DIPLOMARBEIT

Zeitreihenanalyse der Herstellkosten in der Bauindustrie

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für
Bauingenieurwesen

von

Stephan Loncsek
Matr.Nr.: 01325290

unter der Anleitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. **Frank Lulei**
Univ.Ass. Dipl.-Ing. **Gernot Anton Strasser**

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
an der Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen
TU Wien
Karlsplatz 13/235
A-1040 Wien

Wien, im September 2024 _____

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

In der Bauindustrie gibt es mehrere Ansätze zur Bewältigung von Preisschwankungen: Pauschal- oder Festpreisverträge, bei denen das Risiko beim Auftragnehmer liegt und Preisgleitklauseln, bei denen der Preis an einen Index angepasst wird. Beide Varianten bergen finanzielle Risiken, die durch genauere Baukostenprognosen reduziert werden könnten. Ziel dieser Masterarbeit ist es, ein Modell zu entwickeln, das saisonale Schwankungen und Preistrends in der Bauindustrie berücksichtigt, um das Risiko bei Bauprojekten zu minimieren. Die Arbeit untersucht anhand von Daten der STRABAG AG und STATISTIK AUSTRIA die Baukostenentwicklung und erstellt Prognosemodelle. Forschungsfragen betreffen die Datenqualität, die Erfassung saisonaler Schwankungen und die Erstellung von Prognosemodellen. Der Aufbau der Arbeit umfasst die Analyse der Notwendigkeit von Prognosen, Risikobetrachtungen, die Datenaufbereitung und die Anwendung verschiedener Modelle zur Kostenprognose. Letztendlich wird ein Modell entwickelt, das saisonale Trends darstellt und zukünftige Baukosten besser einschätzbar macht. Die Zeitreihenanalyse ist eine statistische Methode zur Analyse von Mustern, Trends und Veränderungen in zeitlich geordneten Daten. Sie untersucht eine einzelne Variable über die Zeit, um langfristige Trends, saisonale und zyklische Muster sowie zufällige Schwankungen zu identifizieren. Ein wichtiges Ziel der Zeitreihenanalyse ist die Prognose zukünftiger Werte basierend auf historischen Daten. In der Bauindustrie kann die Zeitreihenanalyse verwendet werden um die Entwicklung von Baukosten im Hinblick auf Preisschwankungen und -trends zu untersuchen. Mit Modellen wie ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Avarage) oder Exponential Smoothing können Vorhersagen über zukünftige Preisentwicklungen getroffen werden, was zu genaueren Kalkulationen und einer Reduktion von Risiken bei Bauprojekten führt. Diese Methode unterstützt zudem langfristige Planungen und Budgetierungen. Weiters wird die Methode der "Seasonal-Trend Decomposition" (STL) verwendet um die Struktur von Zeitreihendaten besser zu verstehen und saisonale Effekte zu identifizieren. Im Rahmen der Analyse des Baukostenindex wird die saisonale Komponente untersucht, um festzustellen ob saisonale Muster vorliegen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis 4
1 Einleitung 5
1.1 Problemstellung 5
1.2 Zielstellung 5
1.3 Forschungsfragen 6
1.4 Aufbau 6
2 Baukostenermittlung 7
2.1 Notwendigkeit von Baukostenprognosen 11
2.2 Risikoidentifikation bei Bauprojekten 12
2.3 Moderne Kostenrechnung 13
2.4 Unvorhergesehene Preissteigerungen 14
3 Methodik und Vorgehensweise 15
3.1 Datenbasis Baukonzern 15
3.1.1 Anforderungen an die Daten 15
3.1.2 Aufbereitung der Daten 15
3.1.3 Gliederung der Leistungsgruppen 16
3.2 Datenbasis STATISTIK AUSTRIA 16
3.3 Kostengruppen und deren Zusammensetzung 17
3.3.1 Untersuchung der Kostengruppen STRABAG AG 18
3.4 Modell zur Datenanalyse 21
3.4.1 Regressionsanalyse 21
3.4.2 Zeitreihenanalyse 21
3.4.3 ARIMA-Modelle 23
3.4.4 Exponentielles Glätten 24
3.5 Vergleich der Analysemethoden 25
3.5.1 Zwischenfazit 25
4 Beschreibung der Vorgehensweise bei der Durchführung der Use Case Analysen 26
4.1 Zeitreihen 26
4.1.1 Zeitreihe Beton STRABAG AG 26
4.1.2 Zeitreihe STATISTIK AUSTRIA Baukostenindex 28
4.2 Angewandter Vergleich 29
4.2.1 Datenerhebung STRABAG AG 29
4.2.2 Datenerhebung STATISTIK AUSTRIA 30
4.2.3 Stationarität 31
4.2.4 ADF-Test 31

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.2.5 Gleitender Durchschnitt (MA-Komponente) ... 33
4.2.6 Erste Differenz ... 35
4.2.7 Gleitender Durchschnitt der ersten Differenz ... 37
4.2.8 Verzögerung des Baukostenindex ... 40
4.2.9 Zwischenfazit ... 41
4.3 Analyse der Saisonaltrendkomponente (STL) ... 42
4.3.1 Gleitender Durchschnitt MA(5) ... 42
4.3.2 Stationarität ... 44
4.3.3 Rest ... 45
4.3.4 Rest Anpassung ... 46
4.3.5 Noise und Season ... 47
4.3.6 Zwischenfazit ... 49
4.4 Prognose ... 50
4.4.1 Trend (lineare Regression) ... 50
4.4.2 ETS-Algorithmus (Exponentielles Glätten) ... 52
4.4.3 Exponentielles Glätten Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau ... 53
4.4.4 Exponentielles Glätten Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m ... 54
4.5 Verifizierung Ergebnisse ... 55
5 Diskussion und Schlussfolgerung ... 57
5.1 Fazit ... 57
5.2 Empfehlung: ... 58
5.2.1 Aufzeigen saisonaler Schwankungen in der Bauindustrie ... 58
5.3 Diskussion möglicher Schwächen deines Workflows auf Basis deiner Erkenntnisse Weiterführende mögliche Betrachtungen ... 59
5.3.1 Datensammlung und -aufbereitung ... 59
Literaturverzeichnis ... 63
Tabellenverzeichnis ... 65
Abbildungsverzeichnis ... 66

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abkürzungsverzeichnis

BKI	Baukostenindex
VOB-B	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil B
IPA	Integrierte Projektabwicklung im Bauwesen
OSB	Oberschwellenbereich
USB	Unterschwellenbereich
K-Blätter	Kalkulationsformblätter
BGF	Bruttogeschossfläche
NFL	Nutzfläche
MA	Moving avarage (gleitender Durchschnitt)
ARIMA	Auto Regressive Integrated Moving Avarage
AIC	Akaike-Informationskriterium
ADF	Augmented Dickey-Fuller
SES	Einfaches exponentielle Glätten
ETS	Exponentielles Glätten
STL	Seasonal Trend Decomposition

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

In der Bauindustrie gibt es zwei wesentliche Herangehensweisen an das Thema der Preisschwankungen. Eine davon ist die Bildung von Pauschal- oder Festpresiverträgen. Hier wird das komplette Risiko an die ausführende Firma übertragen. Die zweite Methode ist die Vereinbarung einer Preisgleitklausel. Diese wird entweder typischerweise mit einem Schwellenwert oder durchgehend gleitend definiert. Das bedeutet, dass der vereinbarte Preis laufend mit Hilfe eines vorher vereinbarten Index angepasst wird. Die Preisgleitung sorgt somit dafür, dass der Bauherr keine Planungssicherheit bezüglich der finalen Baukosten hat. Die Gemeinsamkeit beider Varianten ist, dass eine der beiden Parteien ein finanzielles Risiko eingeht. Dieses Risiko kann durch genauere Prognosen der Baukosten gesenkt werden.

1.2 Zielstellung

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der zeitlichen Entwicklung der Herstellungskosten von Wohngebäuden. Die Baubranche nimmt einen wichtigen Platz in unserer Gesellschaft ein und spielt eine zentrale Rolle in unserer Wirtschaft.

Die Berücksichtigung von Preisschwankungen und Preistrends spielt bei der Kalkulation von Bauprojekten eine entscheidende Rolle. Vor diesem Hintergrund ist es sehr wichtig, einen Ansatz zu entwickeln, welcher saisonale Schwankungen und Preisbewegungen erfasst und das Risiko in der Kalkulation minimiert.

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es ein Modell zu entwickeln, welches saisonale Schwankungen in der Bauindustrie darstellt und die Entwicklung der Baukosten unter Berücksichtigung von Preisschwankungen und -trends zu untersuchen. Dazu wird eine Use-Case-Analyse durchgeführt und vergleichbare Parameter aus mehreren Projekten untersucht.
Diese Parameter werden dann anhand einer Bewertungsmatrix dargestellt und hinsichtlich des Baukostenanteils gegenübergestellt.

Im Rahmen der Studie werden Daten der STRABAG AG und von STATISITIK AUSTRIA verwendet und zur Analyse in eine Datenbank übertragen. Basierend auf diesen Daten werden Modelle entwickelt und diskutiert, um die Daten in ein interpretierbares Format zu bringen. Die Ergebnisse der Studie sollen eine bessere Einschätzung der Entwicklung der Herstellkosten für zukünftige Projekte ermöglichen. Zusätzlich werden saisonale Schwankungen analysiert.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

1.3 Forschungsfragen

Forschungsfrage 1:

Welche Datenqualität wird benötigt um weiterführende Schlüsse bezogen auf Zeitreihenmodelle treffen zu können?

Forschungsfrage 2:

Wie kann man saisonale Schwankungen in der Bauindustrie aufzeigen?

Forschungsfrage 3:

Mit welchen Modellen kann man ein Prognosemodell für die Herstellkosten von Bauwerken erstellen?

1.4 Aufbau

Zuerst wird die Notwendigkeit von Prognosen in der Bauindustrie erläutert. Des Weiteren wird die Definition von Risiko und die Folgen der falschen Einschätzung erklärt. Hier stützt sich diese Arbeit auf die Aussagen von Experten der Kalkulation und Kostenrechnung. Anschließend wird erörtert, welche Daten genutzt werden und wie diese aufbereitet werden. Des Weiteren werden verschiedene Modelle zur Datenanalyse vorgestellt und abgewogen, welche von ihnen besser zur Prognose der Baukosten geeignet sind. Danach werden die Zeitreihen der Daten erstellt und die Modelle auf sie angewendet. Die Ergebnisse werden verglichen und es werden weitere Untersuchungen anhand der Daten durchgeführt. Um nun die Saisonalität der Herstellkosten zu beschreiben, werden die Saisonaltrendkomponente berechnet und dargestellt. Letztendlich wird ein Modell zur Prognose der Baukosten Schritt für Schritt erstellt, erklärt und angewendet. Am Ende werden weiterführende Betrachtungen aufgelistet und die Ergebnisse diskutiert.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

2 Baukostenermittlung

Die Ermittlung von Baukosten (1) für Bauprojekte ist aus mehreren wichtigen Gründen notwendig. Sie dient als Grundlage für die Planung, Durchführung und den erfolgreichen Abschluss von Bauvorhaben. Einige zentrale Gründe, warum die genaue Ermittlung der Baukosten unerlässlich ist, sind:

1. Budgetplanung und Finanzierung: Eine präzise Kostenschätzung hilft Bauherren und Investoren das notwendige Budget für das Bauprojekt festzulegen. Ohne eine fundierte Schätzung der Baukosten kann es zu finanziellen Engpässen kommen, die das Projekt verzögern oder gar zum Stillstand bringen können. Sie dient auch als Grundlage für Finanzierungsanfragen bei Banken oder Investoren.

2. Projektplanung und Ressourcenmanagement: Die Baukosten bestimmen maßgeblich den Umfang und den Zeitplan eines Projekts. Durch eine genaue Kostenermittlung können die notwendigen Ressourcen, wie Arbeitskräfte, Materialien und Maschinen, richtig eingeplant werden. Dies verhindert Verzögerungen und unnötige Mehrkosten.

3. Kostenkontrolle und Vermeidung von Überkosten: Während der Bauausführung können Baukosten schnell aus dem Ruder laufen, wenn keine klaren Vorgaben existieren. Eine frühzeitige Ermittlung ermöglicht es, Abweichungen vom Budget frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen zur Kostenkontrolle zu ergreifen. Dies hilft unnötige Kostensteigerungen oder Budgetüberschreitungen zu verhindern.

4. Verträge und Verhandlungen: Eine genaue Kenntnis der Baukosten ist notwendig, um Verträge mit Auftragnehmern, Lieferanten und anderen Partnern auszuhandeln. Sie hilft dabei, faire und realistische Preise zu vereinbaren und die Vertragsbedingungen auf eine fundierte Grundlage zu stellen.

5. Risikominimierung: Bauprojekte sind mit verschiedenen Risiken verbunden, wie unvorhergesehenen Materialpreiserhöhungen, Änderungen in der Bauplanung oder Verzögerungen. Eine detaillierte Kostenschätzung berücksichtigt solche Risiken und hilft dabei, Puffer oder Reserven einzuplanen, um unvorhergesehene Kosten zu decken.

6. Wirtschaftlichkeit und Rentabilität: Insbesondere bei kommerziellen Bauprojekten ist es wichtig sicherzustellen, dass das Bauvorhaben wirtschaftlich rentabel ist. Die Baukosten spielen eine zentrale Rolle bei der Kalkulation der gesamten Projektkosten und damit auch bei der Bewertung der langfristigen Rentabilität des Projekts.

7. Förderungen und öffentliche Finanzierung: In vielen Fällen sind staatliche Fördermittel oder andere Zuschüsse an genaue Kostenplanungen und transparente Budgets gebunden. Eine fundierte Baukostenermittlung ist oft eine Voraussetzung, um solche Finanzierungen zu erhalten.

8. Nachhaltigkeit und Effizienz: Durch eine genaue Kalkulation der Baukosten können auch Entscheidungen zur Nachhaltigkeit getroffen werden. Die Kosten für umweltfreundliche Materialien oder energieeffiziente Technologien können direkt in die Gesamtplanung einfließen, um langfristig Betriebskosten zu sparen.

Insgesamt ist die Ermittlung der Baukosten für die erfolgreiche Planung, Umsetzung und Kontrolle eines Bauprojekts unverzichtbar. Sie bildet das Fundament für eine reibungslose Projektabwicklung und dient der Kostenoptimierung, der Minimierung von Risiken sowie der Sicherstellung der finanziellen Machbarkeit des Vorhabens.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die Ermittlung von Baukosten ist eine entscheidende Phase in jedem Bauprojekt und hat sich in den letzten Jahren durch technologische Fortschritte und innovative Ansätze weiterentwickelt. Moderne „State-of-the-Art“-Methoden zur Baukostenermittlung nutzen eine Kombination aus traditionellen Kalkulationsmethoden und fortschrittlichen Technologien. Trotz ihrer modernen und fortschrittlichen Ansätze weisen die "State of the Art"-Methoden zur Baukostenermittlung einige Schwächen auf. Manche dieser Schwächen legen nahe, dass die Anwendung von Zeitreihenanalysen eine sinnvolle Ergänzung oder Alternative sein könnte.

1. Building Information Modeling (BIM)
   BIM ist eine digitale Methode zur Erstellung und Verwaltung von Gebäudedaten während des gesamten Lebenszyklus eines Bauprojekts. Es verbindet 3D-Modellierung mit einer Datenbank, in der alle Informationen zu den Materialien, Arbeitskosten, Zeitplänen und Projektdetails hinterlegt sind. BIM ermöglicht außerdem eine präzisere Kostenschätzung, indem es die genauen Mengen und Kosten der Baumaterialien aus den digitalen Modellen automatisch extrahiert. Durch die Simulation verschiedener Bauphasen können zukünftige Kostenveränderungen abgeschätzt werden. Zudem können Szenarien simuliert und frühzeitig Kostenoptimierungen vorgenommen werden. BIM liefert eine äußerst detaillierte und präzise Baukostenprognose, die stark von der Qualität der eingegebenen Daten abhängt. Es erfordert hohe Anfangsinvestitionen und Fachkenntnisse, um BIM korrekt einzusetzen. Zudem ist BIM oft nur in der Planungsphase präzise und kann Schwierigkeiten haben, unvorhersehbare Preisänderungen oder Marktschwankungen im Verlauf des Projekts zu berücksichtigen. BIM berücksichtigt keine historischen Preisentwicklungen oder saisonale Trends, was Zeitreihenanalysen bieten können. Diese könnten helfen die Kosten besser vorherzusagen, insbesondere bei langfristigen Projekten. (2)

1. Dynamische Kostenberechnung durch Künstliche Intelligenz (KI)
   KI-basierte Systeme analysieren historische Daten und nutzen Algorithmen, um präzise Kostenschätzungen zu erstellen. Diese Methoden lernen kontinuierlich aus abgeschlossenen Projekten und passen sich an aktuelle Marktbedingungen an. KI-gestützte Systeme können große Datenmengen in Echtzeit analysieren und bieten eine hohe Genauigkeit bei der Kostenschätzung. Sie sind besonders nützlich für die Vorhersage von Preisänderungen, Kostenrisiken und Optimierungsmöglichkeiten. Obwohl KI eine große Menge an historischen Daten analysieren kann, kann sie bei unvollständigen oder schlechten Daten ebenfalls ungenaue Schätzungen liefern. Zudem ist KI in der Bauindustrie noch neu und braucht oft umfangreiche, strukturierte Datenmengen, die nicht immer verfügbar oder repräsentativ für aktuelle Marktbedingungen sind. KI könnte Schwierigkeiten haben, kurzfristige Marktschwankungen oder saisonale Muster zu erfassen. Zeitreihenanalysen hingegen ermöglichen eine detaillierte Vorhersage von Trends und Preisentwicklungen basierend auf historischen Daten, was die KI-basierte Schätzung ergänzen könnte. (3)

2. Parametrische Kostenschätzung
   Diese Methode nutzt statistische Modelle, die auf historischen Daten und bestimmten Parametern wie Fläche, Volumen, Materialauswahl und Bauweise basieren. Sie eignet sich gut in frühen Planungsphasen, wenn detaillierte Projektinformationen noch nicht verfügbar sind. Die parametrische Schätzung ist schnell und liefert verlässliche Ergebnisse in den frühen Stadien des Projekts, wo grobe Kostenrahmen benötigt werden. Sie lässt sich zudem leicht an Änderungen in der Planung anpassen. Parametrische Modelle basieren auf statistischen Korrelationen und historischen Daten ähnlicher Projekte. Sie können jedoch durch unvorhersehbare externe Einflüsse wie Marktänderungen, Inflation oder Materialengpässe verzerrt werden. Parametrische Schätzungen berücksichtigen oft nicht die zeitliche Entwicklung von Kosten über verschiedene Phasen des Projekts, was durch Zeitreihenanalysen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

erreicht werden könnte. Zeitreihen können historische Muster und saisonale Trends erkennen und auf zukünftige Entwicklungen übertragen. (4)

3. Kostenbenchmarking
   Beim Kostenbenchmarking werden die Kosten eines Projekts mit ähnlichen, bereits abgeschlossenen Projekten verglichen. Dabei wird auf große Datenbanken mit historischen Kostendaten zurückgegriffen. Diese Methode nutzt den Vorteil großer Datenbanken, um realistische Kostenschätzungen zu liefern. Sie hilft Kostenspitzen zu identifizieren und zu vermeiden, indem sie aktuelle Trends und Preisschwankungen berücksichtigt. Das Benchmarking basiert auf abgeschlossenen Projekten und liefert Schätzungen auf Grundlage vergangener Daten. Diese Methode ist anfällig für Marktveränderungen, die zwischen Projekten auftreten, und berücksichtigt nicht ausreichend zukünftige Kostenentwicklungen. Benchmarking übersieht oft dynamische Entwicklungen. Zeitreihenanalyse bietet eine präzise Möglichkeit, dynamische Kostenveränderungen über die Zeit zu beobachten und in die Prognose einzubeziehen, besonders bei sich rasch verändernden Märkten. (5)

4. Lebenszykluskostenanalyse (LCC)
   Diese Methode bezieht nicht nur die Baukosten, sondern auch die Kosten für Betrieb, Instandhaltung und Abriss eines Gebäudes ein. Dabei wird der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes von der Planung bis zum Abriss betrachtet. Die LCC hilft, langfristige Kosten zu prognostizieren und energieeffiziente sowie ökonomisch und ökologisch nachhaltige Entscheidungen zu treffen. Diese Methode ist besonders relevant, wenn die Langfristigkeit eines Bauprojekts von Bedeutung ist. LCC betrachtet die gesamten Lebenszykluskosten eines Projekts; einschließlich Bau, Betrieb und Instandhaltung. Dies macht langfristige Schätzungen komplex. Sie ist jedoch oft stark hypothetisch und kann Marktunsicherheiten oder kurzfristige Preisschwankungen schlecht abbilden. Die Lebenszykluskostenanalyse geht selten auf kurzfristige Preisschwankungen ein, die sich aus saisonalen Veränderungen oder unerwarteten Marktbedingungen ergeben. Zeitreihenanalysen könnten dazu beitragen, solche kurzfristigen Schwankungen genauer vorherzusagen und die Lebenszykluskosten realistischer zu gestalten. (6)

5. Monte-Carlo-Simulationen
   Diese Methode verwendet Wahrscheinlichkeitsverteilungen, um die Unsicherheit bei der Kostenschätzung zu simulieren. Unterschiedliche Szenarien werden simuliert, um die wahrscheinlichsten Kostenergebnisse zu ermitteln. Monte-Carlo-Simulationen bieten eine quantitative Risikobewertung und helfen, die potenziellen Kostenabweichungen im Projekt besser zu verstehen. Sie ermöglicht es, verschiedene Risikoquellen wie Materialpreise, Witterungseinflüsse oder Verzögerungen zu berücksichtigen. Monte-Carlo-Simulationen sind zwar gut für die Risikobewertung geeignet, aber sie erfordern eine genaue Definition der Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Diese Verteilungen basieren oft auf Annahmen, die nicht immer die tatsächliche Preisentwicklung über die Zeit widerspiegeln. Monte-Carlo-Simulationen sind oft nicht in der Lage, langfristige Trends oder zyklische Muster zuverlässig zu erkennen. Zeitreihenanalysen könnten diese Simulationen unterstützen, indem sie historische Preistrends identifizieren, die eine bessere Grundlage für zukünftige Prognosen liefern. (7)

6. Bottom-Up-Kalkulation
   Die Bottom-Up-Methode ermittelt die Kosten detailliert auf der Basis einzelner Arbeitsschritte, Materialien und Arbeitskräfte. Diese Methode eignet sich gut für detaillierte Kostenberechnungen in der Ausführungsphase eines Projekts. Sie bietet die höchste Genauigkeit bei der Kostenschätzung, da sie auf sehr detaillierten Informationen basiert. Besonders in späteren Projektphasen, wenn viele Details bekannt sind, ist sie unverzichtbar. Die Bottom-Up-Methode ist genau, jedoch zeitaufwendig und anfällig für unvorhergesehene

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Kostenveränderungen während des Projektverlaufs, da sie oft keine dynamischen Kostenverläufe über die Zeit einbezieht. Dynamische Preisänderungen oder Marktbedingungen können die Genauigkeit der Bottom-Up-Kalkulation gefährden. Eine Zeitreihenanalyse würde es ermöglichen, diese zeitabhängigen Schwankungen zu antizipieren, was die Bottom-Up-Methode ergänzen könnte.

7. Cloud-basierte Kostenmanagement-Tools
   Diese modernen Softwarelösungen ermöglichen die Integration und Echtzeit-Überwachung von Baukosten in der Cloud. Sie bieten Zugang zu aktuellen Daten und ermöglichen eine bessere Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Projektbeteiligten. Die Echtzeit-Datenanalyse und -Kommunikation ermöglicht eine dynamische Anpassung von Baukosten in allen Projektphasen. Cloud-Tools sind besonders hilfreich, um Transparenz und Effizienz bei der Kostenüberwachung sicherzustellen. Obwohl diese Tools eine Echtzeitüberwachung von Kosten ermöglichen, basieren sie häufig auf aktuellen Daten und haben Schwierigkeiten, langfristige Preisentwicklungen oder saisonale Schwankungen einzubeziehen. Zudem hängt ihre Effizienz stark von der Verfügbarkeit und Genauigkeit der eingegebenen Daten ab. Zeitreihenanalysen könnten eine wertvolle Ergänzung sein, um langfristige Trends und saisonale Schwankungen zu erkennen und so die Echtzeitüberwachung, um historische und prognostische Perspektiven zu erweitern.

8. Lean Construction und Wertanalyse
   Lean Construction zielt darauf ab, Verschwendung auf der Baustelle zu minimieren und den Wert für den Kunden zu maximieren. Es werden Prozesse optimiert, um die Effizienz zu steigern und unnötige Kosten zu vermeiden. Die Wertanalyse sorgt dafür, dass nur solche Maßnahmen ergriffen werden, die dem Projekt echten Mehrwert bieten, was die Baukosten langfristig optimiert. (8)

Diese „State-of-the-Art“-Methoden zur Baukostenermittlung bieten die Möglichkeit einer präzisen und effizienten Kalkulation und tragen wesentlich dazu bei, Risiken zu minimieren, Genauigkeit zu erhöhen und die Rentabilität von Bauprojekten zu verbessern. Die Schwäche vieler "State of the Art"-Methoden liegt in ihrer Unfähigkeit, langfristige Trends, saisonale Schwankungen und dynamische Kostenentwicklungen präzise zu erfassen. Zeitreihenanalysen sind genau darauf spezialisiert: Sie analysieren historische Daten und erkennen Muster, die zukünftige Entwicklungen vorhersagen können. Damit stellen Zeitreihenanalysen eine wertvolle Ergänzung dar, die es ermöglicht, dynamische und zyklische Kostenschwankungen besser zu antizipieren und so genauere und fundiertere Baukostenprognosen zu erstellen.

Ein Unternehmen muss zur Aufrechterhaltung seiner Baustellen und zur Erbringung der vertraglich vereinbarten Leistungen Ausgaben (Aufwand) tätigen, die in der Gewinn- und Verlust-Rechnung erfasst werden. Den Ausgaben stehen die Umsatzerlöse (Ertrag) gegenüber. Deren Differenz bestimmt den Gewinn oder Verlust. Die Kalkulation dient als Plankostenrechnung, die den zukünftigen Aufwand schätzt, um Preise zu bestimmen, die den späteren Ertrag sichern. Diese Preise werden oft mit Vertragsabschluss fixiert, während der tatsächliche Aufwand erst später eintritt. Ob die kalkulierten Kosten dem tatsächlichen Aufwand entsprechen, hängt von verschiedenen Faktoren wie der Genauigkeit der Leistungsbeschreibung, der Qualität der Kalkulation und der Ausführung sowie externen Einflüssen ab. Unerwartete Risiken sollen durch Wagniszuschläge berücksichtigt werden.

Es gibt keine gesetzlich vorgeschriebenen Methoden zur Baukostenrechnung, doch betriebswirtschaftliche Prinzipien wie das Kostenverursachungsprinzip und das Kostentragfähigkeitsprinzip (9) sind entscheidend. Kosten sollen verursachungsgerecht den Leistungen zugeordnet werden. Gleichzeitig müssen die Preise so gestaltet werden, dass der Markt sie akzeptiert und die Kosten gedeckt werden können. Die Kalkulation unterliegt außerdem der Freiheit des

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Unternehmers, etwa in Bezug auf Gemeinkosten. Dies zeigt sich in der ÖNORM B 2061, welche flexible Ansätze zur Kostenberechnung vorschlägt. Jedoch müssen die Preise wettbewerbsfähig bleiben, da ohne Auftragseingänge ein Unternehmen wirtschaftlich nicht existieren kann. Einige Unternehmen, insbesondere kleinere, kalkulieren oft aus dem Bauchgefühl heraus, was zwar kritisch betrachtet wird, in bestimmten Fällen jedoch funktionieren kann. Herausforderungen wie fehlende Standardisierung von Ausschreibungen erschweren jedoch eine präzise und systematische Kalkulation. (10)

2.1 Notwendigkeit von Baukostenprognosen

Die Coronapandemie und die durch den Krieg in der Ukraine bedingte Energie- und Arbeitskräftekrise haben zu Herausforderungen in der Zusammenarbeit zwischen Auftraggebenden, Auftragnehmenden und Sachverständigen geführt. Es werden Lösungen gesucht, um Verträge in einer zunehmend unvorhersehbaren Zukunft zu handhaben, mit dem Ausnahmezustand der "höheren Gewalt" umzugehen und Partnerschaftlichkeit zwischen den Vertragspartnern zu fördern. Aktuelle Konfliktpunkte sind hier die Preisexplosionen, Lieferengpässe und Bauzeitverzögerungen. Die Bauwirtschaft steht vor der Herausforderung, diese Probleme zu bewältigen und Fragen bezüglich bestehender und zukünftiger Bauverträge zu klären. Die Bauzeit und die finanziellen Auswirkungen sind zentrale Streitpunkte in dieser Situation.

In der Baubranche werden außerdem im Zusammenhang mit der Coronapandemie und dem Ukraine-Krieg vermehrt Ansprüche auf Schadensersatz, Entschädigung und Vergütungsanpassungen diskutiert. Die Durchsetzbarkeit von Schadensersatzansprüchen erscheint aufgrund des fehlenden Verschuldens der Auftraggeber fraglich. Eine Entschädigung kann in Betracht gezogen werden, wenn der Auftraggeber seine Mitwirkungsobliegenheit verletzt. Die Vergütung basiert auf den Regelungen der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil B, diese erfordert jedoch eine Anordnung des Auftraggebers. Trotz dieser Herausforderungen konnte der Baubetrieb größtenteils aufrechterhalten werden. Die bestehenden Bauverträge gelten weiterhin, aber für zukünftige Verträge gibt es unterschiedliche Vorgaben. Insgesamt ist eine kooperative Vorgehensweise erforderlich, um die Bauprojekte erfolgreich abzuschließen und die entstehenden Kosten zu bewältigen. (11)

Angesichts aktueller Herausforderungen und unvorhergesehener Probleme sollten Vertragsparteien gemeinsam nach Lösungen suchen, um zusätzliche Kosten zu vermeiden. Kooperative Vertragsmodelle wie das IPA-Modell oder "cost + fee"-Verträge (11) können eine flexiblere Reaktion auf Preissteigerungen ermöglichen, ohne eine der Parteien zu benachteiligen. Es wird empfohlen mögliche Konflikte frühzeitig partnerschaftlich zu regeln und Mechanismen zur außergerichtlichen Streitbeilegung in Betracht zu ziehen. Eine neutrale dritte Partei wie ein Schiedsgutachter kann bei der Lösungsfindung helfen, insbesondere bei kalkulationsbezogenen Herausforderungen. Eine angemessene Vertragsauslegung und Dokumentation sind von großer Bedeutung, insbesondere bei Verträgen, die die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen als Bestandteil haben. Ein ausgewogenes Risikogleichgewicht zwischen den Vertragsparteien und eine Neuausrichtung der Lastenverteilung können dazu beitragen Lösungen zu finden. Es wird aktuell auch die Möglichkeit diskutiert den Wegfall der Geschäftsgrundlage gemäß § 313 BGB als Begründung für Preissteigerungen heranzuziehen. Eine detaillierte Analyse der betroffenen Kosten und eine transparente Darlegung der Preisentwicklung sind erforderlich, um die Plausibilität der Mehrkosten zu überprüfen. Die Verteilung der Kosten sollte angemessen und fair sein, wobei eine gewisse Eigenbeteiligung des Auftragnehmers als selbstverständlich angesehen wird. Die Auswirkungen von Vertragsleistungsveränderungen und Bauzeitverzögerungen müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Zu betonen ist auch, dass die Vertragsparteien einen fairen und ausgewogenen Umgang miteinander anstreben sollten, auch wenn die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil B nicht explizit Bestandteil des Vertrags ist. (12)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

2.2 Risikoidentifikation bei Bauprojekten

Die Risikobewältigung in Bauprojekten erfordert die Strukturierung von Risiken, einschließlich der Preissteigerung, in Risikoarten, um eine systematische Erfassung und Behandlung zu ermöglichen. Preissteigerungen stellen ein bedeutendes Risiko im Baugewerbe dar und können verschiedene Ursachen haben, wie beispielsweise Materialknappheit, Nachfrageüberhang oder politische Faktoren. Indem Preissteigerungen als eigenständige Risikoart identifiziert und strukturiert werden, können spezifische Maßnahmen ergriffen werden, um ihre Auswirkungen auf das Projekt zu minimieren. Dies kann den Einsatz von Preisanpassungsklauseln, Vertragsverhandlungen oder alternative Beschaffungsstrategien umfassen. Eine systematische Gliederung der Risiken ermöglicht es den Projektbeteiligten Preissteigerungen gezielt zu analysieren, zu bewerten und geeignete Risikominderungsmaßnahmen zu ergreifen, um die Kostenkontrolle und den Projekterfolg zu gewährleisten.

Die Risikoidentifikation bei der Abwicklung von Bauprojekten erfolgt durch eine Kombination verschiedener Methoden, darunter intuitives Pondering (13), strukturiertes Brainstorming und systematische Checklisten. Dabei werden auch potenzielle Preissteigerungen als ein relevantes Risiko betrachtet. Angesichts der dynamischen Natur der Baubranche und möglicher Schwankungen in den Kosten für Materialien, Arbeitskräfte und anderer Ressourcen ist es wichtig, Preissteigerungen als potenzielle Bedrohung für das Projekt zu erkennen.

Die Risikobewertung kann sowohl qualitative als auch quantitative Ansätze umfassen, um die Auswirkungen von Preissteigerungen zu bewerten. Qualitativ kann die Wahrscheinlichkeit von Preissteigerungen bewertet werden, basierend auf historischen Daten, Marktanalysen und Expertenwissen. Quantitativ kann die Tragweite der Preissteigerungen in finanziellen Kennzahlen oder Prozenten ausgedrückt werden.

Die Identifikation und Bewertung von Preissteigerungen ermöglicht es den Projektbeteiligten angemessene Maßnahmen zur Risikobehandlung zu ergreifen. Dazu können Vertragsklauseln zur Preisindexierung, Reserven in den Budgets oder regelmäßige Überprüfungen der Kostenentwicklung gehören. Ein effektives Risikomanagement stellt sicher, dass potenzielle Preissteigerungen erkannt und proaktiv berücksichtigt werden, um die finanzielle Stabilität und den Erfolg des Bauprojekts zu gewährleisten.

Die Risikobewältigung bei der Abwicklung von Bauprojekten umfasst verschiedene Maßnahmen wie Vermeidung, Verminderung, Transfer und Übernahme, um die Auswirkungen von Risiken zu reduzieren, einschließlich möglicher Preissteigerungen. In einem volatilen wirtschaftlichen Umfeld kann es zu Preiserhöhungen bei Baustoffen, Arbeitskräften und anderen Ressourcen kommen, die sich auf die Gesamtkosten eines Projekts auswirken können.

Um Preissteigerungen effektiv zu bewältigen ist es wichtig eine umfassende Risikoanalyse durchzuführen, um potenzielle Quellen für Preissteigerungen zu identifizieren. Basierend auf dieser Analyse können verschiedene Strategien angewendet werden, wie beispielsweise Vertragsklauseln zur Preisindexierung, langfristige Verträge mit Lieferanten, rechtzeitige Materialbeschaffung oder die Verwendung von Alternativmaterialien, um die Auswirkungen von Preisschwankungen zu minimieren.

Darüber hinaus ist eine regelmäßige Überwachung der Marktentwicklungen und eine enge Zusammenarbeit mit den Lieferanten und Auftragnehmern unerlässlich, um frühzeitig auf mögliche Preissteigerungen reagieren zu können. Eine kontinuierliche Anpassung der Kostenkalkulation und

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

eine angemessene Reserve für unvorhergesehene Preissteigerungen sind ebenfalls wichtige Aspekte der Risikobewältigung im Hinblick auf Preissteigerungen.

Letztendlich ist es entscheidend, dass Bauprojekte eine ganzheitliche und proaktive Herangehensweise an die Risikobewältigung verfolgen, die auch die potenziellen Auswirkungen von Preissteigerungen berücksichtigt. Dies ermöglicht es den Projektbeteiligten angemessen auf solche Risiken zu reagieren und die finanzielle Stabilität sowie die Rentabilität des Projekts sicherzustellen.

Die Risikokalkulation bei der Abwicklung von Bauprojekten umfasst die Identifizierung, Analyse und Bewertung von Risiken sowohl auf Unternehmensebene als auch auf projektspezifischer Ebene. Dabei werden auch die verschiedenen Gewerkegruppen berücksichtigt, da jedes Gewerk spezifische Risiken birgt.

Die Kalkulation der Risiken in den Gewerkegruppen beinhaltet die Identifizierung von möglichen Risiken, wie zum Beispiel Materialengpässe, technische Herausforderungen oder Verzögerungen bei der Fertigstellung. Diese Risiken werden analysiert und bewertet, um ihre Auswirkungen auf das Projektbudget und den Zeitplan abzuschätzen.

Für jede Gewerkegruppe werden spezifische Risikokosten ermittelt. Diese umfassen Kosten für identifizierte Projektrisiken, pauschale Zuschläge für nicht identifizierte Risiken, Versicherungskosten und Kosten für Garantierisiken. Dabei werden die spezifischen Anforderungen und Besonderheiten der jeweiligen Gewerkegruppe berücksichtigt.

Eine detaillierte Erfassung der Risikokosten in den einzelnen Gewerkegruppen ermöglicht ein effizientes Risikocontrolling und trägt zum angestrebten Projekterfolg bei. Durch eine kontinuierliche Projektsteuerung und einen Verbesserungsprozess können die Zielkosten und Zielpreise für die einzelnen Gewerkegruppen erreicht werden.

Es ist wichtig, dass alle Gewerkegruppen in die Risikokalkulation einbezogen werden, da sie unterschiedliche Risiken und Anforderungen bergen. Eine ganzheitliche Betrachtung der Risiken in den Gewerkegruppen ermöglicht eine realistische und fundierte Planung sowie eine effektive Steuerung des Bauprojekts. (13)

2.3 Moderne Kostenrechnung

Die ÖNORM B 2061 im Licht der modernen Kostenrechnung (14) stellt eine veraltete Form der Kalkulation dar, die den Anforderungen und Methoden der modernen Kostenrechnung nicht entspricht. Insbesondere berücksichtigt sie nicht angemessen unvorhergesehene Preissteigerungen, die in vielen Branchen und Märkten auftreten können. Diese Preissteigerungen können erhebliche Auswirkungen auf die Gesamtkosten eines Projekts oder Produkts haben und sollten daher bei der Kalkulation und Planung berücksichtigt werden.

Die eindimensionale Zuschlagskalkulation der ÖNORM B 2061 (9) geht davon aus, dass alle Gemeinkosten im Geschäftsgemeinkostenzuschlag erfasst werden, unabhängig vom Ressourcenverbrauch. Dadurch wird jedoch nicht berücksichtigt, dass unvorhergesehene Preissteigerungen zu höheren Beschaffungskosten führen können, die sich direkt auf die Gemeinkosten auswirken. Diese Kostensteigerungen sollten in einer modernen Kostenrechnung durch eine differenzierte Analyse und eine flexible Anpassung der Kalkulationsgrundlagen berücksichtigt werden.

Die starre Definition und Zuordnung von Gemeinkosten in der ÖNORM B 2061 steht im Konflikt mit den Prinzipien einer umfassenden Kostenrechnung, die eine ganzheitliche Betrachtung ermöglicht.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Unvorhergesehene Preissteigerungen erfordern eine regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Kalkulationsgrundlagen, um eine realistische Einschätzung der Gesamtkosten zu gewährleisten.

Eine Anwendung der ÖNORM B 2061 ohne angemessene Berücksichtigung von unvorhergesehenen Preissteigerungen führt zu einer ungenauen Kalkulation und kann zu erheblichen finanziellen Verlusten führen. Es ist daher ratsam moderne Konzepte und Methoden der Kostenrechnung zu nutzen, die eine flexible Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen ermöglichen und unvorhergesehene Preissteigerungen angemessen berücksichtigen. (14)

2.4 Unvorhergesehene Preissteigerungen

Die Verfahren im Oberschwellenbereich des öffentlichen Sektors (OSB) und des Unterschwellenbereichs (USB) weisen einige Unterschiede auf. (15) Im OSB kann das Verhandlungsverfahren nach vorherigem Aufruf zum Wettbewerb ohne Ausnahmeverfahren angewendet werden, während im USB ein angemessener Grad von Öffentlichkeit genügt. Im OSB sind Ausnahmegründe für das Verhandlungsverfahren ohne vorherigen Aufruf zum Wettbewerb weitgehend identisch mit dem klassischen Bereich, während im USB die Binnenmarktrelevanz eine Rolle spielt.

Im Kontext von unvorhergesehenen Preissteigerungen, insbesondere im Baubereich, spielen Kalkulationsformblätter (K-Blätter) eine bedeutende Rolle bei der Berechnung von Mehrkosten. Sie können vertragsrelevante Annahmen enthalten, einschließlich möglicher Preisanpassungsklauseln, um unvorhergesehene Kostensteigerungen abzudecken. Die ÖNORM B 2061 (9) stellt Grundlagen für die Baukalkulation zur Verfügung, wobei K-Blätter verschiedene Aspekte wie Kostenarten, Gerätekosten und Einheitspreise abdecken.

Die Urkalkulation dient als Ausgangspunkt für die Berechnung von Mehrkosten und umfasst Preisermittlungsgrundlagen, die vertraglich, objektiv oder subjektiv sein können. Unvorhergesehene Preissteigerungen können als Grundlage für Vertragsanpassungen dienen, sofern entsprechende Mechanismen im Vertrag vorgesehen sind. Offenliegende K-Blätter können eine relevante Preisermittlungsgrundlage darstellen, jedoch müssen nachträglich offengelegte Werte plausibilisiert werden, um unvorhergesehene Preissteigerungen angemessen zu berücksichtigen. (16)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

3 Methodik und Vorgehensweise

Im ersten Schritt werden die von der Firma STRABAG AG bereitgestellten Daten gesammelt und in eine Datenbank überführt, welche es ermöglicht eine Analyse durchzuführen. Dann werden jene Gewerke herausgelöst, die in entsprechender Datenmenge vorhanden sind, um eine realistische Abschätzung vornehmen zu können. Des Weiteren werden die Daten des Baukostenindex von Statistik Austria verwendet, um konzernunabhängige Werte zu erhalten.

Im zweiten Schritt wird ein Modell erarbeitet und erörtert, welches ermöglicht die Daten darzustellen und in eine interpretierbare Form zu bringen.

Im dritten Schritt werden die Ergebnisse verglichen und interpretiert.

3.1 Datenbasis Baukonzern

STRABG AG stellt im Rahmen dieser Forschungsarbeit die Daten von vergangen Projekten zur Verfügung. Hierbei handelt es sich ausschließlich um Projekte deren Angebotsverfahren schon abgeschlossen sind. Die Vertragsgrundlage hierzu findet sich im Anhang wieder. Zur Vereinfachung werden diese Projekte durchnummeriert und diese Nummerierung wird durchwegs beibehalten. Die dabei analysierten Projekte wurden nach dem kalkulierten Ausführungsstart sortiert und beginnen frühestens mit 01.02.2020 und spätestens mit 01.08.2023. Aus dem Datenpool der STRABAG AG wurden 55 Projekte anhand von verschiedenen Kriterien ausgewählt.

3.1.1 Anforderungen an die Daten

Folgende Anforderungen wurden an die Projekte gestellt:

1) Ausführungsbeginn vor Publikation dieser Forschungsarbeit
2) Projektvolumen: Bauwerkskosten größer als 10.000.000 €
3) Wohngebäude
4) Einheitliche Kalkulationsgrundlage (Gleiche LV Positionen laut Standard LV-Struktur STRABAG)
5) Tragstruktur ausschließlich Stahlbeton (Anteil Stahlbeton an Tragwerkskosten mehr als 90%)
6) Projekt ist digital im Kalkulationsprogramm iTWO angelegt
7) Daten sind Bestandteil der Arbeitskalkulation-0 (Die Arbeitskalkulation ist ein Prozess, bei dem die Kosten für eine Baumaßnahme aufgeschlüsselt werden als Grundlage für die Bauausführung. Dabei werden alle Kosten berücksichtigt, die im Zusammenhang mit der Durchführung der Baumaßnahme anfallen, wie zum Beispiel Materialkosten, Lohnkosten, Kosten für Baumaschinen und Geräte, Baustelleneinrichtungskosten und sonstige Kosten.)

3.1.2 Aufbereitung der Daten

Die Daten wurden im Excel-Format aus dem Programm iTWO exportiert. Anschließend wurden die exportierten Dateien in einem Ordner abgelegt, um mit einer Master-Datei auf alle gesammelt zugreifen zu können.

Mit dem Excel Tool Power Query wurden dann die relevanten Positionen der Gewerke zusammengeführt, vorsortiert und organisiert, sodass für jede Position nur relevante Daten ausgegeben werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

3.1.3 Gliederung der Leistungsgruppen

Für den Vergleich der Projekte untereinander wird eine einheitliche Struktur gefordert. Hier bietet sich die ÖNORM B 1801-1:2022 03 01 an (17). Betrachtet werden auf erster Ebene die Kostenbereiche Rohbau, Technik und Ausbau (=Bauwerkskosten)

Abbildung 3-1 Auszug aus ÖNORM B 1801-1:2022 03 01 Kapitel 4.3.5, Bild 4 Kostengruppierung

Kostenbereiche			Kostengruppierung			
	Baugliederung 1.Ebene	Abk.	Bauwerks-kosten *BWK*	Bau-kosten *BAK*	Errichtungs-kosten *ERK*	Gesamt-kosten *GEK*
0	Grund	GRD				
1	Aufschließung	AUF				
2	Bauwerk-Rohbau	BWR	100 %			
3	Bauwerk-Technik	BWT				
4	Bauwerk-Ausbau	BWA				
5	Einrichtung	EIR				
6	Außenanlagen	AAN				
7	Planungsleistungen	PLL				
8	Projektnebenleistungen	PNL				
9	Reserven	RES				

Auf zweiter Ebene werden anschließend alle Grobelemente herausgefiltert und analysiert. Hierzu wird die Einteilung aus ÖNORM B 1801-1:2022 03 01 Kapitel 5.3.2 Baugliederung der 1., 2. und der 3. Ebene Tabelle 1 - Baugliederung 1. Ebene bis 3. Ebene herangezogen. (17)

Auf dritter Ebene, laut Abbildung 3-1, werden abschließend die Elemente verglichen.

3.2 Datenbasis STATISTIK AUSTRIA

Die Baukostenindizes verfolgen die Entwicklung der Kosten, die Bauunternehmern durch Veränderungen in den Kostengrundlagen (Material und Arbeit) bei der Durchführung von Bauleistungen entstehen. Diese Indizes werden seit dem 01.01.2021 auf Basis eines Jahresdurchschnitts von 2020 = 100 für den Wohnhaus- und Siedlungsbau sowie den Straßen-, Brücken- und Siedlungswasserbau berechnet und veröffentlicht. Vorläufige Ergebnisse sind 15 Tage nach Ende des Berichtsmonats verfügbar, während endgültige Werte nach 75 Tagen veröffentlicht werden (18).

Die Berechnung der Indizes erfolgt nach der Laspeyres-Indexformel (19), die einen festen Warenkorb und eine fixe Gewichtung verwendet. Mit der Messzahlenmethode wird jeder individuelle Preis für einen Kostenfaktor im Verhältnis zum entsprechenden Basispreis durch eine Messzahl dargestellt (aktueller Preis / Basispreis). Aus diesen Messzahlen wird eine ungewichtete Durchschnittsmesszahl pro Kostenfaktor ermittelt.

Für diese Arbeit wird der Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 herangezogen, um die Datenmenge und somit die Genauigkeit zu erhöhen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

3.3 Kostengruppen und deren Zusammensetzung

Die ÖNORM B 1801 ist eine österreichische Norm, die sich mit der Kostenplanung und -steuerung im Bauwesen befasst. Die Kostengruppen gemäß ÖNORM B 1801 dienen dazu, die Kosten eines Bauprojekts in verschiedene Gruppen zu unterteilen, um eine detaillierte und strukturierte Kostenanalyse zu ermöglichen. Folgend werden die Hauptkostengruppen aufgelistet und ihre wichtigsten Komponenten aufgezählt. (17)

0. Kostengruppe 0 - Grund:
- Kosten für den Erwerb des Baugrundstücks
- Notar- und Grundbucheintragungskosten
- Abfindungen und Ablösen

1. Kostengruppe 1 - Aufschließung:
- Aufschließungskosten des Grundstücks
- Baureifmachung
- Altlastenbeseitigung

2. Kostengruppe 2 - Bauwerk Rohbau:
- Erdarbeiten
- Horizontale und vertikale Baukonstruktionen
- Rohbau zu Bauwerk Technik

3. Kostengruppe 3 - Bauwerk Technik:
- Förderanlagen
- Heizungs-, Klima-, Lüftungs-, Sanitär- und Elektrotechnikanlagen

4. Kostengruppe 4 - Bauwerk Ausbau:
- Innen- und Außenverkleidungen
- Ausbauteile innen und außen

5. Kostengruppe 5 - Einrichtungen:
- Betriebseinrichtungen (Küchen, Labortechnische Anlagen, etc.)
- Kunst am Bau

6. Kostengruppe 6 - Außenanlagen:
- Geländeflächen und Pflanzen
- Befestigte Flächen (Wege, Sportplätze, etc.)
- Einfriedungen

7. Kostengruppe 7 - Planungsleistungen:
- Objektplanung
- Projektleitung
- Gutachten

8. Kostengruppe 8 - Projektnebenleistungen:
- Bewilligungen, Anschlussgebühren
- Versicherungen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

9. Kostengruppe 9 - Reserven:
- Reservemittel für unvorhergesehenes
- Reservemittel für Bauherrenentscheide
- Reservemittel für Teuerungen

Die Kostengruppen der ÖNORM B 1801 (17) bieten eine systematische Gliederung, um alle relevanten Kostenaspekte eines Bauprojekts zu berücksichtigen. Diese Struktur erleichtert die Kostenplanung, -kontrolle und -analyse während verschiedener Phasen des Bauprozesses.

Die gegenständliche Masterarbeit befasst sich ausschließlich mit der Analyse der Kostengruppen 2, 3 und 4 und deren Einfluss auf die Kostengruppe 9.

3.3.1 Untersuchung der Kostengruppen STRABAG AG

Um die Kostengruppen genauer zu untersuchen, wurden zuerst die Daten genauer betrachtet. Da es sich bei den vorhandenen Daten um Herstellkosten der STRABAG AG handelt, können nur die Kostengruppen 2, 3 und 4 des Bauwerks, also die Bauwerkskosten, verglichen werden.

Es bietet sich hier an, mit den Rohbaukosten zu beginnen, weil diese die Leistungsgruppen 1-21, Baustellengemeinkosten, Abbruch, Erdbau und Tiefgründung, Gerüste, Aufschließung und Infrastruktur, Beton- und Stahlbetonarbeiten, Mauerarbeiten, Versetzarbeiten, Putz, Estricharbeiten, Abdichtungen, Außenanlagen, Fertigteile, Winterbauarbeiten, Baureinigung, Regieleistungen und Dachabdichtungsarbeiten enthalten und von ihnen erwartet wird, dass sie unabhängig von unterschiedlichen Qualitäten ähnlich sind. Um die Projekte untereinander vergleichbar zu machen, reicht es nicht aus die gesamten Kosten der Leistungsgruppen zu vergleichen, da jedes Projekt ein unterschiedliches Gesamtvolumen hat. Deswegen werden die Werte auf die Bruttogeschoßfläche und die Nettogeschoßfläche normiert und anschließend verglichen.

Tabelle 3-1 Rohbaukosten LG 01-21 Projekte STRABAG AG

Projekt	Datum	BGF	NFL	Rohbaukosten	€/m² BGF	€/m² NFL	BGF/NFL
1	01.02.2020	7.405,00	4.217,00	5.209.090,53 €	703,46	1235,26	1,76
2	01.06.2020	13.598,50	11.152,75	12.996.872,37 €	955,76	1165,35	1,22
3	01.07.2020	11.854,13	6.585,63	10.027.262,81 €	845,89	1522,60	1,80
4	01.10.2020	74.342,00	38.876,00	39.965.476,63 €	537,59	1028,02	1,91
5	01.01.2021	8.268,77	4.586,05	5.634.843,17 €	681,46	1228,69	1,80
6	01.02.2021	6.285,08	3.809,14	2.501.607,61 €	398,02	656,74	1,65
7	01.03.2021	3.587,42	3.043,60	2.215.744,15 €	617,64	728,00	1,18
8	01.04.2021	9.688,30	4.376,92	5.550.066,94 €	572,86	1268,03	2,21
9	01.05.2021	24.161,60	13.893,98	14.358.658,05 €	594,28	1033,44	1,74
10	01.05.2021	21.963,00	12.338,00	14.362.727,83 €	653,95	1164,11	1,78
11	01.06.2021	6.295,00	2.961,00	10.392.052,13 €	1650,84	3509,64	2,13
12	01.07.2021	29.450,29	16.855,00	17.532.445,13 €	595,32	1040,19	1,75
13	01.08.2021	25.560,00	14.214,00	13.994.889,50 €	547,53	984,58	1,80
14	01.09.2021	28.824,00	14.034,00	12.156.561,17 €	421,75	866,22	2,05
15	01.10.2021	39.400,00	21.142,00	16.016.147,89 €	406,50	757,55	1,86
16	01.11.2021	8.242,00	4.840,00	5.036.974,57 €	611,13	1040,70	1,70
17	01.12.2021	17.731,30	9.027,44	9.395.964,94 €	529,91	1040,82	1,96
18	05.12.2021	20.305,92	16.466,58	18.250.970,80 €	898,80	1108,36	1,23
19	01.01.2022	30.136,00	14.966,00	16.722.124,79 €	554,89	1117,34	2,01
20	01.02.2022	17.551,00	9.429,00	9.347.574,73 €	532,59	991,36	1,86
21	10.02.2022	15.310,00	8.150,00	7.426.338,78 €	485,06	911,21	1,88
22	01.03.2022	35.661,00	17.809,00	9.496.907,00 €	266,31	533,26	2,00

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

23	05.03.2022	12.068,61	10.698,27	13.433.973,73 €	1113,13	1255,71	1,13
24	20.03.2022	12.739,83	11.343,99	5.846.432,77 €	458,91	515,38	1,12
25	01.04.2022	6.932,00	3.673,00	5.543.465,93 €	799,69	1509,25	1,89
26	01.05.2022	22.411,00	10.955,00	14.627.538,48 €	652,69	1335,24	2,05
27	20.05.2022	20.331,61	11.242,04	9.861.845,19 €	485,05	877,23	1,81
29	01.07.2022	3.709,00	2.056,00	3.172.668,85 €	855,40	1543,13	1,80
30	01.08.2022	18.824,00	12.896,00	11.630.370,02 €	617,85	901,86	1,46
31	01.09.2022	45.992,42	25.296,08	26.828.015,11 €	583,31	1060,56	1,82
32	01.10.2022	42.624,33	20.213,25	23.036.275,14 €	540,45	1139,66	2,11
33	10.10.2022	10.690,00	6.668,00	6.332.734,99 €	592,40	949,72	1,60
34	01.11.2022	16.023,00	9.555,00	5.561.557,69 €	347,10	582,06	1,68
35	01.11.2022	48.800,96	24.403,78	10.701.098,63 €	219,28	438,50	2,00
36	10.11.2022	17.886,05	14.744,43	14.432.793,75 €	806,93	978,86	1,21
37	01.12.2022	16.583,36	11.055,57	8.985.333,29 €	541,83	812,74	1,50
38	20.12.2022	19.647,21	11.907,40	16.761.484,47 €	853,12	1407,65	1,65
39	30.12.2022	22.955,00	14.165,00	12.263.782,65 €	534,25	865,78	1,62
40	01.02.2023	6.672,44	3.554,20	5.428.437,44 €	813,56	1527,33	1,88
41	01.04.2023	14.770,00	8.135,00	4.122.810,60 €	279,13	506,80	1,82
42	01.05.2023	26.503,00	14.081,00	13.216.683,42 €	498,69	938,62	1,88
43	01.06.2023	18.478,00	14.244,00	11.501.395,54 €	622,44	807,46	1,30
44	01.08.2023	50.846,92	24.379,30	28.924.332,25 €	568,85	1186,43	2,09

Tabelle 3-1 enthält außerdem noch den Faktor BGF zu NFL (Bruttogeschoßfläche dividiert durch Nettogeschoßfläche). Dieser macht deutlich, dass das Verhältnis von BGF/NFL einen großen Einfluss darauf hat, wie die Analyse der Kostengruppen aussieht. Der Faktor differiert stark unter den Projekten, da einige zum Beispiel mit einer Garage errichtet werden und diese nicht zur Nutzfläche angerechnet wird. Auf Grundlage dieser Analyse wird für die weiteren Betrachtungen von einem Vergleich der Kennzahlen €/NFL Abstand genommen. Im Folgenden wird nur der Vergleich von €/BGF betrachtet.

Um Ausreißer zu glätten, wird anschließend aus den €/BGF-Kennzahlender gleitende Durchschnitt (MA(3)) gebildete, also der gleitende Durchschnitt aus den drei vorhergehenden Werten.

Tabelle 3-2 Auszug Rohbaukosten LG 01-21 Projekte 1-10 STRABAG AG

Projekt	Datum	BGF	NFL	Rohbaukosten	€/m² BGF	MA(3)
1	01.02.2020	7.405	4.217	5.209.090,53 €	703,46	
2	01.06.2020	13.599	11.153	12.996.872,37 €	955,76	
3	01.07.2020	11.854	6.586	10.027.262,81 €	845,89	835,03
4	01.10.2020	74.342	38.876	39.965.476,63 €	537,59	779,74
5	01.01.2021	8.269	4.586	5.634.843,17 €	681,46	688,31
6	01.02.2021	6.285	3.809	2.501.607,61 €	398,02	539,02
7	01.03.2021	3.587	3.044	2.215.744,15 €	617,64	565,71
8	01.04.2021	9.688	4.377	5.550.066,94 €	572,86	529,51
9	01.05.2021	24.162	13.894	14.358.658,05 €	594,28	594,93
10	01.05.2021	21.963	12.338	14.362.727,83 €	653,95	607,03

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abbildung 3-2 Rohbaukosten LG 01-21 Projekte STRABAG AG

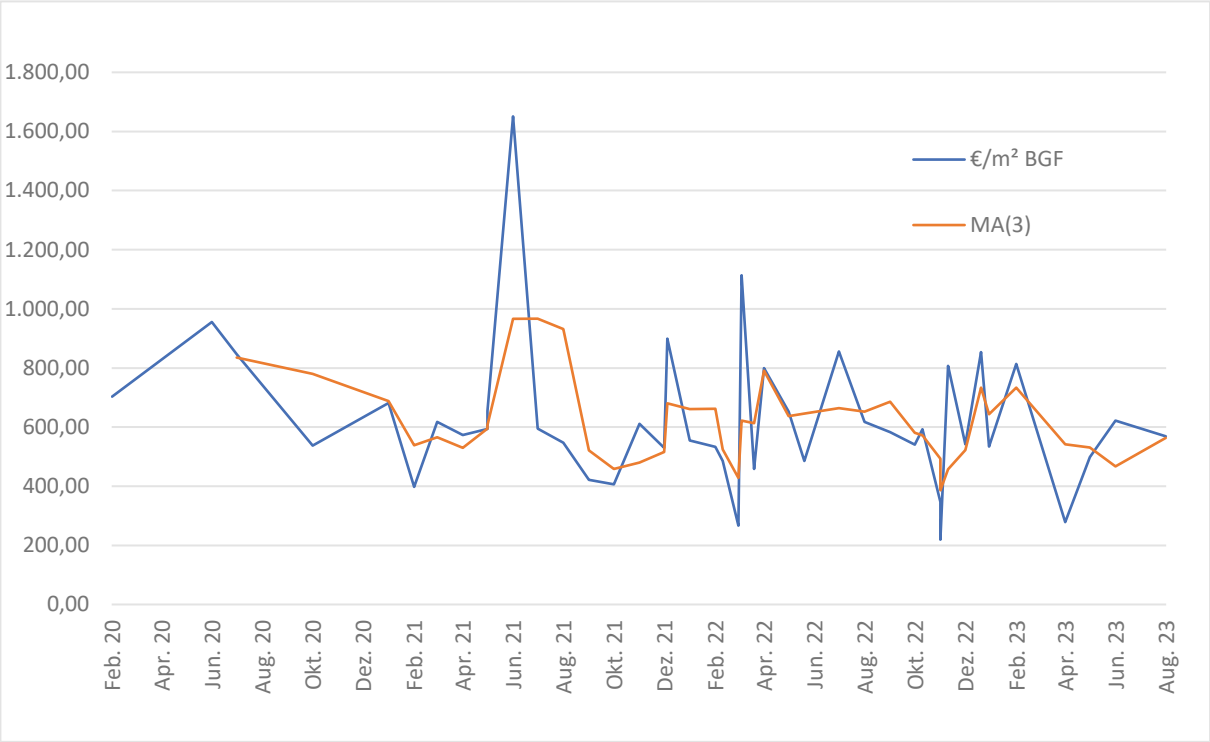


Abbildung 3-2 und Tabelle 3-2 veranschaulicht die starke Streuung der Kennzahlen €/m²BGF über die verschiedenen Projekte und Bearbeitungszeitpunkte hinweg.

. Dies legt den Schluss nahe, dass die Streuung innerhalb der Projekte zu groß ist um sie als Grundlage für weitere Analysen heranzuziehen.

Der wichtigste Vergleichsfaktor ist hier die Kennzahl BGF/NFL. Diese bewegt sich bei unserem Datenpool zwischen 1,18 und 2,21. Dies bedeutet, dass das Layout der einzelnen Projekte einmal effizienter und ein anderes Mal weniger effizient gestaltet wurde. In weiterer Folge führt dies dazu, dass die Bauwerkskosten pro Quadratmeter allein schon dadurch zu stark schwanken, um sie sinnvoll zu untersuchen.

Auf dieser Grundalge wird die These verworfen, dass ein Vergleich der STRABAG Daten bezogen auf die Kostengruppen möglich ist.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.4 Modell zur Datenanalyse

Es gibt eine Vielzahl an mathematischen Modellen zur Beschreibung von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Variablen. Eine der gängigsten Methoden ist die Regressionsanalyse.

3.4.1 Regressionsanalyse

Die Regressionsanalyse ist eine statistische Methode, die verwendet wird, um die Beziehung zwischen einer abhängigen Variable und einer oder mehreren unabhängigen Variablen zu untersuchen. Die abhängige Variable ist jene über welche eine Aussage getroffen werden soll, während die unabhängigen Variablen die Faktoren sind, welche diese Variable beeinflussen könnten.

Es geht im Wesentlichen darum, Muster in Daten zu finden und zu verstehen, wie sich Veränderungen in den unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable auswirken. Die Methode verwendet mathematische Modelle, um diese Beziehungen zu beschreiben und ermöglicht es, Vorhersagen über zukünftige Werte der abhängigen Variable zu treffen.

Ein einfaches Beispiel wäre, die Beziehung zwischen der Zeit, die jemand mit dem Lernen verbringt (unabhängige Variable), und seiner oder ihrer Abschlussnote in einem Fach (abhängige Variable) zu analysieren. Die Regressionsanalyse würde helfen zu verstehen, ob es eine Verbindung gibt und wie stark diese ist.

Insgesamt ist die Regressionsanalyse eine nützliche Methode in verschiedenen Disziplinen, um Muster in Daten zu erkennen, Beziehungen zu verstehen und Vorhersagen zu treffen. (20)

Eine Spezialform der Regressionsanalyse ist die Zeitreihenanalyse. (21)

3.4.2 Zeitreihenanalyse

Die Zeitreihenanalyse ist eine statistische Methode, die sich darauf konzentriert, Muster, Trends und Veränderungen in Daten über die Zeit zu identifizieren und zu analysieren. Im Gegensatz zur Regressionsanalyse, bei der die Beziehung zwischen verschiedenen Variablen betrachtet wird, betrachtet die Zeitreihenanalyse die Entwicklung einer einzelnen Variable im Laufe der Zeit.

Die Schlüsselkonzepte der Zeitreihenanalyse sind:

- Zeitreihendaten: Zeitreihendaten sind Datenpunkte, die in zeitlicher Reihenfolge angeordnet sind. Beispiele hierfür könnten tägliche Aktienkurse, monatliche Umsatzdaten oder jährliche Temperaturaufzeichnungen sein.

- Trendanalyse: Diese Analyse identifiziert langfristige Muster oder Trends in den Daten. Ein Trend könnte aufwärts, abwärts oder auch flach sein und gibt Aufschluss darüber, wie sich die Variable im Laufe der Zeit verändert.

- Saisonale Muster: Viele Zeitreihendaten zeigen saisonale Muster, die sich regelmäßig wiederholen. Beispielsweise könnten Einzelhändler während der Feiertage höhere Verkaufszahlen verzeichnen.

- Zyklische Muster: Abgesehen von saisonalen Mustern können Zeitreihen auch zyklische Muster aufweisen, die über längere Zeiträume schwanken, aber nicht in der gleichen Regelmäßigkeit wie saisonale Muster auftreten.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

- Rauschkomponente: Dieser Teil der Analyse bezieht sich auf zufällige Schwankungen oder Störungen in den Daten, die nicht durch Trends, Saisonalität oder zyklische Muster erklärt werden können.

- Prognose: Ein Hauptziel der Zeitreihenanalyse ist es, zukünftige Werte der Variablen vorherzusagen. Dies kann durch die Extrapolation von Trends, Berücksichtigung saisonaler Muster und die Anwendung verschiedener Modelle erfolgen.

Die Zeitreihenanalyse findet Anwendung in vielen Bereichen wie Wirtschaft, Finanzen, Meteorologie, und anderen, wo die Entwicklung von Variablen im Laufe der Zeit von Interesse ist. Modelle wie der gleitende Durchschnitt, exponentielle Glättung oder ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) werden häufig in der Zeitreihenanalyse verwendet. (22)

Erwartete Ergebnisse spielen eine zentrale Rolle in der Zeitreihenanalyse, insbesondere wenn es um Prognosen für zukünftige Werte geht. Einige Aspekte, wie erwartete Ergebnisse, die in diesem Zusammenhang relevant sind, sind:

- Prognosebildung: Eines der Hauptziele der Zeitreihenanalyse ist es, zukünftige Werte einer Variablen vorherzusagen. Die erwarteten Ergebnisse werden durch Modelle und Methoden der Zeitreihenanalyse abgeleitet. Diese Modelle nutzen historische Daten, Trends und saisonale Muster, um plausible Prognosen für die Zukunft zu generieren.

- Validierung von Modellen: Erwartete Ergebnisse dienen auch dazu, die Qualität von Modellen zu überprüfen. Wenn ein Modell die Vergangenheitsdaten gut erklären kann und konsistente, realistische Prognosen liefert, wird dies als Indiz dafür betrachtet, dass das Modell angemessen ist. Die erwarteten Ergebnisse werden mit den tatsächlichen Werten verglichen, um die Genauigkeit des Modells zu bewerten.

- Entscheidungsunterstützung: In vielen Bereichen, von Finanzen bis zur Bestandsplanung, sind genaue Prognosen entscheidend für fundierte Entscheidungen. Erwartete Ergebnisse aus der Zeitreihenanalyse bieten eine Grundlage für Unternehmen und Organisationen, um Strategien zu entwickeln, Ressourcen zu planen und Risiken zu managen.

- Identifikation von Anomalien: Durch den Vergleich von erwarteten und tatsächlichen Ergebnissen können Abweichungen oder Anomalien erkannt werden. Dies ist wichtig, um ungewöhnliche Ereignisse oder Entwicklungen zu identifizieren, die nicht durch das Modell vorhergesagt wurden. Solche Erkenntnisse können zu einer Überprüfung des Modells oder zu einer Anpassung der Prognosen führen.

Insgesamt spielen erwartete Ergebnisse in der Zeitreihenanalyse eine Schlüsselrolle bei der Bewertung der Modellgenauigkeit, der Informationsgewinnung für Entscheidungen und der Überwachung von Abweichungen in der realen Welt im Vergleich zu den vorhergesagten Entwicklungen.

Im Rahmen dieser Masterarbeit kann die Zeitreihenanalyse verwendet werden, um Vorhersagen über zukünftige Preisentwicklungen im Baugewerbe zu treffen. Es werden historische Preise betrachtet und statistische Modelle verwendet, um Trends, Saisonalitäten und andere Muster zu identifizieren.

Im konkreten Zusammenhang mit dem Thema dieser Arbeit könnte die Zeitreihenanalyse dazu verwendet werden, um die Entwicklung der Bauwerkskosten im Hinblick auf Preisschwankungen und

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Preistrends zu untersuchen. Dazu werden historische Preise und Baukosten über einen bestimmten Zeitraum gesammelt und in einer Zeitreihe dargestellt.

Anschließend kann das Modell dahingehend angepasst werden Vorhersagen über zukünftige Preisentwicklungen zu treffen. Hierbei können verschiedene Methoden der Zeitreihenanalyse zum Einsatz kommen, wie beispielsweise ARIMA-Modelle oder Exponential Smoothing. (23)

Die Ergebnisse der Zeitreihenanalyse können dazu beitragen, die Genauigkeit von Kalkulationen zu erhöhen und Risiken im Zusammenhang mit Preisentwicklungen im Baugewerbe zu minimieren. Sie können auch als Grundlage für langfristige Planungen und Budgetierungen dienen.

3.4.3 ARIMA-Modelle

Das ARIMA-Modell (Autoregressive Integrated Moving Average) ist ein häufig verwendeter Ansatz in der Zeitreihenanalyse zur Vorhersage von zukünftigen Entwicklungen. Es besteht aus drei Komponenten: der autoregressiven (AR) Komponente, der integrierten (I) Komponente und Komponente des gleitenden Durchschnitts (MA) Komponente. (22)

Die autoregressive Komponente beschreibt die Abhängigkeit der aktuellen Beobachtung von den vorherigen Beobachtungen. Sie besagt, dass die aktuelle Beobachtung durch eine lineare Kombination der vergangenen Beobachtungen plus einem Fehlerterm erklärt werden kann.

Die integrierte Komponente wird verwendet, um die Nicht-Stationarität der Zeitreihe zu berücksichtigen. Sie beschreibt, wie oft die Zeitreihe differenziert werden muss, um eine stationäre Zeitreihe zu erhalten. Eine stationäre Zeitreihe ist eine, bei der die statistischen Eigenschaften wie Mittelwert, Varianz und Autokorrelation über die Zeit konstant bleiben.

Die gleitenden Durchschnitts-Komponente beschreibt die Abhängigkeit der aktuellen Beobachtung von den zufälligen Schocks der Vergangenheit. Sie besagt, dass die aktuelle Beobachtung durch eine lineare Kombination von vergangenen Schocks plus einem Fehlerterm erklärt werden kann.

Die Anwendung des ARIMA-Modells besteht aus mehreren Schritten:

- Daten sammeln: Die historischen Preise oder Kosten werden gesammelt und in einer Zeitreihe dargestellt.
- Daten prüfen: Die Zeitreihe wird auf Stationarität und saisonale Muster geprüft.
- Modellbestimmung: Das passende ARIMA-Modell wird anhand von Modell-Selektionskriterien wie AIC (Akaike Information Criterion) oder BIC (Bayesian Information Criterion) bestimmt.
- Modellschätzung: Das ARIMA-Modell wird anhand der historischen Daten geschätzt und die Parameter werden bestimmt.
- Vorhersage: Das ARIMA-Modell wird verwendet, um Vorhersagen über zukünftige Preise oder Kosten zu treffen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die Vorhersagegenauigkeit des ARIMA-Modells hängt von verschiedenen Faktoren wie der Verfügbarkeit von Daten und der Stabilität der zugrunde liegenden Prozesse ab.

Der Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test (24) ist ein statistisches Verfahren zur Überprüfung, ob eine Zeitreihe stationär ist oder nicht. Das Ziel des Tests ist es, festzustellen, ob die Autoregression (AR) der Zeitreihe einen Einheitswurzelprozess enthält oder nicht. Ein Prozess mit einer Einheitswurzel wird als nicht-stationär betrachtet, während ein Prozess ohne Einheitswurzel als stationär betrachtet wird.

Der ADF-Test verwendet eine Nullhypothese, dass die Zeitreihe eine Einheitswurzel aufweist, was bedeutet, dass sie nicht-stationär ist. Wenn der berechnete p-Wert kleiner ist als das Signifikanzniveau, das vom Benutzer festgelegt wurde (in der Regel 0,05), wird die Nullhypothese abgelehnt und es wird angenommen, dass die Zeitreihe stationär ist. Andernfalls wird die Nullhypothese beibehalten und es wird angenommen, dass die Zeitreihe nicht-stationär ist.

Eine weiter Methode der Zeitreihenanalyse ist das exponentielle Glätten. (25)

3.4.4 Exponentielles Glätten

Exponentielles Glätten ist eine Methode zur Prognose von Zeitreihenwerten. Beim einfachen exponentiellen Glätten (SES) wird jeder neue Prognosewert durch eine gewichtete Durchschnittsberechnung ermittelt. Dabei erhalten neuere Beobachtungen mehr Gewicht als ältere, um die Annahme zu berücksichtigen, dass aktuellere Daten stärkeren Einfluss auf zukünftige Entwicklungen haben. (25)

Die Vorgehensweise ist wie folgt:

- Initialisierung:
  Starte mit einer Schätzung für den ersten prognostizierten Wert, zum Beispiel dem ersten Beobachtungswert der Zeitreihe.

- Glättungsschritt (Smoothing):
  Für jede neue Periode wird eine gewichtete Durchschnittsberechnung durchgeführt:

$$n + 1 = \alpha * n + (1 - \alpha) * n$$

n+1 = Prognose für die nächste Periode

n = Prognose für die aktuelle Periode.

α = der Glättungsfaktor (0 < α < 1), der angibt, wie stark neue Beobachtungen gewichtet werden.

- Wiederholung für jede neue Periode:

Man wendet die Glättungsformel erneut an, indem man die letzten Prognosewerte und Beobachtungen erneut einfließen lässt. Der Glättungsfaktor α beeinflusst, wie schnell das Modell auf neue Daten reagiert. Ein höherer Glättungsfaktor führt zu schnellerer Anpassung, während ein niedrigerer Glättungsfaktor dazu führt, dass das Modell stärker auf ältere Daten reagiert. SES eignet sich gut für Daten ohne klare Trends oder saisonale Muster. Für Zeitreihen mit Trends oder Saisonalität sind erweiterte Varianten wie das doppelte oder dreifache exponentielle Glätten oft effektiver.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

3.5 Vergleich der Analysemethoden

Exponentielles Glätten (ETS) und ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) sind beide Zeitreihenmodelle, die für die Prognose in Frage kommen. Jedes Modell hat seine eigenen Vor- und Nachteile, und die Wahl zwischen exponentiellem Glätten und ARIMA hängt von verschiedenen Faktoren ab. Einige Vorteile des exponentiellen Glättens im Vergleich zu einem ARIMA-Modell sind:

- Einfachheit und Robustheit:
  Exponentielles Glätten ist in der Regel einfacher zu verstehen und zu implementieren als ARIMA. Es erfordert weniger komplexe mathematische Schritte und ist daher robuster in Bezug auf verschiedene Datensätze und Anwendungen.

- Anpassung an Veränderungen:
  Exponentielles Glätten kann sich besser an Veränderungen in den Daten anpassen, insbesondere wenn es um sich schnell ändernde Muster geht. Die Anpassung erfolgt durch den Glättungsfaktor, der die Gewichtung der aktuellen Beobachtungen steuert.

- Geringerer Datenbedarf:
  Für das exponentielle Glätten ist weniger Datenhistorie erforderlich, um genaue Prognosen zu erstellen. ARIMA-Modelle, insbesondere solche mit integrierten (I) Komponenten, erfordern oft eine stabilere Zeitreihe und eine längere Datenhistorie.

- Effizienz für kurzfristige Prognosen:
  Exponentielles Glätten ist oft effizienter für kurzfristige Prognosen geeignet.

- Geringerer Rechenaufwand:
  Das exponentielle Glätten erfordert im Allgemeinen weniger Rechenaufwand als ARIMA. Dies ist besonders relevant, wenn es um schnelle Berechnungen für Echtzeitprognosen geht.

3.5.1 Zwischenfazit

Es ist wichtig zu beachten, dass die Wahl zwischen exponentiellem Glätten und ARIMA stark von den spezifischen Eigenschaften der Zeitreihe, der Verfügbarkeit von Daten und den Anforderungen der Prognoseaufgabe abhängt. ARIMA-Modelle können in komplexeren Szenarien und für langfristige Prognosen besser geeignet sein, insbesondere wenn zeitliche Abhängigkeiten und saisonale Muster stark ausgeprägt sind. Es ist oft ratsam, beide Ansätze zu prüfen und ihre Leistung für den konkreten Anwendungsfall zu vergleichen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4 Beschreibung der Vorgehensweise bei der Durchführung der Use Case Analysen

4.1 Zeitreihen

Zeitreihen bezeichnen eine Abfolge von Datenpunkten, die in chronologischer Reihenfolge über die Zeit gesammelt oder gemessen wurden. Diese Datenpunkte können zu verschiedenen Zeitpunkten erfasst werden, sei es in regelmäßigen Intervallen (z.B. stündlich, täglich, monatlich) oder unregelmäßigen Abständen. Zeitreihen werden oft verwendet, um den Verlauf und die Entwicklung eines Phänomens oder einer Größe über die Zeit zu analysieren.

Beispiele für Zeitreihendaten sind tägliche Börsenkurse, monatliche Temperaturmessungen, jährliche Umsatzstatistiken oder sogar minutengenaue Verkehrsdaten. Die Analyse von Zeitreihen ermöglicht es, Muster, Trends, Saisonalitäten und andere zeitbezogene Eigenschaften zu identifizieren, was für Prognosen, Planung und Entscheidungsfindung in verschiedenen Bereichen sehr nützlich ist.

Monatliche Zeitreihen von Baukosten erfassen die finanzielle Entwicklung eines Bauprojekts über einen Zeitraum von Monaten hinweg. Diese Daten bieten detaillierte Einblicke in die monatlichen Ausgaben und können für verschiedene Zwecke in der Bauindustrie genutzt werden.

Das erste Ziel der Erstellung einer Zeitreihe ist es also monatliche Daten zu erhalten, die einem eindeutigen Zeitpunkt zuzuordnen sind.

4.1.1 Zeitreihe Beton STRABAG AG

Tabelle 4-1 Zeitreihe Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m, gegliedert nach Projekten

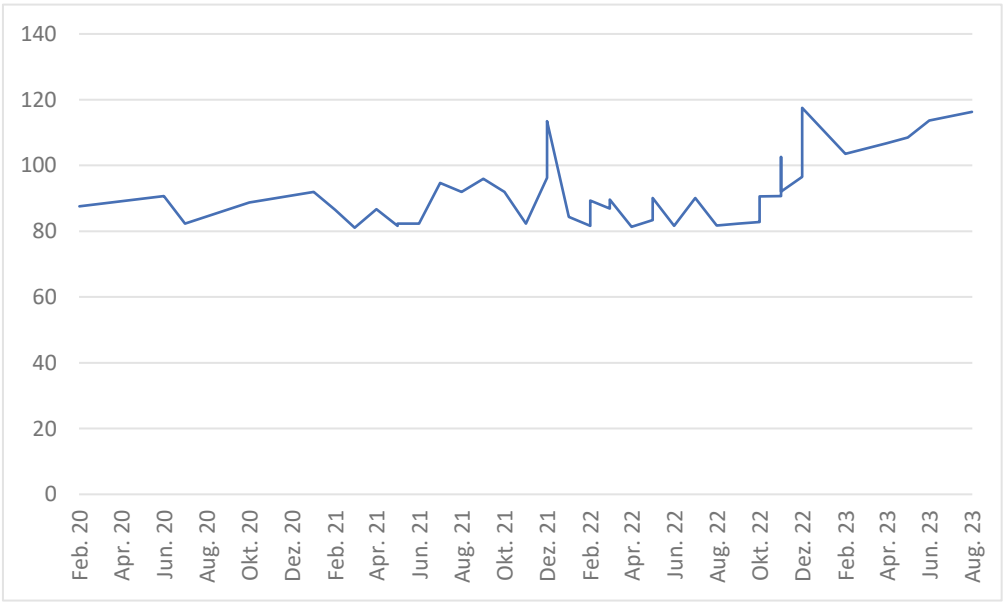
Projekt	Kosten	Datum
1	87,54	01.02.2020
2	90,69	01.06.2020
3	82,36	01.07.2020
4	88,71	01.10.2020
5	91,98	01.01.2021
6	86,55	01.02.2021
7	81,07	01.03.2021
8	86,72	01.04.2021
9	81,66	01.05.2021
10	82,36	01.05.2021
11	82,36	01.06.2021
12	94,65	01.07.2021
13	91,98	01.08.2021
14	95,94	01.09.2021
15	91,98	01.10.2021
16	82,36	01.11.2021
17	96,26	01.12.2021
18	113,43	01.12.2021
19	84,32	01.01.2022
20	81,66	01.02.2022
21	89,36	01.02.2022
22	86,86	01.03.2022
23	87,11	01.03.2022
24	89,61	01.03.2022
25	81,38	01.04.2022
26	83,36	01.05.2022

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

27	90,07	01.05.2022
28	81,66	01.06.2022
29	90,08	01.07.2022
30	81,76	01.08.2022
31	82,36	01.09.2022
32	82,76	01.10.2022
33	90,62	01.10.2022
34	90,73	01.11.2022
35	102,56	01.11.2022
36	92,04	01.11.2022
37	96,53	01.12.2022
38	98,92	01.12.2022
39	117,52	01.12.2022
40	103,54	01.02.2023
41	106,74	01.04.2023
42	108,51	01.05.2023
43	113,64	01.06.2023
44	116,28	01.08.2023

Tabelle 4-1 zeigt die Kosten für 1m³ Beton für die Position Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m für 44 unterschiedliche Projekte mit dem jeweiligen Ausführungsdatum der Projekte. Es ist zu erkennen, dass für einige Monate mehrere und für einige Monate gar keine Daten zur Verfügung stehen, weil die zur Verfügung stehenden verwendbaren Projekte in zu geringer Zahl vorhanden sind.

Abbildung 4-1 Zeitreihe Kosten Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m



Die Darstellung als Liniendiagramm ist nach der tabellarischen Darstellung die gängigste Form der Darstellung von Zeitreihen. Sie bietet einen besseren Überblick und lässt den Leser sofort abschätzen, wie sich die Kosten entwickelt haben.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

4.1.2 Zeitreihe STATISTIK AUSTRIA Baukostenindex

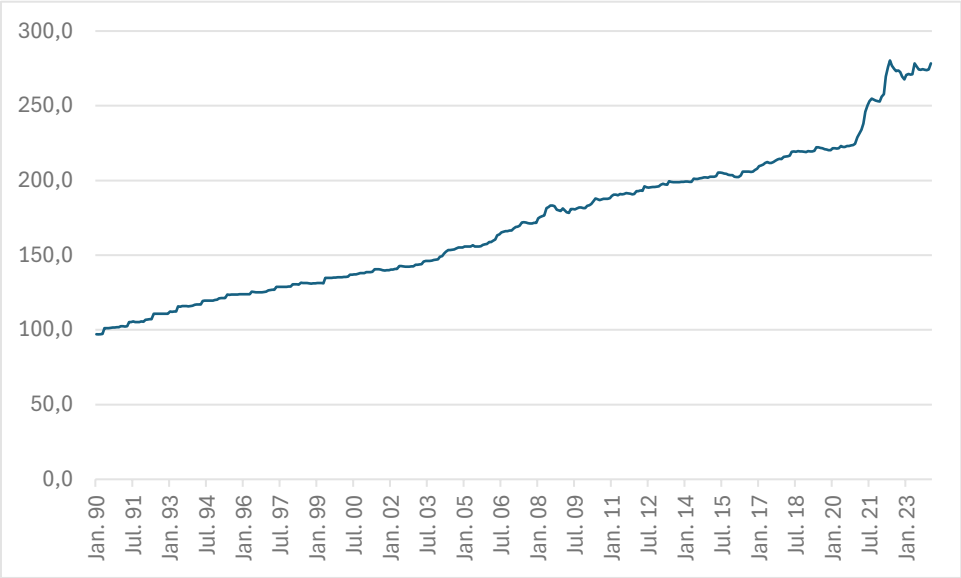
Der Baukostenindex (BKI) (26) wird monatlich dargestellt und bietet somit eine solidere Basis für eine Zeitreihenanalyse. Außerdem erwarten wir vom BKI eine höhere Genauigkeit, da die einzelnen Werte von einer viel höheren Anzahl an Projekten und Unternehmen stammen. Da der BKI außerdem oft für Preisgleitungen und Indexierungen herangezogen wird und auch Vertragsbestandteil in vielen Verträgen ist, misst diese Arbeit ihm eine höhere Aussagekraft zu als die von STRABAG AG zur Verfügung gestellten Daten.

Tabelle 4-2 Auszug Zeitreihe Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2020-Jänner 2024

Datum	Baukostenindex	Datum	Baukostenindex
01.01.2024	278,3	01.09.2021	254,2
01.12.2023	274,2	01.08.2021	254,7
01.11.2023	273,8	01.07.2021	253,1
01.10.2023	274,0	01.06.2021	250,2
01.09.2023	274,5	01.05.2021	246,0
01.08.2023	274,0	01.04.2021	238,0
01.07.2023	274,2	01.03.2021	234,0
01.06.2023	276,5	01.02.2021	231,3
01.05.2023	278,3	01.01.2021	228,8
01.04.2023	271,1	01.12.2020	224,6
01.03.2023	270,9	01.11.2020	223,8
01.02.2023	271,3	01.10.2020	223,4
01.01.2023	270,7	01.09.2020	223,0
01.12.2022	267,6	01.08.2020	223,0
01.11.2022	269,6	01.07.2020	222,5
01.10.2022	272,5	01.06.2020	222,5
01.09.2022	273,6	01.05.2020	223,0
01.08.2022	273,1	01.04.2020	221,5
01.07.2022	274,7	01.03.2020	221,3
01.06.2022	276,9	01.02.2020	221,5
01.05.2022	280,3	01.01.2020	221,5
01.04.2022	276,0		
01.03.2022	269,6		
01.02.2022	257,8		
01.01.2022	256,0		
01.12.2021	252,9		
01.11.2021	253,1		
01.10.2021	253,5		

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abbildung 4-2 Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024



4.2 Angewandter Vergleich

4.2.1 Datenerhebung STRABAG AG

Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erzielen, werden die Zeitreihen aus Daten von Projekten entnommen, welche den Kriterien aus Kapitel 3.1.1 entsprechen.

Tabelle 4-3 Übersicht Datenpool

2023	2022	2021	2020	2019	Bereich A
2023	2022	2021	2020	2019	Bereich B
2023	2022	2021	2020	2019	Bereich C
2023	2022	2021	2020	2019	Bereich D
2023	2022	2021	2020	2019	Bereich E

In Tabelle 4-3 sieht man, dass aus einigen Jahren keine relevanten Daten entnommen werden konnten. Dies ist die erste Einschränkung des Datenpools. Weiters wurden viele Projekte ausgeschlossen, welche Leistungen enthielten, die zu speziell sind, um sie miteinzubeziehen. Das bezieht sich vorrangig auf Projekte die als Totalunternehmer und nicht als Generalunternehmer abgewickelt wurden. Außerdem hat die Einschränkung auf Bauvorhaben, welche vorrangig in Stahlbetonbauweise errichtet wurden, den initialen Datenpool auch schon auf 40% reduziert. Schlussendlich hat die Qualität der vorhandenen Daten dazu geführt, dass noch mehr Projekte irrelevant für diese Untersuchung wurden. Vor allem diejenigen Leistungsverzeichnisse, welche nicht mit dem Standardleistungsverzeichnis der STRABAG AG erstellt wurden, sorgen dafür, dass die einzelnen Gewerke unvergleichbar sind.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 4-4 Einschränkung der verwertbaren Daten

	Bezeichnung der Einschränkung	Relevante Projekte	Relevante Datensätze	Relevante Datensätze pro Vergleichswert	
Schritt 1	Startmenge	525	643.125	1995	100%
Schritt 2	Projektvolumen	357	437.325	1357	68%
Schritt 3	Umfang der Leistungen	250	306.250	950	48%
Schritt 4	Bauweise	210	257.250	798	40%
Schritt 5	Datenqualität	55	67.375	209	10%

Die „Bezeichnung der Einschränkung“ beschreibt welcher Faktor dazu führt, dass die Datenmenge eingeschränkt wird. Die Spalte „Relevante Projekte“ zeigt an, wie viele Projekte noch für die Datenanalyse relevant sind. Sie ist eine Aufzählung aller Projekte, die im initialen Datenpool verfügbar waren und wird weniger je mehr Einschränkungen hinzukommen. Die Spalte „Relevante Datensätze“ zeigt an, wie viele Datensätze noch für die Analyse relevant sind. Sie ist eine Aufzählung aller Einzelpositionen, für die jeweils ein Zeitpunkt und die Kosten vorhanden sind. Die Spalte „Relevante Datensätze pro Vergleichswert“ zeigt an wie viele Vergleichswert noch für jeden Punkt der Zeitreihe relevant sind. Sie zeigt an wie viele gleiche Positionen in den Datensätzen vorhanden sind. Also alle Positionen, bei denen die bauliche Leistung gleich und dadurch vergleichbar ist.

Somit bleiben nur 55 Projekte der anfangs 525 Projekte übrig. Wenn man eine Zeitreihenanalyse betreibt, dann ist die Anzahl der zur Verfügung stehenden Daten immanent. Für die Zwecke einer Saisonalkomponentenanalyse oder sogar einer Prognose, sind die zur Verfügung stehenden Daten also nicht relevant. Sie können lediglich für Vergleichszwecke und als Anhaltspunkt herangezogen werden. Trotzdem bieten sie aufgrund der vorhandenen Qualität der Ausarbeitung der übrig gebliebenen Projekte einen sehr guten Indikator dafür, wie hoch genau die Herstellkosten für einzelne Leistungen auf Positionsbasis sind.

4.2.2 Datenerhebung STATISTIK AUSTRIA

34% der Unternehmen melden im Schnitt für den Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau ihre Daten regelmäßig. Das ergibt laut Standard-Dokumentation Metainformationen von STATISTIK AUSTRIA folgende Anzahl an relevanten Daten.

Tabelle 4-5 Anzahl der verwertbaren Daten STATISIK AUSTRIA

Anzahl der Unternehmen	1.160
Anzahl der gemeldeten Leistungsgruppen	60
Anzahl der Preismeldungen pro Quartal	4.850
Gesamtzahl der gemeldeten Preise 1990 bis 2024	641.817
Relevante Datensätze pro Vergleichswert	10.697

Die Zusammenstellung der Warenkörbe für den Wohnhaus- und Siedlungsbau ist im "Forschungsbericht Baukostenindex Wohnhaus- und Siedlungsbau (Basis 2020) Revision" (27) von Forschungsträger Univ.-Prof. DI Dr. techn. Andreas Kropik ausführlich dokumentiert und kann dort eingehend nachgelesen werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Aufgrund dieser Erkenntnisse wird die These verworfen, dass aus dem Datenpool der STRABAG AG Aussagen getroffen werden können, wie sich die Herstellkosten in Zukunft verhalten. Stattdessen wird als Datenbasis der Baukostenindex von STATISTIK AUSTRIA herangezogen. Die Daten der STRABG AG dienen aber weiterhin als relevanter Faktor, da mit ihnen die tatsächliche Höhe der Herstellkosten dargestellt werden kann und nicht nur die relative Veränderung dieser.

Betrachtet man nun die unterschiedlichen Methoden der Zeitreihenanalyse und die zur Verfügung stehenden Daten, dann ist klar, dass das exponentielle Glätten bei der zur Verfügung stehenden Datenqualität, der Anzahl der Daten und der Konsistenz, für diese Vorgehensweise das besser geeignete Modell ist.

4.2.3 Stationarität

Zunächst werden die vorhandenen Daten auf Stationarität überprüft. Stationarität ist ein wichtiges Konzept im Zusammenhang mit Zeitreihen. Eine Zeitreihe wird als stationär betrachtet, wenn ihre statistischen Eigenschaften im Laufe der Zeit konstant bleiben. Das bedeutet, dass bestimmte Charakteristika der Zeitreihe nicht von der Zeit abhängen, wie zum Beispiel der Mittelwert, die Varianz und die Autokorrelation.

Es gibt zwei Hauptarten der Stationarität:

- Strikte Stationarität: In diesem Fall müssen die Verteilungen der Teilmengen von Daten für alle Zeitschritte gleich sein. Dies ist ein sehr strenges Kriterium und wird in der Praxis oft nicht erfüllt.

- Schwache Stationarität: Hier müssen der Mittelwert und die Varianz der Zeitreihe konstant sein, und die Autokorrelationsfunktion darf nur von der Zeitdifferenz abhängen. Das bedeutet, dass die Beziehung zwischen aufeinanderfolgenden Werten der Zeitreihe im Wesentlichen konstant ist, solange die Zeitdifferenz gleichbleibt.

Stationarität ist wichtig, weil viele statistische Modelle für Zeitreihen auf der Annahme basieren, dass die Daten stationär sind. Wenn eine Zeitreihe nicht stationär ist, kann dies zu Problemen bei der Modellierung und Vorhersage führen. Trendmuster, saisonale Schwankungen und andere nicht-stationäre Eigenschaften können die Analyse erschweren.

Um eine nicht-stationäre Zeitreihe in eine stationäre umzuwandeln, können verschiedene Methoden angewendet werden, wie beispielsweise die Differenzierung (wie die bereits erwähnte erste Differenz) oder andere Transformationen. Stationäre Zeitreihen erleichtern die Anwendung von Modellen wie autoregressiven integrierten gleitenden Durchschnittsmodellen (ARIMA), die besonders in der Zeitreihenanalyse verwendet werden.

Wir müssen in unserem Beispiel überprüfen ob unsere Zeitreihen nicht stationär sind. Dies ist wichtig um auszuschließen, dass es sich zum Beispiel um Daten handelt, die in einem bestimmten Zeitraum immer um denselben Prozentsatz steigen. Eine stationäre Zeitreihe hätte zur Folge, dass die erste Differenz für alle Werte 0 ergibt.

Die Methode des ADF-Tests zeigt, ob unsere Zeitreihen stationär sind oder nicht.

4.2.4 ADF-Test

Zur Vereinfachung wird der ADF-Test mittels Excel Funktion durchgeführt. Die ist wie folgt durchgeführt worden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Installation des "Analysis ToolPak":

- Man geht zu "Datei" -> "Optionen" -> "Add-Ins". Man wählt im Dropdown-Menü unter "Verwalten" die Option "Excel-Add-Ins" aus und klickt auf "Los...".

- Als nächstes aktiviert man das "Analysis ToolPak": indem man das Kästchen neben "Analysis ToolPak" markiert und auf "OK" klickt.

- Durchführung des ADF-Tests: Man klickt auf "Daten" und wählt "Datenanalyse" aus (dies sollte nach der Installation des Analysis ToolPak verfügbar sein). Man wählt "Regression" und klickt auf "OK". Als nächstes gibt man die Daten für die abhängige Variable (die erste Differenz) und die unabhängige Variable (die Zeitreihe selbst) ein.

- Dann aktiviert man noch die Option "Konstante" und führt den Test durch.

Interpretation der Ergebnisse:

Um das Ergebnis des Tests zu interpretieren, wird insbesondere der p-Wert betrachtet. Ein kleiner p-Wert kann darauf hinweisen, dass die Zeitreihe nicht stationär ist.

Abbildung 4-3 ADF-Test für Zeitreihe und Differenzen Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m

Regressions-Statistik	
Multipler Korrelationskoeffizient	0,13071
Bestimmtheitsmaß	0,01709
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	-0,0062
Standardfehler	8,55083
Beobachtungen	44

	Freiheitsgrade (df)	*Quadratsummen (SS)*	*Mittlere Quadratsumme (MS)*	*Prüfgröße (F)*	*F krit*
Regression	1	54,6503804	54,65038041	0,7474412	0,3922
Residue	43	3144,01482	73,11662371		
Gesamt	44	3198,6652			

	Koeffizienten	*Standardfehler*	*t-Statistik*	*P-Wert*	*Untere 95%*	*Obere 95%*	*Untere 95,0%*	*Obere 95,0%*
X Variable 1	0,01207	0,01395972	0,864546845	0,392085	-0,0161	0,04022	-0,01608	0,04022

Der p-Wert (Signifikanzniveau) ist ein Maß dafür, wie stark die vorliegenden Daten gegen die Nullhypothese sprechen. In der Statistik ist ein kleiner p-Wert (typischerweise kleiner als 0.05) oft als Hinweis darauf zu interpretieren, dass es signifikante Evidenz gegen die Nullhypothese gibt. Hierbei ist zu beachten:

- p-Wert kleiner als 0.05: In vielen wissenschaftlichen Disziplinen und statistischen Analysen wird oft ein Signifikanzniveau von 0.05 verwendet. Ein p-Wert kleiner als 0.05 deutet darauf hin, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die beobachteten Daten unter der Nullhypothese entstanden sind, weniger als 5% beträgt. In diesem Fall neigen viele Forscher dazu, die Nullhypothese abzulehnen und die Alternative zu akzeptieren.

- p-Wert kleiner als 0.01 oder 0.001: In einigen Fällen wird ein strengeres Signifikanzniveau von 0.01 oder 0.001 verwendet, insbesondere wenn die Analyse hohe Anforderungen an die Evidenz stellt. Ein p-Wert kleiner als 0.01 oder 0.001 zeigt an, dass die Daten noch signifikanter sind.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass der p-Wert allein nicht ausreicht, um eine wissenschaftliche Entscheidung zu treffen. Andere Faktoren wie der Kontext der Studie, die Qualität der Daten, die Größe der Stichprobe und die praktische Bedeutung der Ergebnisse sollten ebenfalls berücksichtigt werden. Ein niedriger p-Wert bedeutet nur, dass Unterschiede oder Zusammenhänge in den Daten festgestellt wurden, nicht unbedingt, dass diese Unterschiede oder Zusammenhänge auch wissenschaftlich oder praktisch relevant sind.

In unserem Fall liegt der p-Wert über der Grenze von 0.05 und legt nahe, dass die Zeitreihe stationär ist. Dieses Ergebnis kann allerdings auch der kleinen Grundgesamtheit geschuldet sein. Für den weiteren Verlauf der Analyse gehen wir trotzdem davon aus, dass diese Zeitreihe stationär ist. Relevante Ergebnisse werden erst von der Analyse der Daten von STATISTIK AUSTRIA erwartet.

Betrachten wir nun den ADF-Test für die Daten von STATISTIK AUSTRIA.

Abbildung 4-4 ADF-Test für Zeitreihe und Differenzen Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024

Regressions-Statistik								
Multipler Korrelationskoeffizient	0,12124369							
Bestimmtheitsmaß	0,01470003							
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,01224905							
Standardfehler	4,95883776							
Beobachtungen	409							
ANOVA								
	Freiheitsgrade (df)	*Quadratsummen (SS)*	*Mittlere Quadratsum*	*Prüfgröße (F)*	*F krit*			
Regression	1	149,682066	149,682066	6,0870935	0,014028			
Residue	408	10032,7493	24,5900719					
Gesamt	409	10182,4314						
	Koeffizienten	*Standardfehler*	*t-Statistik*	*P-Wert*	*Untere 95%*	*Obere 95%*	*Untere 95,0%*	*Obere 95,0%*
X Variable 1	0,0034161	0,0013846	2,46720358	0,014027	0,000694	0,00614	0,00069425	0,00613795

Der p-Wert befindet sich unterhalb der Grenze von 0.05 und legt somit nahe, dass diese Zeitreihe und ihre Differenzen nicht stationär sind.

4.2.5 Gleitender Durchschnitt (MA-Komponente)

"MA" steht für "Moving Average", was auf Deutsch "Gleitender Durchschnitt" bedeutet. Es handelt sich um eine statistische Methode, bei der der Durchschnitt über eine bestimmte Anzahl aufeinanderfolgender Werte einer Zeitreihe berechnet wird. Der gleitende Durchschnitt hilft, kurzfristige Schwankungen zu glätten und langfristige Trends in den Daten deutlicher sichtbar zu machen.

Als erster Teil der Untersuchung wurde der gleitende Durchschnitt gewählt da er einen sehr guten Überblick über die Qualität und Aussagekraft der Zeitreihen liefert. Wir erweitern nun die Zeitreihe für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m aus Tabelle 4-1 um die erste Komponente.

Tabelle 4-6 Auszug aus Projekt 1-20 für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m

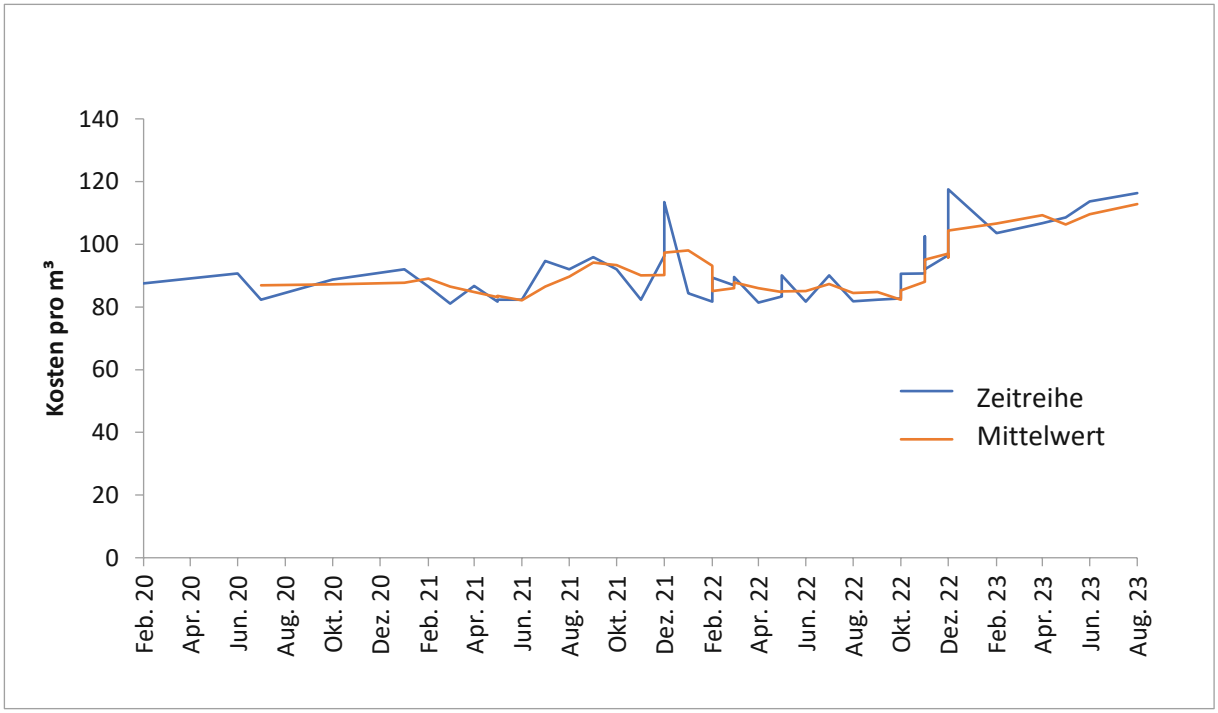
Projekt	Kosten2	Mittelwert	Datum
1	87,54		01.02.2020
2	90,69		01.06.2020
3	82,36	86,86	01.07.2020
4	88,71	87,25	01.10.2020
5	91,98	87,68	01.01.2021
6	86,55	89,08	01.02.2021

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

7	81,07	86,53	01.03.2021
8	86,72	84,78	01.04.2021
9	81,66	83,15	01.05.2021
10	82,36	83,58	01.05.2021
11	82,36	82,13	01.06.2021
12	94,65	86,46	01.07.2021
13	91,98	89,66	01.08.2021
14	95,94	94,19	01.09.2021
15	91,98	93,30	01.10.2021
16	82,36	90,09	01.11.2021
17	96,26	90,20	01.12.2021
18	113,43	97,35	01.12.2021
19	84,32	98,00	01.01.2022
20	81,66	93,14	01.02.2022

Der Wert Mittelwert wird immer aus den drei vorhergehenden Werten gebildet. So ergibt sich für Projekt 3 durch Mittelwertbildung von Projekt 1,2 und 3 der Wert 86,86€/m³. Dadurch fallen aber für die ersten zwei Projekte die Daten weg, da für sie vorangehend keine Informationen zu den Kosten vorhanden sind. Für eine erhöhte Genauigkeit und mehr Glättung können bei dieser Methode auch aus den 5 vorhergehenden Werten der Mittelwert berechnet werden. Bei der geringen Anzahl an zu Verfügung stehenden Daten empfiehlt sich hier aber die Mittelwertbildung mit 3 vorhergehenden Daten.

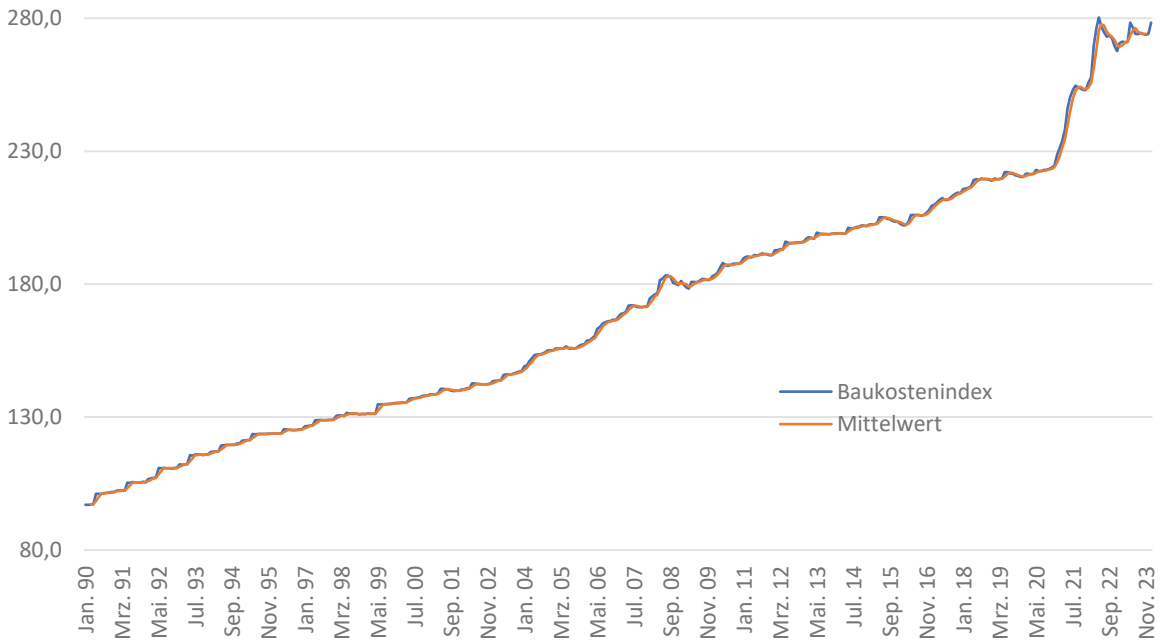
Abbildung 4-5 Gleitender Durchschnitt für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m



Legt man nun diese Mittelwerte und die Zeitreihe selbst übereinander sieht man, dass der linke Teil des Mittelwerts abgeschnitten wird und somit der betrachtetet Zeitraum eingeschränkt wird. Außerdem kann man sofort erkennen, dass durch die Mittelwertbildung eine Glättung der Kurve erfolgt und somit Ausreißer eliminiert werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abbildung 4-6 Gleitender Durchschnitt Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024



In Abbildung 4-6 sieht man, dass der Mittelwert der einzelnen Daten nicht signifikant von diesen abweicht. Dies zeigt erstmals, dass die Konsistenz der Daten von Statistik Austria wesentlich besser ist als die der Daten der STRABAG AG.

4.2.6 Erste Differenz

Die erste Differenz im Zusammenhang mit Zeitreihen bezieht sich auf einen spezifischen Typ der Zeitreihentransformation, die als "erste Differenz" oder "Differenzieren erster Ordnung" bekannt ist. Diese Transformation wird angewendet, um eine Zeitreihe stationär zu machen. (28)

Stationarität ist ein wichtiges Konzept in der Zeitreihenanalyse. Eine Zeitreihe wird als stationär betrachtet, wenn ihre statistischen Eigenschaften im Laufe der Zeit konstant sind. Das bedeutet, dass Mittelwert, Varianz und Autokorrelation nicht von der Zeit abhängen. (29)

Die erste Differenz bezieht sich auf die Berechnung der Differenzen zwischen aufeinanderfolgenden Beobachtungen in einer Zeitreihe. Mathematisch ausgedrückt bedeutet die erste Differenz einer Zeitreihe Y_t den Ausdruck $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ wobei Y_t die Beobachtung zum Zeitpunkt t ist und Y_{t-1} die Beobachtung zum vorherigen Zeitpunkt.

Indem man die erste Differenz anwendet, verschiebt man den Fokus von den absoluten Werten der Zeitreihe zu den Veränderungen zwischen aufeinanderfolgenden Zeitpunkten. Dies kann dazu beitragen, Trends und saisonale Muster zu entfernen, was wiederum zu einer stationären Zeitreihe führt. Stationäre Zeitreihen sind oft einfacher zu analysieren und können bei der Anwendung bestimmter statistischer Modelle, wie etwa autoregressiven integrierten gleitenden Durchschnittsmodellen (ARIMA-Modelle), von Vorteil sein.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die erste Differenzierung ist nur eine von mehreren Techniken zur Behandlung von Nicht-Stationaritäten in Zeitreihendaten. Je nach Kontext und den spezifischen Eigenschaften der Daten können auch höhere Differenzen oder andere Transformationen notwendig sein.

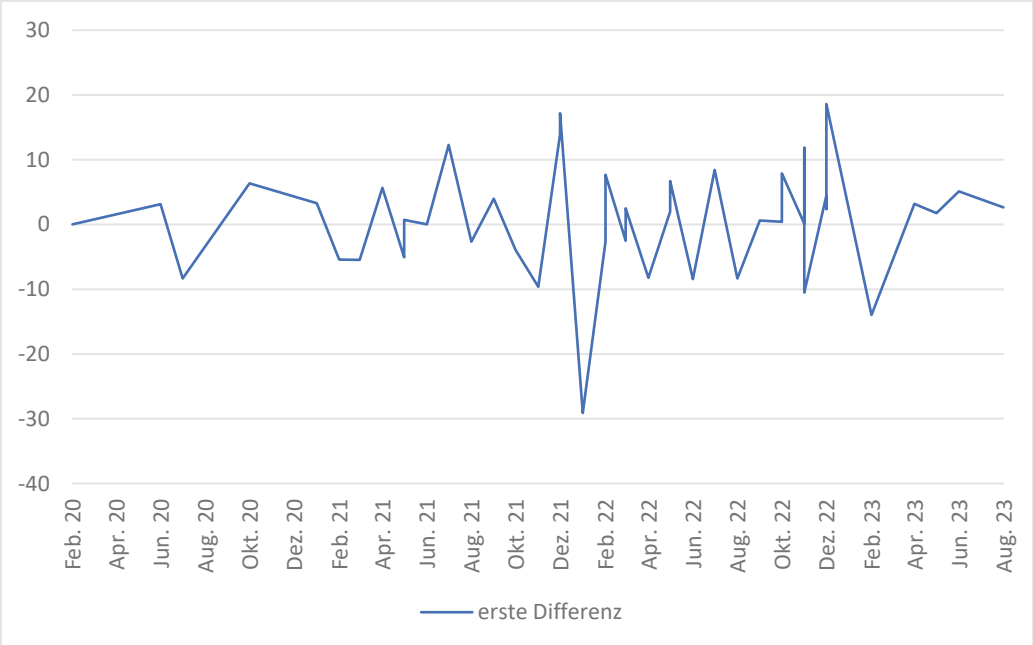
Wir erweitern nun die Zeitreihe für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m aus Tabelle 4-6 um die zweite Komponente.

Tabelle 4-7 Auszug aus Projekt 1-20 für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m

Projekt	Kosten2	MA(3)	Datum	erste Differenz
1	87,54		01.02.2020	0
2	90,69		01.06.2020	3,15
3	82,36	86,86	01.07.2020	-8,33
4	88,71	87,25	01.10.2020	6,35
5	91,98	87,68	01.01.2021	3,27
6	86,55	89,08	01.02.2021	-5,43
7	81,07	86,53	01.03.2021	-5,48
8	86,72	84,78	01.04.2021	5,65
9	81,66	83,15	01.05.2021	-5,06
10	82,36	83,58	01.05.2021	0,7
11	82,36	82,13	01.06.2021	0
12	94,65	86,46	01.07.2021	12,29
13	91,98	89,66	01.08.2021	-2,67
14	95,94	94,19	01.09.2021	3,96
15	91,98	93,30	01.10.2021	-3,96
16	82,36	90,09	01.11.2021	-9,62
17	96,26	90,20	01.12.2021	13,9
18	113,43	97,35	01.12.2021	17,17
19	84,32	98,00	01.01.2022	-29,11
20	81,66	93,14	01.02.2022	-2,66

Die Darstellung als Liniendiagramm für alle Werte zeigt ergibt sich dann wie folgt.

Abbildung 4-7 erste Differenz für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abbildung 4-7 zeigt die Schwankung der Betonpreise ohne die Steigerung über den Verlauf des betrachteten Zeitraumes. Sie kann als Darstellung der Saisonalen Komponente betrachtetet werden. Die geringe Anzahl an zur Verfügung stehenden Daten führt aber dazu, dass dadurch noch keine finale Aussage getroffen werden kann.

Abbildung 4-8 erste Differenz Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024

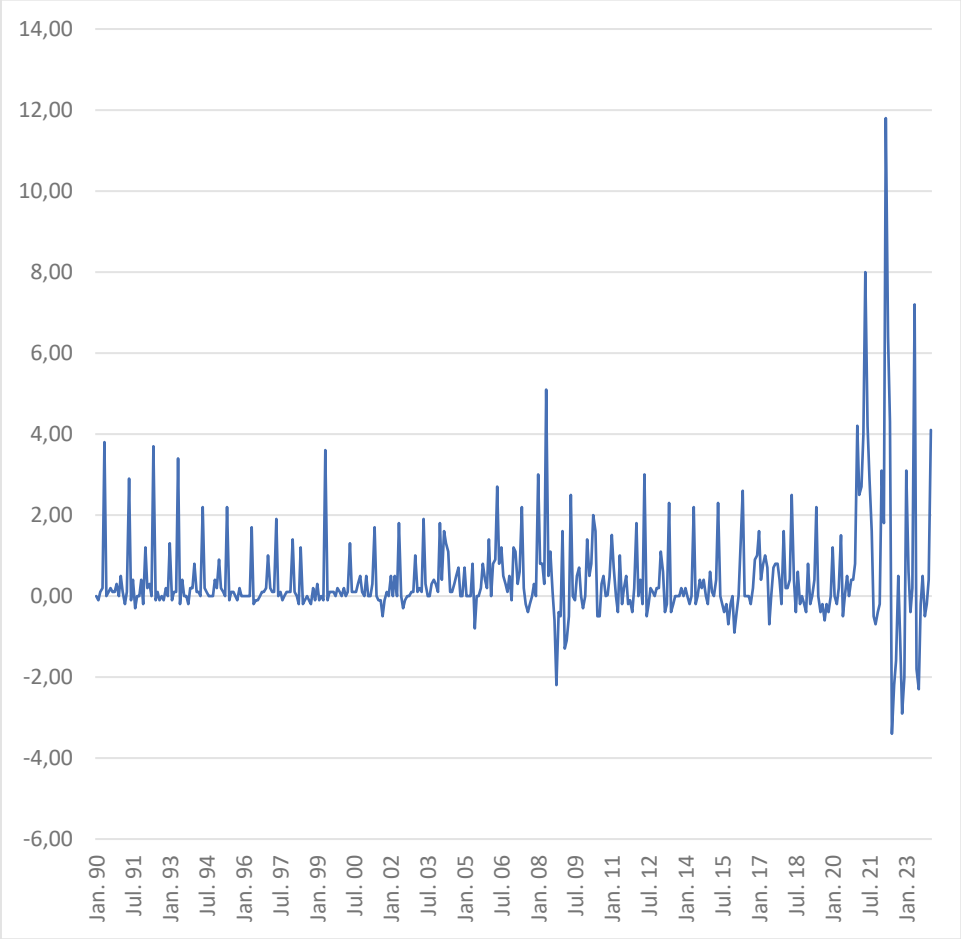


Abbildung 4-8 zeigt die Schwankung des Baukostenindex ohne die Steigerung über den Verlauf des betrachteten Zeitraumes. Sie kann, wie in Abbildung 4-7, als Darstellung der Saisonalen Komponente betrachtetet werden. Im Vergleich zu Abbildung 4-7 kann man in Abbildung 4-8 schon eine gewisse Regelmäßigkeit oder einen Trend erahnen. Dies wird in den folgenden Kapiteln weiter spezifiziert.

4.2.7 Gleitender Durchschnitt der ersten Differenz

Der gleitende Durchschnitt der ersten Differenz wird als "MA der ersten Differenz" ausgedrückt, wenn der Durchschnitt über eine Periode (in diesem Fall die erste Differenz) berechnet wird. Der gleitende Durchschnitt der ersten Differenz bezieht sich also auf die Anwendung des gleitenden Durchschnitts auf die Werte der ersten Differenz einer Zeitreihe. (30)

- Erste Differenz: Die erste Differenz einer Zeitreihe Yt wird durch $\Delta Yt = Yt - Yt{-}1$ berechnet. Dies bedeutet, dass man die Differenzen zwischen aufeinanderfolgenden Werten der Zeitreihe bildet.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

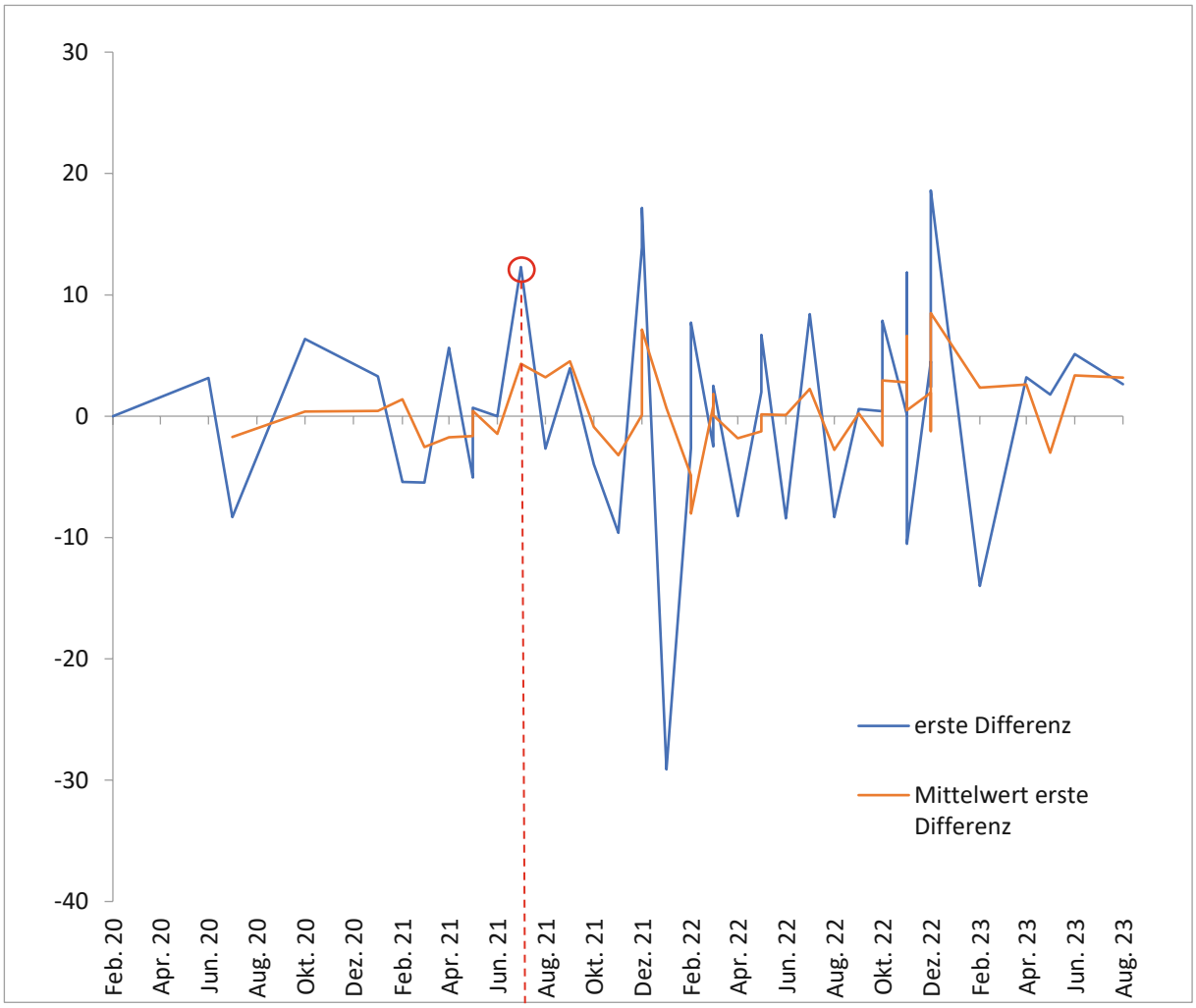
- Gleitender Durchschnitt: Der gleitende Durchschnitt ist ein statistisches Maß, das den Durchschnitt über eine bestimmte Anzahl aufeinanderfolgender Werte einer Zeitreihe berechnet. Der Durchschnitt "gleitet" über die Datenpunkte und bildet sich für jedes Teilintervall.

- Gleitender Durchschnitt der ersten Differenz: Um den gleitenden Durchschnitt auf die erste Differenz anzuwenden, wendet man den gleitenden Durchschnitt auf die Werte der ersten Differenz der Zeitreihe an.

Mathematisch ausgedrückt, wenn ΔY_t die erste Differenz der Zeitreihe Y_t ist, dann könnte der gleitende Durchschnitt der ersten Differenz über n Perioden als $MA(\Delta Y_{t,n})$ geschrieben werden.

Dieser Schritt kann dazu beitragen, kurzfristige Schwankungen zu glätten und Trends in den Veränderungen der Zeitreihe deutlicher sichtbar zu machen. Es ist wichtig zu beachten, dass die Wahl der Fenstergröße (die Anzahl der Perioden) beim gleitenden Durchschnitt einen Einfluss darauf hat, wie stark die Glättung ist. Größere Fenstergrößen führen zu einer stärkeren Glättung, aber können auch dazu führen, dass der gleitende Durchschnitt verzögert auf Änderungen in der Zeitreihe reagiert.

Abbildung 4-9 gleitender Durchschnitt der ersten Differenz für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m

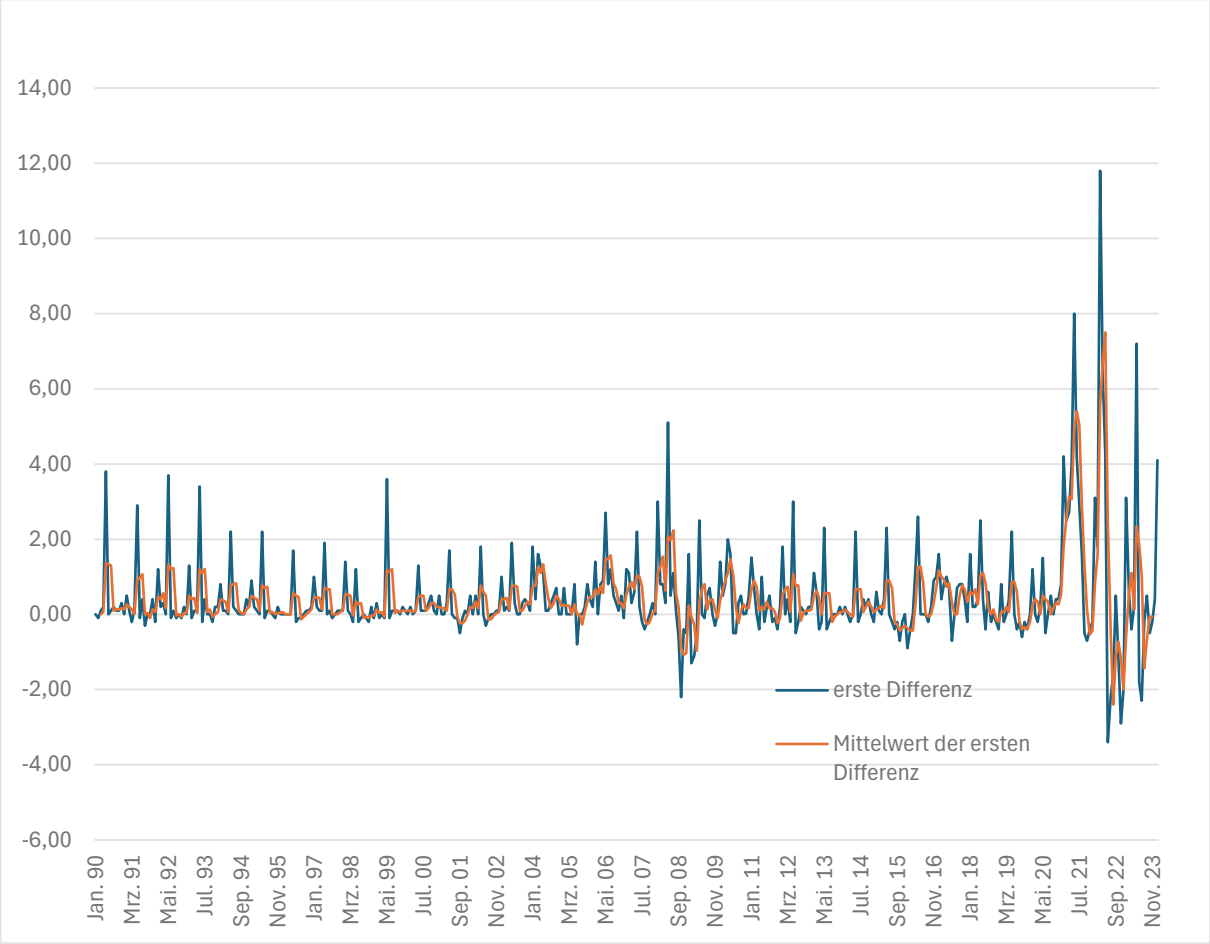


Betrachtet man Abbildung 4-9, sieht man, dass der gleitende Durchschnitt der ersten Differenz dazu führt, dass die Kurve weiter geglättet wird. Dies kann allein schon als eine Prognose für die saisonalen Schwankungen betrachtet werden. Der erste und zweite Ausreißer nach oben Mitte und Ende 2021 ist

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

dem Anhalten der Lockdowns resultierend aus der Corona Pandemie geschuldet. Der dritte Ausreißer Ende 2022 markiert den Zeitpunkt, an dem die Auswirkungen aus der Ukraine Krise auf die Bauindustrie spürbar waren. Trotz dieser einschneidenden Ereignisse lässt sich trotzdem ein saisonaler Trend beobachten. So sieht man in Abbildung 4-9 auch, dass die Betonpreise im Sommer deutlich höher sind als im Winter oder Herbst.

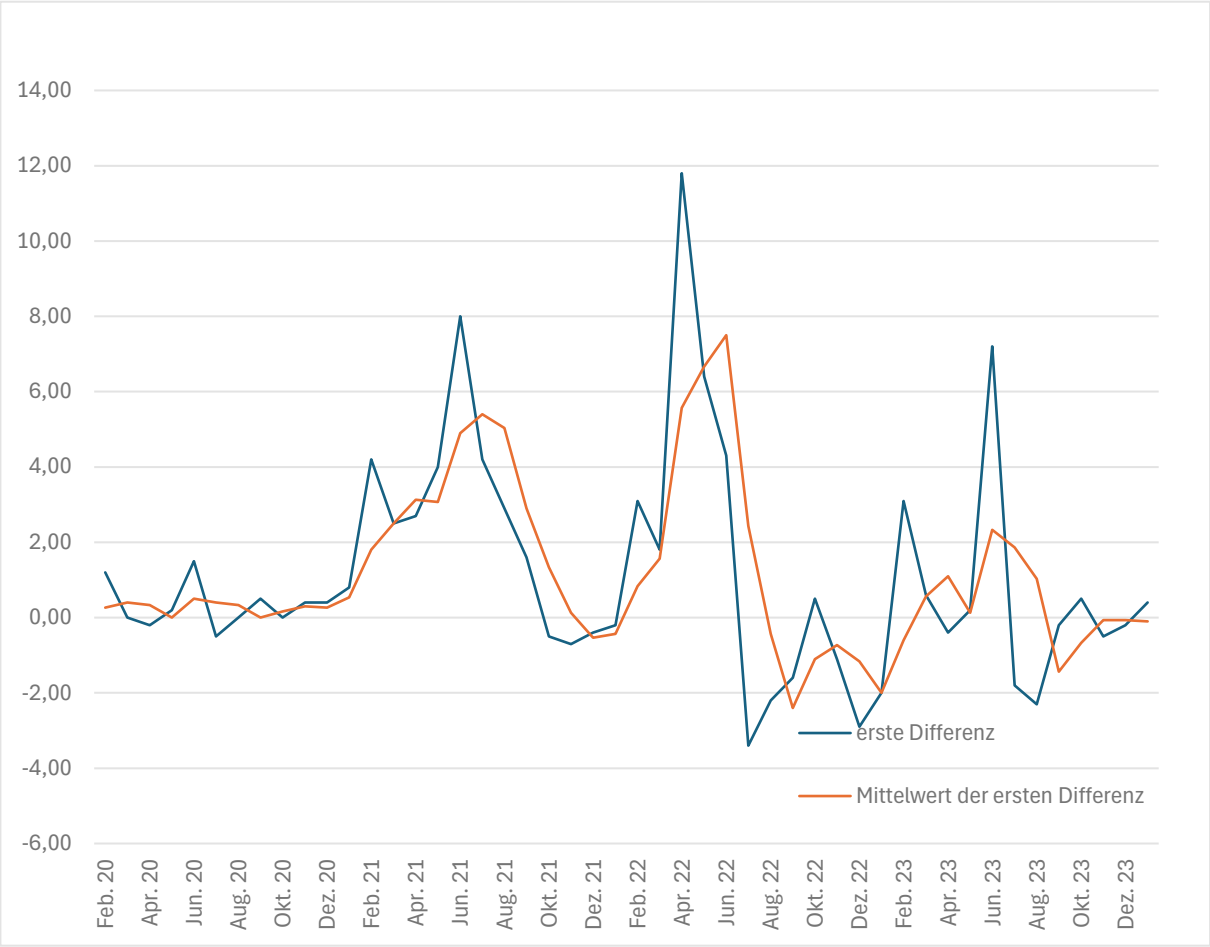
Abbildung 4-10 gleitender Durchschnitt der ersten Differenz Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024



Im Folgenden wird nun derselbe Zeitraum wie für die Daten der STRABAG AG betrachtet und verglichen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abbildung 4-11 gleitender Durchschnitt der ersten Differenz Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2020 bis 2023



In Abbildung 4-7 ist ersichtlich, wie vorhin, die Auswirkungen der Corona Pandemie und der Ukraine-Krise auf die Bauindustrie. Der erste Ausreißer nach oben Mitte 2021 markiert die Auswirkung der ersten Lockdowns der Corona Pandemie. Der zweite Ausreißer Anfang 2022 markiert die Verschärfung der Lockdown Maßnahmen. Der dritte Ausreißer markiert die Auswirkungen der Ukraine Krise auf die Bauindustrie.

4.2.8 Verzögerung des Baukostenindex

Der Baukostenindex wird mit Hilfe von Unternehmen und deren gemeldeten Daten erstellt. Die Fristen ergeben sich, laut „Standard-Dokumentation Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) Zu Baupreise und Baukosten Bearbeitungsstand: 21.12.2022“ Kapitel 3.3 Aktualität und Rechtzeitigkeit, wie folgt. (18)

Sekundär und Primärdaten: Diese sind ca. 8-12 Tage nach dem Ende des Berichtsmonats der Unternehmen zu liefern.

Datenpflege: Danach werden die Daten eingepflegt und der Index anhand des Warenkorbes gebildet.

Plausibilitätskontrolle: Des Weiteren werden dann, in den nächsten 12-14 Tagen, die Ergebnisse auf Plausibilität überprüft.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Veröffentlichung: Schlussendlich werden dann die Publikationstabellen erstellt und überprüft. Die endgültige Erstellung des verifiziert Baukosten Indexes erfolgt dann 75 Tage nach dem Eingang der Daten. (18)

Die oben genannten Punkte führen dazu, dass der Baukostenindex immer um ca. drei Monate verzögert gemeldet wird. Durch die Lieferungsverzögerung der Daten der Unternehmen um, im Durchschnitt, eineinhalb Monate ergeben sich auch Verschiebungen im Baukostenindex selbst. Dies führt dazu, dass der Baukostenindex um genau diesen Zeitraum in die Zukunft verschoben ist und somit immer erst im nächsten Monat zu betrachten ist.

4.2.9 Zwischenfazit

Die bis hier hin gewonnenen Erkenntnisse geben einen Überblick darüber, wie sich der Baukostenindex nach dem Beginn einer globalen Krise verhält. So lässt sich zum Beispiel ableiten, dass zu Beginn ein starker Aufwärtstrend zu erwarten ist. Sobald dieser zu erkennen ist, dauert es bei jedem dieser doch unterschiedlichen Events circa 6 Monate bis wieder ein Abwärtstrend beginnt, welcher meist in niedrigeren Kosten endet als vor der Krise. Dies könnte sich dadurch rechtfertigen lassen, dass sich die Industrie auf die geänderten Bedingungen einstellt und wieder einen stabilen Weg findet die benötigten Ressourcen bereit zu stellen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.3 Analyse der Saisonaltrendkomponente (STL)

"Seasonal-Trend Decomposition" (STL) ist eine Methode zur Zerlegung von Zeitreihendaten in drei Hauptkomponenten: Saisonalität, Trend und Rest (Noise). Diese Methode ist besonders nützlich, um saisonale Muster und langfristige Trends in Zeitreihendaten zu identifizieren. (31)

Sie besteht aus drei Hauptkomponenten:

- Saisonalität (Season): Dieser Bestandteil repräsentiert periodische Muster oder Schwankungen in den Daten, die sich regelmäßig wiederholen, zum Beispiel jahreszeitliche Effekte in Verkaufsdaten.

- Trend: Der Trend gibt an, ob die Zeitreihe tendenziell steigt, fällt oder stabil bleibt. Dieser Bestandteil hilft, langfristige Entwicklungen in den Daten zu identifizieren.

- Rest (Noise): Der Rest ist die Differenz vom tatsächlichen Wert zum Mittelwert, der für diese Periode gebildet wird. Der Rest ist der übrigbleibende Teil nach Entfernung der saisonalen und trendmäßigen Komponenten. Er enthält die zufälligen Schwankungen und Unregelmäßigkeiten in den Daten, die nicht durch Saisonalität und Trend erklärt werden können.

Die STL-Methode zerlegt die Zeitreihe in diese Komponenten, indem sie iterative Berechnungen durchführt. Der Algorithmus passt sich den Daten an und versucht, eine optimale Zerlegung zu erreichen. STL wird häufig verwendet, um bessere Einblicke in die Struktur von Zeitreihendaten zu gewinnen, insbesondere wenn saisonale Effekte vorhanden sind.

Im Anschluss werden nun anhand des Baukostenindex die saisonale Komponente analysiert, um herauszufinden, ob ein saisonales Muster existiert.

4.3.1 Gleitender Durchschnitt MA(5)

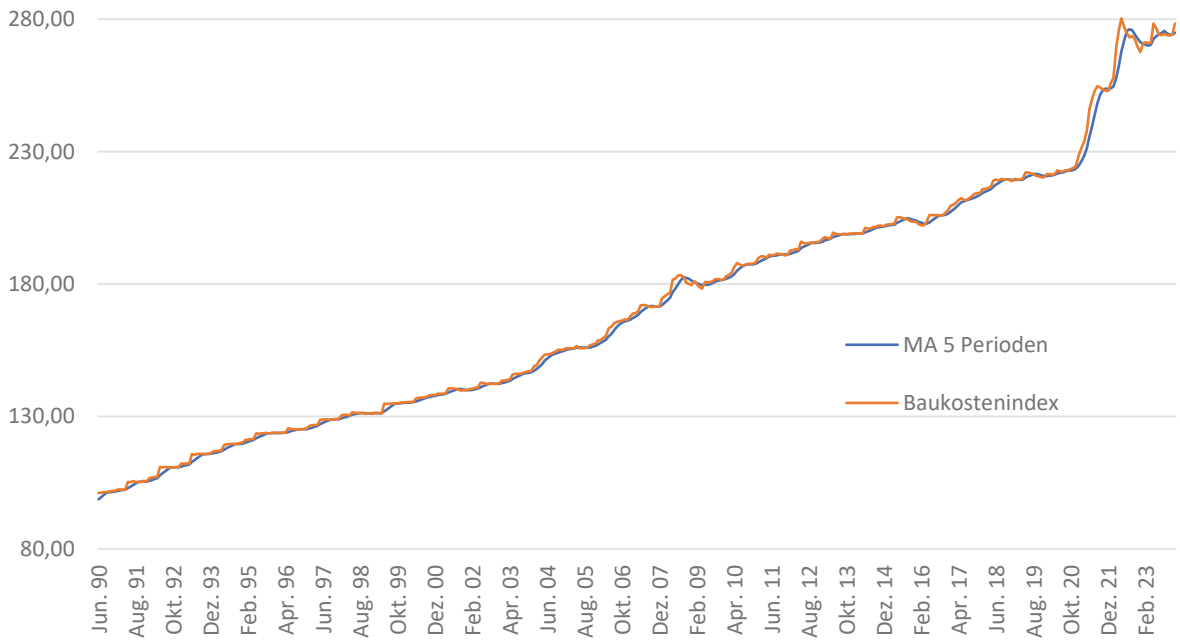
Der erste Schritt hierfür ist wieder die Berechnung des gleitenden Durchschnittes. Durch die hohe Anzahl der zur Verfügung stehenden Daten wird diesmal der gleitende Durchschnitt aus fünf Komponenten berechnet und nicht wie bisher aus drei. Die führt zu einer kleinen Reduktion der Daten, führt aber zu einer genaueren Berechnung und ist somit repräsentativer als die Methode mit drei Komponenten.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Tabelle 4-8 Auszug MA(3) und MA(5) Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von Oktober 2022 bis Jänner 2024

MA 3 Perioden	MA 5 Perioden	erste Differenz MA5
275,43	274,96	0,86
274,00	274,10	0,00
274,10	274,10	-0,54
274,17	274,64	-0,86
274,23	275,50	0,68
274,90	274,82	0,62
276,33	274,20	0,58
275,30	273,62	1,16
273,43	272,46	2,14
271,10	270,32	0,30
270,97	270,02	-0,32
269,87	270,34	-0,46
269,30	270,80	-0,48
269,90	271,28	-1,42
271,90	272,70	-1,46
273,07	274,16	-1,56

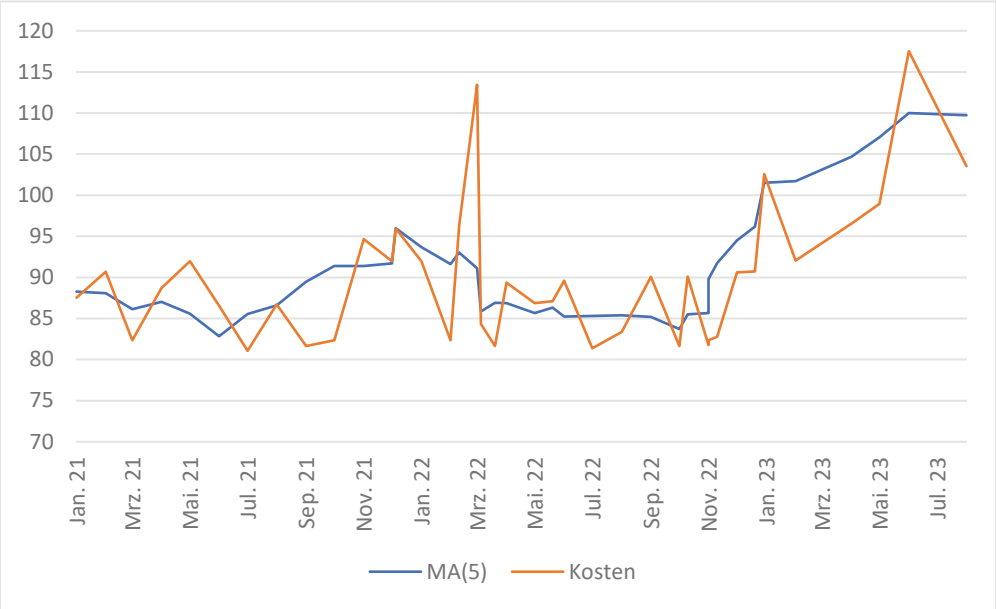
Abbildung 4-12 MA(5) und Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024



Analog zu den Daten des Baukostenindexes für den Wohnhaus- und Siedlungsbau werden weiterhin die Daten der STRABAG AG analysiert und alle Methoden auch auf diese angewendet, um zu sehen, wie sich suboptimale Daten auf die Ergebnisse auswirken.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abbildung 4-13 MA(5) und Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m



In Abbildung 4-13 ist ersichtlich, dass es schon erhebliche Differenzen zwischen den tatsächlichen Kosten und der MA(5) Komponente gibt. Dies führt im Weiteren dazu, dass die Prognosen sehr ungenau werden.

4.3.2 Stationarität

Zur Überprüfung der Stationarität wird nun wieder ein ADF-Test durchgeführt. (24)

Abbildung 4-14 ADF-Test MA(5) Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024

Regressions-Statistik								
Multipler Korrelationskoeffi	0,5387422							
Bestimmtheitsmaß	0,2902432							
Adjustiertes Bestimmtheits	0,2877618							
Standardfehler	0,726334							
Beobachtungen	404							
	Freiheitsgrade (df)	*Quadratsummen (SS)*	*Mittlere Quadratsumme (MS)*	*Prüfgröße (F)*	*F krit*			
Regression	1	86,94211566	86,94211566	164,80009	7,5E-32			
Residue	403	212,6071243	0,527561103					
Gesamt	404	299,54924						
	Koeffizienten	*Standardfehler*	*t-Statistik*	*P-Wert*	*Untere 95%*	*Obere 95%*	*Untere 95,0%*	*Obere 95,0%*
X Variable 1	0,0026221	0,000204256	12,83744862	7,305E-32	0,002221	0,003024	0,0022206	0,003024

Der p-Wert liegt hier wieder deutlich unter der Grenze von 0.05 und auch deutlich unter der Grenze von 0.001 und stellt somit eine ideale nicht stationäre Zeitreihe dar.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.3.3 Rest

Nun wird die Rest Komponente ermittelt indem von den Werten der originalen Zeitreihe der Mittelwert MA(5) abgezogen wird.

Tabelle 4-9 Auszug MA(5) und Rest Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von Oktober 2022 bis Jänner 2024

Baukostenindex	Datum	MA 5 Perioden	Rest
278,3	01.01.2024	274,96	3,34
274,2	01.12.2023	274,10	0,10
273,8	01.11.2023	274,10	-0,30
274,0	01.10.2023	274,64	-0,64
274,5	01.09.2023	275,50	-1,00
274,0	01.08.2023	274,82	-0,82
274,2	01.07.2023	274,20	0,00
276,5	01.06.2023	273,62	2,88
278,3	01.05.2023	272,46	5,84
271,1	01.04.2023	270,32	0,78
270,9	01.03.2023	270,02	0,88
271,3	01.02.2023	270,34	0,96
270,7	01.01.2023	270,80	-0,10
267,6	01.12.2022	271,28	-3,68
269,6	01.11.2022	272,70	-3,10
272,5	01.10.2022	274,16	-1,66
273,6	01.09.2022	275,72	-2,12
273,1	01.08.2022	276,20	-3,10
274,7	01.07.2022	275,50	-0,80
276,9	01.06.2022	272,12	4,78
280,3	01.05.2022	267,94	12,36
276,0	01.04.2022	262,46	13,54
269,6	01.03.2022	257,88	11,72
257,8	01.02.2022	254,66	3,14
256,0	01.01.2022	253,94	2,06

Tabelle 4-10 Auszug MA(5) und Rest Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Jänner 2021 bis Oktober 2021

Kosten2	MA(5)	Rest	Datum
91,98	88,256	3,724	01.01.2021
86,55	88,058	-1,508	01.02.2021
81,07	86,134	-5,064	01.03.2021
86,72	87,006	-0,286	01.04.2021
81,66	85,596	-3,936	01.05.2021
82,36	83,672	-1,312	01.05.2021
82,36	82,834	-0,474	01.06.2021
94,65	85,55	9,1	01.07.2021
91,98	86,602	5,378	01.08.2021
95,94	89,458	6,482	01.09.2021
91,98	91,382	0,598	01.10.2021

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.3.4 Rest Anpassung

Der Mittelwert des Rests in Tabelle 4-10 sollte nun 0 ergeben. Um dies zu beheben, müssen wir die Rest-Werte korrigieren. Dazu zieht man einfach den Mittelwert der Rest-Wert vom Rest ab (in unserem Fall 0,88). Somit ist der Mittelwert des neuen Rests 0. (32)

Tabelle 4-11 Auszug MA(5), Rest und Rest neu Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von Oktober 2022 bis Jänner 2024

Baukostenindex	Datum	MA 5 Perioden	Rest	Rest neu
278,3	01.01.2024	274,96	3,34	2,46
274,2	01.12.2023	274,10	0,10	-0,78
273,8	01.11.2023	274,10	-0,30	-1,18
274,0	01.10.2023	274,64	-0,64	-1,52
274,5	01.09.2023	275,50	-1,00	-1,88
274,0	01.08.2023	274,82	-0,82	-1,70
274,2	01.07.2023	274,20	0,00	-0,88
276,5	01.06.2023	273,62	2,88	2,00
278,3	01.05.2023	272,46	5,84	4,96
271,1	01.04.2023	270,32	0,78	-0,10
270,9	01.03.2023	270,02	0,88	0,00
271,3	01.02.2023	270,34	0,96	0,08
270,7	01.01.2023	270,80	-0,10	-0,98
267,6	01.12.2022	271,28	-3,68	-4,56
269,6	01.11.2022	272,70	-3,10	-3,98
272,5	01.10.2022	274,16	-1,66	-2,54
273,6	01.09.2022	275,72	-2,12	-3,00
273,1	01.08.2022	276,20	-3,10	-3,98
274,7	01.07.2022	275,50	-0,80	-1,68
276,9	01.06.2022	272,12	4,78	3,90
280,3	01.05.2022	267,94	12,36	11,48
276,0	01.04.2022	262,46	13,54	12,66
269,6	01.03.2022	257,88	11,72	10,84
257,8	01.02.2022	254,66	3,14	2,26
256,0	01.01.2022	253,94	2,06	1,18

Tabelle 4-12 Auszug MA(5), Rest und Rest neu Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Jänner 2021 bis Oktober 2021

Kosten2	MA(5)	Rest	Rest neu	Datum
91,98	88,256	3,724	2,4292	01.01.2021
86,55	88,058	-1,508	-2,8028	01.02.2021
81,07	86,134	-5,064	-6,3588	01.03.2021
86,72	87,006	-0,286	-1,5808	01.04.2021
81,66	85,596	-3,936	-5,2308	01.05.2021
82,36	83,672	-1,312	-2,6068	01.05.2021
82,36	82,834	-0,474	-1,7688	01.06.2021
94,65	85,55	9,1	7,8052	01.07.2021
91,98	86,602	5,378	4,0832	01.08.2021
95,94	89,458	6,482	5,1872	01.09.2021
91,98	91,382	0,598	-0,6968	01.10.2021

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.3.5 Noise und Season

Abbildung 4-15 zeigt, dass in den letzten Jahren der Noise (21) Anteil an unerklärlichen Schwankungen (9-13%) im Verhältnis zu den Vorjahren (1-3%) sehr groß ist. Dieser ist vor allem während der Pandemie und der Ukraine Krise sichtbar. Der zweitgrößte Ausschlag der Noise Komponente ist zu Zeiten der Finanzkrise 2008 sichtbar. Daraus kann schlussgefolgert werden, dass die vorhandene Saisonalität nicht allein ein Faktor zur Bewertung der Baukosten sein kann. Ableiten kann man aber dennoch, dass sich bei einem Ereignis, welches den globalen Markt betrifft, die Veränderung der Baukostosten in einem ähnlichen Muster verhält. In jedem der oben angeführten Fälle hat sich nach einer bestimmten Periode der Markt wieder beruhigt.

Abbildung 4-15 Noise und Season Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024

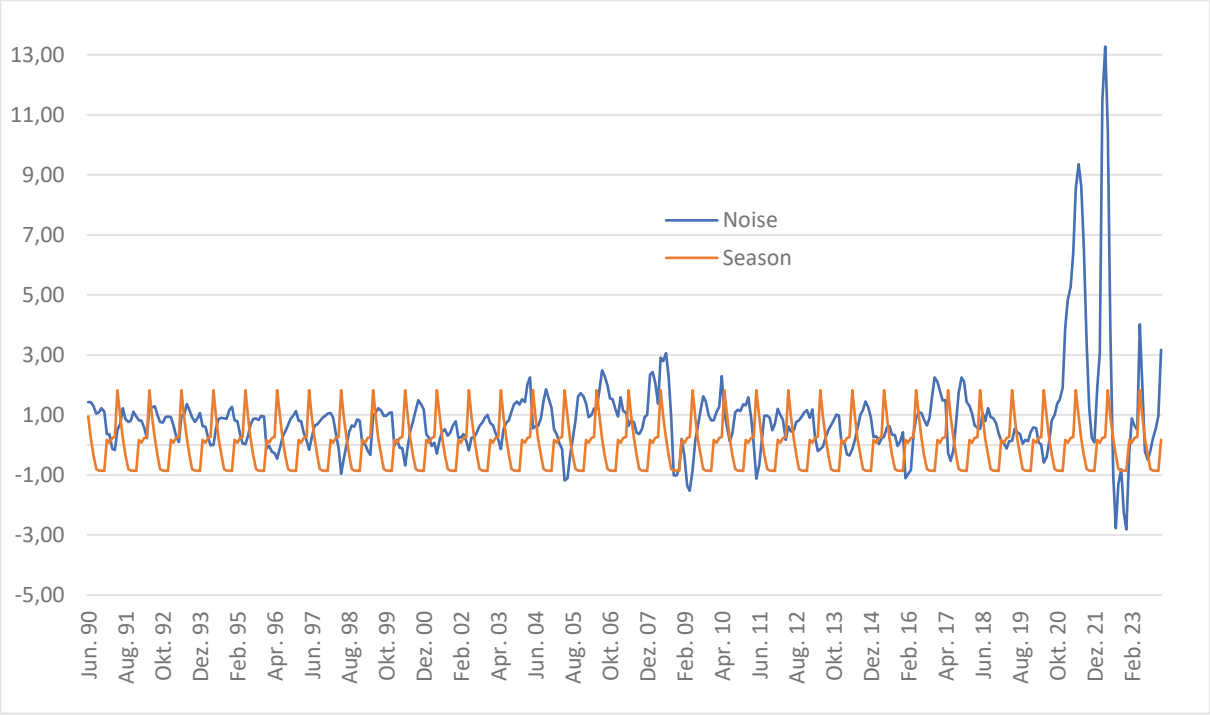


Tabelle 4-13 Auszug Saisonalkomponente Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2023 bis Jänner 2024

Datum	Season
01.01.2024	0,17
01.12.2023	-0,87
01.11.2023	-0,85
01.10.2023	-0,85
01.09.2023	-0,81
01.08.2023	-0,33
01.07.2023	0,21
01.06.2023	0,95
01.05.2023	1,82
01.04.2023	0,27
01.03.2023	0,23
01.02.2023	0,07
01.01.2023	0,17

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Tabelle 4-13 zeigt die Saisonalkomponenten des Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2023 bis Jänner 2024 in Zahlen.

Abbildung 4-16 Noise und Season Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Jänner 2021 bis Dezember 2021

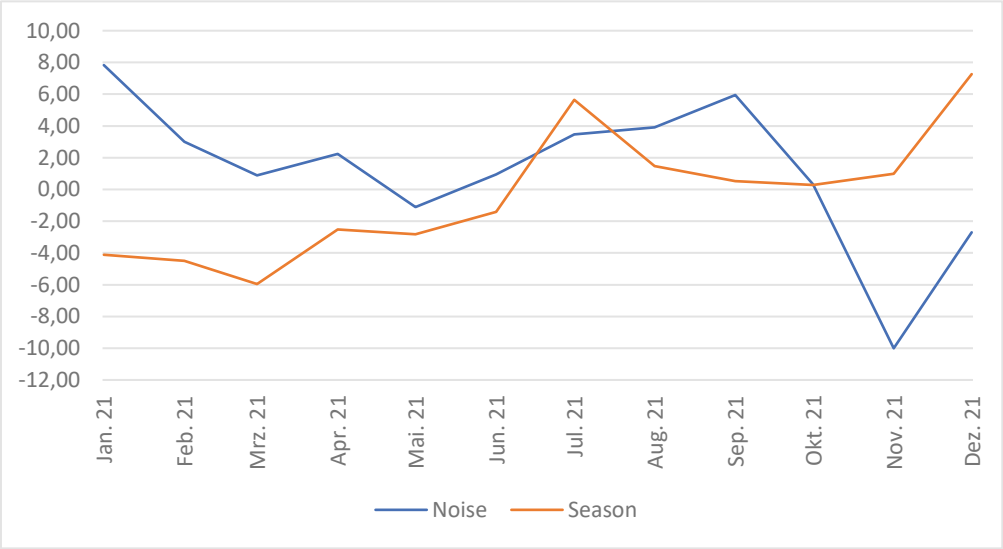


Tabelle 4-14 Saisonalkomponente Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m

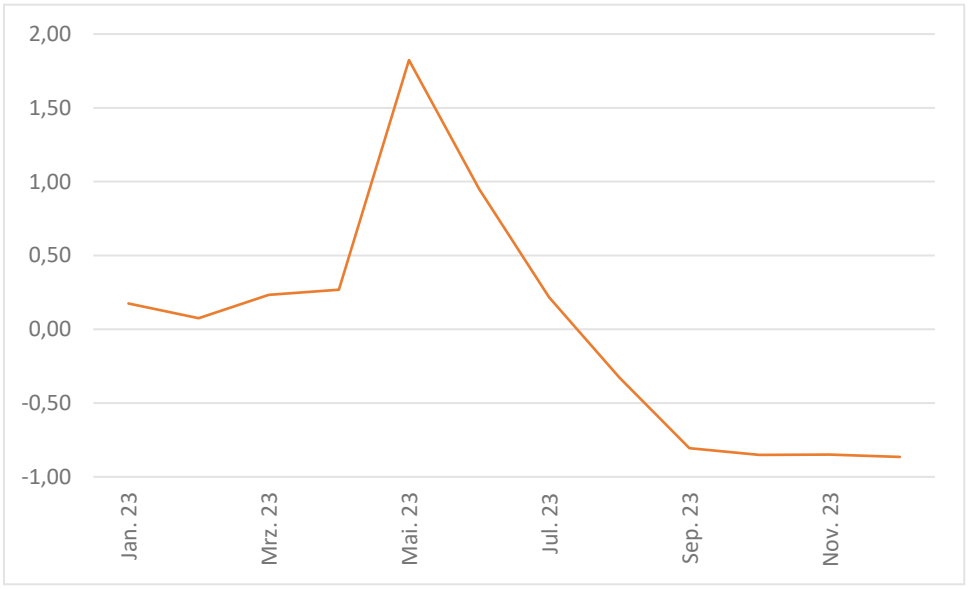
Season	Datum
-4,11	01.01.2021
-4,50	01.02.2021
-5,96	01.03.2021
-2,52	01.04.2021
-2,82	01.05.2021
-1,42	01.06.2021
5,64	01.07.2021
1,47	01.08.2021
0,53	01.09.2021
0,28	01.10.2021
0,98	01.11.2021
7,26	01.12.2021

Für die Analyse der Daten der STRABAG AG wurden die Ergebnisse der Noise und Season Komponenten in einer Abbildung zusammengefasst und auf den Zeitraum von Jänner 2021 bis Dezember 2021 beschränkt. Aufgrund der geringen Menge an Daten ergeben sich im Verlauf des Betrachtungszeitraumes zu hohe Noise Komponenten. Das bedeutet, dass der Teil der Kosten, welcher nicht in die Saisonalkomponente miteinfließt, so groß ist, dass es zu sehr großen Differenzen von Schätzung zu tatsächlichen Werten kommen wird.

Im Vergleich dazu, führt die große Datenmenge der Daten von STATISTIK AUSTRIA dazu, dass die Ausreißer in den Jahren 2020 bis 2023 geglättet werden. Somit lässt das Modell für diese Daten mehr Nutzbarkeit zu.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abbildung 4-17 Saisonalkomponente Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990



Die Saisonalkomponente ergibt sich aus der Differenz vom Mittelwert des Baukostenindex zur MA(5)-Komponente des jeweiligen Monats. Betrachtet man nun die Saisonalkomponente aus Abbildung 4-17 in Zahlen, ist ersichtlich, dass die Baukosten von Anfang des Jahres bis Juli ansteigen und dann gegen Ende des Jahres wieder fallen. Ein mögliches Argument ist hier der gegen Jahresende hin ansteigende Akquisedruck der Bauunternehmen.

4.3.6 Zwischenfazit

Baufirmen müssen meist ihre Umsatzzahlen für ein Jahr erfüllen. Dies führt dazu, dass niedrigere Preise von Subunternehmern verlangt werden. Da die Subunternehmer auch ihre Umsatzzahlen erreichen müssen und um marktfähig zu bleiben, haben sie keine Wahl und senken die Preise. Dadurch werden die Baukosten dann geringer.

Will man also möglichst günstig bauen, dann könnte man nun annehmen, dass es sinnvoll ist Verhandlungen möglichst im dritten oder vierten Quartal abzuschließen. Eine möglichst früher Vergabe der einzelnen Gewerke könnte, aufgrund des kontinuierlichen Anstiegs der Baukosten, trotzdem besser sein, um sich günstigere Preise zu sichern.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

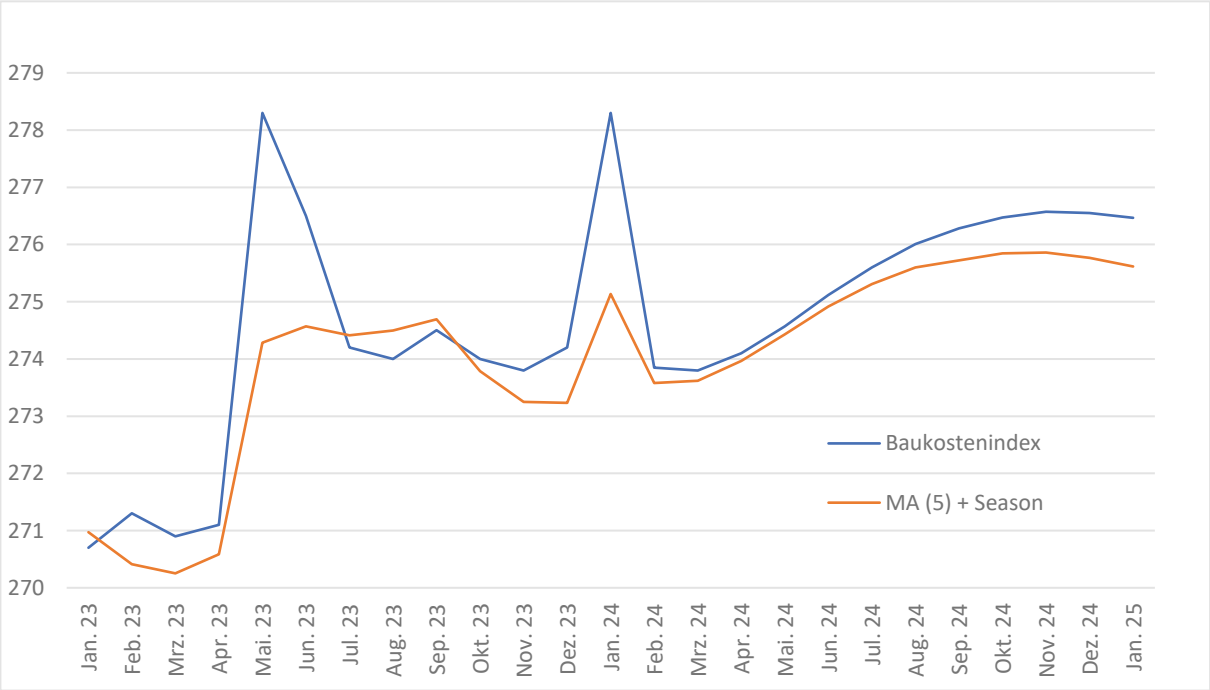
4.4 Prognose

4.4.1 Trend (lineare Regression)

Die Trendfunktion in Excel wird verwendet, um einen linearen Trend basierend auf bekannten Datenpunkten zu schätzen. Die Funktion in Excel heißt TREND und kann für die Prognose von zukünftigen Werten verwendet werden. (33)

Die x-Werte (unabhängige Variable) sind hier die Datumswerte und die y-Werte (abhängige Variable) ist der Baukostenindex. Mittels der TREND-Funktion wird der lineare Trend basierend auf den bekannten x- und y-Werten geschätzt und dann die Prognose für die neuen x-Werteberechnet. Die Funktion gibt einen prognostizierten y-Wert für jeden neuen x-Wert zurück. Es ist wichtig zu beachten, dass die TREND-Funktion auf einer linearen Regression basiert und daher am Besten für lineare Trends geeignet ist.

Abbildung 4-18 Prognose mittels linearer Regression Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2023 bis Jänner 2025



In Abbildung 4-18 wurde zur Trendprognose mittels linearer Regression ein Zeitraum von eineinhalb Jahren gewählt. Da unsere Zeitreihe eher nicht linear ist, weilbekanntlich eine Saisonalkomponente und Noise vorliegt , ist diese Art der Prognose eher ungeeignet für den Zweck dieser Forschungsarbeit.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abbildung 4-19 Prognose mittels linearer Regression Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Jänner 2021 bis Juni 2024

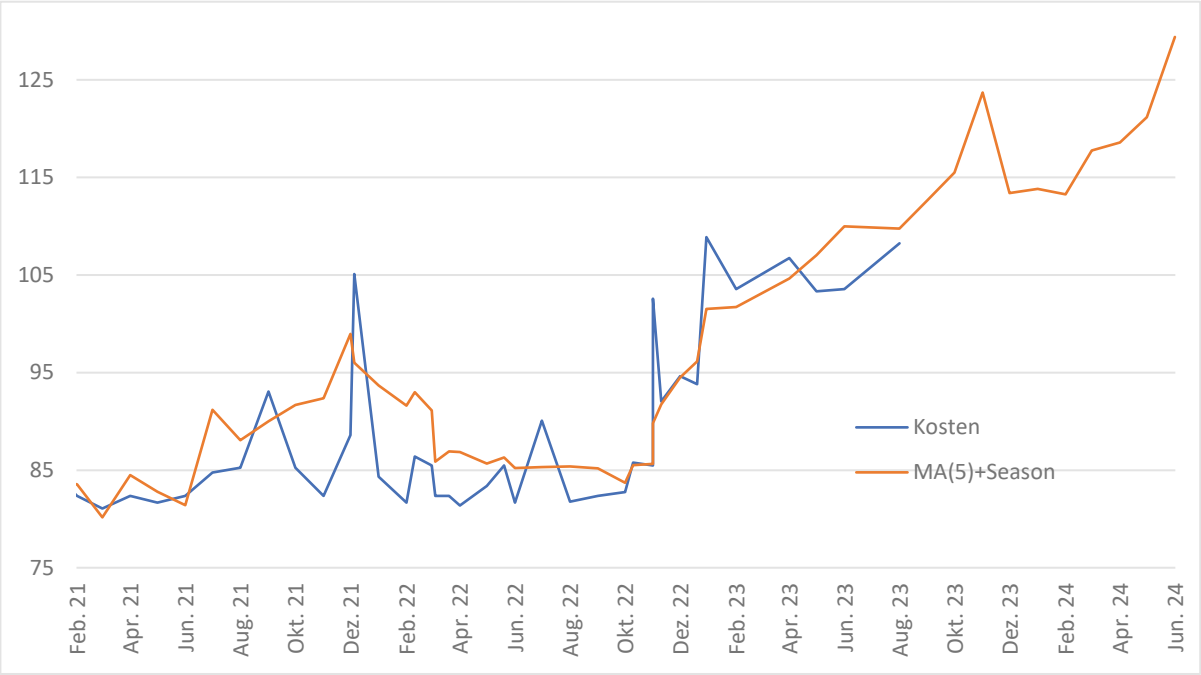


Abbildung 4-19 zeigt die Prognose für die Baukosten Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H3,2m bis Juni 2024. Aufgrund der Saisonalität ergeben sich beträchtliche Schwankungen der Prognose, welche als fragwürdig eingestuft werden können. Weil die relevanten Daten der STRABAG AG, wie beschrieben, einen kleinen Umfang aufweisen, ist im Vergleich zu Abbildung 4-18 erkennbar, dass die Glättung der prognostizierten Werte fast vollständig wegfällt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

4.4.2 ETS-Algorithmus (Exponentielles Glätten)

Diese Funktion setzt voraus, dass die Punkte auf der Zeitachse konstante Abstände haben. Die PROGNOSE.ETS-Funktion in Excel (im Englischen als FORECAST.ETS bekannt) wird verwendet, um Zeitreihendaten basierend auf einem exponentiellen Glättungsverfahren mit saisonalen Effekten zu prognostizieren (25). Die grundlegende Syntax der Funktion lautet:

PROGNOSE.ETS([Ziel_Datum];[Werte];[Zeitachse];[Saisonalität];[Daten_Vollständigkeit];[Aggregation])

Dabei ist:

- Ziel_Datum: Erforderlich. Der Datenpunkt, für den ein Wert vorhergesagt werden soll.
- Werte: Erforderlich. "Werte" sind die historischen Werte, für die die nächsten Punkte vorhergesagt werden sollen.
- Zeitachse: Erforderlich. Die unabhängige Matrix oder der unabhängige Bereich numerischer Daten. Die Daten auf der Zeitachse müssen konsistente Abstände haben und dürfen nicht null sein.
- Saisonalität: Optional. Ein numerischer Wert. Der Standardwert 1 bedeutet, dass Excel die Saisonalität für die Schätzung automatisch erkennt und positive, ganzzahlige Werte für die Länge des saisonalen Musters verwendet. 0 bedeutet, dass keine Saisonalität vorliegt bzw. verwendet wird, dass die Vorhersage also linear sein wird. ***In unserem Fall wurde 1 gewählt, da wir wollen, dass die Saisonalität berücksichtigt wird.***
- Datenvollständigkeit: Optional. Obwohl die Zeitachse einen konstanten Abstand zwischen Datenpunkten erfordert, unterstützt die Funktion bis zu 30 % fehlende Daten und wird automatisch angepasst. 0 gibt den Algorithmus an, fehlende Punkte als Nullen zu berücksichtigen. Der Standardwert 1 gibt an, dass fehlende Punkte durch den Mittelwert der benachbarten Punkte ersetzt werden. ***In unserem Fall wurde 1 gewählt, da alle Datenpunkte vorhanden sind***.
- Aggregation: Der Aggregationsparameter ist ein numerischer Wert, der angibt, welche Methode zum Aggregieren mehrerer Werte mit demselben Zeitstempel verwendet wird. Der Standardwert 0 verwendet MITTELWERT, während andere Optionen SUMME, ANZAHL, ANZAHL2, MIN, MAX, MEDIAN sind. ***Für unseren Fall wurde dieser Parameter ausgelassen, da für jeden Datenpunkt nur ein Wert existiert.***
- Konfidenzintervall: Das Konfidenzintervall ist ein statistisches Konzept, das in Verbindung mit Schätzungen und Vorhersagen verwendet wird. Es gibt einen Bereich an, innerhalb dessen man mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit davon ausgeht, dass der wahre Wert eines Parameters oder einer Vorhersage liegt. Dieser Bereich wird als Konfidenzintervall bezeichnet. Das Konfidenzintervall ermöglicht die Festlegung eines Bereichs, innerhalb dessen die tatsächlichen Werte mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit liegen sollen. Der Parameter für das Konfidenzintervall gibt an, wie breit dieses Intervall sein soll. Zum Beispiel kann ein Konfidenzintervall von 95% bedeuten, dass man mit 95%iger Wahrscheinlichkeit davon ausgeht, dass der wahre Wert innerhalb des angegebenen Intervalls liegt. Je höher die Konfidenz (zum Beispiel 99%), desto breiter wird das Intervall. Die Verwendung von Konfidenzintervallen ist wichtig, um Unsicherheiten in statistischen Schätzungen anzuerkennen. ***In unserem Fall wurde das Konfidenzintervall mit 95% gewählt.***

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.4.3 Exponentielles Glätten Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau

Abbildung 4-20 Prognose mittels exponentieller Glättung Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2023 bis Jänner 2025

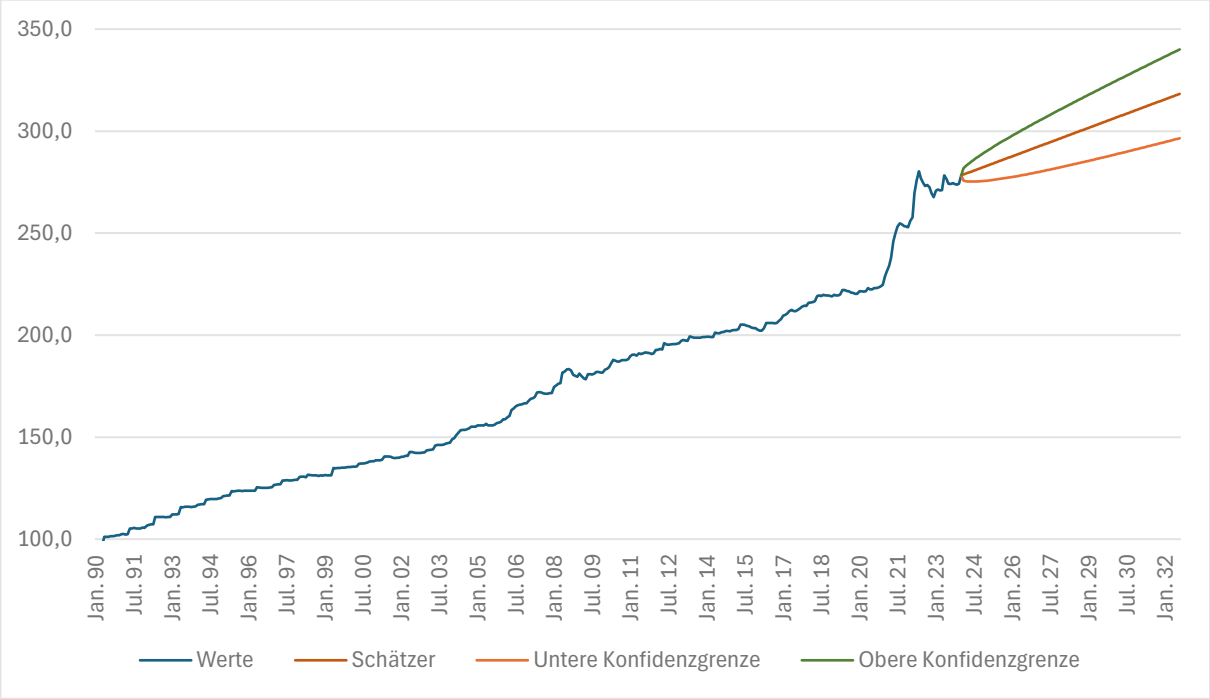


Tabelle 4-15 Auszug Prognose mittels exponentieller Glättung Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2023 bis 2024

Zeitachse	Werte	Schätzer	Untere Konfidenzgrenze	Obere Konfidenzgrenze
01.02.2023	271,3			
01.03.2023	270,9			
01.04.2023	271,1			
01.05.2023	278,3			
01.06.2023	276,5			
01.07.2023	274,2			
01.08.2023	274,0			
01.09.2023	274,5			
01.10.2023	274,0			
01.11.2023	273,8			
01.12.2023	274,2			
01.01.2024	278,3	278,3	278,3	278,3
01.02.2024		278,7	275,7	281,7
01.03.2024		279,1	275,5	282,6
01.04.2024		279,5	275,4	283,6
01.05.2024		279,9	275,3	284,4
01.06.2024		280,2	275,3	285,2
01.07.2024		280,6	275,3	286,0
01.08.2024		281,0	275,3	286,7
01.09.2024		281,4	275,3	287,5
01.10.2024		281,8	275,4	288,2
01.11.2024		282,2	275,5	288,9
01.12.2024		282,6	275,6	289,5

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die Werte, aus Tabelle 4-15, in der Spalte „Schätzer“ ergeben unsere Prognose für den Baukostenindex bis Ende 2024. Die Obere und Untere Konfidenzgrenze geben mit 95% Wahrscheinlichkeit den Streuungsbereich unsere Prognose wieder.

4.4.4 Exponentielles Glätten Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m

Abbildung 4-21 Prognose mittels exponentieller Glättung Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Februar 2020 bis Juni 2024

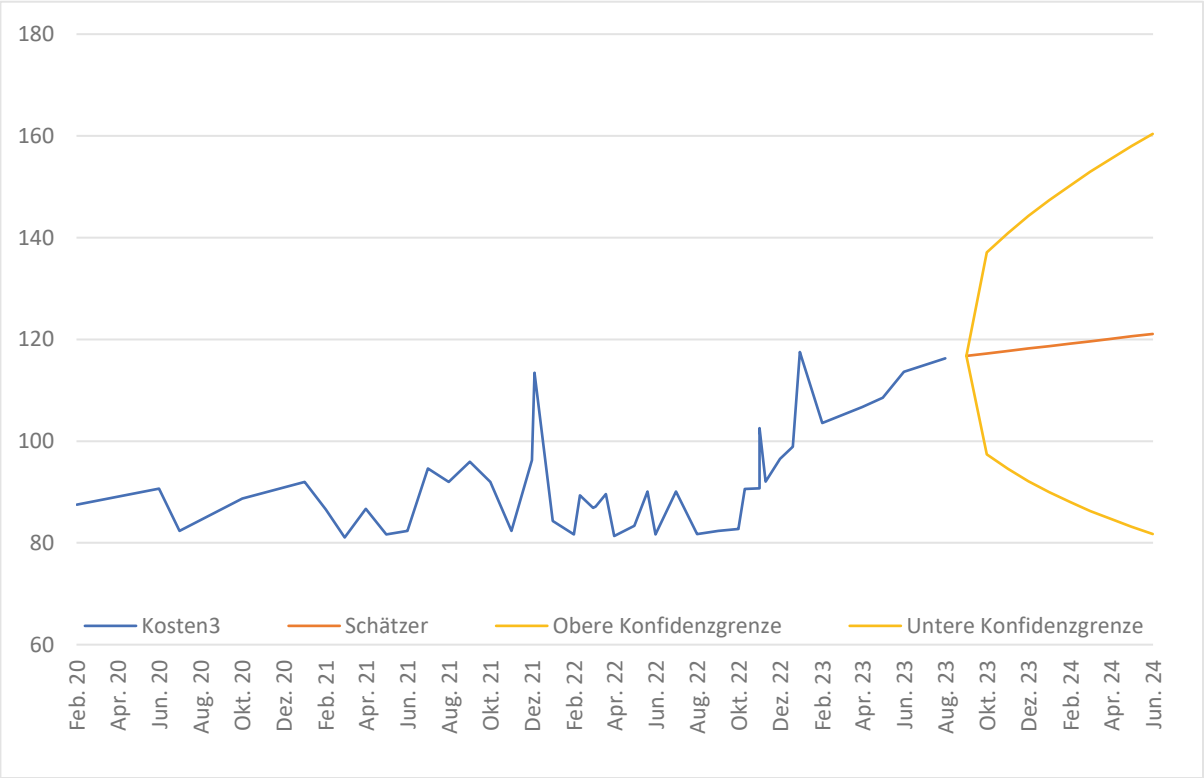


Abbildung 4-21 zeigt die tatsächlichen Kosten der Position Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m bis August 2023, sowie die Prognose (den Schätzer) und die obere, sowie die untere Konfidenzgrenze mit einer Unter-, beziehungsweise Überschreitungswahrscheinlichkeit von 95%.

Tabelle 4-16 Auszug Prognose mittels exponentieller Glättung Baukostenindex für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Oktober 2022 bis Juni 2024

Datum	Wert	Schätzer	Untere Konfidenzgrenze	Obere Konfidenzgrenze
01.10.2022	82,76			
10.10.2022	90,62			
01.11.2022	90,73			
01.11.2022	102,56			
10.11.2022	92,04			
01.12.2022	96,53			
20.12.2022	98,92			
30.12.2022	117,52			
01.02.2023	103,54			
01.04.2023	106,74			
01.05.2023	108,51			

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

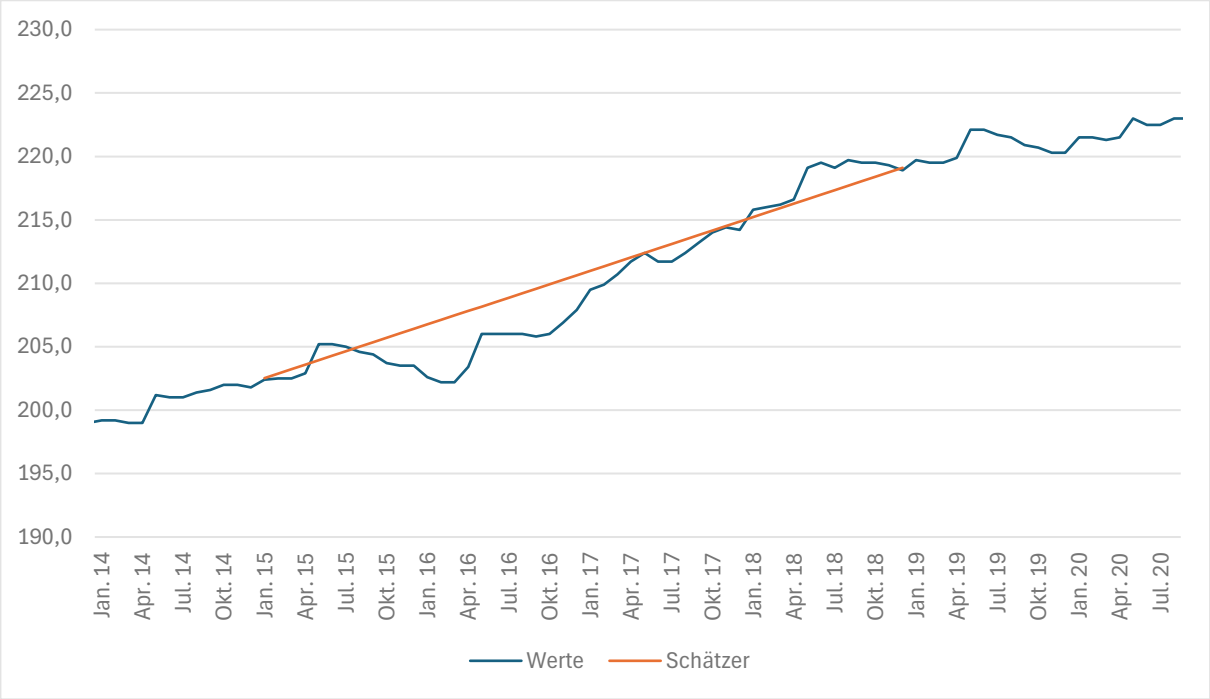
01.06.2023	113,64			
01.08.2023	116,28			
01.09.2023		116,76	116,76	116,76
01.10.2023		117,24	97,37	137,10
01.11.2023		117,72	94,54	140,90
01.12.2023		118,2	92,11	144,28
01.01.2024		118,68	89,97	147,38
01.02.2024		119,15	88,05	150,26
01.03.2024		119,63	86,29	152,98
01.04.2024		120,11	84,67	155,56
01.05.2024		120,59	83,16	158,03
01.06.2024		121,07	81,74	160,40

Aufgrund der zu geringen Datenmenge und der sehr großen Streuung der Daten (siehe ADF-Test Baukostenindex für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m), ergibt sich, in Tabelle 4-16, bei denselben Konfidenzintervallen eine viel größere Streuung der Ergebnisse. Man kann dadurch annehmen, dass die Werte nicht herangezogen werden können, um eine akkurate Prognose der Werte zu erhalten.

4.5 Verifizierung Ergebnisse

Um unsere Prognose zu verifizieren, wird nun dieselbe Prognose Methode verwendet, um den Baukostenindex für den Bereich von 2015 bis 2018 zu schätzen.

Abbildung 4-22 Verifizierung Prognose Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2015 bis 2018



In Abbildung 4-22 wurden die Daten von 1990 bis Dezember 2014 verwendet, um eine Prognose für die Jahre 2015 bis 2018 zu erstellen. Im Vergleich dazu sieht man die realen Werte des Baukostenindex. Vergleicht man nun diese beiden Werte zu jedem Zeitpunkt ergibt dies folgende Genauigkeit.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Tabelle 4-17 Genauigkeit Prognose Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2015 bis 2018

Datum	Baukostenindex	Schätzer	Genauigkeit	Datum	Baukostenindex	Schätzer	Genauigkeit
01.01.2015	202,40	202,52	99,94%	01.01.2017	209,50	210,99	99,30%
01.02.2015	202,50	202,88	99,81%	01.02.2017	209,90	211,34	99,32%
01.03.2015	202,50	203,23	99,64%	01.03.2017	210,70	211,69	99,53%
01.04.2015	202,90	203,58	99,66%	01.04.2017	211,70	212,04	99,84%
01.05.2015	205,20	203,93	100,62%	01.05.2017	212,40	212,40	100,00%
01.06.2015	205,20	204,29	100,45%	01.06.2017	211,70	212,75	99,51%
01.07.2015	205,00	204,64	100,18%	01.07.2017	211,70	213,10	99,34%
01.08.2015	204,60	204,99	99,81%	01.08.2017	212,40	213,45	99,51%
01.09.2015	204,40	205,35	99,54%	01.09.2017	213,20	213,81	99,72%
01.10.2015	203,70	205,70	99,03%	01.10.2017	214,00	214,16	99,93%
01.11.2015	203,50	206,05	98,76%	01.11.2017	214,40	214,51	99,95%
01.12.2015	203,50	206,40	98,59%	01.12.2017	214,20	214,87	99,69%
01.01.2016	202,60	206,76	97,99%	01.01.2018	215,80	215,22	100,27%
01.02.2016	202,20	207,11	97,63%	01.02.2018	216,00	215,57	100,20%
01.03.2016	202,20	207,46	97,46%	01.03.2018	216,20	215,92	100,13%
01.04.2016	203,40	207,81	97,88%	01.04.2018	216,60	216,28	100,15%
01.05.2016	206,00	208,17	98,96%	01.05.2018	219,10	216,63	101,14%
01.06.2016	206,00	208,52	98,79%	01.06.2018	219,50	216,98	101,16%
01.07.2016	206,00	208,87	98,63%	01.07.2018	219,10	217,33	100,81%
01.08.2016	206,00	209,22	98,46%	01.08.2018	219,70	217,69	100,93%
01.09.2016	205,80	209,58	98,20%	01.09.2018	219,50	218,04	100,67%
01.10.2016	206,00	209,93	98,13%	01.10.2018	219,50	218,39	100,51%
01.11.2016	206,90	210,28	98,39%	01.11.2018	219,30	218,74	100,25%
01.12.2016	207,90	210,63	98,70%	01.12.2018	218,90	219,10	99,91%

Tabelle 4-17 zeigt, dass die maximale Abweichung der Schätzung über einen Zeitraum von drei Jahren 1,16% beträgt. Dies verifiziert die Annahme, dass die gewählte Prognosemethode der exponentiellen Glättung realistische Aussagen treffen kann.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

5 Diskussion und Schlussfolgerung

5.1 Fazit

Die erforderliche Datenmenge für relevante Prognosen hängt von mehreren Faktoren ab, darunter die Art der Prognose, die verwendeten Modelle und die spezifischen Eigenschaften der zugrunde liegenden Daten. Im Kontext der Zeitreihenanalyse und Prognosen, wie etwa im Baukostenbereich, gelten folgende Grundsätze:

Länge der Datenreihe

- **Saisonalität**: Für Daten mit saisonalen Mustern (z. B. monatliche Daten mit jahreszeitlichen Schwankungen) sollte die Datenreihe mindestens **zwei bis drei volle Zyklen** (z. B. 2–3 Jahre bei jährlicher Saisonalität) abdecken. Dadurch können Muster verlässlich erkannt werden.
- **Langfristige Trends**: Um langfristige Entwicklungen zu erfassen, sind oft mehrere Jahre an Daten erforderlich, insbesondere wenn die Daten starke Schwankungen oder Störungen enthalten.

Granularität der Daten

- Je granularer die Daten (z. B. tägliche oder stündliche Daten), desto mehr Datenpunkte werden benötigt, um die zugrunde liegenden Muster zu erkennen. Granulare Daten erfordern zudem oft höhere Rechenkapazitäten.
- Für monatliche oder quartalsweise Daten können oft auch kürzere Zeitreihen genügen, wenn sie gut strukturiert sind.

Qualität der Daten

- Daten müssen frei von größeren Lücken, Ausreißern oder Fehlern sein. Schlechte Datenqualität kann Prognosen erheblich verfälschen, unabhängig von der Datenmenge.
- Konsistenz in der Erhebung und Kategorisierung ist entscheidend.

Komplexität des Modells

- **Einfache Modelle** (z. B. gleitender Durchschnitt, exponentielle Glättung): Benötigen weniger Daten und können auch mit kurzen Zeitreihen verlässliche Ergebnisse liefern.
- **Komplexe Modelle** (z. B. ARIMA, Machine Learning): Benötigen größere Datenmengen, da sie auf detaillierteren Mustererkennungen basieren und mehr Datenpunkte für die Modellschulung erfordern.

Zielgenauigkeit der Prognose

- Je genauer die Prognose sein soll, desto mehr Daten werden benötigt. Beispielsweise erfordert eine Prognose über kleine Schwankungen im Baukostenindex präzisere Daten als eine grobe Vorhersage über langfristige Trends.

Anwendungsbereich

- **Makroökonomische Prognosen**: Oft reichen aggregierte Daten aus mehreren Jahren.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

- **Mikroökonomische Analysen**: Detaillierte, projekt- oder unternehmensspezifische Daten sind erforderlich.

5.2 Empfehlung:

Für eine robuste Prognose der Baukosten mit saisonalen und trendbasierten Modellen sollten mindestens 5–10 Jahre gut aufbereiteter Daten vorliegen, wenn monatliche oder quartalsweise Daten verwendet werden. Für spezifische Fragestellungen können jedoch auch kürzere Zeiträume ausreichen, sofern die Datenqualität hoch ist und das Modell entsprechend angepasst wird.

5.2.1 Aufzeigen saisonaler Schwankungen in der Bauindustrie

Saisonale Schwankungen in der Bauindustrie können mithilfe verschiedener Ansätze und Methoden sichtbar gemacht werden. Sie basieren darauf, wiederkehrende Muster oder Trends in den Daten zu identifizieren, die von saisonalen Faktoren wie Wetterbedingungen, wirtschaftlichen Zyklen oder Marktverhalten beeinflusst werden.

Datensammlung und -vorbereitung

- **Zeitraum der Daten**: Sammlung von Daten über mehrere Jahre, um saisonale Muster verlässlich zu erkennen.
- **Relevante Indikatoren**: Baukostenindex, Bauaufträge, Arbeitsstunden, Materialpreise, und Bauaktivitäten.
- **Granularität der Daten**: Monatliche oder quartalsweise Daten sind besonders geeignet, um saisonale Effekte sichtbar zu machen.

Visualisierung von Daten

- **Zeitreihenplots**: Darstellung der Daten in einem Diagramm über die Zeit, um saisonale Muster wie wiederkehrende Spitzen oder Täler zu erkennen.
    - Beispiel: Höhere Bauaktivität im Frühling/Sommer, Rückgang im Winter.
- **Boxplots pro Monat/Quartal**: Darstellung der Verteilung der Daten nach Zeitabschnitten (z. B. Monate), um Unterschiede sichtbar zu machen.

Statistische Methoden

- **Seasonal-Trend Decomposition (STL)**: Zerlegung der Zeitreihe in Trend, Saisonalität und Restkomponenten, um explizit die saisonalen Schwankungen darzustellen.
- **Autokorrelation**: Untersuchung der Beziehung zwischen Werten zu verschiedenen Zeitpunkten (z. B. Korrelation zwischen Januar-Daten verschiedener Jahre).
- **Vergleich von Mittelwerten**: Berechnung und Vergleich monatlicher/vierteljährlicher Durchschnittswerte über mehrere Jahre.

Modellierung saisonaler Muster

- **ARIMA mit saisonaler Komponente (SARIMA)**: Ein Modell, das speziell auf Zeitreihen mit Saisonalität zugeschnitten ist und saisonale Muster numerisch modelliert.
- **Exponential Smoothing**: Eine Methode, die saisonale Schwankungen bei der Glättung berücksichtigt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Einflussfaktoren berücksichtigen

- **Witterungsbedingungen**: Analyse von Temperatur, Niederschlag oder Frostperioden und deren Einfluss auf Bauaktivitäten.
- **Marktbedingungen**: Untersuchung, ob saisonale Materialengpässe oder Nachfrageanstiege zu Preisschwankungen führen.

Benchmarking

- **Vergleich über Regionen**: Regionale Unterschiede in der Saisonalität analysieren, z. B. stärkerer Wintereinfluss in nördlichen Regionen.
- **Vergleich zwischen Jahren**: Erkennung von Abweichungen in der Saisonalität durch außergewöhnliche Ereignisse (z. B. wirtschaftliche Krisen, Pandemien).

Interpretation und Nutzung

- Saisonale Schwankungen können genutzt werden, um:
  - **Baukosten besser zu prognostizieren.**
  - **Ressourcen effizienter zu planen.**
  - **Risiken in Vertragsverhandlungen zu minimieren.**
  - **Budgetierung und Bauzeitpläne zu optimieren.**

Durch eine systematische Analyse saisonaler Schwankungen lassen sich wertvolle Erkenntnisse für die Planung und Steuerung von Bauprojekten gewinnen, die sowohl für Auftraggeber als auch für ausführende Unternehmen von Bedeutung sind.

5.3 Diskussion möglicher Schwächen deines Workflows auf Basis deiner Erkenntnisse Weiterführende mögliche Betrachtungen

Um weitere Betrachtungen anstellen zu können wäre es möglich die einzelnen Gewerke und Gewerkegruppen, mit den in dieser Arbeit genutzten statistischen Methoden, zu analysieren. Da der Baukostenindex aber solche Daten nicht zur Verfügung stellt und die Daten der STRABAG AG einen zu geringen Umfang haben und größtenteils statistisch nicht verwertbar sind, könnte man auf die Daten von STATISTA, aus Deutschland, zurückgreifen. Diese beziehen sich zwar auf deutsche Daten, dies ist aber im übergeordneten Kontext der Trendprognose weitegehend irrelevant, da sich der Markt in Deutschland und Österreich weitestgehend ähnlich verhält.

Die Implementierung eines Prognosemodells zur Vorhersage von Baukosten mit Berücksichtigung saisonaler Schwankungen kann in mehreren Schritten erfolgen. Dies umfasst die Datensammlung, Modellierung, Validierung und den praktischen Einsatz. Hier ist ein Überblick über den möglichen Prozess:

5.3.1 Datensammlung und -aufbereitung

Auswahl der Datenquellen

- Historische Baukostenindizes (z. B. von Statistik Austria, STRABAG AG, Eurostat).
- Projektbezogene Daten (Materialkosten, Arbeitsstunden, Bauzeiten).
- Externe Faktoren (Wetter, Inflationsraten, Marktpreise für Materialien).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Datenbereinigung

- Entfernen von Ausreißern, die nicht durch saisonale oder langfristige Trends erklärbar sind.
- Ergänzung fehlender Werte durch geeignete Imputationstechniken (z. B. Mittelwertbildung oder Interpolation).

Datenstrukturierung

- Zeitreihendaten in regelmäßigen Intervallen (monatlich, quartalsweise).
- Kennzeichnung relevanter Zusatzinformationen wie Projektart oder Standort.

Wahl eines geeigneten Modells

Lineare Modelle

- Basierend auf **linearen Trends** oder saisonalen Mustern, z. B. durch additive oder multiplikative Dekomposition.

Zeitreihenmodelle

- **SARIMA (Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average)**: Modelliert saisonale und nicht-saisonale Komponenten.
- **Holt-Winters-Methode**: Berücksichtigt Trends und Saisonalität bei der Glättung.

Machine-Learning-Modelle

- **Random Forests** oder **Gradient Boosting Machines**: Können komplexe Muster erkennen, aber erfordern große Datenmengen.
- **Recurrent Neural Networks (RNNs)** oder **Long Short-Term Memory (LSTM)**: Besonders geeignet für nicht-lineare Zeitreihenanalysen.

Hybride Ansätze

- Kombination traditioneller Zeitreihenmodelle mit Machine Learning zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit.

Modelltraining

Datenaufteilung

- Training-, Validierungs- und Testdatensätze (z. B. 70-15-15-Aufteilung).
- Sicherstellen, dass die Testdaten repräsentativ für zukünftige Szenarien sind.

Parameteroptimierung

- Optimierung der Hyperparameter des Modells (z. B. Order von ARIMA, Anzahl von Neuronen in LSTM).

Berücksichtigung saisonaler Effekte

- Modellierung saisonaler Muster durch spezifische Parameter (z. B. saisonale Periodizität in SARIMA).
- Explizite Kennzeichnung von saisonalen Faktoren in Machine-Learning-Modellen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Modellvalidierung

Fehlermessung

- Nutzung von Metriken wie Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), oder Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

Cross-Validation

- K-Fold Cross-Validation oder zeitliche Cross-Validation, um die Robustheit des Modells zu testen.

Vergleich mit bestehenden Ansätzen

- Validierung gegen einfache Modelle (z. B. Durchschnittsprognose) oder frühere Projektschätzungen.

Implementierung und Deployment

Softwareplattform

- Implementierung des Modells in einer Programmiersprache wie **Python** (Bibliotheken: Pandas, NumPy, Scikit-learn, TensorFlow) oder R.
- Integration in ein Analyse-Dashboard (z. B. mit Power BI, Tableau oder Flask-Webanwendungen).

Automatisierung

- Regelmäßige Aktualisierung des Modells mit neuen Daten.
- Automatische Generierung von Berichten für Entscheidungsträger.

Benutzerfreundlichkeit

- Visualisierung der Prognosen, z. B. als Diagramme mit hervorgehobenen Trends und Unsicherheitsbereichen.
- Anpassungsmöglichkeiten für Nutzer, um Parameter wie Zeitraum oder Projektart einzustellen.

Überwachung und Verbesserung

Echtzeit-Überwachung

- Implementierung eines Monitoringsystems, das Abweichungen zwischen Prognosen und tatsächlichen Werten erkennt.
- Anpassung des Modells bei Bedarf.

Feedbackschleife

- Einbindung von Nutzerfeedback und neuen Daten zur kontinuierlichen Verbesserung.

Erweiterung des Modells

- Einbeziehung weiterer Einflussfaktoren wie globaler wirtschaftlicher Trends, Rohstoffpreise oder technischer Innovationen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Erwartete Ergebnisse

Ein gut implementiertes Prognosemodell kann:

- **Zuverlässige Vorhersagen** für Baukosten liefern.
- **Saisonale Schwankungen** sichtbar machen und erklären.
- **Risiken** in der Kalkulation reduzieren.
- **Planungssicherheit** für alle Beteiligten erhöhen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Literaturverzeichnis

1. **Austrian, Standards International.** *ÖNORM B 1801-1.* s.l. : Austrian Standards International, 2022.

2. **Syben, Gerhard.** *Arbeit 4.0 in Bauunternehmen.* s.l. : Hans-Böckler-Stiftung, 2018. ISSN 2509-2359.

3. **Gralla, M. und Weist, K.** *Komplexitätsbeherrschung durch Anwendung dynamisch-interdisziplinärer BIM-Modelle.* s.l. : Springer Vieweg, 2022.

4. **von Rechberg, Ulrich.** *Systemgestütze Kostenschätzung: eine Controlling Perspektive.* s.l. : Gabler Verlag, 1997. ISBN 978-3-8244-6574-3.

5. **Reisbeck, Tilman und Schöne, Lars Bernhard.** *Immobilien-Benchmarking Ziele, Nutzen, Methoden und Praxis.* s.l. : Springer Vieweg, 2017. 978-3-662-55365-7.

6. **Steinschaden, Lukas und Winkler, Christoph.** *Lebenszykluskosten von Hochbauten – Anwendungsgrenzen und Vergleich von Softwarelösungen.* 2012.

7. **Kummer, Markus Klaus.** *Einsatz der Monte-Carlo Simulation zur Berechnung von Baukosten und Bauzeit.* 2012.

8. **Prötsch, Markus.** *Zukunftsfragen des Baubetriebs - Lean Construction.* 2019.

9. **Austrian Standards International.** ÖNORM B 2061. *Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm.* 2020.

10. *Die ÖNORM B 2061, bauaktuell 2023, 228.* **Kropik, Andreas.** bauaktuell 2023, 228 : Linde, 2023.

11. **Deutsches Institut für Normung.** DIN 1961. *VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen.* September 2016.

12. **Linnemann, Matthias, Kaltenborn, Sonja und Viering, Markus G.** Preisexplosion am Bau. *Die Zukunft prgamtisch kalkulieren.* s.l. : Springer Vieweg, 2022.

13. **Grimscheid, Gerhard und Motzko, Christoph.** *Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft.* s.l. : Springer Vieweg, 2013.

14. **Kropik, Andreas.** *Die ÖNORM B 2061 im Licht der modernen Kostenrechnung.*

15. **Casati, Claus, et al.** BVergG 2018. s.l. : MANZ Verlag Wien, 2022.

16. **Kropik, Andreas.** Die Bedeutung von K-Blättern. 2014.

17. **International, Austrian Standards.** ÖNORM B 1801-1. s.l. : Austrian Standards International, 2022.

18. **Karbun, Lukas.** Standard-Dokumentation (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) Baupreise und Baukosten. s.l. : STATISTIK AUSTRIA, 2022.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

19. **Lange, Klaus.** Eine Theorie der Preisstatistik. *Preis, Preisrelation, Preisindex. Vandenhoeck & Ruprecht.* s.l. : Göttingen , 1979. ISBN 3-525-11279-3.

20. **Schlittgen, Rainer.** Regressionsanalysen mit R. s.l. : Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2013.

21. **Stier, Winfried.** Grundlagen, Konzepte und neue Methoden der Zeitreihenanalyse. s.l. : Scripta Mercaturae, 1991.

22. **Lohninger, Hans.** Zeitreihen - Definition von ARIMA-Modellen.

23. **http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/.** NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods. 2012.

24. **Elliot, Graham, Rothenberg, Thomas J. und Stock, James H.** Efficient tests for autoregressive unit root. s.l. : National bureau of economic research, 1992.

25. **Finch, Tony.** Incremental calculation of weighted mean and variance. s.l. : University of Cambridge, 2020.

26. **Karbun, Lukas.** Baukostenindex Wohnhaus- und Siedlungsbau. s.l. : STATISTIK AUSTRIA, 2024.

27. **Schinko, Christian und Kropik, Andreas.** Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Revision 2020. s.l. : Statistik Austria, 2020 .

28. **Gohout, Wolfgang.** Mathematik für Wirtschaft und Technik. s.l. : Oldenbourg Verlag, 2007.

29. **Halevy, Yoram.** Time consistency: stationarity and time invariance. s.l. : Econometric, 2015.

30. **Proakis, John G. und Manolakis, Dimitris G.** Digital Signal Processing. s.l. : Prentice Hall, 2007.

31. **Eckstein, Peter P.** Statistik für Wirtschaftswissenschaftler: Eine realdatenbasierte Einführung mit SPSS. s.l. : Gabler Verlag, 2010. 978-3-8349-2345-5.

32. **Planing, Patrick.** Statistik Grundlagen. 2022. 978-3949730030.

33. **Long, J. S.** Regression models for categorical and limited dependent variables. s.l. : Sage, 1997.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1 Rohbaukosten LG 01-21 Projekte STRABAG AG 18
Tabelle 3-2 Auszug Rohbaukosten LG 01-21 Projekte 1-10 STRABAG AG 19
Tabelle 4-1 Zeitreihe Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m, gegliedert nach Projekten 26
Tabelle 4-2 Auszug Zeitreihe Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2020-Jänner 2024 28
Tabelle 4-3 Übersicht Datenpool 29
Tabelle 4-4 Einschränkung der verwertbaren Daten 30
Tabelle 4-5 Anzahl der verwertbaren Daten STATISIK AUSTRIA 30
Tabelle 4-6 Auszug aus Projekt 1-20 für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m 33
Tabelle 4-7 Auszug aus Projekt 1-20 für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m 36
Tabelle 4-8 Auszug MA(3) und MA(5) Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von Oktober 2022 bis Jänner 2024 43
Tabelle 4-9 Auszug MA(5) und Rest Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von Oktober 2022 bis Jänner 2024 45
Tabelle 4-10 Auszug MA(5) und Rest Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Jänner 2021 bis Oktober 2021 45
Tabelle 4-11 Auszug MA(5), Rest und Rest neu Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von Oktober 2022 bis Jänner 2024 46
Tabelle 4-12 Auszug MA(5), Rest und Rest neu Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Jänner 2021 bis Oktober 2021 46
Tabelle 4-13 Auszug Saisonalkomponente Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2023 bis Jänner 2024 47
Tabelle 4-14 Saisonalkomponente Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m 48
Tabelle 4-15 Auszug Prognose mittels exponentieller Glättung Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2023 bis 2024 53
Tabelle 4-16 Auszug Prognose mittels exponentieller Glättung Baukostenindex für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Oktober 2022 bis Juni 2024 54
Tabelle 4-17 Genauigkeit Prognose Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2015 bis 2018 56

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1 Auszug aus ÖNORM B 1801-1:2022 03 01 Kapitel 4.3.5, Bild 4 Kostengruppierung 16
Abbildung 3-2 Rohbaukosten LG 01-21 Projekte STRABAG AG 20
Abbildung 4-1 Zeitreihe Kosten Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m 27
Abbildung 4-2 Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024 29
Abbildung 4-3 ADF-Test für Zeitreihe und Differenzen Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m 32
Abbildung 4-4 ADF-Test für Zeitreihe und Differenzen Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024 33
Abbildung 4-5 Gleitender Durchschnitt für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m 34
Abbildung 4-6 Gleitender Durchschnitt Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024 35
Abbildung 4-7 erste Differenz für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m 36
Abbildung 4-8 erste Differenz Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024 37
Abbildung 4-9 gleitender Durchschnitt der ersten Differenz für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m 38
Abbildung 4-10 gleitender Durchschnitt der ersten Differenz Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024 39
Abbildung 4-11 gleitender Durchschnitt der ersten Differenz Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2020 bis 2023 40
Abbildung 4-12 MA(5) und Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024 43
Abbildung 4-13 MA(5) und Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m 44
Abbildung 4-14 ADF-Test MA(5) Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024 44
Abbildung 4-15 Noise und Season Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 1990 bis Jänner 2024 47
Abbildung 4-16 Noise und Season Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Jänner 2021 bis Dezember 2021 48
Abbildung 4-17 Saisonalkomponente Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 49
Abbildung 4-18 Prognose mittels linearer Regression Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2023 bis Jänner 2025 50
Abbildung 4-19 Prognose mittels linearer Regression Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Jänner 2021 bis Juni 2024 51
Abbildung 4-20 Prognose mittels exponentieller Glättung Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2023 bis Jänner 2025 53
Abbildung 4-21 Prognose mittels exponentieller Glättung Baukosten für Beton Wand C25/30 ü.20-30cm H.3,2m von Februar 2020 bis Juni 2024 54
Abbildung 4-22 Verifizierung Prognose Baukostenindex für den Wohnhaus- und Siedlungsbau, Gesamtbaukosten ab Basisjahr 1990 von 2015 bis 2018 55

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN