlung, einschliesslich deren Einhaltung im Bauwesen aus Sicht des Bauherren zu einem wesentlichen Teil des Projekterfolgs.

Bereits schon in der Antike bewertete Vitruv die Entscheidung einer griechischen Stadt, den Architekten bei Kostenüberschreitungen mit seinem Privatvermögen haften zu lassen, als streng, aber gerecht. Auch heute ist die Ermittlung des Finanzbedarfs gerade in Bezug auf den Beginn eines partnerschaftlichen Verhältnisses zwischen den Stakeholdern eines Bauprojekts, ein Schritt der Vertrauen schaffen soll für die zukünftige Zusammenarbeit. Da die Honorarberechnung nach SIA 102 Art 7 sich auf die ermittelten Baukosten stützt, schafft dieser Faktor für alle Projektbeteiligte eine wichtige Stütze im Projekt.. Eben deshalb gestaltet sich das deklarieren der "ersten Zahl", d.h. die erste Vermittlung der kalkulierten Gesamtkosten an den Auftraggeber, als ein elementarer Meilenstein in der Initialisierung von Bauprojekten.

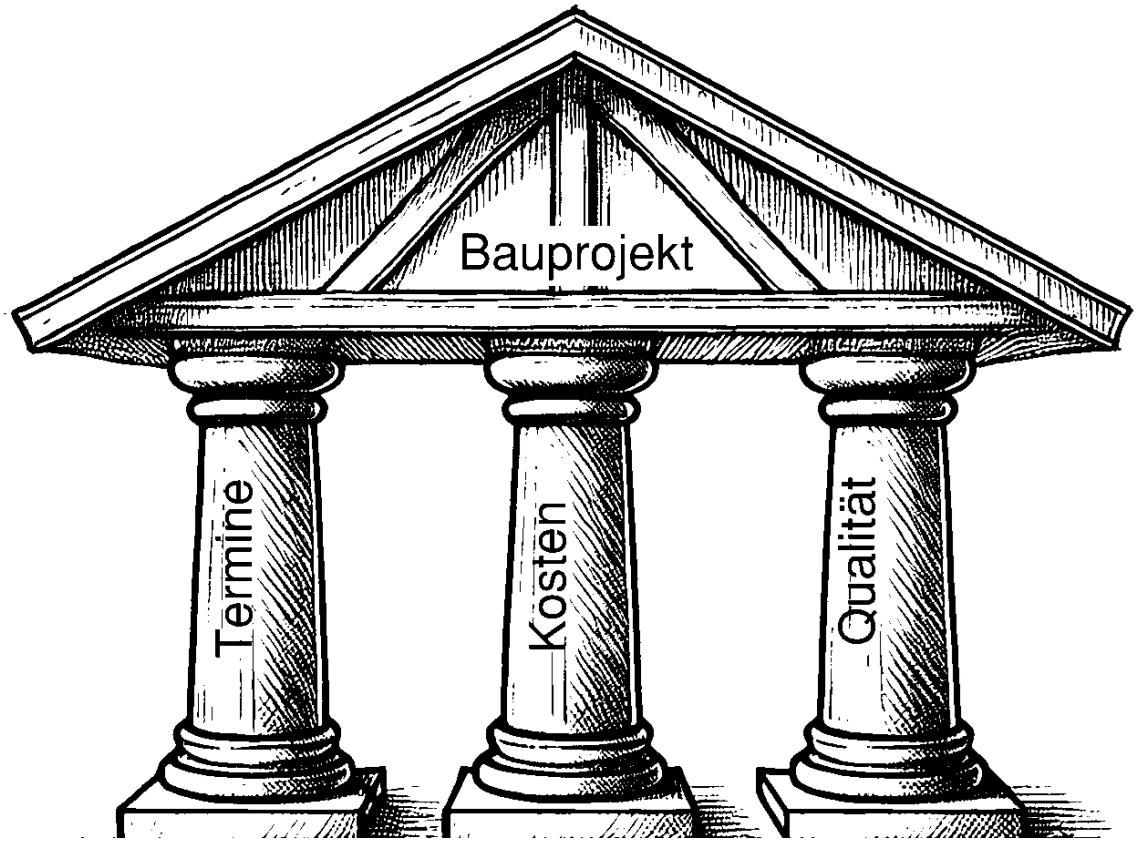


Abbildung 3: Die drei tragenden Säulen eines Bauprojekts (OpenAI, 2024)

2.2 Aufbau einer Kostenermittlung

Im Grunde bildet das Ergebnis der Kostenermittlung ein gestecktes Ziel ab, welches die finanzielle Leistung definiert die es zu erbringen gilt, um ein definiertes Projekt umzusetzen. Da von der Idee bis hin zur fertigen Werkplanung meist noch nicht vollständig geklärte Parameter vorliegen, lässt sich sagen, dass je komplexer und unvorhersehbarer das Projekt ist, desto weniger genau die Kosten prognostiziert werden können. Um den verschiedenen Informationsständen während den Planungsstufen eines Projekts gerecht zu werden, bedient sich die Norm SIA 102 verschiedener Genauigkeitsgrade mit wechselndem Kalkulationsverfahren (siehe Abb. 4).

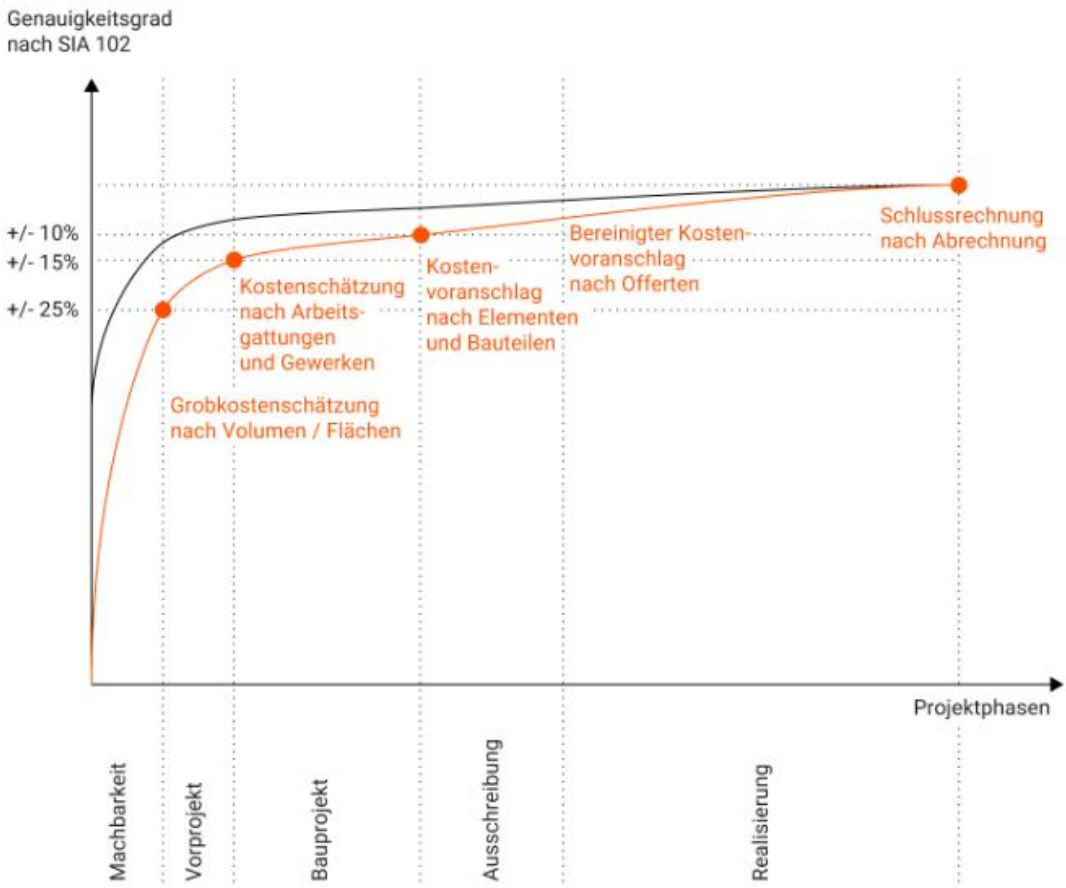


Abbildung 4: Genauigkeitsgrade der Kostenermittlung SIA 102 (Menz, 2024).

Dabei werden jedoch in jeder Kalkulation immer Mengen (wie Quadratmeter Geschossfläche oder Kubikmeter Gebäudevolumen) mit Kostenkennwerten (wie CHF/m² Geschossfläche oder CHF/m3 Gebäudevolumen) multipliziert (Menz, 2024).

Grundsätzlich gibt es Ein-Faktoren- und Mehr-Faktoren-Rechnungen. Ein-Faktoren-Rechnungen multiplizieren eine Menge, wie eine Fläche, mit einem Kostenkennwert. Mehr-Faktoren-Rechnungen betrachten die Projektkomponenten separat nach Quantität (z. B. Quadratmeter Außenwandfläche) und Qualität (z. B. CHF/m² Außenwandfläche).

2.3 Begriffsdefinitionen und Funktionsweisen

2.3.1 Elemente der Kostenermittlung

2.3.1.1 Flächenstrukturen

Ein zentraler Aspekt der Kostenermittlung im Bauwesen sind die Flächenstrukturen, wie sie in der Norm SIA 416 (SIA 416, 2003) definiert sind, siehe Abbildung 5. Diese Norm liefert ein einheitliches System zur Kategorisierung und Berechnung von Flächen, einschliesslich Nutzflächen, Verkehrsflächen und Funktionsflächen.

Durch diese Vereinheitlichung lassen sich Kennzahlen bilden, welche kombiniert mit der Art der Nutzung vom Gebäude, sich zwischen einzelenen Kalkulationen vergleichen lassen und somit Erfahrungswerte abgebildet werden können.

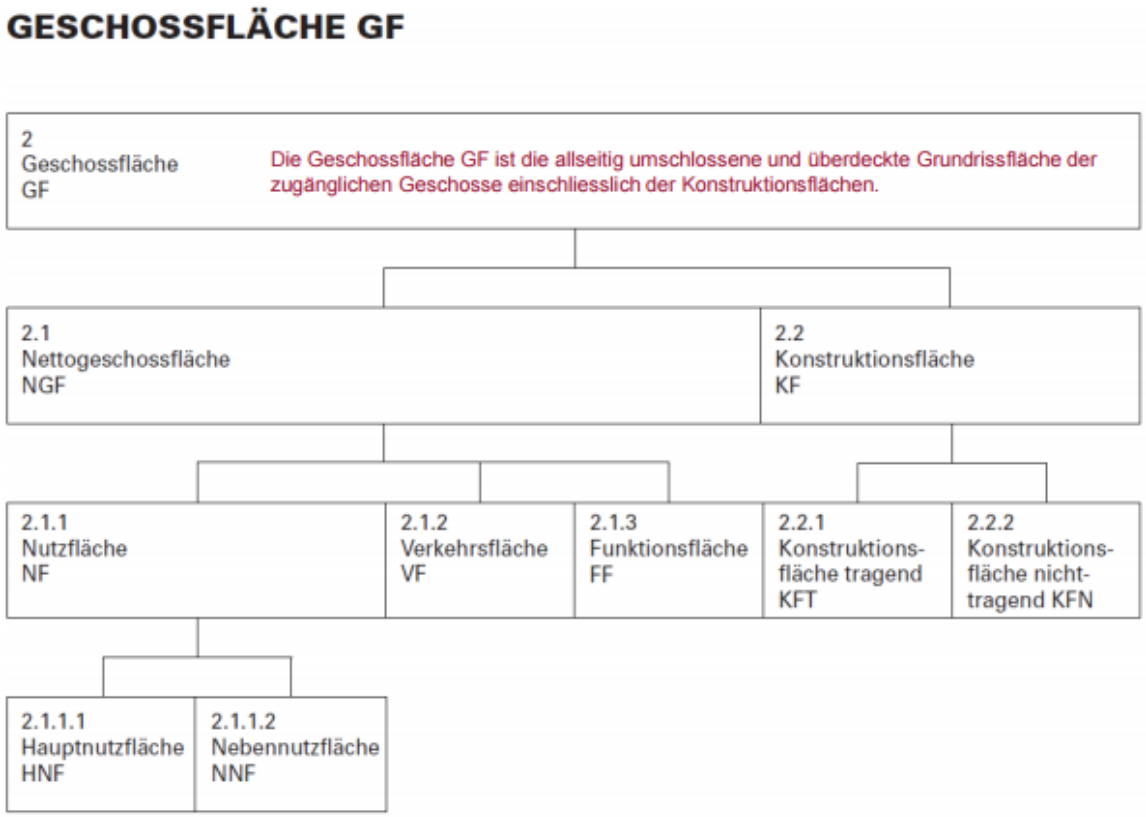


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Flächenstrukturen nach SIA-Norm 416

2.3.1.2 Kostenstrukturen

Nebst den Flächenstrukturen sind in der Kostenermittlung auch die Kostenstrukturen wichtig, um eine nachvollziehbare Sprache und Transparenz bei der Ermittlung von Kosten zu gewährleisten Dabei hat sich die elementbasierte Anwendung nach dem Baukostenplan eBKP der schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung (CRB) auf dem Markt durchgesetzt und etabliert.[2]

Der elementbasierte Baukostenplan (eBKP) organisiert Bauprojekte anhand von kategorisierten Bauelementen. Mit fortschreitender Detaillierung rsp. Fertigstellung der Planung, entsprechend den Leistungsphasen des Architekten nach SIA 102, werden die Kosten dabei zunehmend präziser (SIA 102, 2014).

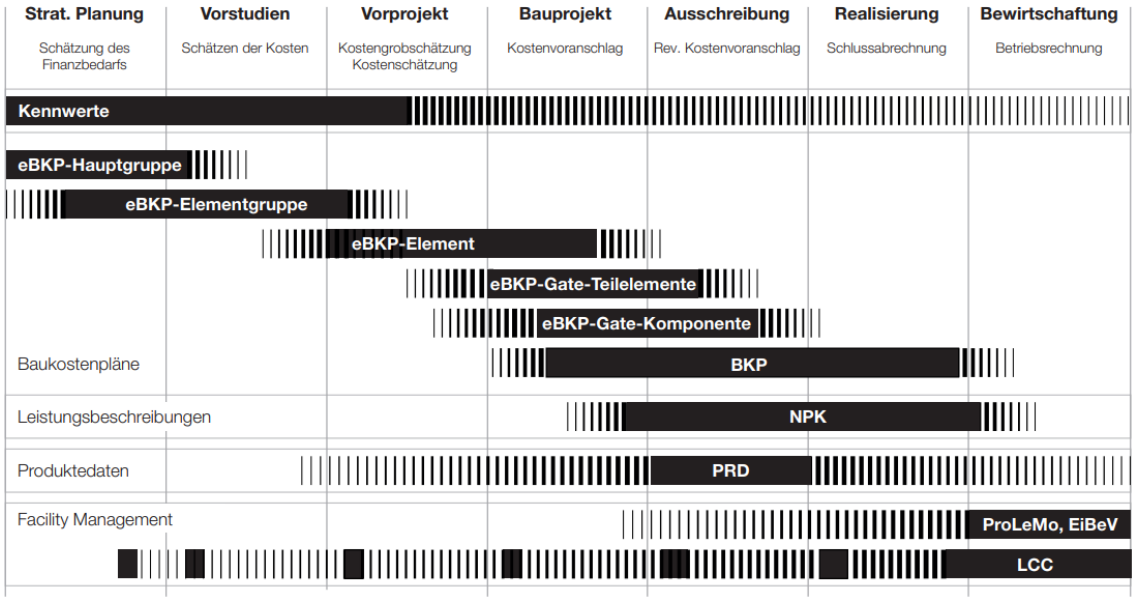


Abbildung 6 CRB | Elementbasierter Baukostenplan Hochbau eBKP-H

Die Methode ist bereits in den frühen Phasen eines Projekts nützlich, wenn lediglich Flächen- oder Volumenangaben zur Verfügung stehen, da nachfolgende Kostenpräzisierungen auf den vorhergehenden Phasen aufgebaut werden können.

Zusätzlich ermöglicht der eBKP die Ermittlung von Kennzahlen, die einen effektiven Vergleich verschiedener Projekte erlauben. Diese Kennzahlen können desweiteren wiederverwendet werden, um neue Projekt in einer frühen Phase zu schätzen.

Die Struktur des eBKP besteht aus verschiedenen Hauptgruppen, Gruppen und Untergruppen, die jeweils bestimmte Bauwerks- oder Bauteilgruppen repräsentieren.

[2]vgl. hierzu Aussagen aus den Experteninterviews

Zum Beispiel umfasst der eBKP-H (für den Hochbau) Kategorien wie Fundament, Tragwerk, Ausbau, Haustechnik und Aussenanlagen.

Mit zunehmendem Planungsfortschritt und steigender Detailtiefe werden die Bauelemente weiter in Teilelemente und schliesslich in einzelne Komponenten verfeinert, wie es in Abbildung 6 verdeutlicht wird.

Durch die steigende Detailtiefe reift der eBKP hin zum BKP und kann somit zur Vergabe von Arbeitspaketen in Bauprojekten verwendet werden. Der BKP als solches ist dabei nochmals untergliedert in einzelne Normpositionen-Kataloge. Die feinste Stufe der Struktur ist die Normposition, die eine standardisierte Position beschreibt und für die Ausschreibung an Bieter kommuniziert wird.

Diese Positionen werden von den Bietern mit einem Preis versehen und bilden die berechnete Kostengrundlage für das Auftragsverhältnis. Der Preis als solches ist dabei zumeist bei den anbietenden Firmen standartmässig hinterlegt, was die erste Kalkulation von Offerten erheblich vereinfacht wird.

Durch die vereinheitlichte, detailierte Gliederung können zudem in diesem Verfahren die tatsächlich entstandenen Baukosten während der Ausführungsphase den kalkulierten Kosten gegenübergestellt werden. Dadurch werden Abweichungen sowohl frühzeitig als auch transparent sichtbar gemacht.

Das eBKP-Verfahren reduziert durch seine klare und einheitliche Struktur die Komplexität von Baukosten in Projekten und steigert dadurch erheblich die Effizienz und Transparenz im betroffenen Projekt.

2.3.1.3 Ermittlungsstufen nach Phasen

Bei den Genauigkeitsgraden von Kostenermittlungen sind verschiedene Begrifflichkeiten in Hinblick auf die Phase eines Projekts zu nennen. Dabei orientieren sich diese sich grundsätzlich an den fünf Leistungsphasen der SIA 102, wie es in der nachfolgenden Abbildung 7 veranschaulicht wird.

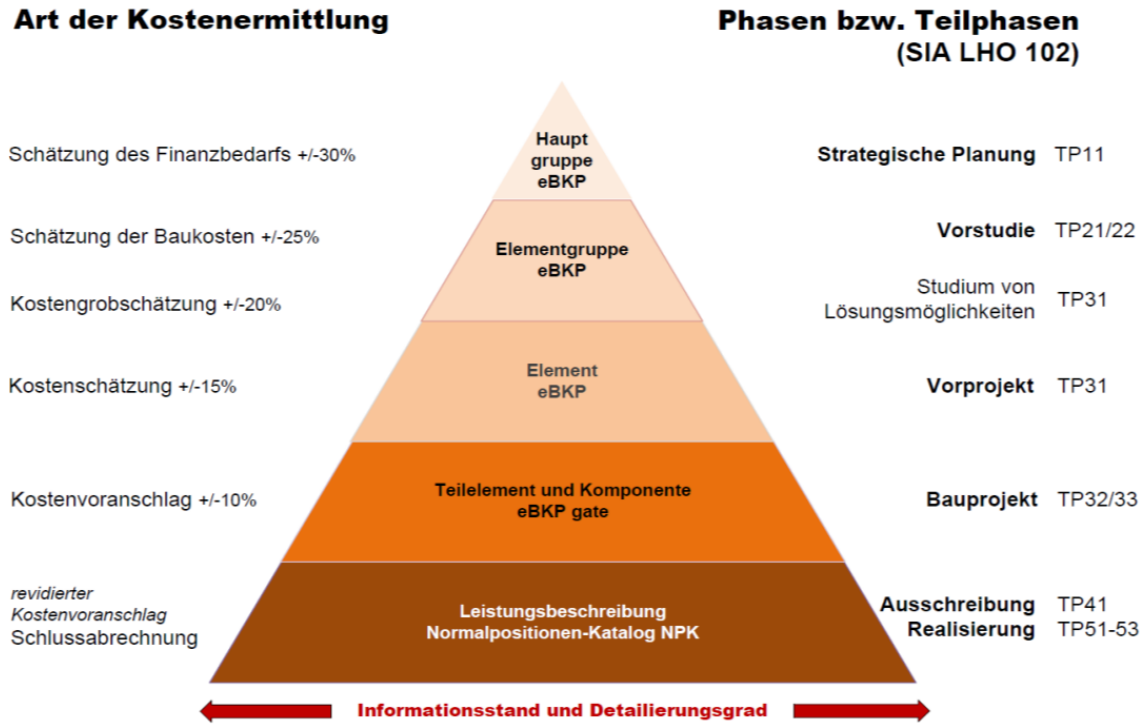


Abbildung 7: Genauigkeitsgrad nach SIA Teilphasen (Zwick, Grundsätze der Bauökonomie, 2023).

1. Schätzung des Finanzbedarfs (Phase Strategische Planung)

In der Phase der strategischen Planung erfolgt die Schätzung des Finanzbedarfs. Diese frühe Phase ist durch einen geringen Informationsstand gekennzeichnet, sodass zumeist nur grobe Schätzungen möglich sind. Es werden in der Regel Ein-Faktoren-Rechnungen verwendet, bei denen Flächen- oder Volumenkennwerte wie Quadratmeter oder Kubikmeter als Basis dienen. Diese Methode bietet eine erste Einschätzung der finanziellen Machbarkeit des Projekts, ist aber weniger genau.

2.Schätzung der Baukosten (Phase Vorstudie)

Während der Phase der Vorstudie wird die Schätzung der Baukosten durchgeführt. Mit detaillierteren Informationen als in der Phase der strategischen Planung können spezifische Projektmerkmale berücksichtigt werden. Auch hier kommen in der Regel noch Ein-Faktoren-Rechnungen zum tragen.

3.Kostengrobschätzung (Phase Vorprojekt)

Mit dem Beginn der Phase Vorprojekt wird auch die Kostengrobschätzung erstellt. Hier kommen Mehr-Faktoren-Rechnungen zum Einsatz, bei denen verschiedene Elementgruppen des Projekts separat in Bezug auf Quantität und Qualität betrachtet werden. Diese genauere Methode erlaubt das Studium von Lösungsmöglichkeiten, da auch die Möglichkeit besteht, mehrere Varianten zu bedienen.

4. Kostenschätzung (Phase Vorprojekt)

Aufbauend auf der Kostengrobschätzung folgt die Kostenschätzung, welche auf einer vorhandenen, detaillierten Planungen basiert. Diese Kostenermittlung erlaubt bereits eine präzise Identifikation der tatsächlichen Kostenverursacher. In dieser Phase wird in die Kalkulation strukturiert nach Elementgruppen durchgeführt.

5. Kostenvoranschlag (Phase Bauprojekt)

Der Kostenvoranschlag bietet eine verlässliche Kostenprognose, die als Grundlage für die Budgetierung und die Kostenkontrolle während der Bauausführung dient. Dank der detaillierten Planung wird der Kostenvoranschlag meist durch Mehr-Faktoren-Rechnungen mit hoher Genauigkeit erstellt. Die Kalkulation strukturiert sich in Teilelemente und Komponente.

6. Schlussabrechnung (Phase Ende Realisierung)

Nach Abschluss des Projekts werden die Abschlusskosten ermittelt. Diese Phase umfasst die finalen Kosten, die während der Bauausführung entstanden sind, und bietet eine Grundlage für die Analyse des Projekts. Anhand der Abrechnung erfolgt die Dokumentation der Projektkosten, um den Projekterfolg zu bewerten und auch wertvolle Erkenntnisse für ähnliche, zukünftige Projekte zu gewinnen.

2.3.2. Begriffsdefintionen der KI

2.3.2.1.Künstliche Intelligenz

Die Definition von KI ist derzeit schwer präzise zu fassen, da eine klare Beschreibung vom Begriff der "Intelligenz" fehlt. Im Allgemeinen kann KI jedoch als ein Teilbereich der Informatik beschrieben werden, der sich mit der Automatisierung intelligenten Verhaltens und maschinellen Lernens befasst.

Betrachtet man die beiden Begriffe separat in ihrer Definition, wird deutlich, dass die Hauptschwierigkeit in der präzisen Bestimmung des Begriffs "Intelligenz" liegt. Mittels der nachfolgenden Schilderung aus dem Lexikon (Duden, Duden.de, 2024) soll dabei der Zusammenhang geschaffen werden.

Definition: Künstlich

Nicht natürlich, sondern mit chemischen und technischen Mitteln nachgebildet, nach einem natürlichen Vorbild angelegt, gefertigt, geschaffen

Definition: Intelligenz

1.Bedeutung: *Fähigkeit [des Menschen], abstrakt und vernünftig zu denken und daraus zweckvolles Handeln abzuleiten.*

2.Bedeutung: *Gesamtheit der Intellektuellen, Schicht der wissenschaftlich Gebildeten.*

3.Bedeutung: *vernunftbegabtes Wesen; intelligentes Lebewesen*

Zusammengenommen beschreibt die KI die Fähigkeit, die mit technischen Mitteln nachgebildet wurde, um abstraktes und vernünftiges Denken sowie zweckvolles Handeln nach einem natürlichen Vorbild (des Menschens) zu ermöglichen.

2.3.2.2.Maschinelles Lernen

Als ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz gehört das Maschninelle Lernen (ML). Es ist als solches die Nachahmung des menschlichen Lernprozesses durch die Eingabe von Daten in mathematische Modelle, welche das System befähigen sollen, anhand dieser Daten Schlussfolgerungen auf eine ähnliche Fragestellung zu ziehen. Das ML basiert dabei auf der Verwendung von verschiedener Algorithmen. Ein Algorithmus beschreibt eine Folge von Anweisungen, die auszuführen sind, um die Eingabe in eine Ausgabe zu transformieren (Alpaydim, 2004).

Der dabei zu erstellende Lösungsweg für einen erfolgreichen Algorithmus, welcher bei einer vorhandenen Aufgabe zu definieren ist, kann dabei eine grosse Hürde in der Programmierung darstellen aufgrund von zunehmender Komplexität. Die Idee des ML ist es, diese Hürde vom System selbst überwältigen zu lassen, indem ein Lernalgorithmus durch die gezielte Vorgabe von Beispieldaten selbst ein passendes mathematisches Modell entwicklet und anhand von diesem das bestgewünschte Ergebnis geliefert wird. Diese gezielte Eingabe von Beispieldaten wird im ML *Training* genannt. Es handelt dabei sich um einen iterativen Prozess, bei dem mathematische

Modelle auf Basis von sogenannten Trainingsdaten erstellt, bewertet und optimiert werden. Die Trainingsdaten bilden einen bereits gelösten Anwendungsfall ab, welcher das System in ein mathematisches Modell speichert und für nachfolgende Aufgabenstellungen anwendet. Mathematische Grundlage dieses Systems bildet die Statistik, da im Prinzip aufgrund von Stichproben Schlussfolgerungen auf ähnlich Fälle gezogen werden. Angewendet auf das mathematische Modell einer Regressionsgeraden gemäss Abbildung 8 wären die einzelnen blauen Datenpunkte Trainingsdaten (x,y) und die Gerade (y=mx+b) als solches der daraus resultierende Algorithmus.

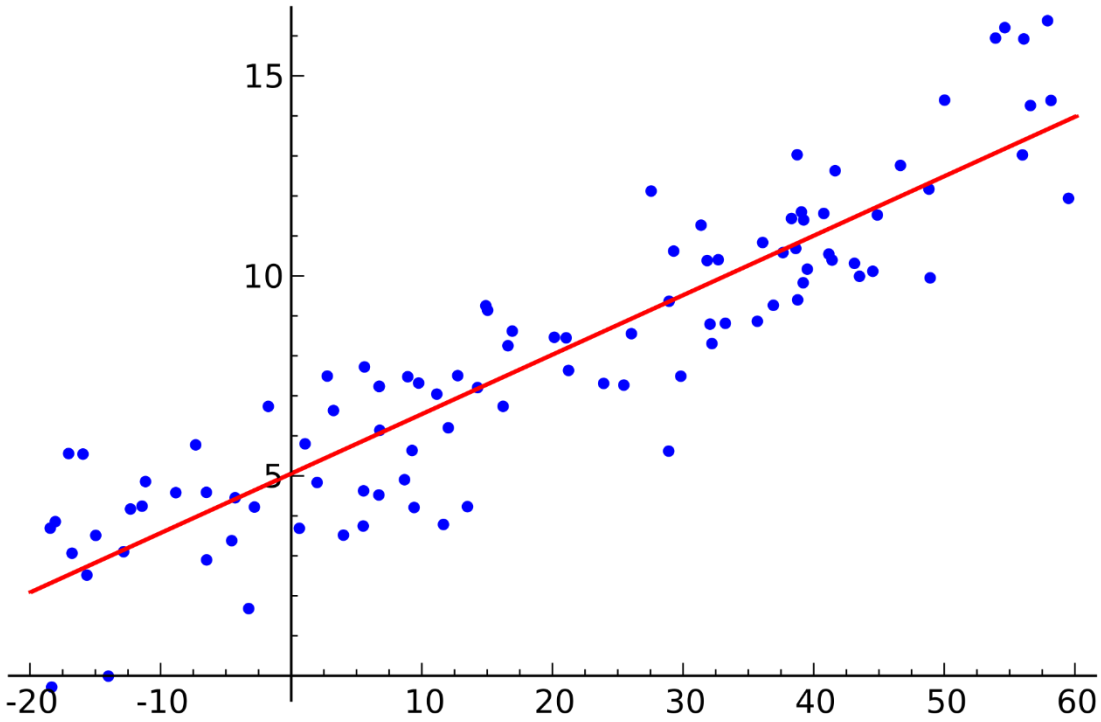


Abbildung 8: Eine Regressionsgerade als ein Beispiel für ein statistisches Modell.

Grundsätzlich lassen sich drei Arten des ML unterscheiden: überwachtes, unüberwachtens und bestärkendes ML. (Russell & Norvig, 2010)

Überwachtes Lernen (Supervised Learning): Das Modell wird mit gekennzeichneten (gelabelten) Daten trainiert, d.h., die Eingabedaten sind mit den entsprechenden Ausgabedaten (Labels) versehen.

Unüberwachtes Lernen (Unsupervised Learning): Hier wird das Modell mit ungekennzeichneten Daten trainiert und soll anhand dieser Muster oder Strukturen erkennen.

Bestärkendes Lernen (Reinforcement Learning): Bei dieser Lernmethode wird angestrebt, eine optimale Strategie für ein spezifisches Problem zu entwickeln. Dabei

wird nicht aufgezeigt, welche Aktion in welcher Situation die beste ist, sondern mittels einer Anreizfunktion dem Algorithmus verdeutlicht, welches Ziel es zu erreichen gilt.

Überwachtes Lernen findet Anwendung in der medizinischen Bildverarbeitung, etwa bei der Erkennung von Tumoren. Hierbei lernt ein Modell anhand von Bildern, die mit „Tumor“ oder „kein Tumor“ beschriftet sind, spezifische Muster zu erkennen, um nach dem Training neue Bilder korrekt zu klassifizieren.

Unüberwachtes Lernen wird beispielsweise im Marketing zur Kundensegmentierung eingesetzt. Ein Algorithmus analysiert Kundendaten, um eigenständig Muster zu erkennen und Kunden in verschiedene Gruppen zu unterteilen, ohne vorher festgelegte Labels pro Kundengruppe zu erhalten.

Ein autonomes Fahrzeug lernt bspw. durch **bestärkendes Lernen**, sicher zu fahren. Es wird belohnt für korrektes Verhalten wie Spurhalten und bestraft für Fehler wie spätes Bremsen. So optimiert es schrittweise seine Fahrstrategie.

Im Folgenden wird detailliert auf das Training mittels **Überwachtes Lernen** im Kontext der Kostenermittlung mit der Software keeValue eingegangen, da die Software auf diesem Konzept basiert.

Nach dem überwachten Lernen wird generell das Modell mittels Testdaten nochmals bewertet, um seine Genauigkeit und Generalisierungsfähigkeit zu überprüfen.

Auf Grundlage der Ergebnisse, die mit den Testdaten erzielt werden, werden die Modelle weiter optimiert, um ihre Leistungsfähigkeit zu steigern.

Input	**Output**	**Applikation**
Sprachaufzeichnung	Sprachaufzeichnung	Spracherkennung
Historische Marktdaten	Zukünftige Marktdaten	Trading Bots
Foto	Beschriftung	Auto. Bildbeschriftung
Medikament-Eigenschaften	Behandlungseffzienz	F&E Pharmabranche
Rezepturdetails	Kundenbewertungen	Essensempfehlungen
Einkaufshistorie	Zukünftiges Kaufverhalten	Kundenbindung
Fahrzeugposition und -tempo	Verkehrsfuss	Intelligente Ampelschaltung
Gesicht	Nase	Gesichtserkennung

Tabelle 1: Anwendungsbeispiele für Supervised Learning (Buxmann & Schmidt, 2021)

Zur Veranschaulichung des Prinzips des überwachten Lernens: Der Algorithmus wird mit einer Reihe von Eingabedaten trainiert, denen entsprechende Ausgabedaten zugeordnet sind. Zum Beispiel könnte die Eingabe eine Audiodatei sein und die Ausgabe ein bestimmtes Wort. In einem anderen Fall könnte die Eingabe eine Datei mit

Softwarecode sein und die Ausgabe "Schadsoftware" lauten. Die allgemeine Anwendbarkeit dieses Prinzips wird in Tabelle 1 dargestellt. (Buxmann & Schmidt, 2021)

2.3.2.3.Kreuzvalidierung

Eine Methode dabei der Überprüfung von Algorithmen dient, ist die sogenannte Kreuzvalidierung. Bei der Kreuzvalidierung wird der Versuch unternommen, „neue Daten“ durch unterschiedliche Ansätze zu simulieren. Eine gängige Methode besteht darin, einen vorhandenen Datensatz in zwei Teile aufzuteilen:

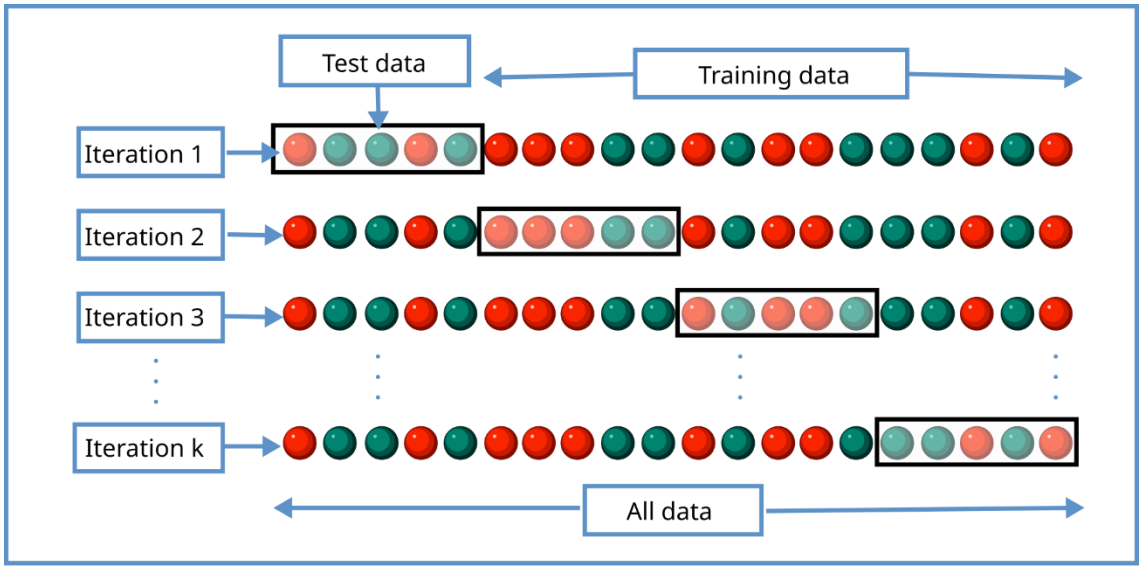


Abbildung 9: Diagramm einer k-fachen Kreuzvalidierung (Wikipedia, 2024)

einen Satz von Trainingsdaten, die genutzt werden, um das Modell zu erstellen, und einen Satz von Testdaten, die dazu dienen, die Vorhersagegenauigkeit des Modells zu beurteilen (Velten, 2014). Die Stufenweise Iteration wird dabei mit der Abbildung 9 beispielhaft illustriert.

Bei einer k-fachen Kreuzvalidierung wird dabei der Datensatz in k gleich grosse Teile aufgeteilt, wo von k-1 Teile als Trainingsdaten und ein einzelner Teil als Testdaten-Satz zur Anwendung kommt (Albers, 2009). Anhand des Grades der Übereinstimmung von geschätzten und tatsächlich beobachteten Werten lässt sich dadurch die Prognosegüte des Modells bestimmen (Wolf, 2009).

2.3.2.4.Bias-Varianz-Dilemma

Eine weitere Methode zur Validierung des dem Modell zugrunde liegenden Algorithmus besteht darin, dessen Übereinstimmung mit den hinterlegten Daten zu überprüfen. Dabei unterscheidet man typischerweise zwischen zwei Arten von Fehlern, die der Algorithmus aufweisen kann: Overfitting und Underfitting.

Overfitting tritt auf, wenn ein Modell zu komplex ist und sich an das Rauschen der Trainingsdaten anpasst, anstatt die zugrunde liegenden Muster zu erkennen. (Kersting & Lampert, 2019) Als Rauschen wird dabei die Menge an Datensätzen genannt, welche zufällige oder irrelevante Variationen enthalten, die nicht repräsentativ für die tatsächliche zugrunde liegende Beziehung sind, die das Modell zu lernen versucht. Lösungen dafür könnten sein, das Modell zu vereinfachen, die Anzahl der Merkmale im Datensatz zu reduzieren, zusätzliche Trainingsdaten zu sammeln oder Regularisierungstechniken anzuwenden, um die Komplexität des Modells zu kontrollieren.

Im Gegensatz dazu tritt Underfitting auf, wenn ein Modell zu einfach ist, um die zugrunde liegende Struktur der Daten zu erfassen, was zu ungenauen Vorhersagen führt. Um Underfitting zu vermeiden, kann ein komplexeres Modell mit mehr Parametern verwendet oder die Beschränkungen im Modell reduziert werden.

In beiden Fällen geht es darum, das richtige Gleichgewicht zwischen Modellkomplexität und Generalisierungsfähigkeit zu finden, um sowohl Overfitting als auch Underfitting zu vermeiden. Diese Problemstellung im ML ist auch Bias-Varianz-Dilemma bekannt und stellt eine zentrale Herausforderung beim Erstellen von Modellen im maschinellen Lernen dar und wird in nachfolgender Abbildung 10 veranschaulicht.

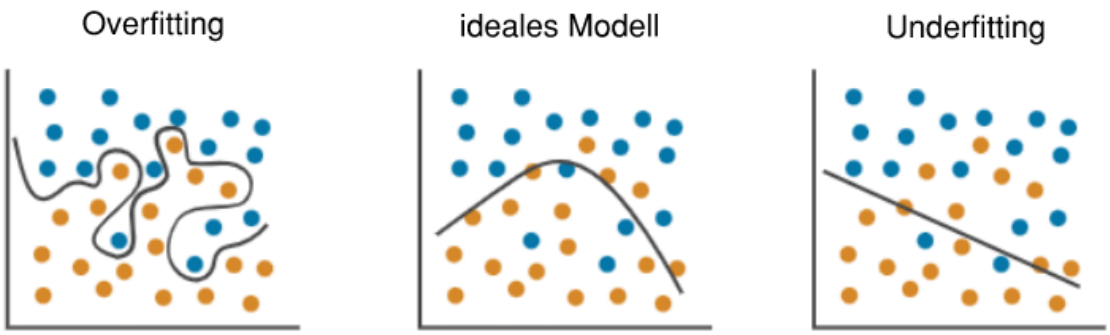


Abbildung 10: Veranschaulichung Overfitting, Underfitting und ideales Modell (mathworks.com, 2024).

2.4. Innovationen im Bereich der Kostenermittlung

2.4.2. Auswahl der Kostenermittlungs-Software keeValue

Im Rahmen meiner Masterarbeit hat sich der Verfasser für die Baukostenermittlungs-Software keeValue entschieden, da sie sich sowohl durch Empfehlungen in den CUREM-Vorlesungen von Herrn Stefan Cadosch (Wettbewerbe und Studienaufträge in der Architektur – Modul 4) und Herrn Peter Zwick (Grundsätze der Bauökonmie – Modul 4) als auch durch eine umfassende Internetrecherche als das führende Tool in Hinblick auf die Nutzung von KI im Bereich der Kostenermittlung erwiesen hat. Diese Software überzeugt durch ihre Benutzerfreundlichkeit, präzise Berechnungsfunktionen und ihre Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Projektanforderungen. Das entwicklende Unternehmen wurde 2014 gegründet und besteht heute aus einem interdisziplinären Team mit Betriebswissenschaftlern, Softwareentwicklern und Machine Learning Spezialisten.[3]

2.4.3. Aufbau und Funktionsweise von keeValue

Wie bereits in Kapitel 3.1.1.2 beschrieben ist der keeValue zu Grunde liegende Algorithmus zur Kalkulationsermittlung ein mathematisches Modell, welches durch das überwachte Lernen trainiert wurde. Dabei dienten 30'792 (keeValue, 2024). abgerechnete Bauprojekte als Trainingsdaten, um ein möglichst breites und detailiertes Spektrum an Objekten einzufangen. Damit es bei den Eingaben zu keinen Fehlern kommt, sind die eingelesenen Daten in Zusammenarbeit mit Architekten überprüft und eingearbeitet worden. Die dabei eingelesenen Daten enthalten kostenrelevante Eigenschaften wie Quantitäts-, Komplexitäts- und Qualitätsmerkmalen

Die Anwendung selbst ist beschränkt auf die Kostenermittlung von der Phase der strategischen Planung (SIA Phase 1) und der dazugehörigen Schätzung des Finanzbedarfs hin zur Phase Vorprojekt (SIA Phase 31) mit der Kostenschätzung. Der Nutzer wird von der Anwendung für die Kalkulation für einen Neubau durch 17 Fragen zum geplanten Projekt geführt, welche sich auf Werte wie den Standort, die Geschossfläche und den Anteil von Gebäudevolumen unter Terrain beziehen.

[3] Siehe Beschreibung gemäss keeValue.ch

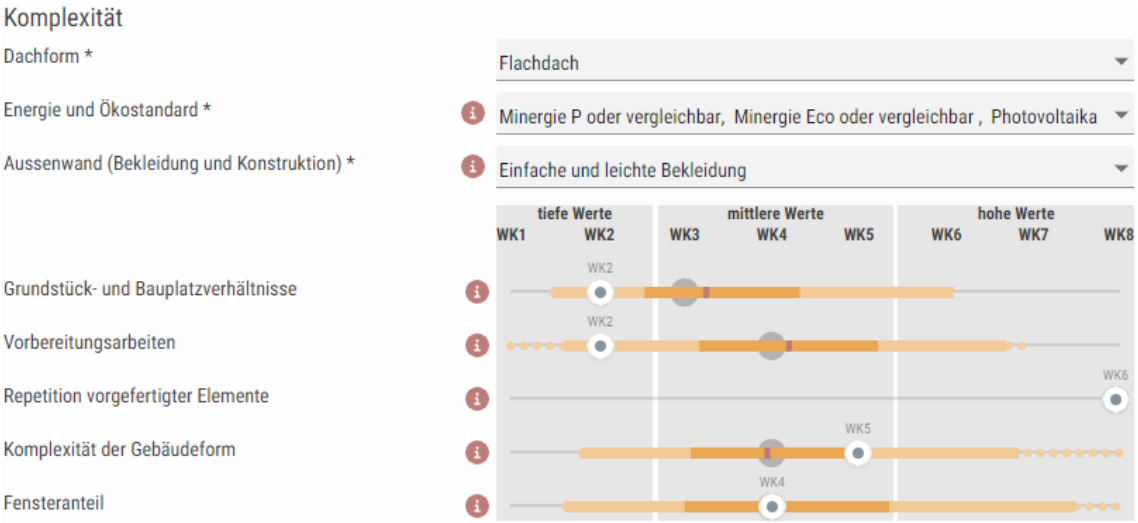


Abbildung 11: Abfrage von Komplexitätsgraden mittels Schiebereglern (keeValue, 2024).

Anhand dieser Informationen analysiert die Software Keevalue allgemeine Muster und Regelmässigkeiten in den Datensätzen, um die Baukosten basierend auf den Objekteigenschaften zu schätzen. Ein typisches Muster könnte beispielsweise zeigen, dass mit zunehmender Geschossfläche (GF) die Gesamterstellungskosten steigen, während der spezifische Kostenkennwert pro CHF/m² GF sinkt (keeValue, 2024).

Dem Nutzer besteht für die Eingabe mittels der Eingabemaske und mithilfe von Schiebereglern, wie sie in Abbildung 11 ersichtlich sind. Durch diese Schieberegler besteht die Möglichkeit, qualitative Aussagen zum Ausbaustandart zu machen. Durch die Einstellung vom Nutzer kann nun das System wiederhin gesamthaft interpretieren und mittels des Algorhitmus ein mathmatisches Modell entwicklen, welches die Näherung der Baukosten wiedergibt. Dabei erreicht keeValue eine Genauigkeiten von Gebäudekosten (BKP 2) im Neubau von 8.61%. (keeValue, 2024)

Das Ziel des Systems ist es, ein Modell zu entwickeln, das nicht einfach die im Datensatz gespeicherten Baukosten reproduziert, wie es bei anderen marktüblichen Lösungen der Fall ist, sondern allgemeingültige und relevante Muster identifiziert, die auch für unbekannte rsp. zukünftige Eingaben anwendbar wäre. Dieses Modell ist in der Lage, zu generalisieren. Zur Überprüfung dieser Generalisierungsfähigkeit nutzt die Unternehmung dabei ein statistisches Testverfahren.

Bei diesem Testverfahren handelt es sich um die in Kapitel 2.3.2.3 beschriebenen Kreuzvalidierung.

3. Anwendung der Kostenermittlung (empirischer Teil)

Im Rahmen dieser Analyse wird eine bestehende Kostenschätzung mit der Kalkulationsmethode von keeValue verglichen. Der empirische Teil der Untersuchung beruht dabei auf der eigenständigen Durchführung der Kalkulation mittels keeValue. Ziel ist es, die spezifischen Vor- und Nachteile beider Ansätze umfassend zu analysieren. Dabei wird sichergestellt, dass beide Methoden unter gleichen Bedingungen und identischer Informationen durchgeführt werden.

3.1 Anwendungfall Projekt Wohnüberbauung Katzenbach, 2. Etappe

Für den Vergleich wurde ein bereits abgeschlossenes und abgerechnetes Wohnbauprojekt als Anwendungsbeispiel ausgewählt, welches in Abb. 12 gezeigt wird. Die Entscheidung fiel auf dieses Projekt, da hier die detailierte Endabrechnung von Seiten der b+p Baurealisation AG für die Erstellungskosten vorlagen (Zwick, Kostenübersicht Wohnüberbauung Katzenbach II, 2015). Dies ermöglicht eine differenzierte Analyse des Projekts mit der jeweiligen Kalkulationsmethode, womit die Genauigkeit und Effizienz der Kostenermittlung bewertet werden kann.

Es wird eine Kostenschätzung durchgeführt (+/- 15%). Als Informationsgrundlage dienen die Projektpläne, der Baubeschrieb nach BKP sowie die nach eBKP-H gegliederte Endabrechnung der Erstellungskosten.[4] Es sind keine Kosten für das Grundstück vorhanden, weshalb nur die Erstellungskosten B-Z betrachtet werden.

Abbildung 12: Aussenansicht der Wohnüberbauung Katzenbach (Frei, 2010)

[4] Siehe hierfür Dokumentation vom Projekt im Anhang.

3.1.1 Kostenschätzung nach dem eBKP-H Verfahren

Die Kostenermittlung nach der konventionellen Methode, basierend auf dem eBKP-H, beginnt mit der detaillierten Analyse der Pläne und der Identifizierung potenzieller Kostentreiber. Sollte kein Ausmass zum Projekt vorhanden sein, müsste dieses erstellt werden, in dem die Flächen ausgemessen werden gemäss SIA 416. Dabei gilt es die Flächen nach Geschossfläche, Gebäudevolumen und Hauptnutzfläche zu differenzieren.

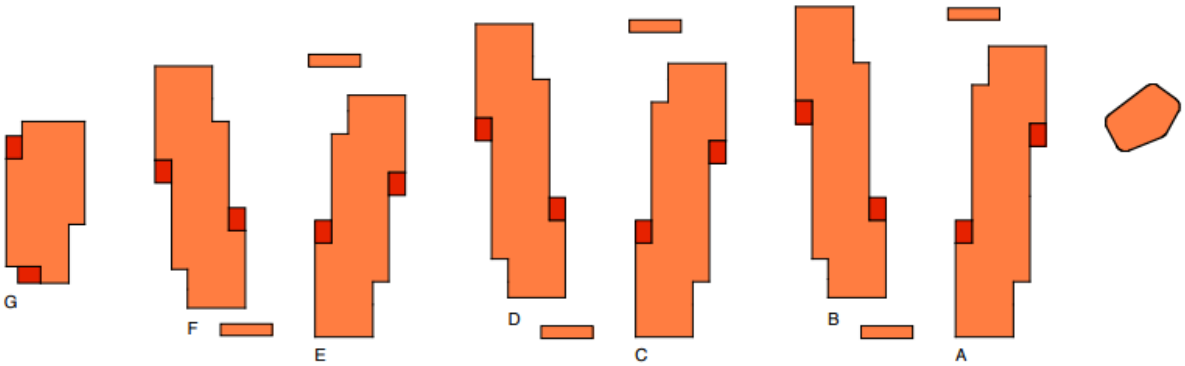


Abbildung 13: Erstellen eines Flächenausmasses der Geschossfläche vom 2.OG.

Nach der Erstellung des Ausmasses, wie es in Abbildung 13 gezeigt wird, werden die relevanten Mengen erfasst, die für die weitere Berechnung von Bedeutung sind. Dazu zählen beispielsweise die Anzahl der Aufzugsanlagen, Anschlusspunkte für Sanitärinstallationen und Laufmeter von Absturzsicherungen. Die in der Tabelle aufgeführten Positionen werden anschliessend mit den ermittelten Mengen versehen und mit den aktuellen, indexierten Preisen aus der Datenbank multipliziert, wie es Abbildung 14 zeigt.

	Bezeichnung	Beschrieb	ME	Menge	Preis	Summe
B	**Vorbereitung**		**m2 GSF**	15'440	**261.6**	
B1	Untersuchung, Aufnahmen	Baugrunduntersuchung, Bestandsaufnahme	m2 GSF	15'440	2.0	30'880
B2	Baustelleneinrichtung	Baustellenzufahrt, Kosten für Energie, Unterkünfte, etc.	m2 GF	25'379	15.0	380'685
B3	Provisorium		m2 GF	25'379	0.0	-
B4	Erschliessung durch Werkleitung	Erschl. durch Leit. ausserh. GST, Grabenaushub. etc.	m2 GSF	15'440	23.0	355'120
B5	Rückbau, Entsorgung Bauwerk	Rodung, Rückbau, Abriss, Schutzmassnahmen	pl	1	750'000.0	750'000
B6	Baugrube	Böschung, Rühlwände, Anker, Wellpoint	m3 VAF	34'069	51.0	1'737'529
B7	Baugrundverbesserung-, /sicherung		m2 BOF	7'743	17.0	131'631
B8	Gerüst	Fassaden- und Arbeitsgerüste	m2 GERF	12'816	51.0	653'616

Abbildung 14: Kostenermittlung nach den Elementgruppen des eBKP-H

Es ist sicherzustellen, dass die verwendeten Preise aktualisiert und an den entsprechenden Index angepasst sind. Darüber hinaus ist es erforderlich, projektbezogene Ausschlüsse klar zu definieren und in einer entsprechenden Liste zu dokumentieren. Sofern Annahmen getroffen wurden, beispielsweise in Bereichen mit unvollständigen oder fehlenden Informationen, müssen diese ebenfalls explizit angegeben werden.

Zusätzlich wird eine Liste der Chancen und Risiken in Bezug auf die Kosten erstellt, um auf mögliche problematische Bereiche wie Baugrund, Altlasten oder möglichen Schäden an Nachbargebäuden hinzuweisen.

Die KS für die Erstellungskosten B-Z für das Projekt Wohnsiedlung Katzenbach belaufen sich gemäss der Kalkukation nach der eBKP-Methode auf CHF 58'501'881.- berechnet nach indexierten Preisen der schweizerischen Baupreisindexierung vom April 2024. Die Kosten beinhalten den Mehrwertsteuersatz in Höhe von 8.1%.

3.1.2 Durchführen der Kostenermittlung mittels KeeValue

Analog der konventionellen Methode beginnt auch für das Kalkulationsverfahren mit der KI-Softwarelösung keeValue die Anwendung mittels eines Studiums der Pläne. Das ermitteln der Flächen mittels eines Ausmass nach SIA 416 ist nur in einem stark reduzierten Umfang notwendig, da die KI lediglich Projektparameter wie die Gebäudefläche (GF) und das Gebäudevolumen (GV) sowie den Anteil unter Terrain hiervon benötigt.

Neu hingegen ist nun jedoch der Schritt das Gebäude hinsichtlich seiner Komplexitäts- und Qualitätsmerkmale einzustellen. Mittels eines detailierten Beschriebes, was welche Wertklasse (WK) bedeutet, kann der Anwender nun anhand der Schiebereglern das Gebäude entsprechend auf seine Eigenschaften klassifizieren, wie sie in Abbildung 15 zu sehen sind.

Abbildung 15: Erklärung der Wertklasse 5 in Gebäudeform.

Der Anwender durchläuft insgesamt 17 Fragen, die das Programm KeeValue für die Baukostenermittlung eines Neubaus benötigt. Dank der detaillierten Erläuterungen und Hinweise in jedem Fenster erfolgt die Dateneingabe schnell und reibungslos. Die Schieberegler sind intuitiv bedienbar und bieten klare Erläuterungen zu den jeweiligen Optionen. Nach Einstellung der Schiebereglern ermöglicht das Tool auch die

Berücksichtigung von Handeinträgen für projektspezifische Reserven, die durch Chancen und Risiken entstehen können.

Kostenschätzung

Gliederung nach BKP	exkl. MWST	inkl. MWST	Anteile	Kennwerte	Kostenverteilung
1 Vorbereitungsarbeiten	**2'920'444.-**	**3'157'000.-**	**5.4%**	**124.- CHF/m² GF**	
2 Gebäude	**48'017'576.-**	**51'907'000.-**	100.0% **88.9%**	**2'045.- CHF/m² GF**	
20 Baugrube	970'398.-	1'049'000.-	2.0%	41.- CHF/m² GF	
21 Rohbau 1	12'527'290.-	13'542'000.-	26.1%	534.- CHF/m² GF	
22 Rohbau 2	8'463'460.-	9'149'000.-	17.6%	360.- CHF/m² GF	
23 Elektroanlagen	2'043'478.-	2'209'000.-	4.3%	87.- CHF/m² GF	
24 HLK- Anlagen	2'868'640.-	3'101'000.-	6.0%	122.- CHF/m² GF	
25 Sanitäranlagen	3'452'359.-	3'732'000.-	7.2%	147.- CHF/m² GF	
26 Transportanlagen	42'553.-	46'000.-	0.1%	2.- CHF/m² GF	
27 Ausbau 1	5'277'521.-	5'705'000.-	11.0%	225.- CHF/m² GF	
28 Ausbau 2	4'964'847.-	5'367'000.-	10.3%	211.- CHF/m² GF	
29 Honorare	7'407'031.-	8'007'000.-	15.4%	315.- CHF/m² GF	
4 Umgebung	**756'707.-**	**818'000.-**	**1.4%**	**74.- CHF/m² BUF**	
5 Baunebenkosten	**2'345'051.-**	**2'535'000.-**	**4.3%**	**100.- CHF/m² GF**	
6 Reserve	**0.-**	**0.-**	**0.0%**	**0.- CHF/m² GF**	
Reserve					
Erstellungskosten CHF	**54'039'778.-**	**58'417'000.-**	**100.0%**	**2'302.- CHF/m² GF**	

Tabelle 2: Ergebnis der Kostenschätzung verteilt nach BKP gemäss keeValue.

Die Erstellungskosten für das Projekt vom Projekt Obermatte Buchs belaufen sich nach Kalkulation mit KI auf CHF 58'417'000.-(inkl. 8.1% MwSt.) , Stand 07.09.2024.

3.2 Vergleich und Fazit

Gemäss der Endkostenabrechnung belaufen sich die Anlagekosten B-Z auf CHF 49'336'474.- inkl. MwSt. von 8.0% gemäss Stand vom 18.09.2015. Indexiert auf den Zürcher Wohnbaukostenindex vom 01.04.2010 ergeben sich somit die Kosten von CHF 48'847'994.-.

Nun vergleichen wir diesen Wert mit den jeweiligen Berechnungen, welche vorgängig ebenfalls auf indexiert werden auf den Zürcher Wohnbaukostenindex vom 01.04.2010 gemäss den Angaben aus der Tabelle 2:

Kostenschätzung konventionell nach eBKP-H, indexiert:	CHF 51'093'345.-
Prozentuale Gesamtabweichung:	+4.59%
Kostenschätzung keeValue, indexiert:	CHF 51'019'213.-
Prozentuale Gesamtabweichung:	+4.44%

Die Kalkulationen nach eBKP-H und keeValue zeigen weitgehende Übereinstimmungen. Zwar werden die gesamten Erstellungskosten mittels des Wohnbaukostenindex auf eine vergleichbare Basis gestellt, jedoch fehlt in der KI-Anwendung eine klare Nachvollziehbarkeit der Preisindexentwicklung für die einzelnen, detailierten Elementgruppen.

Zürcher Index der Wohnbaukosten

Jahr	Basis 01.04.2010 = 100.0
2015	101.0
2020	100.2
2021	101.4
2022	108.2
2023	114.2
2024	114.5

Tabelle 3: Entwicklung Wohnbaukostenindex ZH gemäss bfs (Bundesamt für Statistik, 2024).

In der konventionellen Methode können zudem aufkommende Fragen zu den berechneten Werten eindeutig beantwortet werden, da jede Zahl rsp. Preis manuell eingegeben und geprüft wird. Im Gegensatz dazu ist es bei der Anwendung von keeValue für den Ersteller nicht immer ersichtlich, welche Berechnungen im Detail vorgenommen wurden. Dies erschwert es, Rückfragen von Seiten der Bauherrschaft oder des Architekten präzise zu beantworten, was potenziell zu Missverständnissen und Unzufriedenheit führen könnte.

Für die Kostenschätzung liegen bereits detailliertere Projektdaten vor, die von der Software nicht vollständig berücksichtigt werden können. Zwar ermöglichen die Schieberegler die Festlegung allgemeiner Prämissen, jedoch bleiben kostentreibende Details auf Elementgruppen-Ebene unberücksichtigt. So liefert der Baubeschrieb beispielsweise Erläuterungen zum Umfang der Sichtbetonarbeiten, was einen erheblichen Einfluss auf die Konstruktionskosten hat. Dieser Faktor wird in der Kostenermittlung mit keeValue jedoch nicht direkt abgebildet.

Ein klarer Vorteil von keeValue ist jedoch die kurze Zeit, die für die Kostenermittlung benötigt wird. Durch die fokussierte Abfrage der wesentlichen Informationen für die Neubaukalkulation erhält der Anwender schnell Ergebnisse, die innerhalb des definierten Genauigkeitsbereichs liegen.

4. Expertenbefragung im Bereich der Kostenermittlung

4.1 Methodik

4.1.1 Grounded Research Theory

Der Forschungsprozess beruht auf dem sozialwissenschaftlichen Ansatz der Grounded Research Theory (GRT), welche im nachfolgenden Teil schrittweise beschrieben wird in Bezugnahme auf die vorhandene Fragestellung dieser Arbeit. Aufgrund der relativ neuen Entwicklungen im Bereich der KI wurde ein induktive Forschungsmethode ausgewählt, um aus den erhobenen Daten eine möglichst praxisbezogene Theorie zu entwicklen. Der Prozess der Datenerhebung, Analyse und Theoriebildung ist in dieser gewählte Forschungsmethode nicht linear, sondern eng miteinander verwoben und erfolgt in einem zirkulären Forschungsprozess, wie es in Abbildung 16 dargestellt wird.

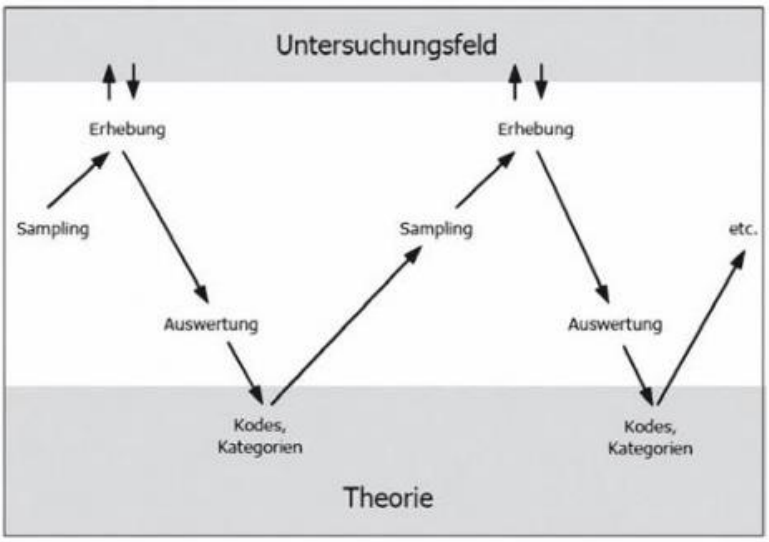


Abbildung 16: Iterativer Forschungsprozess der GRT (Strauss, Legewie, Corbin, & Niewarra, 1990).

4.1.2 Datenerhebung

Dank der langjährigen Berufserfahrung und der Mitgliedschaft im maneco – dem Fachverein für Management und Ökonomie im Bauwesen - von Herrn Peter Zwick, konnte der Verfasser auf ein breites Beziehungsnetzwerk im Bereich der Kostenermittlung zurückgreifen. Dabei wurden die Befragten anhand Ihres Erfahrungsschatzes und Ihrer Fähigkeiten in der Kalkualtion von Baukosten ausgewählt. Anschliessend wurde einzeln der Kontakt schriftlich mit den Kanditaten aufgenommen und damit gleichzeitig auch der Befragte über das konkrete Forschungsvorhaben informiert. Die Fragestellung bezgl. der Gegenüberstellung von konventionellen Baukostenberechnungen und KI-gestützten Anwendungen wurde

dabei erwähnt, jedoch nicht im Detail erläutert. Dies um auch im Rahmen der GRT ein grosstmögliches Spektrum in der Fragestellung zum genannten Thema behandeln zu können (Strauss, Legewie, Corbin, & Niewarra, 1990). Anhand der beschriebenen Vorgehensweise konnte schlussendlich ein ausgewählter Kreis von 5 Experten aus dem Bereich der Kostenermittlung für die Befragung akquiriet werden.

In Rücksprache mit den befragten Experten aus der Baukostenermittlung dürfen diese, bis auf einen, mit Namen in der Masterarbeit erwähnt werden. Folgende Experten haben sich für das Interview zur Verfügung gestellt:

Herr Bruno Wegmüller, Bauökonom AEC und Geschäftsführer

exact Kostenplanung AG, Hauptstrasse 21, 3076 Worb

Herr Peter Frischknecht, Bauökonom AEC

Fuhr Buser Partner BauOekonomie AG, Stampfenbachstrasse 59, 8006 Zürich

Herr Reto Schoch, Dipl. Architekt HTL und Mitglied der Geschäftsleitung

Büro für Bauökonomie AG; Mattenhof 14, 6010 Kriens

Anonymer Experte Leiter Bauökonomie

Zusätzlich wurde auch ein Experte aus dem Bereich der Kostenermittlung mittels KI-basierter Software interviewt:

Herr Stefan Cadosch, Architekt und Geschäftsführer

keeValue AG, Badenerstrasse 13, 5200 Brugg

Alle Befragten wirken aktiv mit in der Ermittlung von Baukosten und sind über die Prozesse sowie Innovationen, welche in Ihrer Unternehmung bzgl. Des Prozesses der Kostenermittlung stattfinden, informiert. Bei den Firmen, in denen die Experten in einem Anstellungsverhältniss stehen, handelt es sich um kleine bis mittelgrosse Unternehmen (KMU) mit Sitz im deutschschweizerischen Sprachraum.

Der Fragenkatalog[5], welcher zur Befragung an die Experten herzugezogen wurde, ist gemeinsam mit dem Betreuer iterativ in mehreren Schritten und Absprachen entwickelt worden. Dabei wurde mit jeder Frage, sich die wohl zu erwartende Antwort vorgestellt und in Hinblick auf die Nützlichkeit zur übergeordneten Themenstellung hinterfragt. Der Fragenkatalog als solches wurde 2 Wochen vor Interviewtermin den Befragten zur Vorbereitung übermittelt.

[5] Siehe Anhang 6 "Fragenkatalog zum Experteninterview".

Das Interview selbst wurde teils online, teils vor Ort mittels 1-stündigen Meetings abgehalten. Aufgrund der bereits zugestellten Fragen war die Durchführung der Interviews gesamthaft sehr flüssig und es bestand sogar die Möglichkeit auch in sehr ausgefallene Beispiele aus der Kostenkalkulation detailierter einzutauchen. Durch den reichen Erfahrungsschatz der Befragten im Bereich der Kostenermittlung konnte die Herleitung der erwähnten Fälle in der Kostenermittlung präzise und fundiert erfolgen.

Basierend auf der bereits vorgegebenen Fragestellung war dem Verfasser die thematische Ausrichtung des Gesprächs bewusst. Es zeigte sich jedoch, dass die Gesprächspartner eigenständig und aus eigenem Antrieb ausführlichere Darstellungen zu bestimmten Themenfeldern lieferten, ohne dass eine gezielte Lenkung des Gesprächs dorthin erforderlich war. Die nachfolgende Datenanalyse wird sich mit den Themen dieser selbstgewählten Vertiefung der Befragten auseinandersetzen und darauf aufbauend versuchen eine Theorie zu formulieren.

4.1.3 Datenanalyse

Die Datenanalyse gemäss GRT begann mit einem offenen Kodierverfahren, in welchem die transkribierten Texte sorgsam durchgelesenen und auf wiederholt vorkommende Themenresorts markiert, sowie anschliessend kategorisiert wurden. (Strauss, Legewie, Corbin, & Niewarra, 1990)

Basierend auf den erhobenen Antworten kristallisierten sich die folgenden neun Kategorien heraus. Diese wurden von allen Experten während der Interviews im freien Gesprächsfluss ausführlich erörtert und sind in Abbildung 17 dargestellt.:

Abbildung 17: Kategorien aus dem offenen Kodierverfahren (OpenAI, 2024)

Durch den Prozess der axialen Kodierung, der sich durch einen iterativen Vergleichsprozess entwickelt, entstehen zwei bis drei zentrale Kategorien, die für den Forschungsgegenstand von entscheidender Bedeutung sind. Diese werden als Kerngategorien bezeichnet. (Strauss, Legewie, Corbin, & Niewarra, 1990)

Durch die Analyse der gegebenen Antworten und den interdisziplinären Vergleich der neun Kategorien lassen sich für den Verfasser drei zentrale Kernkategorien ableiten, die in der nachfolgenden Abbildung 18 verdeutlicht werden:

Abbildung 18: Ergebnis der axialen Kodierung. (OpenAI, 2024)

4.2 Auswertung der Ergebnisse

Gestützt auf den drei entwickelten Kernkategorien aus der Datenanalyse, wird im nachfolgenden Abschnitt, nun auf die Aussagen der Experten aus den Interviews im Detail eingegangen.

4.2.1 Effizienz und Genauigkeit der Kostenermittlung

Zentrale Aussagen aus den Experteninterviews befassen sich mit der Effizienz und Genauigkeit von Kostenermittlungen. Als Effizienz wird dabei das Verhältnis vom Aufwand des Kostenermittlers zum Bauvolumen des geplanten Vorhabens gesetzt. Mit steigenden Aufwand der Kostenermittlung, zu gleich bleibenden Baukosten, sinkt somit die Effizienz. Dieses Verhältnis ergibt sich aus den Vorgaben der SIA 102, in der sich das Honorar der Kostenplaner nach der Höhe von den Baukosten richtet.

Die gründliche Prüfung der Unterlagen zur Erstellung einer Kostenermittlung führt zu der einhelligen Auffassung der Experten, dass ein gewisser Grundaufwand unvermeidlich ist, wodurch sich kleinere Projekte weniger bis gar nicht für die Bearbeitung durch einen Kostenermittler eignen.

Zudem scheint sich die Effizienz mit zunehmender Komplexität des Projekts drastisch zu verringern, da Spezialfälle in Ihrer Ermittlung gesonderter und hoher Aufmerksamkeit bedürfen, womit die vom Kostenermittler zu erbringende Leistung im Verhältnis zu den Baukosten der geplanten Massnahme erheblich steigt.

Ein Beispiel hierfür ist der Fall von Herrn Reto Schoch, bei dem die Kalkulation der Winterbaumassnahmen an der Titlis-Bahn einen erheblichen Aufwand in der Konzeption und Logistik erfordert haben, welche in einem eher geringen Verhältnis zu den dabei entstandenen Baukosten der geplanten Massnahmen stehen.

Um in solchen Situationen keinen Nachteil für den Kostenplaner zu erwirken, der sich aus der SIA-Norm und der kalkulierten Basis der geplanten Baukosten berechnet, sind spezifische Ansätze zur Ermittlung der Vergütung erforderlich. Beispielhaft könnte die gesondert zu kalkulierende Postion ausgeklammert und nach Aufwand berechnet werden.

Die Genauigkeit der Kosten hingegen beschreibt die Übereinstimmung der getroffenen Annahme zum bestimmten Projektstand mit dem dazugehörigen Planungs- und Informationsstand. Da sich die Planungs- und Informationsstände mit den Phasen nach SIA 112 stetig erhöhen, sind auch die Kostengenauigkeiten entsprechend mit

nachzuführen. Vorgängige, vom Auftraggeber gewünschte Erhöhungen vom Genauigkeitsgrad ggü. Projektstand, entsprechen somit einer der nächsten Phase vorgezogenen Grundleistung.[6] Eine strikte Teilung von Leistungen pro Phase ist in der Praxis nur schwer konsequent umsetzbar.

Der Kostenplaner trägt letztlich die Verantwortung für die Genauigkeit der Kostenermittlungen und ist verpflichtet, die vorgegebenen maximalen prozentualen Abweichungen nach der Norm SIA 102 strikt einzuhalten. Diese Verantwortung erfordert die kontinuierliche Aktualisierung der internen Kostendatenbank, die als zentrales Instrument für die Kostenermittlung dient. Eine Abnahme der Aktualität der Datenbank führt zwangsläufig zu einer geringeren Genauigkeit der ermittelten Kosten. Daher gehört die Pflege und Aktualisierung dieser Daten zu den wichtigsten Aufgaben in der Rolle des Kostenplaners.

Im Gespräch mit den Experten zeigte sich, dass jedes der Unternehmen über eine eigene, interne Kostendatenbank verfügt, die kontinuierlich aktualisiert wird.

4.2.2 Umgang mit Unsicherheiten und Änderungen

Schlüsselaussagen aus den Experteninterviews konzentrierten sich auch auf den Umgang mit Unsicherheiten und Änderungen im Zeitraum der Kalkulationsberechnung. Grundsätzlich stehen dabei im Kalkulationsprozess nach SIA 115 dem Anwender zwei Verfahren zur Verfügung um einzelne Positionen, welche nicht berechnet werden können aufgrund mangelnder Informationen zu behandeln. Einerseits besteht die Möglichkeit, fundierte Kostenannahmen zu treffen. Andererseits kann eine umfassende Chancen-Risiken-Analyse durchgeführt werden, um potenzielle Risiken systematisch zu bewerten und abzuwägen.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, bestimmte Kostenverursacher aufgrund fehlender Informationen aus der Kalkulation auszuklammern. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um Leistungen des Bauherrn oder um Kosten, die durch juristische Einsprüche im Zusammenhang mit dem Bauvorhaben entstehen könnten, welche somit unberücksichtigt bleiben.

Laut Aussage von Herrn Bruno Wegmüller führt der iterative Prozess der Kostenermittlung zur Entwicklung von Kosten und teilweise auch von Lösungen, die in dieser Form bisher noch nie kalkuliert wurden. So hatte die exact Kostenplanung AG

[6] Gemäss SIA 115, 2022

beispielsweise die Aufgabe erhalten, für das UEFA-Gebäude eine konkave Glaswand zu kalkulieren, für die es keine vergleichbaren Erfahrungswerte gab. Durch die logische Ableitung ähnlicher Lösungen konnte eine Interpolation auf die konkave Wand vorgenommen werden. Auch Rücksprachen mit ausführenden Unternehmen konnten dabei helfen, die zu veranschlagenden Kosten für dieses Vorhaben zu verifizieren. Anhand dieses Beispiels lässt sich erkennen, dass sich Pauschallösungen nur schwer auf massgeschneiderte Handwerksarbeiten eines Bauwerks anwenden lassen.

Weiter ist es wichtig, dass für den Anwender ein definierter Zeitpunkt vom Projektstand vorhanden ist, anhand welcher sich die Kalkulationsgrundlage gründet. Aufgrund dem sich entwickelnden Projektdetailierungsgrad gilt es diesen mit den stakeholdern zu fixieren. Änderungen nach diesem "Plan-Freeze" sind entweder durch die minutiöse Auflistung festzuhalten und nachträglich einzubauen oder mittels einer komplett neuen Kalkulation einzugliedern.

Auch in diesem Fall ist es entscheidend, eine Einigung mit dem Auftraggeber bezüglich des zusätzlichen Aufwands seitens des Kostenplaners und der entsprechenden Vergütung zu erzielen, da andernfalls eine Nachteil zu Lasten der Kalkulatoren entsteht.

4.2.3 Integration von Künstlicher Intelligenz

Durch bereits heute vorhandene, technische Hürden im Datenaustausch und den eigentlich definierten Schnittstellen von BIM-Projekten zwischen einzelner Softwareanwendungen nach dem Industry Foundation Classes (IFC) stellt sich die Frage, wie eine universell-kompatible Anwendung von KI aussehen soll. So bemängelt Herr Peter Frischknecht, dass die heutigen IFC-Standarts, aufgrund der eben verschieden vorhandener Software von Stakeholdern, fehleranfällig sind und zu Komplikationen führen, welche in einer mühevollen Nachprüfung der einzelnen Ausgaben beim Empfänger enden.

Kostenkalkulatoren sehen sich heute damit konfrontiert, übertragene Daten sorgfältig zu prüfen und zu kontrollieren. Dies weil aufgrund des interdisziplinären Datenaustauschses, fehlerhafte Summenbildungen und andere Funktionsfehler auftreten die durch mangelndes Verständnis oder fehlender Sorgfalt vom Daten-Zulieferer entstehen. In diesem Zusammenhang übernimmt der Kostenplaner die Verantwortung für die ihm übermittelten Unterlagen. Er muss sicherstellen, dass die von den Planern kumulierten Flächenangaben korrekt den entsprechenden Spezifikationen zugewiesen sind.

Angesichts der zunehmenden Bedeutung von KI-Software stellt sich somit vermehrt die Frage, wie die Daten einer KI-Anwendung auch effektiv überprüft werden können. Dabei gilt es sicherzustellen, dass sowohl der eingesetzte Lernalgorithmus als auch die zugrundeliegenden Daten den Anforderungen an Korrektheit und Aktualität vollständig entsprechen.

Der menschliche Faktor bei der Überprüfung der einzugebenden Daten bleibt somit unverzichtbar. Dabei ist es essenziell, dass der Anwender zum einen ein tiefgehendes Verständnis für die Mechanismen von Flächendaten und deren korrekten Zuordnung besitzt, sowie nachvollziehen kann, wie die KI-gestützte Software funktioniert, da ansonsten die beiden Systeme nicht überprüft werden können.

Darüber hinaus stösst der Einsatz von KI-gestützten Anwendungen in der Kostenkalkulation auf eine gewisse Skepsis seitens der Experten, was bereits in der Anfangsphase der Integration von KI eine signifikante Hürde darstellt.

Obwohl einige der Experten bereits Erfahrung mit der Nutzung von keeValue haben, erkennen sie den Hauptnutzen dieses Tools vor allem in den frühen Phasen der strategischen Planung, wo es dazu dient, Varianten anhand begrenzter Informationen effizient zu kalkulieren.

Neben der Überzeugung des Kalkulators ist es essenziell, das Vertrauen der Kunden bzw. Endnutzer in ein KI-gestütztes System durch verlässliche und nachvollziehbare Ergebnisse zu gewinnen. Diese Ergebnisse müssen vom Anwender verständlich erklärt und vom Auftraggeber nachvollzogen werden können. Die Rolle des Kostenplaners als solches ist bereits heute grösstenteils nicht nur die berechnende Komponente, sondern hat auch mit der Vermittlung von Wissen an Stakeholdern zu tun.

Fehlfunktionen oder falsche Ergebnisse bei der Ermittlung von Baukosten können beim Kunden zu finanziellen Schäden führen. Soll sich die KI gegen ein bewährtes System durchsetzen, so gilt es in der Initialphase darum, gerade eben einen zuverlässigen Beweis für Effzienzsteigerung und Genauigkeit zu schaffen mittels einfach zu erstellenden und soliden Ergebnissen aus der Kostenkalkulation, welche auch erklärbar sind und nachvollzogen werden können. Andernfalls erschliesst sich dem Anwender sowie Kunden kein Vorteil aus dem Wechsel weg von konventionellen Methoden hin zu KI-gestützter Software.

Würden wir dieses Hinderniss jedoch sogar dieses Hinderniss ausklammern, entsteht dann jedoch die Gefahr, dass die Anwendung eine Kostenberechnung durch die KI so stark vereinfacht wird, dass im Prinzip jeder Baukosten ermitteln kann. Dass aber eine menschliche Endprüfung durch eine geschulte Person der Daten stattfinden muss, sind sich die Experten einig. Daraus ergibt sich das Risiko, dass unverifizierte Ergebnisse in falsche Hände gelangen und dadurch schwerwiegende Folgen nach sich ziehen. Die Verantwortungsfrage ist und bleibt somit beim Anwender und setzt die Kenntnis sowie Erfahrung über den Mechanismus von Baukostenkalkulationen voraus.

Die Funktion des Kostenermittlers durch den Einsatz von KI wird somit in Zukunft nicht obsolet, sondern verlagert sich vielmehr in Richtung der Verifikation von Daten und Ergebnissen.

Die genannten Hürden sind bei der Integration von KI in der Kostenermittlung zu meistern. Im Kapitel **6.1 Handlungsempfehlungen** versucht der Verfasser durch seine eigene Meinung einen Lösungsansatz zu beschreiben, welcher zu einer erfolgreichen und nachhaltigen Implementation der KI führen könnte.

4.3 Theorieentwicklung

Aus den Aussagen der Experten in der Kostenermittlung wird im nachfolgenden Kapitel nun versucht eine Theorie zu entwicklen, welche die Forschungsfrage hinsichtlich der Potenziale und der Grenzen von KI Anwendungen in der Kostenermittlung beantworten soll.

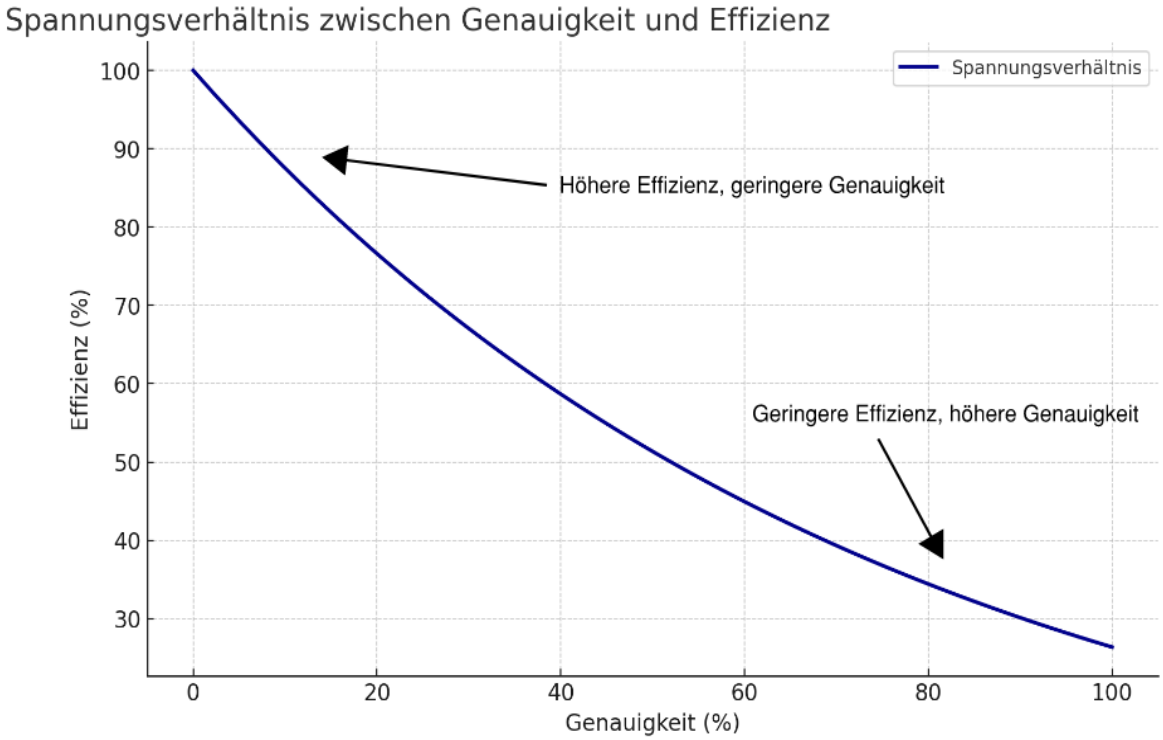


Abbildung 19: Annahme Spannungsverhältnis zwischen Genaugikeit zu Effizienz. (OpenAI, 2024)

So entsteht die Idee einer **„Theorie zur Dynamik von Kostenermittlung und Technologieintegration in komplexen Bauprojekten“**. Diese Theorie stützt sich auf die Beobachtung, dass die Effizienz und Genauigkeit bei der Baukostenkalkulation in einem dynamischen Spannungsverhältnis zueinander stehen und wird in Abbildung 19 dargestellt.[7]

Dieses Verhältnis wird durch projektbedingte Unsicherheiten und die zunehmende Integration von KI beeinflusst, womit eine Transformation der Rolle des Kostenplaners nach sich gezogen wird. Der Kostenplaner entwickelt sich somit zu einem hybriden Akteur, der traditionelle Methoden mit modernen Technologien kombinieren muss, um den Herausforderungen zeitgenössischer Bauprojekte und den heutigen Ansprüchen an die Wirtschaftlichkeit gerecht zu werden.

[7] Schematische Darstellung nach Schätzung des Verfassers.

Desweiteren postuliert die Theorie, dass Effizienz und Genauigkeit interdependente Grössen sind, die jedoch oft im Widerspruch zueinander stehen. Höhere Genauigkeit kann durch detaillierte Prüfungen und Anpassungen erreicht werden, was allerdings häufig zu einem höheren Aufwand und damit zu einer geringeren wirtschaftlichen Effizienz des Kostenplaners führt. Besonders in kleineren, spezialisierten Projekten wird die Effizienz unverhältnismässig stark beeinträchtigt, da der Aufwand für die Abklärungen der Kostenermittlung, welche für eine entsprechende Genauigkeit nötig ist, im Verhältnis zu den tatsächlichen anfallenden Baukosten überproportional ansteigt.

Ein weiterer Aspekt der Theorie ist der Umgang mit Unsicherheiten und Änderungen im Projektverlauf, welche die Effizienz Kostenermittlung erheblich beeinflüssen können. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, sind flexible Ansätze erforderlich, die eine schnelle Anpassung der Kalkulation an neue Informationen und veränderte Bedingungen ermöglichen. Durch die Implementierung detaillierter Parametereingaben in die KI-gestützte Anwendung können dadurch erhebliche Zeitersparnisse erzielt werden. Gerade in frühen Phasen ist dies sehr hilfreich.

KI hat das Potenzial, die Effizienz tatsächlich drastisch zu steigern, indem sie grosse Datenmengen verarbeitet und komplexe Kalkulationen automatisiert und dadurch schnell Ergbnisse liefert. Der Zeitaufwand, welcher dabei vom Kostenplaner mittels konventioneller Kalkulation entgegensteht ist weit aus höher und bei gleich genauem Resultat, weniger effizient wie es Abb. 20 verdeutlicht.

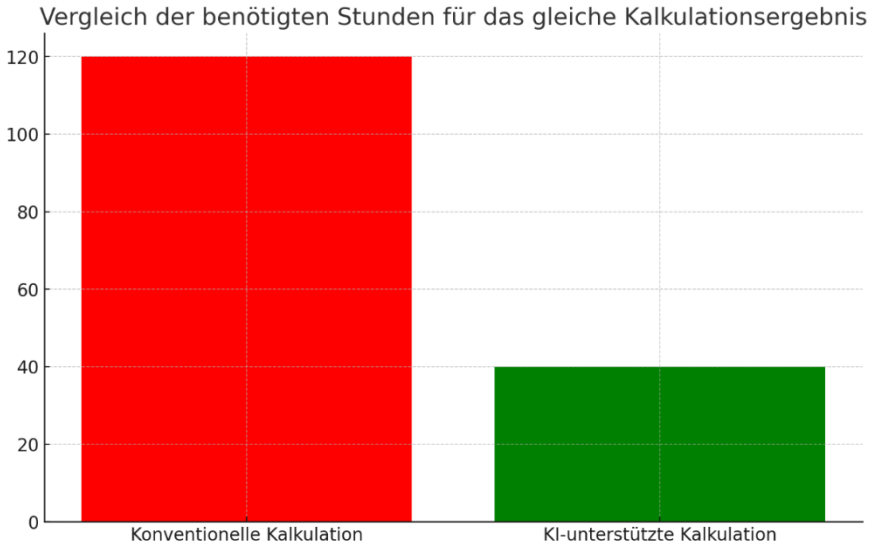


Abbildung 20: Stundenaufwandsschätzung der Kalkulation.[8] (OpenAI, 2024)

[8] Geschätzter Zeitaufwand nach Durchführung beider Kalkulationsmethoden.

Allerdings bleibt die Notwendigkeit einer gründlichen Überprüfung und Validierung der KI-Ergebnisse durch den menschlichen Kostenplaner bestehen, um Fehler zu vermeiden und die Genauigkeit zu validieren. Dieser zusätzliche Aufwand muss im Kalkül hinsichtlich der Effizienz der KI gerade in der Initalphase der Innovation mit berücksichtigt werden, sollte jedoch in der Summe dennoch verhältnismässig weniger Zeit beanspruchen als die Kalkulation mittels einer konventionellen Kalkulation.

Dadurch verschiebt sich die Rolle des Kostenplaners in frühen Phasen im Bereich der Kalkulation weg von der Berechnung, hin zur Überprüfung und Validierung der durch KI generierten Daten. Diese Entwicklung erfordert neue Kompetenzen und ein tiefes Verständnis sowohl der traditionellen Baukostenkalkulation als auch der Funktionsweise von KI-Systemen.

Die Theorie betont schliesslich die Wechselwirkung der verschiedenen Elemente. Eine gut integrierte KI, kombiniert mit einem durchdachten Umgang mit Unsicherheiten, kann dazu beitragen, das Spannungsverhältnis zwischen Effizienz und Genauigkeit optimal auszubalancieren. Denkbar wär der Ansatz die Arbeiten nach dem Pareto-Prinizp zu modellieren und mit 20% vom Aufwand bereits 80% der Ergebnisse zu erzielen wie es Abbildung 21 darstellt. Dies würde den heutigen Ansprüchen an die Wirtschaftlichkeit gerecht werden und der Branche einen deutlichen Innovationsschub geben.

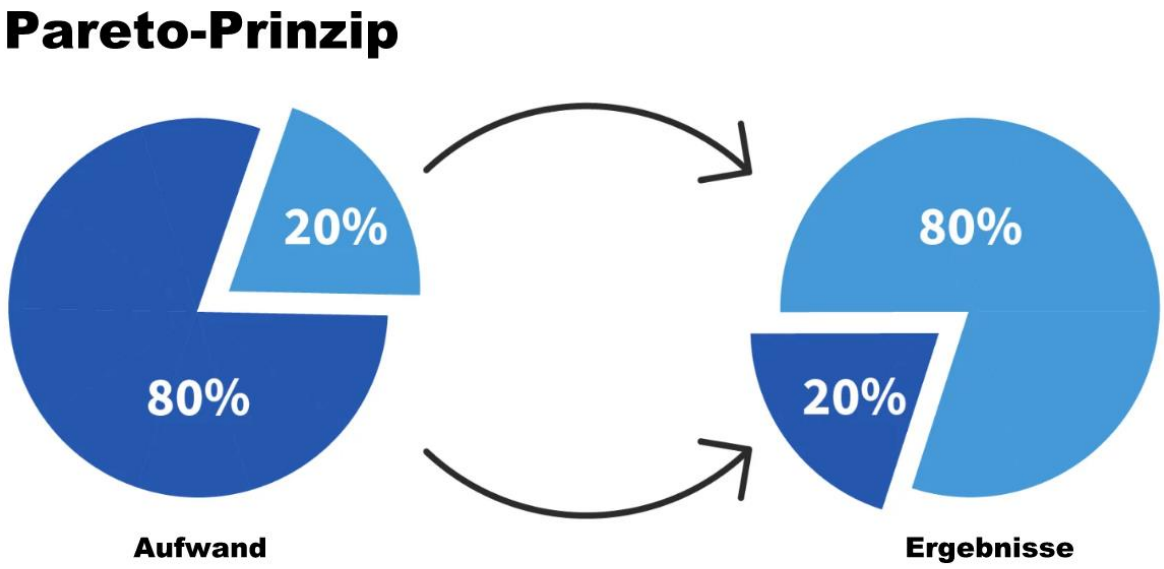


Abbildung 21: Optimale Balance Aufwand zu Ergebnissen nach dem Pareto-Prinzip (interaction-design, 2024).

Insgesamt führt die steigende Komplexität moderner Bauprojekte, gepaart mit der Integration neuer Technologien wie KI, zu einer Neuausrichtung der Rolle des Kostenplaners in den frühen Phasen der strategischen Planung.

Bereits heute wird vom Kostenplaner ein interdisziplinäres Kompetenzprofil erwartet. Neben der rein kalkulatorischen Tätigkeit verlangen Projektpartner zunehmend die Fähigkeit, das Wissen und die Hintergründe der berechneten Zahlen verständlich zu vermitteln und zu transferieren.

Der Erfolg in der Baukostenkalkulation hängt somit nicht allein von der Effizienz oder der Genauigkeit von Baukostenermittlungen ab, sondern vielmehr auch von der Fähigkeit, beide Aspekte in einem ausgewogenen Verhältnis zu halten, sowie allen Projektbeteiligten gewonnene Erkenntnisse und nachvollziehbare Kostentreiber zu vermitteln.

Dies erfordert eine kontinuierliche Anpassung und Weiterbildung der Fachkräfte sowie die Entwicklung neuer Verfahren, die auch unter zunehmender Komplexität und Unsicherheit eine effiziente und genaue Kostenermittlung ermöglichen.

Diese Theorie könnte als Ausgangspunkt für weitere empirische Untersuchungen dienen, um die beschriebenen Zusammenhänge zu validieren und deren praktische Anwendbarkeit in verschiedenen Kontexten des Bau- und Real Estate Managements zu überprüfen.

5. Experteninterviews und kalkulatorische Analyse

Basierend auf der Fallstudie zur Kostenermittlung mit der KI-gestützten Anwendung keeValue sowie der Auswertung der Experteninterviews wird in diesem Kapitel auf die in dieser Arbeit definierten Ziele unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse eingegangen.

In der Gegenüberstellung zwischen den beiden Methoden nach eBKP-H und keeValue sowie nach Aussagen der Experten polarisiert sich die Anwendung der KI heraus als eine hilfreiche und effiziente Stütze in der Kostenermittlung der Phase der strategischen Planung. Dies da die KI-Anwendung eine äusserst schnelle Kalkulation von Varianten ermöglicht.

Allerdings wird das Tool mit zunehmendem Planungs- und Detaillierungsgrad in späteren Phasen weniger geeignet, um Kosten nachvollziehbar gegenüber Stakeholdern zu erläutern. Es besteht jedoch grosses Potenzial, dieses Defizit durch die Bereitstellung von erklär- und nachvollziehbaren Ergebnissen weiter auszubauen.

Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass das etablierte eBKP-H-System mit dem aktuellen Stand der Technik als Kalkulationsmethode noch nicht vollständig abgelöst werden kann. Erst mit der erfolgreichen Implementierung eines KI-Standards, der den Anforderungen an transparente und nachvollziehbare Erläuterungen gegenüber den Projektbeteiligten gerecht wird, könnte eine vollständige Ablösung der herkömmlichen Methode in Betracht gezogen werden.

Insbesondere im Hinblick auf die Haftung kann eine KI keine Verantwortung für die bereitgestellten Zahlen übernehmen. Daher muss die Validierung der Ergebnisse in der Praxis vom Dienstleister der Baukostenermittlung erfolgen. Andernfalls besteht das Risiko, dass Regressansprüche für finanzielle Schäden auf den Kostenermittler erzeugt werden.

Es gilt zu klären, wie die Validierung der Projektkostenergebnisse, die auf dem angewendeten Algorithmus basieren, effektiv durchgeführt werden kann. Dabei sollte die Kontrolle keine erneute Kostenkalkulation nach konventionellen Methoden erfordern, da dies zu Doppelspurigkeiten führen und die Nutzung der KI in diesem Kontext überflüssig machen würde.

6. Handlungsempfehlung und Ausblick

Mittels dieses Kapitels soll anhand der gewonnenen Kenntnisse des Forschenden konkrete Handlungsempfehlungen für die Praxis abgeleitet werden, um Unternehmen in der Kostenermittlung von Bauwerken eine fundierte Grundlage für die Implementierung von KI-Technologien zu bieten.

6.1 Handlungsempfehlungen

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse und der im Forschungsprozess entwickelten Theorie ergeben sich folgende Handlungsempfehlungen:

Schulung und Weiterbildung von Kostenplanern

Es ist zu erwarten, dass sich die Rolle des Kostenplaners vorerst für die frühen Projektphasen zunehmend im Bereich der reinen Kalkulation hin zu einer Funktion der Überprüfung und Validierung verlagern wird. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob der zugrunde liegende Algorithmus zur Kostenberechnung intern entwickelt oder von externen Anbietern bezogen wird. Bei der Nutzung externer Algorithmen liegt der Schwerpunkt darauf, Mitarbeiter gezielt in der Überprüfung und Validierung der gelieferten Ergebnisse zu schulen. Unternehmen sollten daher gezielt in die Weiterbildung ihrer Mitarbeiter investieren, insbesondere im Hinblick auf die Funktionsweise von ML und KI um sicherzustellen, dass diese Technologien effektiv und fehlerfrei eingesetzt werden.

Schrittweise Integration von KI-Systemen

Aufgrund bestehender Unsicherheiten und Skepsis ggü. KI-basierten Kalkulationen gilt es Prozesse aufzusetzen, welche schrittweise eine Integration der Systeme durchführen. Pilotprojekte, welche gerade durch den vorhandenen KI-Boom, mittels dem Einsatz dieser Innovation werben, könnten die Nachfrage hierfür erhöhen.

Sicherung und Stärkung der Datenqualität/- sicherheit

Eine hohe Qualtät der zugrunde liegenden Daten für die Kalkulationsanwendung ist unerlässlich. Firmen sollten daher bestenfalls Konglomerate mit anderen Kalkulationsfirmen eingehen, um Daten zusammenzuführen und damit eine grösse Datenbank für die KI zu liefern. Zusätzlich gilt es eben diese Daten zu schützen und vor unzulässigen Veränderungen zu schützen. Inwiewiet jedoch dadurch

Firmengeheimnisse preigegeben werden durch den zusammenschluss und wie damit umzugehen ist, gilt es zu klären.

Schnittstellen der Softwarelösungen

Um den Datenaustausch zwischen den Softwarelösungen zu optimieren, sollten Firmen in den Austausch mit den Softwareanbietern treten. Eine einheitliche Sprache der wohl noch zusätzlich aufkommenden Tools sollte gerade zu Anfangs der Entwicklung bestenfalls sogar normiert werden. Hierzu ist auch der Austausch mit dem Bund und Ländern gefragt.

Vertrauensaufbau durch Transparenz

Es muss den Stakeholdern erklärt werden, dass die KI nicht dazu da ist, den Menschen in seiner Funktion vollständig zu ersetzen, sondern in seiner Funktion zu ergänzen rsp. zu unterstützen. Mittels transparenter Informationen über Sinn und Zweck einer Implementierung, soll den Betroffenen die Angst vor einem Stellenverlust oder ähnlichem genommen werden.

6.2 Ausblick

Der Ausblick auf die Zukunft der Baukostenkalkulation, insbesondere mit Blick auf die Integration von KI-Technologien, ist von einer Vielzahl an Potenzialen und Herausforderungen geprägt. Es ist abzusehen, dass sich die KI-Technologien kontinuierlich weiterentwickeln werden und damit die Möglichkeit bieten, womöglich auch komplexere Aufgaben in späteren Planungsphasen zu übernehmen.

Der Einsatz von KI kann nicht nur die Effizienz steigern, sondern auch die Präzision und Geschwindigkeit der Kostenplanungsprozesse erheblich verbessern. Es wird erwartet, dass Bauprojekte zukünftig schneller und kostengünstiger kalkuliert werden können, was zu einer signifikanten Optimierung der gesamten Branche führen könnte.

Dennoch bleibt die Notwendigkeit bestehen, die in dieser Arbeit entwickelten theoretischen Annahmen durch empirische Untersuchungen zu validieren. Mittels zukünftiger Studien müsste die Anwendbarkeit der Theorie überprüft und weiterentwickelt werden.

Die fortschreitende Integration von KI hat das Potenzial, nicht nur bestehende Geschäftsmodelle zu transformieren, sondern auch neue Dienstleistungen und Geschäftsbereiche zu schaffen. Kostenplaner könnten sich zunehmend darauf

spezialisieren, die durch KI generierten Daten zu überprüfen und zu optimieren, wodurch sie sich als unverzichtbare Schnittstelle zwischen Technologie und Praxis etablieren würden.

Langfristig könnten sich Labels zur Verifikation von Daten etablieren, analog zu den bereits im Bereich der Gebäudenachhaltigkeit genutzten Zertifikaten. Diese Labels würden die Qualität und Zuverlässigkeit der für die Kalkulation verwendeten Daten oder Algorithmen bestätigen und somit eine solide Grundlage für präzise Kostenberechnungen schaffen. Ein solches Gütesiegel könnte es ermöglichen, einen Standard in der Kostenermittlung zu etablieren, ohne dass Unternehmen die Programmierleistung intern erbringen müssen.

Darüber hinaus ist es vorstellbar, dass ein interdisziplinärer Berufszweig entsteht, der in seiner Ausbildung die Kompetenzen eines Programmierers mit denen eines Kostenplaners vereint. Diese Kombination würde es Fachkräften ermöglichen, bei der Anwendung von KI in der Baukostenermittlung die zugrunde liegenden Algorithmen und verwendeten Daten auf ihre Korrektheit zu überprüfen und die Plausibilität der Kalkulationen umfassend zu bewerten.

In Bezug auf die Haftungsfrage wird es voraussichtlich weiterhin Diskussionen darüber geben, inwieweit Künstliche Intelligenz überhaupt rechtlich zur Verantwortung gezogen werden kann. Ähnliche Fragestellungen, wie sie bereits im Kontext des autonomen Fahrens erörtert wurden, verdeutlichen jedoch, dass der Mensch letztlich nie vollständig aus der Verantwortung entlassen wird. Die Verantwortung des Menschen, auch in seiner Rolle als Baukostenermittler, bleibt wohl somit bestehen, da er weiterhin für die Überwachung, Validierung und Korrektheit der von der Künstlichen Intelligenz generierten Ergebnisse zu regress gezogen wird.

Insgesamt bietet die Zukunft der Baukostenkalkulation mit KI-Technologien enorme Chancen, erfordert jedoch eine sorgfältige und durchdachte Herangehensweise, um diese Potenziale vollständig auszuschöpfen und die damit verbundenen Herausforderungen zu meistern.

7. Abgrenzung

In diesem Kapitel geht es um die Grenzen dieser Arbeit. Aufgrund der Tatsache, dass die Untersuchung auf einer Fallstudie sowie den Aussagen von ausgewählte Experten basiert, gibt es einige Punkte zu erwähnen, die den Umfang bzw. die Tragfähigkeit der Aussagen einschränken.

Zunächst ist der aktuelle Entwicklungsstand der untersuchten KI-Technologien in der Baukostenermittlung zu nennen. Da die in dieser Arbeit erwähnten Methoden noch relativ neu in ihrer erweiterten Funktionsweise sind, basieren viele Aussagen der Experten auf den per dato vorhandenen Erfahrungen und Annahmen. Dies bedeutet, dass sich einige der hier präsentierten Erkenntnisse noch ändern könnten, wenn die Technologien weiterentwickelt rsp. noch umfassender implementiert werden. Eine abschliessende Bewertung der Effektivität und Praktikabilität der KI-gestützten Verfahren wird erst möglich sein, wenn sie in einem grösseren Umfang und über einen längeren Zeitraum hinweg eingesetzt wurde. Aus diesem Grund wird eine weiterführende Studie empfohlen, die nach einer breiteren Implementierung dieser Technologien das Thema erneut aufgreift und reflektiert.

Hinsichtlich dem Vergleich der beiden Kalkulationsverfahren nach eBKP-H und mittels der KI-gestützen Anwendung bleibt zu erwähnen, dass der Verfasser durch die bereits vorhandene Endkostenabrechnung in Hinblick auf das Ergebnis unterbewusst einen Anker gesetzt hat. (Anchoring Bias). Da die KI-gestützte Anwendung erlaubt, das Ergebnis zu justieren wurde die Kalkulation als solches sicher von diesem Fakt beeinflusst. Eine unvoreingenommene Kalkulation hätte allenfalls ein anderes Ergebnis ergeben.

Eine weitere Einschränkung ist die begrenzte Anzahl an befragten Experten. Zwar wurden 5 erfahrene Fachleute aus mittelgrossen und grossen Unternehmen befragt, jedoch repräsentieren diese nicht die gesamte Bandbreite an Ansichten und Erfahrungen in der Branche. Insbesondere kleinere Unternehmen oder solche mit einem spezifischen Fokus auf bestimmte Gebäudetypen könnten andere Perspektiven haben, die in dieser Arbeit nicht berücksichtigt wurden. Zudem wurden rund 100 Antworten ausgewertet, was zwar eine solide Grundlage bietet, aber dennoch nicht die Vielfalt aller möglichen Szenarien abdecken kann.

Auch der Zugang zu detaillierten Projektunterlagen war begrenzt. Die Untersuchung stützt sich hauptsächlich auf die öffentlich zugänglichen Informationen sowie auf die

von den Experten bereitgestellten Daten. Da einige Unternehmen ihre internen Prozesse und Kalkulationsmethoden als Geschäftsgeheimnis betrachten, war es nicht möglich, auf alle relevanten Informationen zuzugreifen. Gerade die Fa. keeValue liess nicht in den Mechanismus wie die KI trainiert wird blicken. Dies stellt eine Einschränkung dar, insbesondere bei der Beurteilung der Funktionsweise und Genauigkeit der maschinell erstellten Kalkulationen.

Zusätzlich bleibt zu erwähnen, dass es sich bei den in Abbildung Nr. 19 und 20 skizzierten Werten um Annahmen handelt, welche mathematisches nachgewiesen werden müssten.

Im Hinblick auf die Interviews ist ebenfalls zu beachten, dass die befragten Experten dazu neigen, ihre jeweiligen bisher erprobten und erwiesenen Kalkulationsmethoden positiv darzustellen. Es ist verständlich, dass sie ihre eigenen Prozesse und Innovationen in einem günstigen Licht sehen. Dies könnte jedoch dazu führen, dass bestimmte Herausforderungen oder Nachteile der von ihnen genutzten Verfahren nicht ausreichend thematisiert wurden. Die Aussagen könnten anders ausfallen, wenn mehr Experten mit Erfahrungen in der Kalkulation von Baukosten mittels KI-gestützter Anwendungen zu Wort gekommen wären.

Insgesamt legen diese Einschränkungen nahe, dass die in dieser Arbeit gezogenen Schlussfolgerungen und Empfehlungen im Kontext der aktuellen technologischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gesehen werden sollten. Eine allgemeingültige Bewertung oder ein umfassendes Urteil über die Zukunft der KI-gestützten Baukostenermittlung ist auf Basis dieser Untersuchung nur eingeschränkt möglich.

8. Fazit

Das Fazit dieser Arbeit zeigt, dass die Integration von KI in die Baukostenermittlung ein enormes Potenzial birgt, aber auch vor erheblichen Herausforderungen steht. Die Untersuchung hat verdeutlicht, dass KI-gestützte Verfahren die Effizienz in der Baukostenkalkulation signifikant steigern können, indem sie grosse Datenmengen schnell verarbeiten und dadurch komplexe Berechnungen automatisieren, welche zu ähnlich genauen Ergebnissen kommen. Gerade der Faktor Zeit wird in der Kalkulationsphase durch diese Methode erheblich reduziert. Dies stellt einen bedeutenden Vorteil in den frühen Phasen der Projektierung eines Vorhabens dar, weil in kürzer Frist finanzielle Entscheidungen getroffen werden können.

Gleichzeitig wurde jedoch deutlich, dass die erfolgreiche Implementierung von KI stark von der Qualität der zugrunde liegenden Daten sowie von der Akzeptanz und dem Vertrauen der Nutzer rsp. Kunden abhängt. Der menschliche Faktor bleibt entscheidend, insbesondere bei der Überprüfung und Validierung der durch KI generierten Ergebnisse.

Die Rolle des Kostenplaners wird sich daher nicht auflösen, sondern sich vielmehr in Richtung einer verifizierenden und überwachenden Instanz verschieben, die sowohl traditionelle Methoden als auch moderne Technologien beherrschen muss.

Die Arbeit legt dar, dass es keine universelle Lösung für die Automatisierung der Kostenermittlung gibt. Stattdessen müssen die Ansätze individuell auf die spezifischen Anforderungen und Rahmenbedingungen jedes Projekts und dessen Planungsphase abgestimmt werden. Dies erfordert eine flexible Handhabung und kontinuierliche Anpassung der eingesetzten Technologien, um den komplexen und oft dynamischen Herausforderungen der Bauprojekte gerecht zu werden.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Zukunft der Baukostenkalkulation in einer gelungenen Kombination aus menschlichem Fachwissen und KI-gestützten Systemen liegt. Die Erkenntnisse dieser Arbeit sollen als Grundlage für weitere empirische Studien und die Entwicklung praxisnaher Strategien dienen, um die Potenziale der KI im Bauwesen voll auszuschöpfen und gleichzeitig die damit verbundenen Risiken zu minimieren. Nur durch eine sorgfältige und durchdachte Integration der Technologien kann die Bauwirtschaft von den Fortschritten profitieren und langfristig ihre Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit steigern.

9. Literaturverzeichnis

Albers, S. (2009). *Methodik der empirischen Forschung.* Wiesbaden: Gabler Verlag.

Alpaydim, E. (2004). *Maschnielles Lernen.* Oldenburg: De Gruyter.

Boksch, R. (05. August 2024). *statista.com*. Von statista.com: https://de.statista.com/infografik/5509/innovationskraft-nach-dem-global-innovation-index/#:~:text=Die%20Schweiz%20ist%20laut%20Global,wie%20die%20Statista%2DGrafik%20zeigt abgerufen

Bundesamt für Statistik. (08. 09 2024). *bfs.admin*. Von bfs.admin: https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/preise/baupreise/baupreisindex.html abgerufen

Buxmann, P., & Schmidt, H. (2021). *Künstliche Intelligenz.* Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.

Duden. (08. August 2024). *Duden.de*. Von https://www.duden.de/rechtschreibung/kuenstlich abgerufen

Duden. (08. August 2024). *Duden.de*. Von https://www.duden.de/rechtschreibung/Intelligenz abgerufen

Frei, R. (2010). *2010*. Kt. Zürich, Zürich: Rogerfrei.com.

IMD. (06. August 2024). *IMD.org*. Von https://www.imd.org/research-knowledge/digital/reports/digital-vortex-2023-report/ abgerufen

interaction-design. (31. 08 2024). *interaction-design.org*. Von https://www.interaction-design.org/literature/topics/pareto-principle abgerufen

keeValue. (06. 08 2024). *keevalue.ch*. Von https://www.keevalue.ch/ abgerufen

Kersting, K., & Lampert, C. (2019). *Wie Maschinen lernen.* Wiesbaden: Springer Verlag.

mathworks.com. (31. 08 2024). *mathworks.com*. Von https://ch.mathworks.com/discovery/overfitting.html abgerufen

Mazhar, N. &. (2015). Leveraging on Work Integrated Learning to Enhance Sustainable Design Practices in the Construction Industry. *Procedia Engineering 118*, 434-441.

Menz, P. S. (06. 08 2024). *arch.ethz.ch*. Von https://map.arch.ethz.ch/artikel/30/kostenplanung#3 abgerufen

Momade, M. H. (2021). Review of construction labor productivity factors from a geographical standpoint. *International Journal of Construction Management*, 1-19.

OpenAI. (09. 08 2024). *ChatGPT (Version GPT-4)*. Von chatgpt.com: https://chatgpt.com/c/66ddf57c-25dc-8002-be0d-aa67723a16d1 abgerufen

Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Artifical intelligence. A modern approach.* Hoboken: Pearson.

SIA 102. (2014). *Ordnung für Leistungen und Honorare der Architektinnen und Architekten*. Zürich, Kt. Zürich, Schweiz: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein.

SIA 416. (2003). *Flächen und Volumen von Gebäuden*. Zürich, Kt. Zürich, Schweiz: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein.

Strauss, A., Legewie, H., Corbin, J., & Niewarra, S. (1990). *Grounded Theorie: Grundlagen Qualitativer Sozialforschung.* Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Trummer, R. (05. August 2024). *bauen-aktuell.eu*. Von https://www.bauen-aktuell.eu/automatisierung-in-der-baubranche-welches-potenzial-roboter-bieten-a-b248882d5fe2c6962fa4dc707fa86a02/ abgerufen

Velten, G. (2014). *Mathematische Modellbildung und Simulation: Eine Einführung für Wissenschaftler, Ingenieure und Ökonomen.* Berlin: Wiley-VCH.

Wikipedia. (15. 08 2024). *Wikipedia.org*. Von https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K-fold_cross_validation_EN.svg abgerufen

Wolf, S. A. (2009). *Methodik der empirischen Forschung.* Wiesbaden: Gabler Verlag.

Zwick, P. (2015). *Kostenübersicht Wohnüberbauung Katzenbach II.* Oerlikon: b+p Baurealisation AG.

Zwick, P. (2023). Grundsätze der Bauökonomie. In P. Zwick, *Grundsätze der Bauökonomie.* Zürich: Center for Urban & Real Estate Management.

10. Anhang

Anhang 1: Kostenschätzung nach eBKP-H vom Projekt Wohnüberbauuung Katzenbach

Anhang 2: Kostenkalkulation mittels keeValue Wohnüberbauung Katzenbach

Anhang 3: Baubeschrieb des Projekts Wohnüberbauung Katzenbach, 2. Etappe

Anhang 4: Flächenausmass des Projekts Wohnüberbauung Katzenbach, 2. Etappe

Anhang 5: Endkostenabrechnung von b+p Baurealisation AG Katzenbach

Anhang 6: Fragenkatalog zum Experteninterview inkl. Transskription

Anhang 7: USB-Datenstick

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema "Automatisierung der Kostenermittlung im Bauwesen: Potenziale und Herausforderungen Künstlicher Intelligenz im Vergleich zu konventionellen Methoden" selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe.
Alle Stellen die wörtlich oder sinngemäss aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Falle durch Angabe der Quelle (auch der verwendeten Sekundärliteratur) als Entlehnung kenntlich gemacht.

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

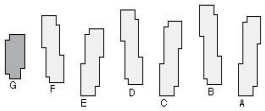
Wallisellen, den 09.09.2024

_____

Anton Saljuk

Anhang 1: Kostenkalkulation nach eBKP-H

Kostenschätzung: Projekt Wohnsiedlung Katzenbach II
Baugenossenschaftliche Überbauung



Kostenschätzung (+/-15%) nach Elementgruppen

Schweiz. Baupreisindex: Apr 24 — 08.09.2024

	Bezeichnung	Beschrieb	ME	Menge	Preis	Summe	Total
B	**Vorbereitung**		**m2 GSF**	15'440	**281.0**		**4'337'959**
B1	Untersuchung, Aufnahmen	Baugrunduntersuchung, Bestandsaufnahme	m2 GSF	15'440	2.0	30'880	
B2	Baustelleneinrichtung	Baustellenzufahrt, Kosten für Energie, Unterkünfte, etc.	m2 GF	25'379	21.0	532'959	
B3	Provisorium		m2 GF	25'379	0.0	-	
B4	Erschliessung durch Werkleitung	Erschl. durch Leit. ausserh. GST, Grabenaushub. etc.	m2 GSF	15'440	25.0	386'000	
B5	Rückbau, Entsorgung Bauwerk	Rodung, Rückbau, Abriss, Schutzmassnahmen	pl	1	750'000.0	750'000	
B6	Baugrube	Böschung, Rühlwände, Anker, Wellpoint	m3 VAF	34'069	51.0	1'737'529	
B7	Baugrundverbesserung-, /sicherung		m2 BOF	7'743	17.0	131'631	
B8	Gerüst	Fassaden- und Arbeitsgerüste	m2 GERF	12'816	60.0	768'960	
C - G	**Bauwerkskosten**						**39'636'730**
C	**Konstruktion Gebäude**		m2 GF	25'379	517.5		**13'132'790**
C1	Fundament	Kanalisationsleit., Magerbeton, Bodenplatte	m2 BOF	7'743	290.0	2'245'470	
C2	Wandkonstruktion	Stahlbeton, Mauerwerk, Backstein, etc.	m2 WF	27'325	190.0	5'191'807	
C3	Stützenkonstruktion	Stahlbetonstützen Parking	m' STL	137	341.0	46'717	
C4	Decken, Dachkonstruktion	Decken und Dächer aus Stahlbeton, Treppenläufe, etc.	m2 DDF	27'988	193.0	5'401'684	
C5	Ergänzende Leistungen	Aussparungen sowie Bohr- und Schneidearbeiten	% von D	8'237'078	3.0%	247'112	
D	**Technik Gebäude**		m2 GF	25'379	324.6		**8'237'078**
D1	Elektroanlage	Starkstromanlage, Haupt-/Steigleitungen, Leuchten, etc.	m2 GF	25'379	90.0	2'284'110	
D2	Automations-/Leitsysteme	Fernseh- und Telefonanlage, Sonnerieanlage	m2 GF	25'379	2.0	50'758	
D3	Sicherheitssystem		m2 GF	25'379	-	-	
D4	Brandschutz		m2 ZNGF	-	-	-	
D5	Wärmeanlage	Anschluss Fernwärme, WW-Versorgung, Bodenheizung	m2 WEBF	12'851	80.0	1'028'080	
D6	Kälteanlage		m2 KEBF	-	-	-	
D7	Lufttechnische Anlage	Komfortlüft. mit Wärmerückgew., Küchenfortluft, etc.	m3/h LVPS	31'356	45.0	1'411'040	
D8	Wasseranalge	Apparate, KW, WW, SW, Dämmung/Schallschutz Leit.	St ASP	798	2'955.0	2'358'090	
D9	Transportanlage	Personenaufzüge	St Lift	13	85'000.0	1'105'000	
E	**Äussere Wandbekleidung**		m2 AWF	15'560	508.2		**7'907'040**
E1	Wandbekleidung unter Terrain	Sämtliche Abdichtungen unter Terrain	m2 AWFU	2'744	-	-	
E2	Wandbekleidung über Terrain	verputzte AWD	m2 AWFO	6'816	440.0	2'999'040	
E3	Einbaute, Absturzsicherung	Holzmetallfenster, Stoffmarkisen, Metalltüren	m2 AWE	6'000	818.0	4'908'000	
F	**Bedachung Gebäude**		m2 DAF	8'266	273.0		**2'256'618**
F1	Dachhaut	Spenglerarbeiten, Bitumenbahn, Dämmung, ext. Begrün.	m2 DAHF	8'266	273.0	2'256'618	
F2	Einbaute, Absturzsicherung	Oberlichter, Geländer, Blitzschutz etc.	lmf DAEF	-	-	-	
G	**Ausbau Gebäude**		m2 GF	25'379	319.3		**8'103'204**
G1	Trennwand, Innentüren	Innentüren aus Holz, Metalltüren	m2 TTTF	2'186	432.0	944'362	
G2	Bodenbelag	Parkett Eiche, Platten, Hartbeton in VF	m2 BBF	22'841	114.0	2'603'885	
G3	Wand- und Stützenbekleidungen	Sichtbeton, Weissputz, Platten	m2 WBF	45'091	57.0	2'570'164	
G4	Deckenbekleidung	Weissputz	m2 DDBF	25'902	10.0	259'020	
G5	Einbauten, Schutzeinrichtung	Einbauschränke, Küchenmöbel,	m2 GF	25'379	57.0	1'446'603	
G6	Ergänzende Leistungen	Durchbrüche, Schlitze, Bauaustrock., Endreinigung	m2 GF	25'379	11.0	279'169	
I	**Umgebung Gebäude**		**m2 BUF**	**11'110**	**136.6**		**1'517'460**
I1-I5	Gärtnerarbeiten	Gartenhöfe / Baumhöfe	m2 BUF	11'110	23.0	255'530	
I1	Umgebungsgestaltung	Geländeanpassung, Rohplanie	m2 BUF	11'110	-	-	
I2	Bauwerk in Umgebung		m2 BUF	11'110	28.0	311'080	
I3	Grünflächen	Humusierung, Ansaat, Bäume, Sträucher	m2 GRF	8'830	-	-	
I4	Hartfläche	Wege, Siedlungsplätze, Anpassung Trottoir	m2 HAF	2'280	227.0	517'560	
I5	Schutzeinrichtung Umgebung		m2 BUF	11'110	-	-	
I6	Technik Umgebung	Beleuchtungsanlagen	m2 BUF	11'110	11.0	122'210	
I7	Ausstattung Umgebung	Sitz- und Spielmöbel aus Holz	m2 BUF	11'110	28.0	311'080	
V	**Planungskosten**		**% Bauko**	**45'492'149**	**15.0%**		**6'823'822**
V1	Planer	Planungs- und Nebenkosten aller Planer, BH-Leistungen	% PB	45'492'149	13.0%	5'913'979	
V2	Unternehmer		% PB	45'492'149		-	
V3	Auftraggeber	Kosten für Bauherrenleistungen	% PB	45'492'149	2.0%	909'843	
W	**Nebenkosten**		**m2 GF**	**25'379**	**71.0**		**1'801'909**
W1	Bewilligung, Gebühr	Baugespann, Anschluss für Elektro/Wasser, Bewillig.	m2 GF	25'379	50.0	1'268'950	
W2	Versicherung, Garantie	Bauzeit-/Spezialversicherung	m2 GF	25'379	6.0	152'274	
W3	Kapitalkosten	Baukreditzinsen, Bankspesen	m2 GF	25'379	-	-	
W4	Öffentlichkeitsarbeit, Bewachung	Aufrichte, Baureklame	m2 GF	25'379	10.0	253'790	
W5	Inbetriebnahme		m2 GF	25'379	-	-	
W6	Vermietung, Verkauf	Marketing-/Vermietungskosten	m2 GF	25'379	5.0	126'895	
Z	**Mehrwertsteuer**		**% A bis Y**	**54'117'881**			**4'384'000**
Z1	Mehrwertsteuer	Mehrwertsteuer auf alle oben genannten Kostengruppen	% A bis Y	54'117'881	8.1%	4'384'000	
	Erstellungskosten B bis Z						**58'501'881**

keeValue.ch

Neubaukosten & Termine

Datum: 2024-09-07
Email: Anton.Saljuk@joba-bm.ch
Version Baukosten: 0.5
Preisstand: April 2024

Eingaben

Objektdaten

Objektbezeichnung	Neubau Wohnüberbauung Katzenbach, 2. Etappe (8)
Hauptnutzung	Wohnbauten und Heime - Mehrfamilienhäuser (Wohnungen) - Mittlerer Standard
Strasse und Nr.	Katzenbachstrasse 61
Postleitzahl und Ort	8052 Zürich

Quantität

Geschossfläche GF SIA 416	25'379 m²
Gebäudevolumen GV SIA 416	74'944 m³
Anteil Gebäudevolumen unter Terrain	17.68 %
Bearbeitete Umgebungsfläche BUF SIA 416	11'110 m²
Anzahl Gebäude	7
Anzahl Geschosse über Terrain	5
Anzahl Geschosse unter Terrain	1
Anzahl unterirdische Parkplätze	154
Transportanlagen Vertikalaufzüge	1

Komplexität

Aussenwand (Bekleidung und Konstruktion)	Aussenwärmedämmung – Einfacher, Standard Verputz
Dachform	Flachdach
Energie und Ökostandard	Gesetzlicher Standard
Grundstück- und Bauplatzverhältnisse	WK5 — leicht erschwerte Bauplatzverhältnisse
Vorbereitungsarbeiten	WK5 — leicht überdurchschnittliche Vorbereitungsarbeiten
Repetition vorgefertigter Elemente	WK4 — viele gleichartige vorgefertigte Bauteile
Komplexität der Gebäudeform	WK3 — leicht unterdurchschnittliche Gebäudeform
Fensteranteil	WK4 — üblicher, durchschnittlicher Fensteranteil

Qualität

Elektroanlage	WK3 — leicht unterdurchschnittliche Elektroanlagen
Heizungs-, Lüftungs-, Klimaanlage	WK3 — leicht unterdurchschnittliche HLK-Anlagen
Sanitäranlagen / Küche	WK4 — übliche, durchschnittliche Sanitäranlagen
Ausbau 1	WK4 — üblicher, durchschnittlicher Ausbau 1
Ausbau 2	WK4 — üblicher, durchschnittlicher Ausbau 2
Umgebung	WK3 — leicht unterdurchschnittliche Umgebungsarbeiten

Handeintrag

Bezeichnung	CHF	BKP Zuweisung
Reserve		6 Reserve

keeValue.ch

Ergebnisse Erstellungskosten

Kostenschätzung

Gliederung nach BKP	exkl. MWST	inkl. MWST	Anteile		Kennwerte	Kostenverteilung
1 Vorbereitungsarbeiten	**2'920'444.-**	**3'157'000.-**		**5.4%**	**124.- CHF/m² GF**	
2 Gebäude	**48'017'576.-**	**51'907'000.-**	100.0%	**88.9%**	**2'045.- CHF/m² GF**	
20 Baugrube	970'398.-	1'049'000.-	2.0%		41.- CHF/m² GF	
21 Rohbau 1	12'527'290.-	13'542'000.-	26.1%		534.- CHF/m² GF	
22 Rohbau 2	8'463'460.-	9'149'000.-	17.6%		360.- CHF/m² GF	
23 Elektroanlagen	2'043'478.-	2'209'000.-	4.3%		87.- CHF/m² GF	
24 HLK- Anlagen	2'868'640.-	3'101'000.-	6.0%		122.- CHF/m² GF	
25 Sanitäranlagen	3'452'359.-	3'732'000.-	7.2%		147.- CHF/m² GF	
26 Transportanlagen	42'553.-	46'000.-	0.1%		2.- CHF/m² GF	
27 Ausbau 1	5'277'521.-	5'705'000.-	11.0%		225.- CHF/m² GF	
28 Ausbau 2	4'964'847.-	5'367'000.-	10.3%		211.- CHF/m² GF	
29 Honorare	7'407'031.-	8'007'000.-	15.4%		315.- CHF/m² GF	
4 Umgebung	**756'707.-**	**818'000.-**		**1.4%**	**74.- CHF/m² BUF**	
5 Baunebenkosten	**2'345'051.-**	**2'535'000.-**		**4.3%**	**100.- CHF/m² GF**	
6 Reserve	**0.-**	**0.-**		**0.0%**	**0.- CHF/m² GF**	
Reserve						
Erstellungskosten CHF	**54'039'778.-**	**58'417'000.-**		**100.0%**	**2'302.- CHF/m² GF**	

Kostenkennwerte BKP 2 inkl. MWST

CHF / m² GF SIA 416	2'045.-	2'000 2'250 2'500 2'750 3'000 3'250 3'500 3'750 4'000 4'250
CHF / m³ GV SIA 416	693.-	625 750 875 1'000 1'125 1'250 1'375

Terminkennwerte

Planungszeit	24 Monate
Bauzeit	25 Monate

Erklärungen

Schätzgenauigkeit

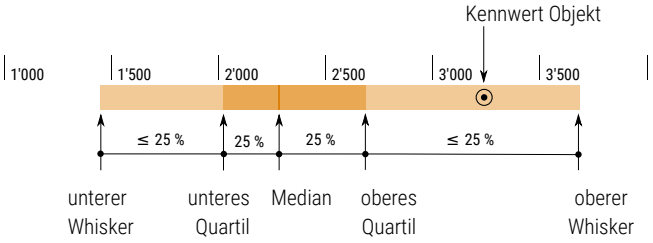
Auf unserer Webseite www.keeValue.ch/info unter Hintergrund Neubaukosten zeigen wir transparent, welche Schätzgenauigkeit bei welcher Gebäudenutzung heute erreicht wird.

Bemerkungen zu den Ergebnissen der Erstellungskosten

Teuerung aktuell	Die Corona Pandemie sowie Material- und Lieferengpässe haben zur Zeit einen aussergewöhnlichen Einfluss auf die Baukosten. Deutliche Preisanstiege sind vor allem im Rohbau 1+2 (insbesondere im Holzbau) sowie HLK zu verzeichnen. Diese Entwicklungen sind in der aktuellen Kostenschätzung weitest möglich berücksichtigt, jedoch kann die hohe Volatilität nicht abschliessend abgebildet werden. Es empfiehlt sich über einen Handeintrag eine Reserve für unvorhersehbare Preisanstiege, z.B. 5%, vorzusehen.
BKP 29 Honorare	BKP 29 beinhaltet nur die Honorare aus BKP 2. Der Landschaftsarchitekt ist im BKP 4 enthalten. Bauherrenberatung oder -begleitung ist in den Kosten nicht enthalten und kann per Handeintrag erfasst werden.
BKP 5 Nebenkosten	Nicht enthalten sind die Finanzierungskosten in der Erstellungsphase (BKP 54), allfällige Maklergebühren und GU-TU Gewinne. Sie können mit einem Handeintrag erfasst werden.
Kostenverteilung	Der Box-Whisker-Plot mit der Überschrift "Kostenverteilung" zeigt die Verteilung des Kennwertes bezogen auf die Nutzung "Mehrfamilienhäuser (Wohnungen)" aller Gebäude in der Schweiz, die in unserer Datenbank hinterlegt sind, unabhängig aller Einflüsse auf die Baukosten wie z.B. Wirtschaftsregion oder Grösse des Objektes.
MWST	Mehrwertsteuersatz 8.1%
Planungs-, Bauzeit	Die berechnete Planungszeit beinhaltet den Zeitraum vom Planungsbeginn (Start Phase 31 Vorprojekt) bis Baubeginn. Die Bauzeit beinhaltet den Zeitraum vom Baubeginn bis Bauvollendung (Bezug). Planungs- und Bauzeiten gehen von einem üblichen Ablauf aus d.h. es sind keine wesentlichen Einsprachen und auch keine zeitlichen Unterbrüche zwischen Bauetappen (z.B. bei grossen Projekten) berücksichtigt.

Erklärung Boxplot

Die Kennwerte werden neben den absoluten Werten und den prozentualen Anteilen auch in so genannten Boxplot-Diagrammen ausgewiesen. Diese veranschaulichen eine Verteilung von Kennwerten aus einer definierten Gruppe von Datenpunkten. Wir definieren dabei die Gruppe als Menge aller uns bekannten Objektdaten resp. Gebäude in der Schweiz mit der selben Nutzung wie das eingegebene Objekt. Die Idee dieser Darstellung ist, dass der spezifische Kennwert des eingegebenen Objekts im Vergleich zu ähnlichen Objekten interpretiert werden kann. Untenstehende Abbildung stellt einen Boxplot beispielshaft dar. Der schwarze Punkt gibt den Kennwert des eingegebenen Objekts an.



Der Median teilt die Daten in eine tiefere und höhere Hälfte. Er liegt zwischen dem unteren und dem oberen Quartil. Dieser Bereich zwischen den Quartilen bezeichnen wir als Interquartilsabstand und umfasst immer 50% aller Datenpunkte, welche in der Rangfolge aller Daten sortiert nach dem Kennwert in der Mitte - also zwischen 25% und 75% - liegen.

Wir wenden die Definition der Whisker nach John W. Tukey an, bei der die Länge der Whisker auf maximal das 1.5-Fache des Interquartilsabstands beschränkt

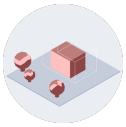
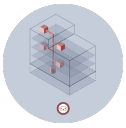
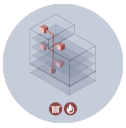
ist. Dabei endet der Whisker unter Umständen nicht genau nach dieser Länge, sondern bei dem maximalen respektive minimalen Wert aller Datenpunkte.

Kennwerte, die ganz links oder rechts liegen, können daher als ausreisserverdächtig behandelt werden. Im Beispiel befindet sich der Wert oberhalb des oberen Quartils und gehört damit zu den 25% teuersten Objekten, ist jedoch nicht als Ausreisser zu interpretieren, da er sich unterhalb des oberen Whiskers befindet.

Haftungsausschluss, Urheberrechte, Patent

Disclaimer	Die von keeValue.ch berechneten Daten und Informationen sind Schätzungen auf Basis der durch die Nutzer zur Verfügung gestellten Informationen. Der Nutzer trägt die Verantwortung für deren Verwendung. Bitte beachten Sie unsere AGB.
Copyright	Copyright © by keeValue, Technopark, 5200 Brugg, keeValue.ch
	Baukostenplan BKP SN 506 500: Copyright © by CRB, 8036 Zürich, crb.ch
Patent Pending	Für das System ist ein europäisches Patent angemeldet

Erklärung der Wertklassen

Grundstück- und Bauplatzverhältnisse WK5 - mittelhohe Wertklasse	leicht erschwerte Bauplatzverhältnisse, z.B. ▪ ebene oder geneigte Grundstücke im Siedlungsgebiet mit leicht erschwerten Platzverhältnissen ▪ in direkter Nähe zu Nachbarbauten (z.B. örtlich oder einseitig angebaut) mit leichtem Einfluss auf den Bauablauf ▪ mit üblicher Zufahrt und leicht erschwerter Baustelleninstallation
Vorbereitungsarbeiten WK5 - mittelhohe Wertklasse	leicht überdurchschnittliche Vorbereitungsarbeiten, z.B. ▪ Rodungen ▪ Rückbauarbeiten kleinerer Objekte (z.B. EFH) mit teilweise Altlasten ▪ Anpassungen an bestehende Leitungen und Verkehrsanlagen ▪ Unterfangungen (z.B. bei Anbauten) 
Repetition vorgefertigter Elemente WK4 - mittlere Wertklasse	viele gleichartige vorgefertigte Bauteile, z.B. ▪ vereinheitlichte Bauweise ▪ vorfabrizierten Elementbauten mit vielen gleichartigen Elementen ▪ in Ausnahmefällen bei konventionell (in Massivbauweise) erstellten Bauten mit einem aussergewöhnlich hohen Anteil von gleichartigen vorgefertigten Bauteilen wie z.B. Fenster, Küchen, Einbauschränke etc.
Komplexität der Gebäudeform WK3 - mitteltiefe Wertklasse	leicht unterdurchschnittliche Gebäudeform, z.B. ▪ Aussenwände mit üblicher Anzahl vorgelagerten und wenig eingezogenen Bereichen ▪ leicht unterdurchschnittliche Aussengeschossfläche AGF ▪ Flachdach mit einfachem Attikageschoss ▪ ausgebautes geneigtes Dach mit wenigen und einfachen Lukarnen ▪ normale Gebäudetiefe
Fensteranteil WK4 - mittlere Wertklasse	üblicher, durchschnittlicher Fensteranteil ▪ Anteil Öffnungen (Fenster, Aussentüren, Aussentore) 25%-35%
Elektroanlage WK3 - mitteltiefe Wertklasse	leicht unterdurchschnittliche Elektroanlagen, z.B. ▪ leicht unterdurchschnittliche Anzahl und Qualität von Installationen, Apparaten und Leuchten ▪ kompakte Leitungsverteilung ▪ Schwachstrominstallationen wie TV, Telefon 
Heizungs-, Lüftungs-, Klimaanlage WK3 - mitteltiefe Wertklasse	leicht unterdurchschnittliche HLK-Anlagen, z.B. ▪ Wärmeerzeugung mit Gas und Kleinanlage Abluft (Bad, WC, Küche) ▪ externe Wärmeerzeugung und Komfortlüftung 
Sanitäranlagen / Küche WK4 - mittlere Wertklasse	übliche, durchschnittliche Sanitäranlagen, z.B. ▪ übliche Leitungsführung ▪ Nasszellen liegen mehrheitlich übereinander ▪ übliche Apparate und Armaturen ▪ übliche Einbauküchen ▪ Mietwohnungsstandard
Ausbau 1 WK4 - mittlere Wertklasse	üblicher, durchschnittlicher Ausbau 1, z.B. ▪ übliche Gipser-, Schreiner- und Schlosserarbeiten ▪ standardisierte Geländer ▪ wenige Leichtbauwände ▪ normierte Einbauschränke ▪ mechanische Schliessanlage
Ausbau 2 WK4 - mittlere Wertklasse	üblicher, durchschnittlicher Ausbau 2, z.B. ▪ Böden: Beläge der durchschnittlichen Preisklasse (z.B. üblicher Miet- oder einfacher Eigentumswohnungsstandard) ▪ Wände: gestrichen, wenige keramische Platten in Nassräumen, Tapeten ▪ Decken: gestrichen ▪ übliche Abdeck- und Malerarbeiten
Umgebung WK3 - mitteltiefe Wertklasse	leicht unterdurchschnittliche Umgebungsarbeiten, z.B. ▪ kleiner Hartflächenanteil ▪ übliche Terraingestaltung (z.B. Erdarbeiten im ebenen oder leicht geneigten Gelände) ▪ keine oder sehr wenige Umgebungsbauwerke wie Stützmauern etc. ▪ übliche Grünflächen mit einfacher Bepflanzung und ohne Einfriedungen ▪ übliche Werkleitungsanschlüsse

0 Grundstück

01 Grundstück- resp. Baurechterwerb

011 Grundstückerwerb

Buchwert des Grundstücks ohne MWST.

04 Finanzierung vor Baubeginn

Finanzierung vor Baubeginn ist in den Kosten nicht enthalten.

05 Erschliessung durch Leitungen (ausserhalb Grundstück)

Anschluss EWZ, Wasser und Kanalisation ausserhalb Grundstück.
Rückbau alter Erschliessungen.

08 Altlasten

Belastete Humusschicht Kategorie II entsorgen und zum Teil wieder einbauen.

1 Vorbereitungsarbeiten

10 Bestandesaufnahmen, Baugrunduntersuchungen

101 Bestandesaufnahmen

Terrainaufnahmen durch GEOZ

Aufnahmen Höhenkoten Kanalisation im Bereich der Anschlüsse

102 Baugrunduntersuchung

Baugrunduntersuchung und Grundwassererhebung, Geologisches Gutachten

11 Räumungen, Terrainvorbereitungen

111 Rodungen

Bäume und Sträucher fällen, Wurzelstöcke entfernen.

112 Abbrüche

Rückbau der bestehenden Reihenhäuser einschliesslich Abtransport und Demontagen bestehender Installationen, Verschliessen bestehender Anschlüsse.
Einbeziehen von einer Bauteilbörse.

12 Sicherungen, Provisorien

122 Provisorien

Fernwärmeprovisorium für das Gebiet F (3. Bauetappe) am Kirchenfeld 91 unter BKP 6

13 Gemeinsame Baustelleneinrichtungen

131 Abschrankungen

Abschrankung

132 Zufahrten/ Plätze

Zufahrt und Baupisten.

133 Büro Bauleitung

Container für örtliche Bauleitung und Besprechungen vor Ort.

134 Unterkünfte, Verpflegungseinrichtung

Mannschaftscontainer, Sanitäre Baustelleneinrichtung.

135 Prov. Installationen

Alle für die Bauzeit notwendigen provisorischen Installationen für Kanalisation, Elektro, Wasser und Übermittlung.

136 **Kosten für Energie, Wasser und dgl.**

Sämtliche Kosten für Energie und Wasser.

137 **Prov. Abschlüsse und Abdeckungen.**

138 **Bauabfälle Sortierung, resp. Entsorgung**

Mehrmulden Entsorgungsprinzip für Rückbau und Neubau

15 Anpassungen an bestehenden Erschliessungsleitungen

151 **Erdarbeiten**

Grabarbeiten für bestehende Erschliessungsleitungen.

153 **Elektroleitungen**

Anpassung der öffentlichen Strassenbeleuchtung.

154 **Heizungsleitungen**

Anschluss Fernwärme, Fernwärmeunterstation und Verbindungsleitung.

155 **Sanitärleitungen**

Erstellung neue Hauszuleitungen Trinkwasser

17 Spezielle Fundationen, Baugrubensicherung, Grundwasserabdichtung

172 **Baugrubenabschlüsse**

Rühlwand entlang Kirchenfeld.
Spundwände für Pumpenschächte.

176 **Wasserhaltung**

Vakuumpumpanlage (Wellpoint) entlang Kirchenfeld zur Fassung des Hangwassers. Offene Wasserhaltung in der Baugrube

19 Honorare

191 **Architekt**

192 **Bauingenieur**

194/195 **HLKS-Ingenieur**

Honorar Gebiet F in Pauschale unter BKP 294/295 enthalten

2 Gebäude

20 Baugrube

201 Baugrubenaushub

201.0 Baustelleneinrichtung

Einfriedung für Abbrucharbeiten.
Baupiste für Abbrucharbeiten.

201.1 Erdarbeiten

Humus abstossen und teilweise auf Baustelle lagern.
Baugrubenaushub unter Berücksichtigung der spez. Baugrubenabschlüsse.

21 Rohbau 1

211 Baumeisterarbeiten

211.0 Baustelleneinrichtung

Baustelleneinrichtung Baumeister. Die Installation umfasst alle für den Betrieb nötigen maschinellen Einrichtungen, Zufahrten, Lager- und Deponieplätze, Unterkünfte, Sicherungen und Abschrankungen.
Alle Hebeanlagen. Neutralisationsanlage

211.1 Gerüste

Fassadengerüste inkl. An- und Abtransport, Umstellen und Miete gemäss Vorschriften SUVA und Baupolizei. Gerüst mit Innenkonsole und Regendach, Einpacken für Fassadenheizung teilweise eingerechnet.

211.3 Baumeisteraushub

Baumeisteraushub für Fundamente, Liftunterfahrten, Pumpenschächte und Kanalisation.

211.4 Kanalisation

Kanalisationsleitungen, Sickerleitungen von Regenwasserversickerung, Abläufe, Schächte, Umhüllungen usw.

211.5 Stahlbetonarbeiten

Beton / Stahlbeton: Bodenplatte, Decken, Aussen- und Innenwände UG, Wohnungstrennwände, Treppenhauswände und an Balkon grenzende Brüstungen, Treppen Notausgänge Tiefgarage, interne Treppen in Attikawohnungen.
Betonaussenwände, Boden und Decke im UG wasserdicht.

Sichtbeton in Tiefgaragenschleusen, Treppenhäusern, Eingangbereichen und bei Tiefgaragenabfahrt.

Stützen im UG vorfabriziert in Beton, Stahl-Beton-Verbundstützen in Wohnräumen und Pavillon.

211.6 Maurerarbeiten

Aussen- und Innenwände in BN, Vormauerungen bei Mediensteigzone.

212 Montagebau in Beton und vorfabriziertem Mauerwerk

212.2 Elemente aus Beton

Stützen im UG, Liftschachtelemente ab EG, Balkonbrüstungen, Lüftungselemente auf Tiefgaragendecke aus Beton

Treppenelemente in Treppenhaus aus Kunststein mit Schalldämmlagern.

214 Montagebau in Holz

214.1 Traggerippe - Zimmermannskonstruktion

Holzroste auf Balkonen in Lärche inkl. Unterkonstruktion.

215 Montagebau als Leichtkonstruktionen

215.5 Äussere Bekleidungen

Hinterlüftete Eternitverkleidung bei Loggias.

217 Schutzraumabschlüsse

Lieferung von Panzertüren und –deckel inkl. sämtliche Schutzraumteilen.
Montage separat bei BKP 211, Baumeisterarbeiten

22 Rohbau 2

221 Fenster, Aussentüren, Tore

221.1 Fenster aus Holz-Metall

Holz-Metall-Fenster mit Rahmen und Flügeln, Aluteile einbrennlackiert (Option anodisiert), Holzteile in Fichte/Tanne fertig gespritzt inkl. Schlussanstrich, inkl. Abdichtung und Abklebung gemäss Angaben Bauphysiker.

U-Wert IV-Verglasung 1.1 W/m2K, ganzes Fenster 1.4 W/m2K, R'w Verglasung 35 dB, Beschläge MEGA matt vernickelt, erhöhter Einbruchschutz im Erdgeschoss, RWA Komponenten bei Treppenhausfenster in oberstem Geschoss.

Lüftungsflügel und Rahmenverbreiterung mit Wärmedämmung. Paneele zwischen Fenstern, bei Balkon und bei Hauszugängen in Alu einbrennlackiert inkl. Hinterlüftung, Unterkonstruktion und Wärmedämmung. Verkleidung innerhalb Balkon unterhalb Fensterband in bakelisiertem Sperrholz, Absturzsicherung innerhalb Fensterbänder.

221.5 Aussentüren, Tore

Automatisches Garagenschiebetor mit integrierter Fluchttüre mit Füllungen in Streckmetall inkl. Handsender für Torbedienung.

221.6 Aussentüren, Tore aus Metall

Hauseingangstüren und Fenster der Eingangshallen mit Aluminiumprofilen einbrennlackiert (Option anodisiert). Gitter Aussenluftfassung in Rahmenverbreiterung integriert.
Fenster- und Türkonstrukion von Pavillon mit Aluminiumprofilen einbrennlackiert, mit festverglasten Flügeln, aussen aufklappbaren Schiebefaltflügeln und Eingangs- bzw. Fluchttüren.

Reduittüren auf Dachterrasse.

222 Spenglerarbeiten

Bei 224 enthalten.

224 Bedachungsarbeiten

224.1 Plastische und elastische Dichtungsbeläge (Flachdächer)

Spenglerarbeiten in verzinntem Chromstahlblech (Uginox): Brüstungs- und Mauerabdeckungen, Verkleidung Deckenabsätze, Dachrandausbildung Attikaaufbauten inkl. Unterkonstrukion, Einlaufkörper mit Ablaufrohren und Verkleidung Oblichter bei Attikaaufbauten, Einlegerinnen bei Terrassen.

Dachrandausbildung Pavillon einbrennlackiert.

Flachdach: Dampfbremse mit Bitumenbahnen EP4, PUR-Wärmedämmung 0.028 W/mK 24 cm bzw. 14 cm bei Terrassen und Pavillon, Wasserabdichtung mit Bitumenbahnen EGV3 + EP5WF, extensive Dachbegrünung bzw Betonplatten in Splitt verlegt.

Abdichtung der Balkone aus Flüssigkunststoff, Speier in Chromstahl.

224.3 Glaseinbauten in Flachdächern

Lieferung und Montage von 6 festverglasten Oblichtern in den Bädern der Attikaaufbauten inkl. Aufsetzkranz mit Kondenswasserrinne.

225 Dichtungen und Dämmungen

225.1 Fugendichtungen

225.2 Spezielle Dämmungen

Schalldämmung an Wänden der Tiefgarageneinfahrt und Wärmedämmung innerhalb Dämmperimeter im UG mit Schichtexplatten.

225.3 Spezielle Feuchtigkeitsabdichtung

PBD Bahnen gegen aufsteigende Feuchtigkeit in BKP 281.0.

225.4 Brandschutzverkleidungen und dgl.

Abschottungen von Leitungsdurchführungen in Schächten und im Untergeschoss gemäss Angabe Feuerpolizei.

226 Fassadenputze

226.2 Verputzte Aussenwärmedämmung

Verputzte Aussenwärmedämmung mit EPS-Platten min. 0.039 W/mK 20 cm, einlagiges Bewehrungsgewebe, mineralischem Grund- und Deckputz mit Besenstrichstruktur, (z.B. KABE Wancolith) und zweifachem mineralischem Anstrich. Inkl. Sturzelement für Verbundraffstoren.

Leibungen, Stürzen und Balkonuntersichten verputzt.

Fensterbänke in Aluminium einbrennlackiert (Variante Aluminium anodisiert).

228 Äussere Abschlüsse, Sonnenschutz

228.2 Lamellenstoren

Verbundrafflamellenstoren mit konvex geformten beidseitig gebördelten Lamellen, ca. 60 mm breit. Jede Lamelle ist einseitig einzeln geführt und mit Handgetriebe bzw. über Treppe in Attikageschoss und in Zimmer Pflegewohnung mit Motorantrieb. ausgestattet.

228.3 Sonnenstoren

Knickarmmarkise für Handbetrieb mit 2 Gelenkarmen und Regenschutzdach bei Dachterrassen.

228.5 Vorhänge

Raumhohe Vorhänge bei Balkonen als Sicht- und Blendschutz mit rundumlaufender an Decke montierter Schiene.

23 Elektroanlagen

Allgemein

Die gesamte Elektroinstallation wird nach den Vorschriften der Stark- und Schwachstromverordnung, der NIN, den örtlichen Werkvorschriften, nach den Leitsätzen des SEV, der SUVA und des VKF erstellt.

231 Starkstromapparate

Grobverteilung (Ganze Überbauung): Standort zentral im Bereich der Tiefgarage mit Sicherungen und Steuergeräten für die Hauszuleitungen, die Allgemeinabgänge wie Licht Tiefgarage, Licht Umgebung, Lüftung Tiefgarage, usw. enthalten.

Hauptverteilung/Messung (pro Treppenhaus/Hauseingang): Standort im Untergeschoss der Häuser mit Sicherungen und Steuergeräten für die Allgemeinabgänge wie Lift, Licht Allgemeinräume, Treppenhaus, Schutzraum.

Energiemessungen für Wohnungen und ein Allgemeinzähler. Die Kellerräume (ohne Schutzraum) werden den entsprechenden Wohnungen zugeordnet.

Unterverteilungen: UP-Sicherungsverteilung mit den notwendigen Leitungsschutzschaltern und Fehlerstromschutzschaltern. Alle Lichtgruppen mit FI-Schutz.

232 Starkstrominstallationen

Erdungen: Erdungen und Potentialausgleich gemäss Vorschriften. Vorbereitung Blitzschutz gem. Auflage GVZ.

Zuleitung bis Hauptverteilung: Ab Einführung EW auf Grobverteilung im Bereich Tiefgarage, von da werden die Häuser über die Tiefgaragendecke erschlossen.

Haupt- und Steigleitungen: Eingelegt in Untergeschossdecke oder wo möglich mit Trasse bis zur Steigzone, Steigleitung in Steigzone bis Wohnungsunterverteilung.

Lichtinstallationen: Schalterfabrikat "Feller Standard". Kellerräume und Einstellhalle Aufputz, Treppenhäuser und Wohnungen Unterputz. Anzahl Schalter und Steckdosen gem. Vorschlag Elektroplaner. Allgemeinräume und Treppenhaus mit Bewegungsmelder.

Kraft-/Wärmeinstallationen

Wohnungen: Installationen zu Kochherd, Backofen, GWA, Kühlschrank, Dampfabzug.

Allgemein: Installationen zu Lift, Heizung, Lüftung, Rauchabzug, usw. Als Verrechnungssystem für Waschmaschine / Tumbler ist eine Zählerumschaltung (z.B. Gamma Card) vorgesehen. (Stromverbrauch immer über Wohnungszähler)

233 Leuchten-/Lampenlieferungen

Sämtliche Beleuchtungskörper in den Allgemeinzonen und Umgebung sind im Kostenvoranschlag enthalten. Aus energiewirtschaftlichen Gründen werden alle Fluoreszenzleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten ausgerüstet. In den Wohnungen vorbereitete Lampenstellen.

236 Schwachstrominstallationen

Kommunikationsverkabelung: Pro Wohnung 1 Kommunikationsverteiler für Telefon und TV, sternförmige Kommunikationsverkabelung Kat. 5e auf Multimediadose (2x RJ45 + Radio/TV). In allen Schlafzimmer und im Wohnzimmer je 1 Dose.

238 Bauprovisorium

1 Hauptbaustromverteiler im UG pro Haus und 3 Hauptbaustromverteiler in Tiefgarage, 4 Etagenbaustromverteiler je Treppenhaus. Provisorische Beleuchtung im Treppenhaus, Tiefgarage und Korridore UG, provisorische Anschlüsse für Lift und Heizung.

24 Heizungs-, Lüftungs-, Klimaanlagen

242/243 Wärmeerzeugung / Wärmeverteilung

Wärmeerzeugung

Die Fernwärme Zürich versorgt die gesamte Wohnsiedlung mit Heizenergie. In der Hauptunterstation beim Haus A wird die Fernwärme mit einem Wärmetauscher auf das siedlungsinterne Fernleitungsnetz übergeben. Die einzelnen Häuser werden durch eine interne Fernleitung, die durch die Einstellhalle geführt wird, erschlossen.

Jedes Haus wird mir einer Unterstation (Heizgruppen und Warmwasser) ausgerüstet. Die Wärmeanforderung erfolgt durch die Hausunterstation an die Hauptunterstation.

Wärmeverteilung

Wärmeverteilung Gemeinschaftspavillon

Die Unterstation Pavillon wird im Haus A an die interne Fernleitung angeschlossen. Die Leitungsführung erfolgt teilweise im Erdreich. Beheizt wird der Pavillon über eine Fussbodenheizung. Die Lufterhitzer der kontrollierten Wohnungslüftung werden heizungsseitig angeschlossen.

Wärmeverteilung Häuser A - G

In jedem Haus ist im Untergeschoss ein Technikraum vorgesehen. Der Technikraum beinhaltet eine Kompakt-Unterstation mit folgenden Komponenten:
- Heizgruppe Fussbodenheizung
- Heizgruppe Lufterhitzer
- Warmwasserladestation mit Schichtspeicher / Zirkulationspumpe
- Elektrotableau mit Regulierung

Die Wärmeverteilung erfolgt sichtbar an der Decke des Untergeschosses. Via Steigschächte werden die Fussbodenheizungsverteiler der einzelnen Wohnungen erschlossen. Die Wärmeabgabe erfolgt über eine Fussbodenheizung. Alle aussenliegenden Räume sind mit einer Einzelraumregulierung ausgestattet.

244 Lüftungsanlagen

Lüftungsanlagen Wohnen Häuser A - G

Eine zentrale Kompakt-Lüftungsanlage pro Hausteil mit guter Wärmerückgewinnung gewährleistet die Raumluftqualität in den Wohnräumen. Durch die Reduktion des Energieverbrauchs wird die Anforderung für den Minergie-Standard erfüllt.

Die Zuluft wird im Hauseingangsbereich angesaugt. Die Fortluft wird in die Einstellhalle eingeblasen.

Die Luftverteilung mit Zu- und Abluft für die Wohnungen erfolgt mit Kanälen an der Decke im Untergeschoss. Vertikale Zu- und Abluftrohre erschliessen die einzelnen Luftverteilkasten in

den Wohnungen. Ab den Luftverteilkasten werden die Zuluftdeckenauslässe und Ablufteinlässe mit eingelegten Kunststoffrohren erschlossen.

Lüftungsanlagen Nebenräume im Untergeschoss Häuser A-G

Zentrale, wartungsfreundliche Lüftungsanlage pro Hausteil zur Belüftung der gefangenen Räume in den Untergeschossen.

Die Zuluft wird im Hauseingangsbereich angesaugt. Die Fortluft wird in die Einstellhalle eingeblasen.

Die Luftverteilung mit Zu- und Abluft für die Wohnungen erfolgt mit Kanälen an der Decke im Untergeschoss.

Lüftungsanlage Waschplatz im Untergeschoss

Zuluftanlage für den Autowaschplatz in der Einstellhalle gemäss behördlichen Vorschriften.

CO-/NO-Warnanlage

Warnanlage in der Einstellhalle gemäss behördlichen Vorschriften.

Lüftungsanlage Gemeinschaftspavillon

Eine zentrale Kompakt-Lüftungsanlage mit guter Wärmerückgewinnung gewährleistet die Raumluftqualität im Gemeinschaftspavillon und reduziert den Energieverbrauch. Bei Abwesenheit regelt eine Zeitsteuerung den Lüftungsbetrieb.

Die Aussenluftfassung und der Fortluftaustritt sind auf dem Dach geplant. Die Zulufteinführung erfolgt über Deckenauslässe im Aufenthaltsraum. In den Nasszellen und in der Küche wird die Abluft entnommen.

Der Dampfabzug der Küche wird über die Lüftungsanlage geführt.

Liftschachtentlüftung

Lüftungsklappe mit Thermostat bei Liftüberfahrt zur Abführung der Liftmotorenwärme.

Einstellhalle

Die Fortluft der Keller- und Wohnungslüftungen wird in die Einstellhalle eingeblasen. Diese eingeblasene Luft entweicht über Lüftungsöffnungen in der Decke der Einstellhalle ins Freie. Durch diese Luftzirkulation kann auf eine separate Abluftanlage für die Einstellhalle verzichtet werden.

25 Sanitäranlagen

251 Allgemeine Sanitärapparate

Lieferung und Montage von Sanitärapparaten in den Nasszellen und Waschküchen anhand der Apparateauswahl der Bauherrschaft und der Architekten.

252 Spezielle Sanitärapparate

Lieferung und Montage von folgenden speziellen Sanitärapparaten:
- Kalt- und Warmwasserzähler für sämtliche Verbraucher, inkl. elektronischer Fernablesung mit Datenzentrale in Untergeschoss
- Raumluftwäschetrockner in sämtlichen Trocknungsräumen
- Entfeuchter in den ungedämmten Kellerräumlichkeiten
- Abdichtungsmanschetten für Leitungen im Bereich Schutzraum

253 Sanitäre Ver- und Entsorgungsapparate

Lieferung und Montage von folgenden sanitären Ver- und Entsorgungsapparaten:
- Duschabläufe für bodenebene Duschen im Bereich der behindertengerechten Pflegewohnungen im Haus A
- Abwasserhebeanlagen für die unter der Rückstauhöhe liegenden Untergeschosse der Häuser A, B und C
- Brandschutzeinrichtungen für die Einstellhalle und den Gemeinschaftspavillon
- Elektrowassererwärmer für die Versorgung des Gemeinschaftspavillon mit Warmwasser

254 Sanitärleitungen

Die gesamte Siedlung wird mit drei neuen Wasserzuleitungen erschlossen. Pro Gebäude sind eine Hauptverteilbatterie mit zentralen Druckreduzierventil (DRV) und eine Unterverteilbatterie vorgesehen. Das zentrale DRV sorgt für ausgeglichene Druckverhältnisse bei zentralen Warmwasserversorgungen mit mehreren Kaltwasserverteilbatterien.

Die Erschliessung der Gebäude mit Warmwasser erfolgt ab den heizungsseitigen Wassererwärmern in den Technikzentralen. Die Erwärmung erfolgt ganzjährig mittels Fernwärme.

Sämtliches Kalt- und Warmwasser wird an der Kellerdecke mittels gestreckter Verteilung auf die Steigzonen und die einzelnen Entnahmestellen im Untergeschoss geführt. Ein Grossteil der Leitungen von den Steigzonen und den Apparateanschlussleitungen pro Wohnung sind in den Installationselementen (BKP 256) enthalten. Die Erschliessung der Küchen und der Zweitbäder erfolgt ab dem Pex-Verteiler im Installationselement mittels eingelegten Pex-Leitungen.

Als Materialen werden korrosionsfreie Kunststoff- oder Edelstahlrohre verwendet.

Die Häuser A, B und C benötigen zur Entwässerung der Untergeschosse eine Abwasserhebeanlage. Die Entwässerung der Gebäude erfolgt über Anschluss-, Sammel- und Fallleitungen. An der Decke des Untergeschosses wird das Abwasser den bauseitigen Kanalisationsanschlüssen (Gebäudekante) zugeführt. Die Apparate im Untergeschoss werden an die bauseitige Grundleitung angeschlossen.

Die Häuser D, E, F und G, sowie der Gemeinschaftspavillon, können natürlich entwässert werden. Die Entwässerung der Gebäude erfolgt über Anschluss-, Sammel- und Fallleitungen bis zum bauseitigen Grundleitungsanschluss in der Bodenplatte des Untergeschosses.

Das ganze System wird normgerecht über Dach gelüftet. Ein Grossteil der Fallleitungen und Apparateanschlussleitungen im Bereich der Wohngeschosse sind in den Installationselementen (BKP 256) enthalten.

Die Entwässerung der Dachflächen erfolgt auf Wunsch der Bauherrschaft mittels Pluvia-Entwässerungssystem. Das Dachwasser wird über die Dachwassereinläufe, Anschluss- und Fallleitungen bis ins Untergeschoss geführt. Von dort erfolgt der Anschluss an die bauseitige Kanalisation / Versickerungsanlage.

Die Entwässerung der Dachterrassen erfolgt mittels konventionellem Entwässerungssystem. Das Dachwasser wird über die Dachwassereinläufe, Anschluss- und Fallleitungen bis in die Decke über dem Untergeschoss geführt. Eine Einlage bis ausserhalb des Gebäudes führt das Terrassenwasser den oberflächlichen Versickerungen zu.

Die Entwässerungen der nicht direkt beregneten Balkone erfolgt bauseits über Speier.

Als Materialen werden korrosionsfreie Kunststoffrohre verwendet. Je nach Anforderungen mit Schallschutzrohren.

255 Sanitär-Dämmungen

Sämtliche Leitungen werden fachgerecht gedämmt:

- Kaltwasserleitungen mit PIR-Schalen
- Warmwasserleitungen mit Mineralwollschalen
- Sichtbare Wasserleitungen werden mit einer Kunststoffumhüllung versehen
- Schmutzabwasserleitung nicht sichtbar komplett mit Dämmschlauch
- Schmutzabwasserleitungen mit Schallschutzdämmungen bei Umlenkungen
- Regenabwasserleitungen sichtbar und eingelegt mit Armaflexschläuchen
- Regenabwasserleitungen mit Schallschutzdämmungen bei Umlenkungen

256 Sanitär-Installationselemente

Lieferung und Montage sämtlicher vorgefertigter und komplett verrohrten Installationselemente im Bereich der Nasszellen. Das Installationselement wird an eine gemauerte Wand als Vorwand befestigt.

Jedes Installationselement ist vom Gebäude abzukapseln, so dass keinerlei Schallbrücken entstehen können!

258 Kücheneinrichtungen

Küchen Wohnungen: Fronten in kunstharzbeschichteten Holzwerkstoffplatten, Abdeckung in Chromstahl, Geräte Electrolux gemäss Auswahl Bauherrschaft. Dampfabzug mit Umluft und Langzeit-Aktivkohlefilter, Küchenrückwand in Glas.

Küche Gemeinschaftsraum: Schreinerküche mit Fronten in MDF gespritzt, Abdeckung in Chromstahl, Geräte und Gewerbe-Geschirrspüler gemäss Auswahl Bauherrschaft.

259 Sanitär - Übriges

Unter Übriges werden folgende spezielle Arbeiten / Mehrleistungen aufgeführt:

- Anzeichnen von Bohrlöchern in Wänden und Böden nach Vorgaben der Koordinations- oder Ausführungsplänen
- Erstellen und Demontage eines Bauwasserprovisoriums pro Gebäude. Demontage nach Abschluss der Arbeiten.
- Erstellen und Demontage der provisorischen Dachentwässerung während der Rohbauphase
- Dichtheitsprüfung und Schachtabnahmen pro Steigzone erfolgt vor der Beplankung eine Abnahme
- Mehraufwendungen Betonieretappen / Magazinwechsel
- Budgetposition für die Erschliessungs- und Entsorgungsleitungen des noch nicht definierten Brunnen beim Gemeinschaftspavillon
- Budgetposten für ein Vorhangsystem beim Autowaschplatz in der Einstellhalle

26 Transportanlagen

261 Aufzüge

Elektromechanischer Personenaufzug ohne Motorenraum, 630 kg, 8 Personen, rollstuhlgängig, Kabinengrösse 1.10 x 1.40 m, Türbreite im Licht: 0.80 m, 2-teilige Teleskop-Schiebetüren.

Kabinenwände, innenseite Türen, Etagentableau und Handlauf in Chromstahl, Spiegel an Kabinenrückwand ab Handlauf bis Decke, Boden mit Kautschukbelag.

27 Ausbau 1

271 Gipserarbeiten

271.0 Verputzarbeiten (innere)

Wände Wohnungen mit Grundputz und Zementglattstrich, Decken Wohnungen in Weissputz,
Treppenhäuser: Untersichten Podeste und Treppenelemente in Weissputz.

271.1 Spezielle Gipserarbeiten

Beplankung Vorwandelemente in Bädern: Gipskartonplatten imprägniert doppelt beplankt (2 x 12.5 mm) zur Aufnahme von keramischen Platten, Inkl. Nischenausbildung für Spiegelschränke.

Gedämmte Vorwandschale mit Gipsbeplankung und Verputz in Schleusenbereichen im UG, Verkleidung Nische für Tiefgaragentor in Schleuse Haus G.

Gipskartonständerwand in Pflegewohnung, geschosshoch, Brandschutz EI 60.
Vorsatzschale in Küche Pflegewohnung.

Schachtausbildung in Küchen mit Alba Vollgipsplatten.

Vorsatzschale bei Lüftungsleitungen in Kinderwagenräumen.

272 Metallbauarbeiten

272.1 Metallbaufertigteile

Pneukästen, Anschlagbretter in Eingängen, Veloständer innen und aussen.

272.2 Allgemeine Metallbauarbeiten (Schlosserarbeiten)

Geländer / Handläufe: Staketengeländer mit Handlauf in Treppenhaus, Geländer mit Türchen auf Dachterrasse, Geländer Balkone (Variante Aluminium anodisiert), Geländer bei Tiefgaragenabfahrt, alles duplexiert

Briefkastenelement mit integrierter Briefkastenanlage einbrennlackiert (Variante Aluminium anodisiert).

Lüftungsgitter bei Abluftelementen der Tiefgarage mit Gartentürchen und Abluftgitter in Tiefgarage duplexiert.

Umgebungsbauwerke mit Notausgangstüren aus der Tiefgarage und Vordach als Velounterstand inkl. Dachkonstruktion, Dachaufbau, Wandverkleidung in Streckmetall, Untersichtverkleidung, Treppengeländer und Streckmetallverkleidung von Treppe gegen Tiefgarage, alles duplexiert.

273 Schreinerarbeiten

273.0 Innentüren aus Holz

Wohnungseingangstüren: Blendrahmentüren EI 30 mit rollstuhlgängiger Schwelle 2.5 cm, R'w ≥ 37 dB, Türblatt R'w ≥ 41 dB, grundiert zum Streichen.

Zimmertüren: stumpf einschlagende Stahlzargen aus sendzimirverzinktem Stahlblech, am Bau gestrichen, Türblätter fertig gespritzt (EI 30 in Pflegewohnung).

Türen Kinderwagenräume und UG: Blendrahmentüren EI 30, grundiert zum Streichen. Türen im Schleusenbereich mit Glasauschnitt.

Schiebetüre in Pflegewohnung (EI 30)
Schiebetüren bei Attikaaufbauten: inkl. Ausbildung der Tasche, Türblätter fertig gestrichen.

Reduittüren in Wohnungen als Tapetentüren.

Gemeinschaftsraum: Blendrahmentüren mit Wandverkleidung Betonkern, grundiert zum Streichen.

Lattenverschläge in Keller.

273.1 Wandschränke, Gestelle und dgl.

Garderobeneinbauten in Wohnungen, Wandschränke in Pflegewohnung, Wandschränke und Garderobe in Gemeinschaftsraum.

Schrankfronten in Duripaneel der Elektrounterverteilungen in den Kellerräumen Seite Katzenbachstrasse.

273.3 Allgemeine Schreinerarbeiten

Fenstersimse in Fenster eingenutet in Holzwerkstoff grundiert zum Streichen.

Vorhangschienen bündig Deckenputz, 2 Stück pro Wohn- und Schlafzimmer, Bilderschienen in Pflegewohnung.

Handläufe der internen Treppe in Attikawohnung in Eiche geölt.

275 Schliessanlage

Schliessanlage mit kompatiblem Zylinder für Wohnungen, Briefkästen und Kellerabteile. Antipanikschlösser in Gemeinschaftspavillon gemäss Vorschrift Feuerpolizei.

28 Ausbau 2

281 Bodenbeläge

281.0 Unterlagsböden

Schwimmende Unterlagsböden in Trockenanhydrit und Zement mit Trittschall- und Wärmedämmung in Wohnungen, Treppenhäusern.

281.1 Fugenlose Bodenbeläge

Hartbeton in Tiefgarage und Schleusen, Zementüberzug in übrigen Untergeschossräumen, geschliffener und versiegelter Anhydritestrich in Gemeinschaftsraum.

282.2 Bodenbeläge aus Kunststoffen, Textilien und dgl.

Brosse in Eingangsbereichen, Teppich in Zimmer Pflegewohnung.

282.5 Bodenbeläge aus Kunststein

Kunststeinplatten in Treppenhaus und Eingängen.

282.6 Bodenbeläge Plattenarbeiten

Grossformatige Feinsteinzeugplatten in den Küchen und Wohnräumen, kleinformatige Steinzeugplatten in den Nasszellen.

282.7 Bodenbeläge aus Holz

Klötzliparkett Eiche parallel verlegt und geölt in den Zimmern, Vorzonen und Abstellräumen. Eichenparkett in den Wohn- und Esszimmern der Pflegewohnung.

Auftrittsbretter bei Attikatreppen in Eiche massiv, schalldämmend gelagert.

282.9 Sockel

Sockelleisten sind in den Bodenbelägen eingerechnet.

282 Wandbeläge

282.4 Wandbeläge: Plattenarbeiten

Glasierte Keramikplatten bis UK Decke an den Nasszellen-Installationswänden und im Duschen- und Badewannenbereich.

283 Deckenbekleidungen

283.2 Deckenbekleidungen aus Gips

Heruntergehängte Gipsdecke in Schleusen Tiefgarage, Duripaneelverkleidung bei Leitungsquerungen in Tiefgarage.

Gelochte Akustik-Gipsdecke mit Unterkonstruktion und Mineralfaserdämmung in Gemeinschaftsraum (Variante Schichtexplatte gestrichen).

285 Innere Oberflächenbehandlungen

285.1 Innere Malerarbeiten

Wand und Deckenanstriche in Wohnungen, Schlussanstriche Wohnungstüren, Fenstersimse und dgl., Anstrich Lifttüren gegen Treppenhäuser,
Böden, Decken und Wände in Waschküchen und Trocknungsräumen.
Imprägnierung von Sichtbetonwänden in Treppenhaus, Eingängen und Schleusen.

Parkplatzmarkierung, Beschriftungen.

286 Bauaustrocknung

inkl. Fassadenheizung.

287 Baureinigung

29 Honorare

291 Architekt

292 Bauingenieur

293 Elektroingenieur

294 HLK - Ingenieur

295 Sanitäringenieur

296 Spezialisten

296.0 Geometer

296.3 Bauphysiker

299 Farbgestalterin

3 Betriebseinrichtungen

35 Sanitäranlagen

351 Allgemeine Sanitärapparate

Mehraufwand Lieferung und Montage von Sanitärapparaten in der Pflegewohnung im EG Haus A gegenüber einer Normwohnung

354 Sanitärleitungen

Mehraufwand Sanitärleitungen in der Pflegewohnung im EG Haus A gegenüber einer Normwohnung

356 Sanitär-Installationselemente

Mehraufwand Sanitär-Installationselemente in der Pflegewohnung im EG Haus A gegenüber einer Normwohnung

4 Umgebungsarbeiten

40 Terraingestaltung

401 Erdbewegungen

401.0 Baustelleninstallation

401.1 Erdarbeiten

Verlegen einer Enka-Drainmatte auf die Tiefgaragendecke, über bauseitiger Abdichtung und Schutzschicht, als Wasserführende Schicht.

Lieferung von Rohboden.

Auffüllung über Tiefgarage mit Rohmaterial inkl. Rohplanie.

Auffüllung/Modulierung beim Kopfplatz mit Rohplanie.

Nachplanie der gesamten Rohplanie.

41 Roh- und Ausbauarbeiten

411 Baumeisterarbeiten

Betonstufen aus Fertigbetonelementen am Kopfplatz

Ortbetonbeläge, mit Waschbetonoberfläche, Fugen gefräst und ausgespart für Wege und Plätze in der Wohnsiedlung.

Ortbetonbelag auf dem Quartierplatz in runden Formen, Oberfläche abgerieben.

Einlagen wie Baumscheiben und Schächte im Ortbetonbelag aussparen. Schachtdeckel mit Belag füllen.

Wasserbecken im Ortbetonbelag auf Quartierplatz.

Als Abschluss und Böschungselement des Quartierplatzes Betonfertigteile liefern und versetzen. Fugen dichten.

Stufenabgänge zur Katzenbachstrasse mit Betonstellriemen in Beton versetzt. Stufen mit Kiesrasen hinterfüllt.

42 Gartenanlagen

421 Gärtnerarbeiten

Lieferung von Kulturerde Rasen- und Pflanzflächen.

Humusieren und Planieren aller Rasen- und Pflanzflächen.

Liefern der Pflanzen: Bäume, Sträucher, geschnittene Hecken und formfreie Hecken.

Pflanzarbeit für die gelieferten Pflanzen mit Ballenbefestigung für die Bäume und Heckengerüste für alle Hecken.

Jegliche Ansaaten, wässern der Neusaat sowie wässern in der Anwachsphase. Absperrung der angesäten Flächen. Die ersten 2 Schnitte.

Fassadenschutz mit Geröll ohne Abschluss

423 Ausstattungen, Geräte

Installation zweier Unterflurcontainer, Aushub, versetzen der Wanne, verfüllen, Ring setzen, Belag einbauen und Container stellen.

Holzmöbel, Bänke und Hocker, für die Siedlung liefern und stellen.

Möblierung Quartierplatz liefern und versetzen; Bänke und Tische, Spezialanfertigungen aus Beton, Grill.

Möblierung und Beleuchtung von Kopfplatz; Sitzauflagen auf Betonelement, Pollerleuchten, Tische, zwei Spielgeräte.

Radabweiser; am Kopf der Parkplätze Metallbügel montieren.

Für die Wasserspielfläche im Quartierplatz die benötigte Brunnentechnik. Zusätzliches montieren von Trinkhahn.

Spielgeräte liefen und versetzen; Kletterlandschaft, Schaukelpferde, Federgeräte, Karussell, Sandkasten in Siedlung und Sandkasten in Quartierplatz.

Handläufe entlang der Rampen zur Katzenbachstrasse.

44 Installationen

443 Elektroanlagen

Elektroleerrohre für die Beleuchtung verlegen und Verteilschächte setzen inkl. Grabarbeiten.

Fundamente erstellen und Kandelaber vom Typ Nordlux Sombrero liefern und versetzen.

46 Kleinere Trassenbauten (Verkehrsanlagen)

463 Oberbau

Stellriemen entlang der Grenze zur Kirchenfeldstrasse bis zur TG-Einfahrt versetzen. Dafür wird ein Streifen Trottoir aufgebrochen und neu asphaltiert. Bundstein als Abschluss von Quartierplatz.

Chaussierung einbauen bei Parkplätzen, privaten Sitzplätzen und auf dem Quartierplatz

Fallschutzbelag, Rundkies, im Bereich Kletterlandschaft einbauen.

Im Bereich der Parkplätze den Randstein absenken als Überfahrt.

ME- Messungen zur Stabilitätskontrolle vornehmen.

465 Werkleitungen, Kanalisation

Alle Schächte im Aussenraum auf die definitive Höhe versetzen.

Versickerungsflächen und punktuelle Sickerpackungen einbauen.

Schlitzrinnen bei den Aufgängen Katzenbach einbauen.

Einlaufschächte versetzen.

Leitungen verlegen und die Rinnen und Einlaufschächte der Oberflächenentwässerung der bauseitigen Kanalisation anschliessen.

49 Honorare

491 Architekt

492 Bauingenieur

496 Spezialisten

496.6 Landschaftsarchitekt

5 Baunebenkosten

51 Bewilligungen/Gebühren

511 Bewilligungen, Baugespann (Gebühren)

512 Anschlussgebühren

inkl. Minergie-Label

512.0 Kanalisation

512.1 Elektrizität

512.2 Übermittlung

512.4 Wasser

512.5 Fernheizung

512.7 Bearbeitungskosten Ämter (Haustechnik HLS)

519 Übriges

52 Muster, Modelle, Vervielfältigungen, Dokumentation

521 Muster, Materialprüfungen

522 Modelle

523 Fotos

524 Vervielfältigungen, Plankopien

525 Dokumentation

53 Versicherungen

531 Bauzeitversicherung

532 Spezialversicherungen

Bauwesen- und Bauherrenhaftpflichtversicherung

54 Finanzierung ab Baubeginn

542 Baukreditzinsen, Bankspesen

55 Bauherrenleistungen

Aufwendungen der Bauherrschaft für Sitzungsgelder und Vorstands-Entschädigungen

56 Übrige Baunebenkosten

561 Bewachung durch Dritte

563 Miete von fremdem Grund

566 Grundsteinlegung, Aufrichte und Einweihung

568 Kosten Baureklametafel

6 Gebiet F - Fernwärmeprovisorium

60 Baugrube

601 Baugrubenaushub

Grabarbeiten für Rohrarbeiten, inkl. sämtlichen Belagsarbeiten im Kirchenfeld.

61 Rohbau 1

611 Baumeisterarbeiten

Erstellen des Fundamentes für den Container, inkl. Baumeisteraushub und sämtlichen Betonarbeiten.

63 Elektroanlagen

632/636 Stark- und Schwachstromanlagen

64 Heizungsanlagen

642/643/650 Heizungs- und Sanitäranlagen

Erstellung, Lieferung und Anschluss einer provisorischen Übergabestation in einem Container. Inkl. sämtlichen Einstellungsarbeiten.

66 Umgebung

661 Gartenanlagen

Wiederherstellung der Bepflanzung.

67 Bewilligungen, Gebühren

671 Gebühren

671.1 Baubewilligungen, Baugespann

671.2 Anschlussgebühren, Elektrizität

671.3 Anschlussgebühren, Wasseranschluss

671.4 Anschlussgebühren, Fernwärme

9 Ausstattung

90 Möbel

Ergänzung der Möblierung des Gemeinschaftsraumes.

92 Textilien

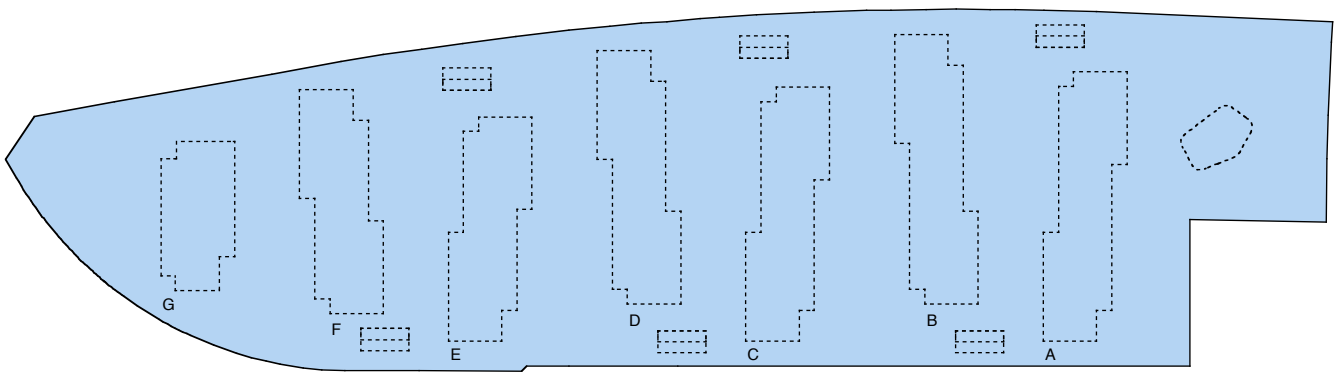
921 Vorhänge und Innendekorationsarbeiten

Vorhang in Gemeinschaftsraum.

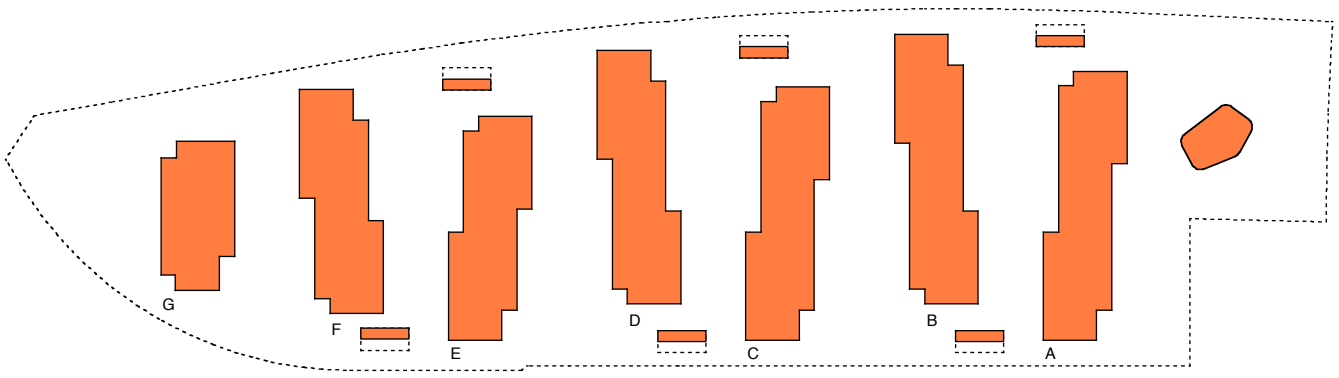
GSF GRUNDSTÜCKSFLÄCHE
GGF GEBÄUDEGRUNDFLÄCHE
UF UMGEBUNGSFLÄCHE
GRÜN-, SPIEL UND RUHEFLÄCHEN

Anhang 4: Flächenausmass

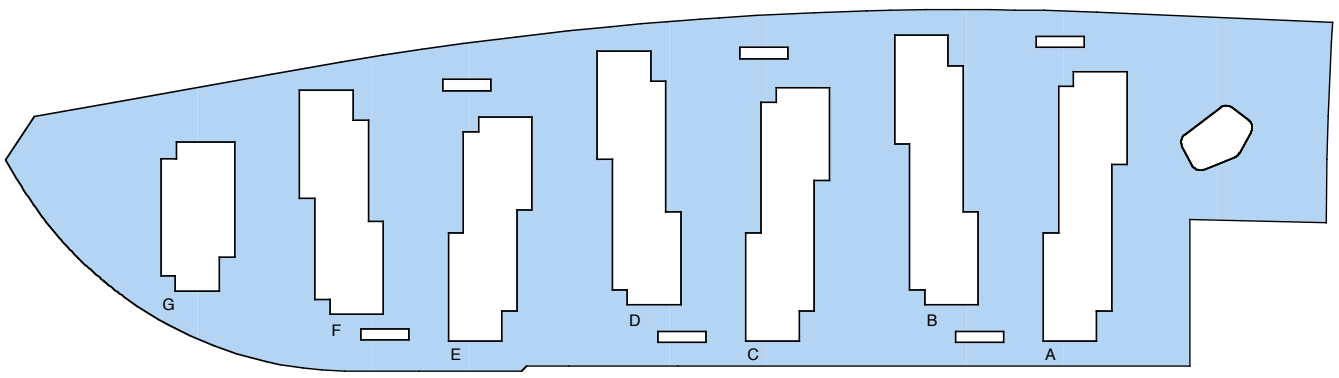
Baugenossenschaft Glattal Zürich BGZ
Wohnüberbauung Katzenbach
2. Etappe, Zürich-Seebach



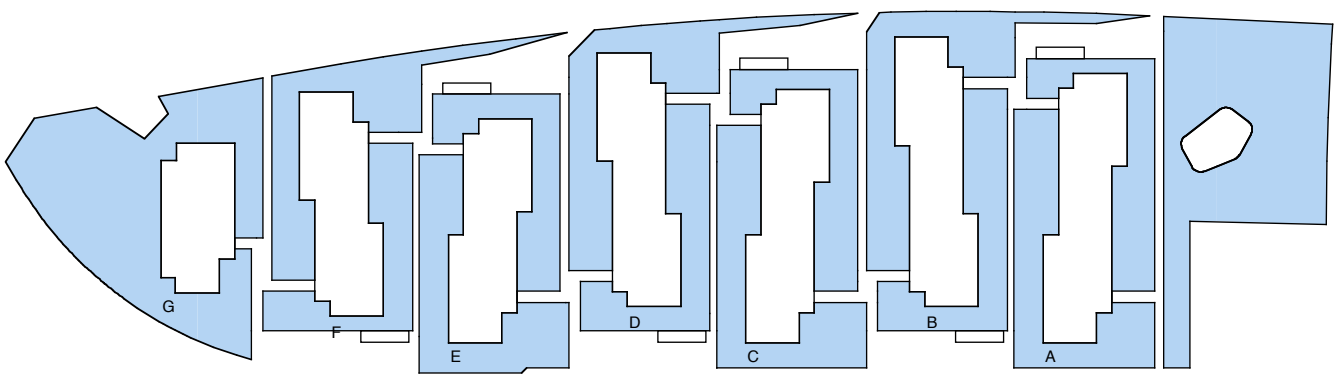
Grundstücksfläche 15'440



Gebäudegrundfläche 4'330



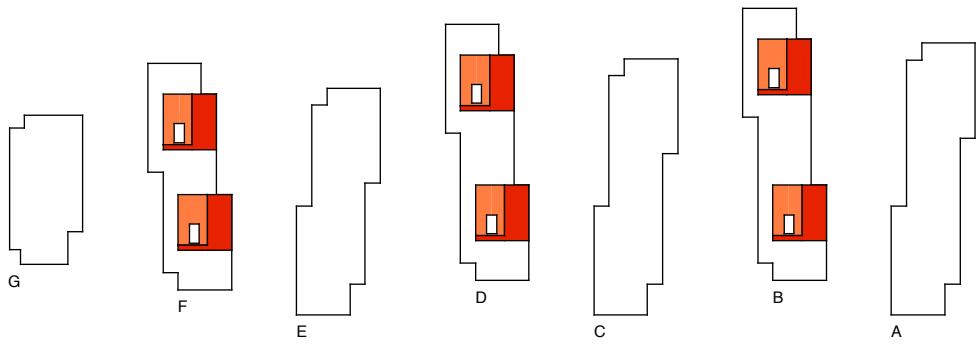
Umgebungsfläche 11'110



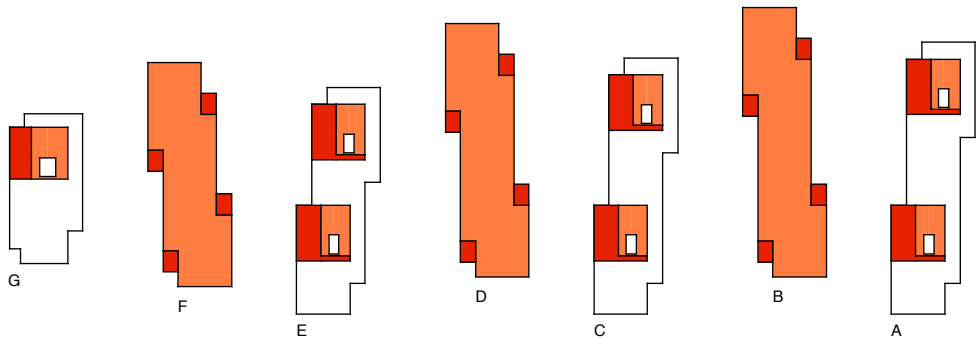
Grün-, Spiel- und Ruheflächen 8'830
57%

GF GESCHOSSFLÄCHEN
AGF AUSSENGESCHOSSFLÄCHEN
NACH SIA 416

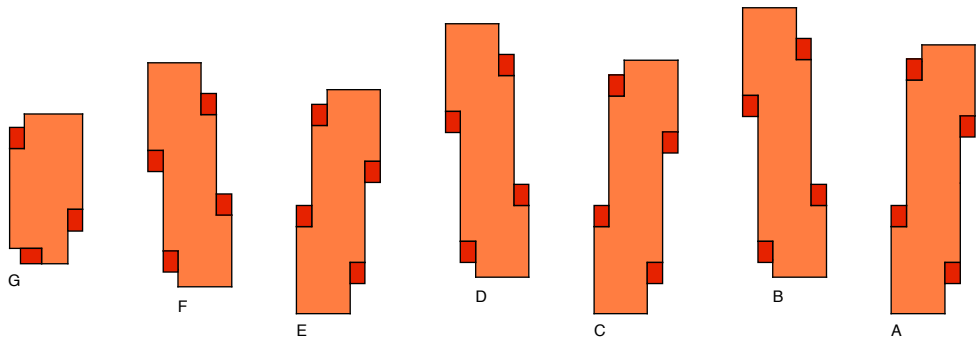
Baugenossenschaft Glattal Zürich BGZ
Wohnüberbauung Katzenbach
2. Etappe, Zürich-Seebach



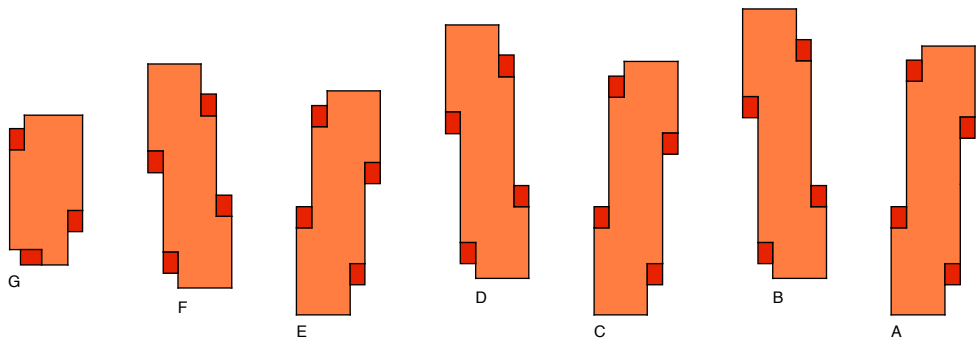
5.OG	G	F	E	D	C	B	A
GF		101		101		101	
AGF		117		117		117	



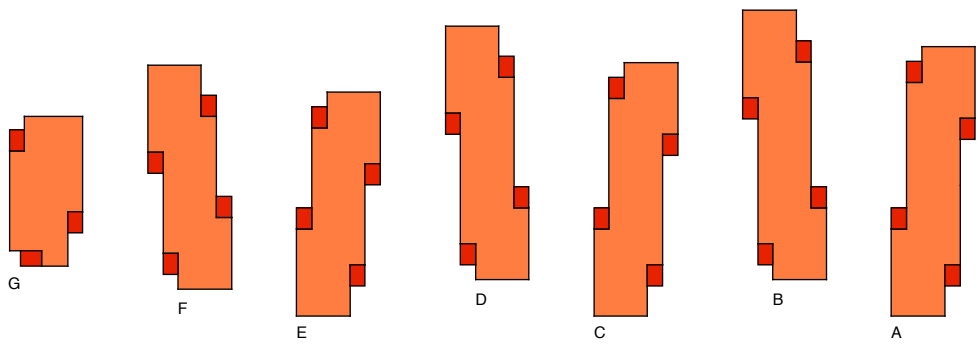
4.OG	G	F	E	D	C	B	A
GF	62	513	101	575	101	609	101
AGF	45	50	117	50	117	50	117



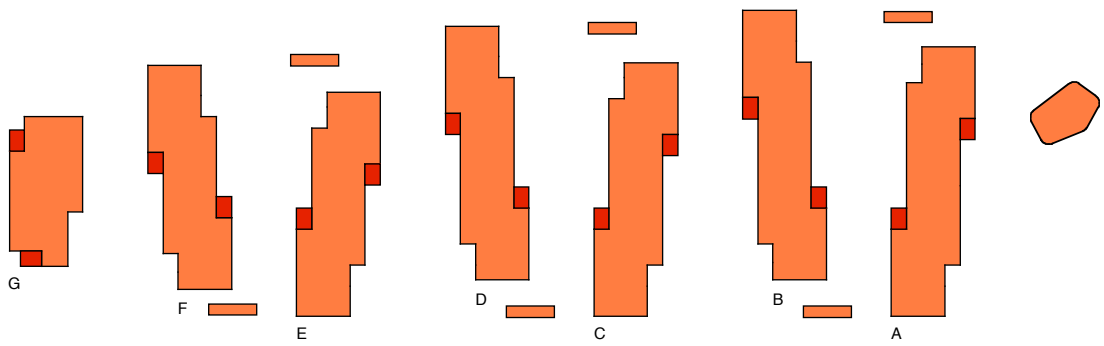
3.OG	G	F	E	D	C	B	A
GF	361	513	513	575	575	609	609
AGF	38	50	50	50	50	50	50



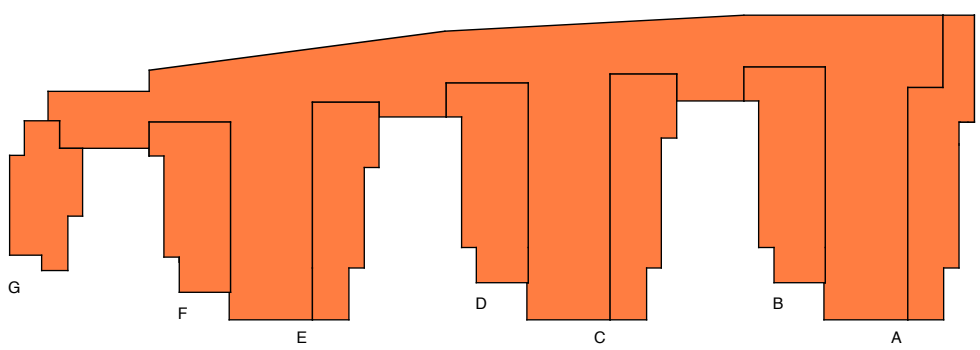
2.OG	G	F	E	D	C	B	A
GF	361	513	513	575	575	609	609
AGF	38	50	50	50	50	50	50



1.OG	G	F	E	D	C	B	A
GF	361	513	513	575	575	609	609
AGF	38	50	50	50	50	50	50



EG	G	F	E	D	C	B	A	Gem	Garage
GF	361	513	513	575	575	609	609	106	125
AGF	25	25	25	25	25	25	25		



UG	G	F	E	D	C	B	A	Gem	Garage
GF	335	446	449	523	504	565	551		4'370

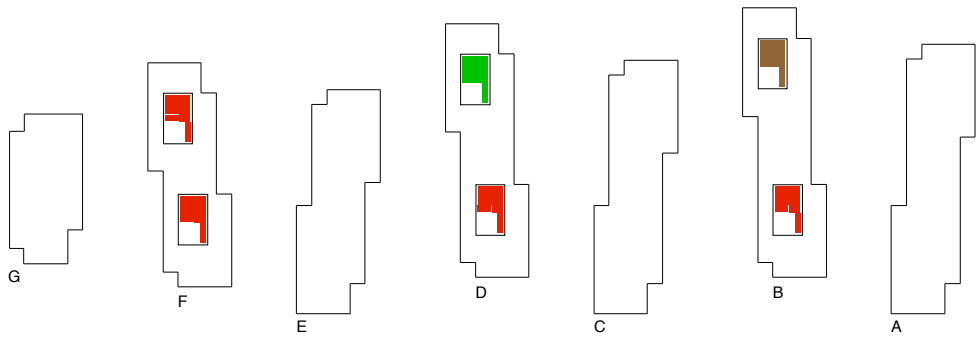
	G	F	E	D	C	B	A	Gem	Garage
GF	**1'841**	**3'112**	**2'602**	**3'499**	**2'905**	**3'711**	**3'108**	**106**	**4'495**
AGF	**184**	**342**	**292**	**342**	**292**	**342**	**292**		

Total GF 25'379 m2
Total AGF 2'086 m2

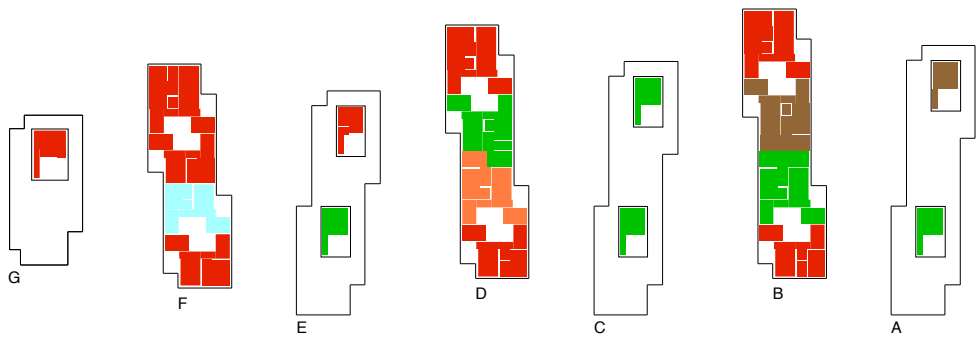
ARGE Zita Cotti dipl. Arch. ETH/SIA, b+p baurealisation ag, Zürich
11. Juni 2008, Bauprojekt / Kostenvoranschlag

Baugenossenschaft Glattal Zürich BGZ
Wohnüberbauung Katzenbach
2. Etappe, Zürich-Seebach

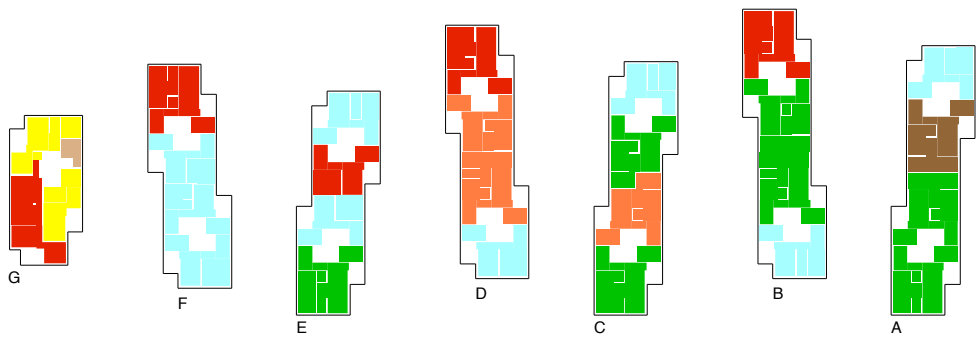
SCHEMA ZU WOHNUNGSSPIEGEL
HNF HAUPTNUTZFLÄCHE
NNF NEBENNUTZFLÄCHE
NF NUTZFLÄCHE
NACH SIA 416



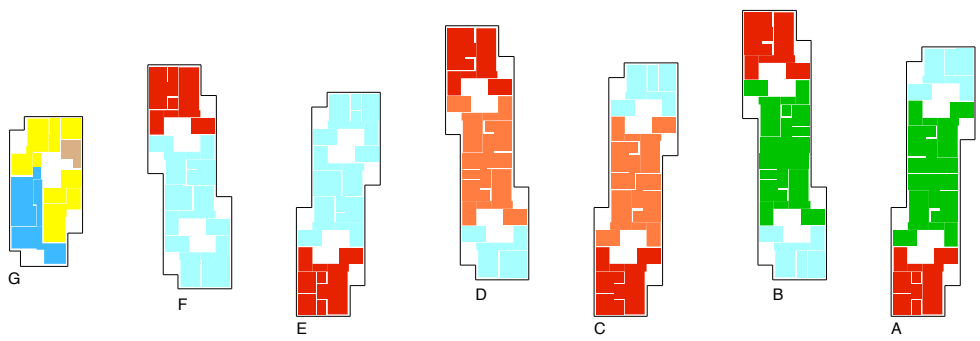
5.OG



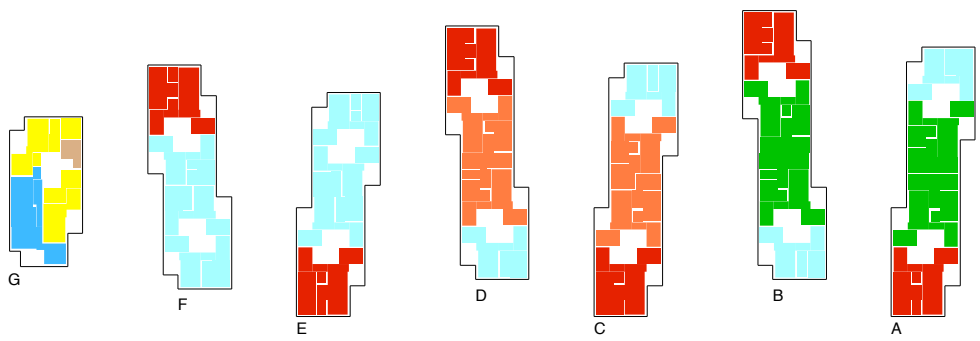
4.OG



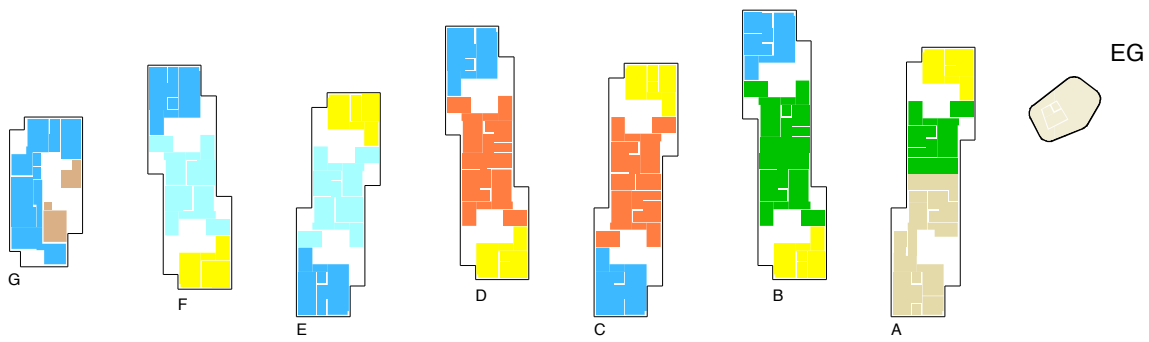
3.OG



2.OG



1.OG



EG

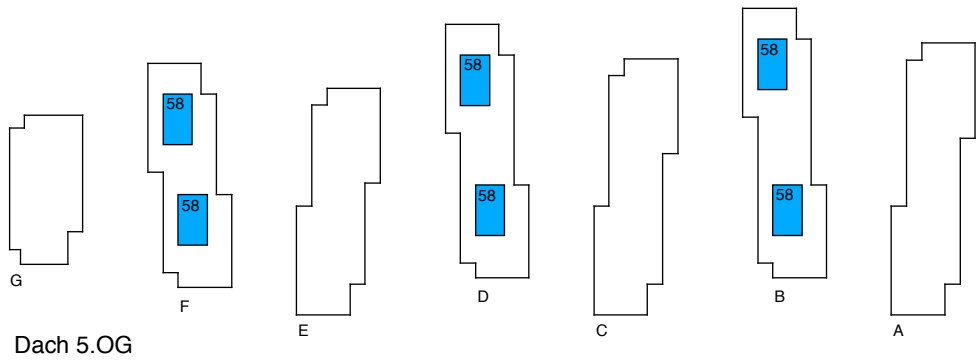
- 2 1/2 Zi Standard
- 3 1/2 Zi Economic
- 3 1/2 Zi Standard
- 4 1/2 Zi Economic
- 4 1/2 Zi Standard
- 5 1/2 Zi Economic
- 5 1/2 Zi Standard
- 6 1/2 Zi Standard
- IV Pflegewohnung
- Gemeinschaftsraum
- Atelier / Schaltzimmer

	G	F	E	D	C	B	A	Gem	
HNF	1'064	1'914	1'540	2'173	1'748	2'319	1'862	95	12'715
NNF	26	24	19	24	19	24	21	9	166
NF	1'090	1'938	1'559	2'197	1'767	2'343	1'883	104	12'881

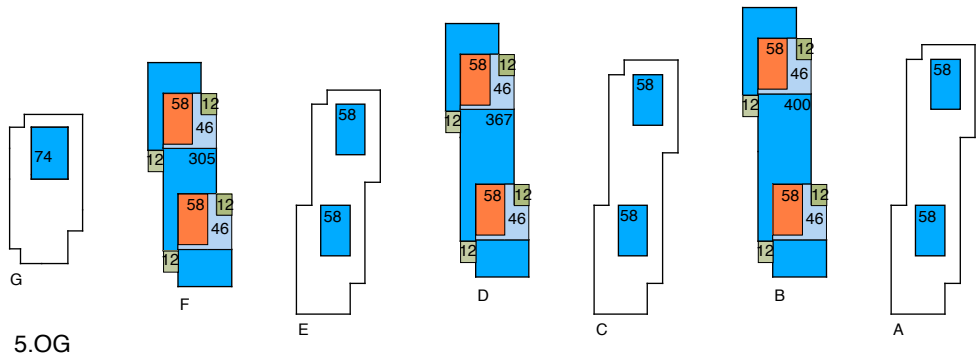
Total HNF = 12'851 m2
Total NNF = 166 m2
Total NF = 12'881 m2

KUBISCHE BERECHNUNG NACH SIA 116 UND SIA 416

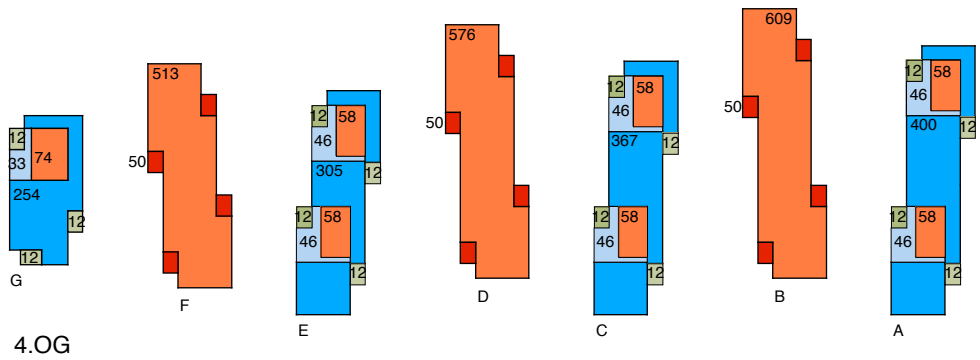
Baugenossenschaft Glattal Zürich BGZ
Wohnüberbauung Katzenbach
2. Etappe, Zürich-Seebach



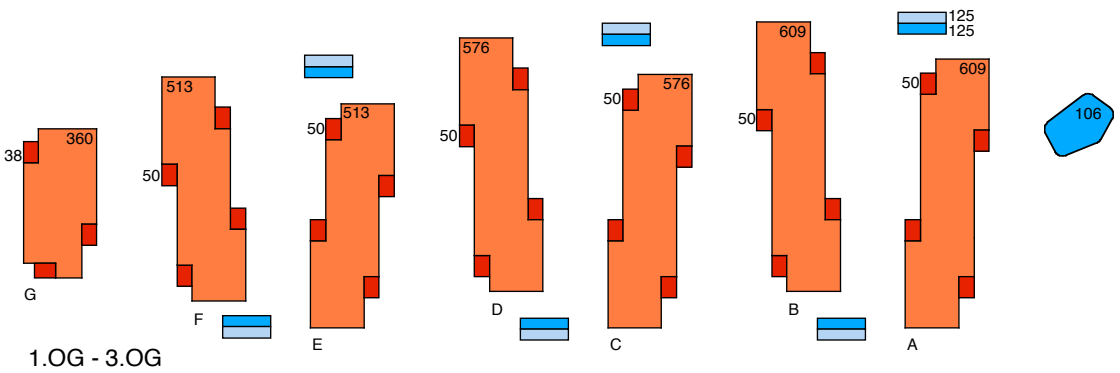
Dach 5.OG



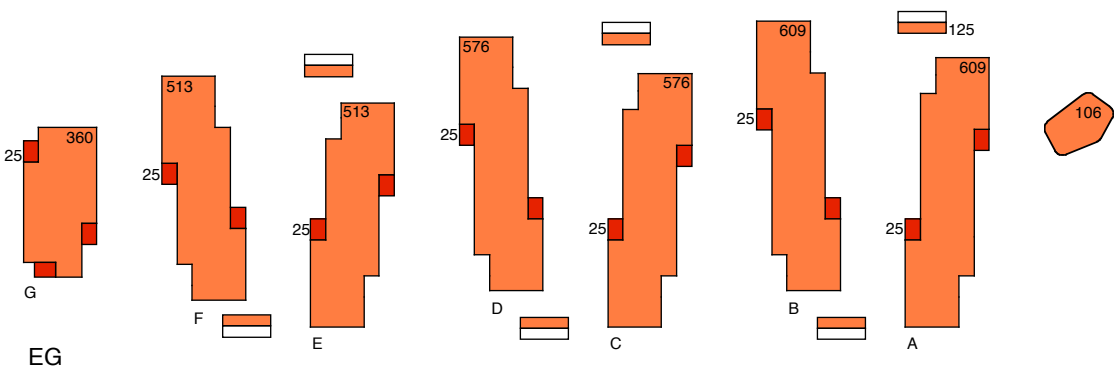
5.OG



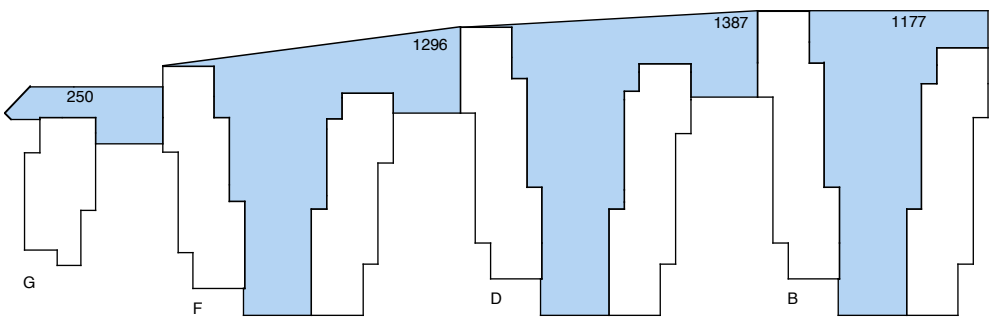
4.OG



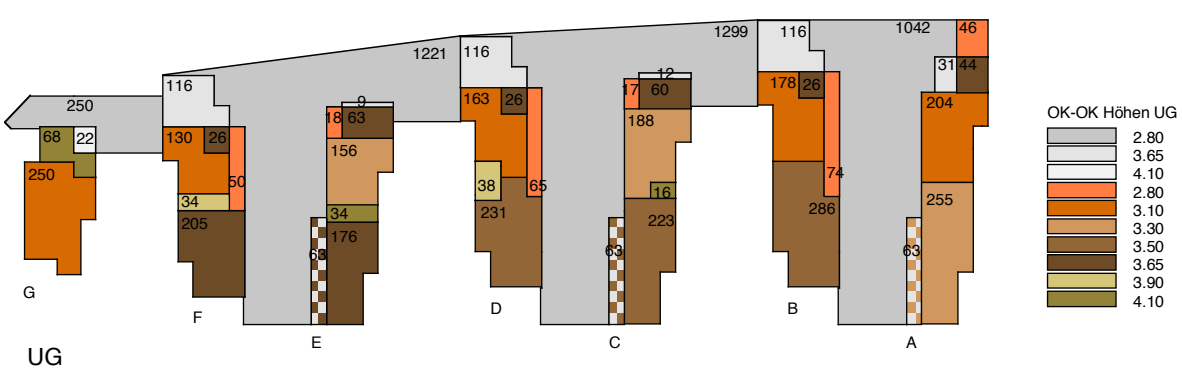
1.OG - 3.OG



EG



Dachzuschlag Garage



UG

TOTAL KUBATUR	SIA 116	SIA 416
Haus A	9'775	9'091
Haus B	11'646	10'887
Haus C	9'348	8'681
Haus D	11'042	10'300
Haus E	8'437	7'801
Haus F	9'889	9'178
Haus G	5'853	5'400
Garage	17'616	13'256
Gem	509	350
TOTAL	84'115	74'944

DACH- / TERRASSENZUSCHLÄGE SIA 116

Haus A	(400+58x2)x0.5+(46x2)x1.0+(12x2)x1.5+(12x2)x2.0	=	434
Haus B	(400+58x2)x0.5+(46x2)x1.0+(12x2)x1.5+(12x2)x2.0	=	434
Haus C	(367+58x2)x0.5+(46x2)x1.0+(12x2)x1.5+(12x2)x2.0	=	417
Haus D	(367+58x2)x0.5+(46x2)x1.0+(12x2)x1.5+(12x2)x2.0	=	417
Haus E	(305+58x2)x0.5+(46x2)x1.0+(12x2)x1.5+(12x2)x2.0	=	386
Haus F	(305+58x2)x0.5+(46x2)x1.0+(12x2)x1.5+(12x2)x2.0	=	386
Haus G	(254+74)x0.5+33x1.0+(12x2)x1.5+12x2.0	=	257
Garage	125x(1.0+0.5)+125x0.5	=	250
Gem	106x(0.5+1.0)	=	159

BALKONE SIA 116

Haus A	25x1.00+50x3x1.50	=	250
Haus B	25x1.00+50x4x1.50	=	325
Haus C	25x1.00+50x3x1.50	=	250
Haus D	25x1.00+50x4x1.50	=	325
Haus E	25x1.00+50x3x1.50	=	250
Haus F	25x1.00+50x4x1.50	=	325
Haus G	25x1.00+38x3x1.50	=	196

EG - DG SIA 116 / 416

Haus A	609x(2.80x4+0.30)+58x2.80x2	=	7'328
Haus B	609x(2.80x5+0.30)+58x2.80x2	=	9'033
Haus C	576x(2.80x4+0.30)+58x2.80x2	=	6'948
Haus D	576x(2.80x5+0.30)+58x2.80x2	=	8'561
Haus E	513x(2.80x4+0.30)+58x2.80x2	=	6'224
Haus F	513x(2.80x5+0.30)+58x2.80x2	=	7'660
Haus G	360x(2.80x4+0.30)+74x2.80	=	4'347
Garage	125x3.00	=	375
Gem	106x3.30	=	350

ZUSCHLAG DECKE UG SIA 116

Garage	(1177+1387+1296+250)x1.0	=	4'110

UG SIA 116 /416

Haus A	46x2.80+44x3.65+204x3.10+255x3.30	=	1'763
Haus B	178x3.10+26x3.65+74x2.80+286x3.50	=	1'854
Haus C	60x3.65+17x2.80+188x3.30+16x4.10+223x3.50	=	1'733
Haus D	163x3.10+26x3.65+38x3.90+65x2.80+231x3.50	=	1'739
Haus E	63x3.65+18x2.80+156x3.30+34x4.10+176x3.65	=	1'577
Haus F	130x3.10+26x3.65+34x3.90+50x2.80+205x3.65	=	1'518
Haus G	68x4.10+250x3.10	=	1'053
Garage	(1042+1299+1221+250)x2.8+ (31+12+9+116x3+63)x3.65+63x3.50+63x3.30 +22x4.10	=	12'881

KOSTENÜBERSICHT

Anhang 5: Endkostenabrechnung b+p

2400 Wohnüberbauung Katzenbach II Zürich Seebach

Grundmengen Benchmarks

		HNF	FE				
1.2	Mehrfamilienhaus	12'538 m2	118	Geschossfläche	25'379 m2	GV/GF	2.95
11.2	Tiefgarage	313 m2	154	Gebäudevolumen	74'944 m3	HNF/GF	0.51
		m2		Nutzfläche	12'881 m2	Hülle/GV	0.42
		m2		Anteil Fensterfläche	47%	FIW/GF	0.00
				Hülle/GF	1.24	FAWUE+FEA/GFoi	0.73
				HNF/GFoi	0.73	GF(TG)/FE(TG)	29.19

Kosten BKP

Index aktuell 101.0

Index Abrechnungsdatum 101.7

Index Basis 01.04.2010

		CHF inkl. MwSt.	%			CHF inkl. MwSt.	%
0	Grundstück		0.0%	20	Baugrube	2'411'092	4.9%
1	Vorbereitungsarbeiten	2'374'858	4.8%	21	Rohbau 1	11'658'862	23.6%
2	Gebäude	43'140'025	87.4%	22	Rohbau 2	8'105'767	16.4%
3	Betriebseinrichtungen		0.0%	23	Elektroinstallationen	1'535'501	3.1%
4	Umgebung	2'281'424	4.6%	24	Heizung/Lüftung/Klima	2'500'309	5.1%
5	Baunebenkosten	1'540'168	3.1%	25	Sanitäre Anlagen	4'017'944	8.1%
6	Reserve		0.0%	26	Transportanlagen	695'772	1.4%
7	Teuerung		0.0%	27	Ausbau 1	1'857'117	3.8%
9	Ausstattung		0.0%	28	Ausbau 2	5'283'545	10.7%
				29	Honorare	5'074'117	10.3%
1-9	**Total Anlagekosten**	**49'336'474**	100.0%	**2**	**Gebäude**	**43'140'025**	87.4%

Kosten e-BKP-H

		CHF exkl. MwSt.	%			CHF exkl. MwSt.	%
A	Grundstück		0.0%	C	Konstruktion Gebäude	10'182'793	20.6%
B	Vorbereitung	5'043'884	10.2%	D	Technik Gebäude	6'567'419	13.3%
C-G	Bauwerkskosten	32'401'269	65.7%	D1	Elektroanlage	1'421'760	2.9%
H	Nutzungsspez. Anlagekosten		0.0%	D5	Wärmeanlage	974'253	2.0%
I	Umgebung Gebäude	2'112'429	4.3%	D7	Lufttechnische Anlage	1'340'848	2.7%
J	Ausstattung Gebäude		0.0%	D8	Wasser- Gas- u. Druckluft	2'186'325	4.4%
V	Planungskosten	5'361'110	10.9%	D9	Transportanlagen	644'233	1.3%
W	Nebenkosten	763'228	1.5%	E	Äussere Wandbekleidung	6'226'242	12.6%
Y	Reserve, Teuerung		0.0%	F	Bedachung Gebäude	1'279'098	2.6%
Z	Mehrwertsteuer	3'654'554	7.4%	G	Ausbau Gebäude	8'145'717	16.5%
A-Z	**Total Anlagekosten**	**49'336'474**	100.0%	**C-G**	**Total Bauwerkskosten**	**32'401'269**	65.7%

Kennwerte

BKP	Total	CHF/m2 GF	CHF/m3 GV	CHF/m2 HNF	CHF/FE	CHF/ME
BKP2 (inkl. MwSt. & Honorare)	43'140'025	1'700	576	3'357	365'593	
BKP2 (exkl. MwSt. & Honorare)	35'699'874	1'407	476	2'778	302'541	
BKP1-9	49'336'474	1'944	658	3'839	418'106	
eBKP-H						
Anlagekosten A-Z	49'336'474	1'944	658	3'839	418'106	
Erstellungskosten B-W	45'681'921	1'800	610	3'555	387'135	
Bauwerkskosten C-G	32'401'269	1'277	432	2'521	274'587	
Kosten Gebäudetechnik						
Elektroanlage	1'421'760	56	19	111	12'049	
Wärmeanlage	974'253	38	13	76	8'256	76
Lufttechnische Anlage	1'340'848	53	18	104	11'363	43
Wasser-, Gas- und Druckluftanlage	2'186'325	86	29	170	18'528	2'740

Anhang 6: Fragenkatalog zum Experteninterview inkl. Transkription.

Interview

1. Könnten Sie mir bitte möglichst konkret beschreiben, welche Typen von Projekten Sie bearbeiten, insbesondere in Bezug auf Projektgrösse und Projektkomplexität?

Wir berechnen die Baukosten von völlig unterschiedlichen Typen von Hochbau-Bauprojekten. Neubau, Umbau-Renovation, Aufstockung, Sanierung oder eine Mischform in allen Komplexitätsstufen. Von Wohn- und Bürobauten über Bildungs- und Sportbauten bis hin zu Infrastrukturbauten.

2. Könnten Sie mir bitte das Spektrum an Methoden beschreiben, die Sie in Ihrer Arbeit verwenden? Insbesondere: Von welchen Projekteigenschaften hängt es ab, welche Methode Sie einsetzen? (Projekttyp, Projektgrösse, Investor-Typen [institutionelle Anleger vs. Privatpersonen], Wünsche von Auftraggebern, Standort, Bauweise, Materialwahl, Ausbaustandard, etc.)

Wir berechnen die Baukosten anhand der Element- oder Bauteilmethode nach aktuellem eBKP-H und überführen die Kosten immer auch in die BKP-Struktur mit Kontenplan nach Arbeitsgattungen.

3. Welche Informationen und Ziele sind minimal erforderlich, um eine zuverlässige Kostenschätzung zu erstellen?

- **Angaben zu Phase, Stufe (Schätzen Finanzbedarf, KGS, KS, KV) und Genauigkeit der Berechnung (±30% bis ±5%), vgl. Abbildung:**

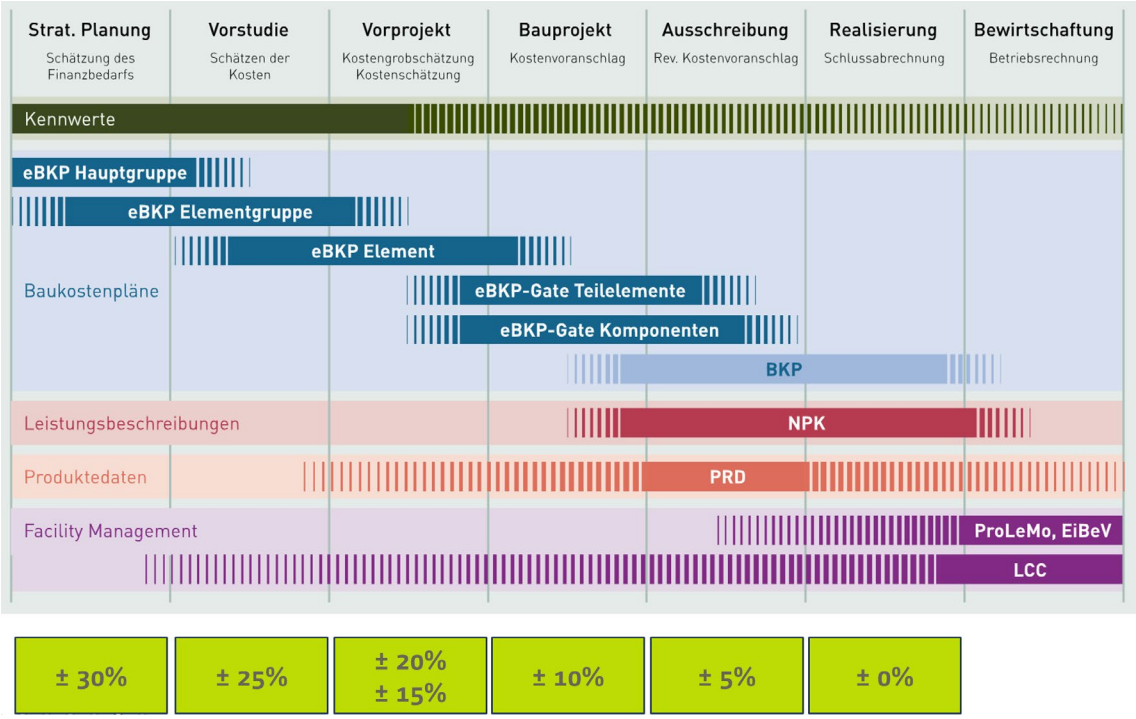


Abbildung 1: Phasen nach SIA und Kostengenauigkeit, Quelle CRB

- **Plangrundlagen in der entsprechenden Detaillierung je nach Phase (Studie, Vorprojekt, Bauprojekt).**
- **Angaben zu Konstruktion und Materialisierung.**
- **Grundmengen nach SIA und eBKP-H, Schemapläne mit Flächenspiegeln, Wohnungsspiegel.**

4. Wie wirkt sich die Art und Menge der erhobenen Informationen und Daten auf die Genauigkeit der Kostenschätzung aus? Können Sie etwas über den Zusammenhang (Trade-off) zwischen Informationsbeschaffungsaufwand und Kostenschätzungsgenauigkeit sagen?

Je genauer die Grundlagen und Datenerhebung ist, desto präziser können die Kosten abgeschätzt werden.

Grundsätzlich gilt, in frühen Projektstadien sind die Kosten stark beinflussbar, je weiter der Planungsfortschritt, desto geringer die Einflussmöglichkeiten auf die Kosten.

5. Inwiefern haben sie die vorgegebenen Ziele bereits vor, während oder nach der Kalkulation in Rücksprache mit dem Auftraggeber bereits mutiert?

Je nach Professionalität des Auftraggebers kann dies jederzeit erfolgen. Teilweise kommen wichtige Punkte erst mit detaillierter Projektierung zu Tage. Zum Beispiel im Falle von Altlasten- und Schadstoffsanierungen. Diese Kosten können ohne Untersuchung, Laboranalyse und Berichterstattung nur schwer abgeschätzt werden.

6. Welcher Faktor ist bei der Kostenermittlung entscheidend?

Dass die dem Bauvorhaben entsprechende Kostenflughöhe berücksichtigt wird. Im Falle von Umbau/Renovation, Instandsetzung und Sanierung soll z.B. sinnvollerweise eine Zustandsanalyse der Bestandsbaute vorliegen, damit man mit der Kostenermittlung nicht weit daneben ist.

7. Wie werden die Kosten im Bereich fehlender Informationen ermittelt? Wie gehen Sie mit diesen Informationslücken in einer Kostenschätzung um?

Entweder werden diese Kostenelemente ausgeschlossen (Nicht enthalten) oder mit einem Budget oder einem Richtpreis eingerechnet und umschrieben.

8. Gibt es nicht-zu-errechnende Kosten? Falls ja: Um welche Kosten handelt es sich hierbei? Mit welchen allfälligen Risiken sind diese Kosten verbunden? Und wie wird dieses Risiko abgefedert?

Zum Beispiel Altlasten- und Schadstoffsanierungen. Diese Kosten können ohne Untersuchung, Laboranalyse und Berichterstattung nur schwer abgeschätzt werden.
Dem kann mit Hinterlegung eines Budgetbetrags, Rückstellungen oder Reserven für Unvorhergesehenes entgegnet werden.

9. Wie stellen Sie die Genauigkeit der ermittelten Kosten sicher? Plausibilität?

Einerseits mit einem Qualitätsmanagement, welches eine gemeinsame Prüfung der Resultate mit allfälliger Korrektur vor Abgabe sicherstellt (Mehraugenprinzip). Andererseits eine

Gegenüberstellung und Plausibilisierung der Kostenkennwerte mit abgerechneten vergleichbaren Projekten.

10. Wie gehen Sie mit Änderungen der Baupläne oder von Anforderungen während der Ermittlung um und wie wirken sich diese auf die Kostenschätzung aus?

Dieser Umstand ist aus Sicht der Kostenermittler ungünstig. Es wird versucht, solche Entwicklungen zu verhindern. Zu einer Kostenermittlung gehören zwingend entsprechende Basisunterlagen. Es ist wichtig, dass alle Grundlagen kongruent sind und sich nicht widersprechen.

Ich würde dabei empfehlen, dass Weiterentwicklungen ab der definierten Kostenbasis (Abgabedossier) mittels einer laufenden Mehr- Minderkostenaufstellung getrackt werden (Kostenmonitoring). Damit können dem Auftraggeber zum Fällen von Entscheiden entsprechende Mehr- oder Minderkosten aufgezeigt werden.

11. Wie stellen Sie die errechneten Kosten dar?

Diese Frage verstehe ich nicht, bitte erläutern.

12. Was ist der übliche Mannstunden-Aufwand für eine Kostenschätzung?

Diese Frage kann so nicht einfach beantwortet werden. Je nach Art, Detaillierung, Anzahl Teilprojekte, Komplexität etc. fällt der Aufwand unterschiedlich aus. Für das Schätzen des Finanzbedarfs ±30% einer Wohnüberbauung im Neubau würden wohl 8 Stunden reichen aber für den detaillierten Kostenvoranschlag ±10% desselben Projekts können es dann schon bis 200 Stunden werden. Für eine Kostenschätzung liegt der Aufwand irgendwo dazwischen.

13. Welche Rolle spielen Kostendatenbanken in Ihrem Arbeitsalltag und wie stellen Sie deren Aktualität und Relevanz sicher?

Datenbanken mit Kostenkennwerten von Vergleichsprojekten sind wichtig. Es gibt unzählige Möglichkeiten und Anbieter mit entsprechenden Informationen. Dabei ist eine Indexierung älterer Daten auf den aktuellen Stand entscheidend.

14. Welche Trends sehen Sie derzeit in der Kostenermittlung im Bauwesen in der Schweiz? Insbesondere: Für welche Teilschritte der Kostenermittlung im Bauwesen erwarten Sie die Entwicklung von Instrumenten, die auf künstlicher Intelligenz basieren? In welchen Bereichen finden Sie den Einsatz von KI basierten Instrumenten sinnvoll, in welchen nicht? Welche Chancen und Risiken des Einsatzes dieser Instrumente sehen Sie?

Ein Trend ist sicher die Planungsmethode mit BIM und der zugehörigen Modellbasierten Mengen- und Kostenermittlung. Die Entwicklung der Methode und der zugehörigen Grundlagen schreitet rasch voran.

Mittlerweile gibt es auch verschiedene KI-gestützte Applikationen und Online-Tools, welche bereits gute und belastbare Resultate liefern (z.B. www.keevalue.ch).
Entscheidend dabei ist sicher die Anzahl von Kostenkennwerten abgerechneter Bauprojekte wie auch die Genauigkeit der Daten.
Ein grosser Teil der Standardprojekte könnte wohl über KI-gestützte Applikationen berechnet werden, wobei die Prüfung und Plausibilisierung der Resultate dennoch durch erfahrene Kostenplaner oder Bauökonomen erfolgen sollte.

15. Darf der Experte in der Abschlussarbeit mit Namen genannt werden?

Nein – der Experte wünscht anonym zu bleiben.