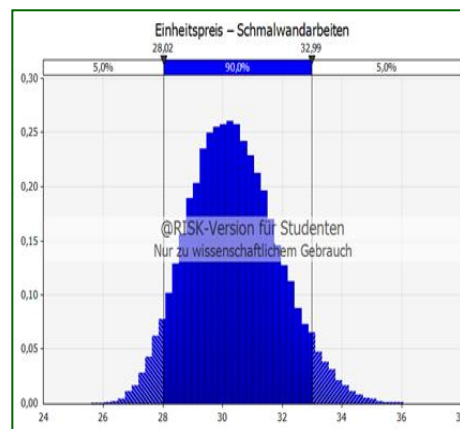
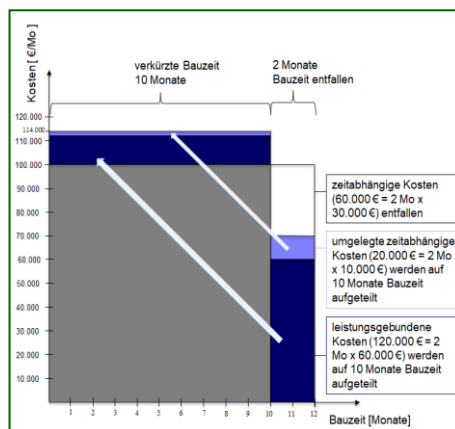


MASTERARBEIT



SYSTEMATISCHE KALKULATION VON LEISTUNGS- UND ZEITABHÄNGIGEN KOSTEN IM SPEZIALTIEFBAU AM BEISPIEL EINER SCHMALWAND

Nöhler Johannes, Bsc

Vorgelegt am
 Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Betreuer
 Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler

Mitbetreuender Assistent
 Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Kummer

Graz, am 12. Jänner 2019

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am
.....
(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz,
date
(signature)

Anmerkung

In der vorliegenden Masterarbeit wird auf eine Aufzählung beider Geschlechter oder die Verbindung beider Geschlechter in einem Wort zugunsten einer leichteren Lesbarkeit des Textes verzichtet. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich festgehalten werden, dass allgemeine Personenbezeichnungen für beide Geschlechter gleichermaßen zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler, Herrn Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Bergrat h.c. Gert Stadler und Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Kummer.

Besonderer Dank gebührt meinen Eltern, meinen Geschwistern, meinen Freunden und meiner Freundin Anna, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützten.

Kurzfassung

Eine Unvollkommenheit der Leistungsbeschreibung ist im Spezialtiefbau und insbesondere auch bei der Herstellung von Schmalwänden allgegenwärtig. Diese Masterarbeit befasst sich mit zwei möglichen Lösungsszenarien (StilfOs und probabilistische Kalkulation), um mit den Unsicherheiten infolge dieser unscharfen Kalkulationsgrundlagen umzugehen.

Am Anfang dieser wissenschaftlichen Arbeit werden bauwirtschaftliche und baubetriebliche Grundlagen mit speziellem Fokus auf die Kalkulation und Vergütung in der Bauwirtschaft erläutert. Zusätzlich werden wesentliche Begriffe des Chancen- und Risikomanagements erklärt und die Grundlagen der Monte-Carlo-Simulation veranschaulicht.

Dem Schmalwandverfahren wird in weiterer Folge besondere Beachtung geschenkt. Einerseits werden wesentliche technische und baubetriebliche Grundlagen betrachtet – dessen Produktionssystem wird unter anderem analysiert – und die maßgebenden baubetrieblichen und bodenmechanischen Einflussfaktoren bei der Schmalwandherstellung dargelegt. Andererseits wird anhand einer realen Ausschreibung einer Schmalwand die Anwendung von StilfOs (systematische Kalkulation von leistungs- und zeitabhängigen Kosten) und der probabilistischen Kalkulation praxisnah demonstriert und die Ergebnisse miteinander verglichen.

Abstract

The shortage of performance specifications in special ground engineering, particularly in the construction of narrow-walls is omnipresent. This master thesis investigates two possible solution scenarios (StilfOs and probabilistic calculation) to deal with uncertainties caused by unclear calculation bases.

The first part of this thesis focuses on fundamental principles of construction industry with special emphasis on calculation and compensation methods. In addition, the most commonly definitions respectively to opportunity and risk management are explained, and the fundamentals of the Monte-Carlo-simulation are illustrated.

In the second part of this thesis, special attention is drawn towards the narrow-wall method. On the one hand, important technical and constructional operation fundamentals in narrow-wall production are considered – inter alia, the production system is analysed – and the most important construction and soil mechanics influencing factors are presented. On the other hand, the implementation of StilfOs (time- and performance-dependent calculation) as well as the probabilistic calculation is demonstrated in practice and the obtained results are compared.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Situationsanalyse	1
1.2	Zielformulierung.....	2
1.3	Methodische Vorgangsweise	3
1.4	Gliederung.....	3
2	Bauwirtschaftliche und baubetriebliche Grundlagen	5
2.1	Produktionssystem	5
2.1.1	Elementare Produktionsfaktoren	6
2.1.2	Dispositive Produktionsfaktoren	6
2.1.3	Produktionswürfel.....	6
2.2	Kalkulation.....	9
2.2.1	Kostengliederung	11
2.2.2	Kostenermittlung	12
2.2.3	Einzelkosten.....	12
2.2.4	Baustellengemeinkosten	13
2.2.5	Geschäftsgemeinkosten.....	14
2.2.6	Bauzinsen	15
2.2.7	Preisbildung	15
2.3	Vergütungsmodelle in der Bauwirtschaft.....	18
2.3.1	Allgemein gebräuchliche Vergütungsmodelle	18
2.3.2	StilfOs	21
2.3.3	Andere Anreizorientierte Vergütungsmodelle	28
2.3.4	Anpassung der Vergütung.....	34
2.3.5	Vergütungsmatrix	36
2.4	Vergabe von Bauleistungen.....	38
2.4.1	Öffentliche Auftraggeber und Sektorenauftraggeber	38
2.4.2	Vergabeverfahren	39
2.4.3	Schwellenwerte	46
3	Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft	48
3.1	Begriffe.....	48
3.1.1	Chance bzw. Risiko.....	48
3.1.2	Lageparameter.....	48
3.1.3	Varianz, Standardabweichung.....	49
3.2	Bezugsbasis	50
3.3	Monte-Carlo-Simulation	51
3.3.1	Verteilungsfunktionen.....	52
3.3.2	Anzahl der Iterationen	54
4	Schmalwände	56
4.1	Einordnung im Spezialtiefbau	56
4.2	Überblick der Schmalwandregelwerke	59
4.2.1	Schmalwandregelwerke	60
4.2.2	Begriffe	60
4.3	Baugrunderkundung	62
4.3.1	Rammsondierung.....	63
4.3.2	Drucksondierung	64
4.4	Verfahren.....	66
4.5	Produktionssystem	69

4.5.1	Arbeitskräfte.....	69
4.5.2	Geräte.....	69
4.5.3	Material.....	75
4.5.4	Baubetriebliche Einflussfaktoren.....	76
4.5.5	Bodenmechanische Einflussfaktoren.....	80
4.6	Leistungswert.....	84
4.6.1	Selektion der Vibrationsramme nach <i>Girmscheid</i>	85
4.6.2	Vorauswahl der Vibrationsramme durch Vergleich der spezifischen Rammenergie.....	88
4.6.3	Leistungsermittlungsformel.....	92
5	Kalkulation einer Schmalwand – Kraftwerk Gössendorf	97
5.1	Projektbeschreibung.....	97
5.2	Ausschreibung.....	98
5.3	Preisermittlung.....	101
5.3.1	Kalkulationsgrundlagen.....	101
5.3.2	Deterministische Berechnung.....	103
5.3.4	Probabilistische Berechnung mit der Monte-Carlo-Simulation...118	
5.4	Änderungsszenarien.....	133
5.4.1	Leistungsannahme (Bauzeitverlängerung).....	133
5.4.2	Menge (Schmalwandfläche).....	136
5.4.3	Suspensionsverbrauches.....	139
5.4.4	Menge (Vorrausbohrungen).....	142
6	Zusammenfassung	145
7	Ausblick	148
A.1	LV-Text der Schmalwand	149
A.2	Kalkulation – Schmalwände MKW Gössendorf	154
A.2.1	Kalkulation der Gerätekosten.....	154
A.2.2	Detailkalkulation.....	160
A.2.3	probabilistische Kalkulation mit StilfOs – Berechnungstabellen.....	169
	Literaturverzeichnis	172

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1	Zielsetzung	3
Abbildung 2.1	Produktionsfaktoren.....	5
Abbildung 2.2	Produktionswürfel	7
Abbildung 2.3	Bestandteile und Einflussfaktoren einer Kalkulation – demonstrative, geschäftsfeldübergreifende Darstellung	9
Abbildung 2.4	Demonstrative Kostenartengliederung der Bauwirtschaft	11
Abbildung 2.5	Zusammensetzung der Selbstkosten.....	12
Abbildung 2.6	Zusammensetzung des Gesamtzuschlages	16
Abbildung 2.7	Wahl des Angebotspreises im Hinblick auf den wirtschaftlichen und den Angebotserfolg.....	17
Abbildung 2.8	Übersicht Vergütungsmodelle.....	18
Abbildung 2.9	Zusammensetzung des Einheitspreises	19
Abbildung 2.10	Übersichtsgrafik der möglichen Anwendungsgebiete von StifOs	22
Abbildung 2.11	Ablaufdiagramm StifOs	24
Abbildung 2.12	Umlagesystem StifOs	28
Abbildung 2.13	Zusammensetzung des GMP-Vertrages.....	29
Abbildung 2.14	Dreistufiges Vergütungssystem einer Projektallianz	31
Abbildung 2.15	Sphärenzuordnung der ÖNORM B 2110	35
Abbildung 2.16	Vergabeverfahren	40
Abbildung 2.17	Ablauf eines offenen Verfahrens.....	41
Abbildung 2.18	Ablauf eines Verhandlungsverfahrens	42
Abbildung 3.1	Lageparameter bei schiefen Verteilungen	49
Abbildung 3.2	Standardabweichung – Normalverteilung	50
Abbildung 3.3	Chancen-/Risikoverhältnis in Abhängigkeit von der gewählten Bezugsbasis (für Leistungswerte).....	51
Abbildung 3.4	Input- und Output der Monte-Carlo-Simulation	52
Abbildung 3.5	Beispiele für Verteilungsfunktionen.....	53
Abbildung 3.6	Einfluss der Iterationen auf die Darstellung der Ergebnisse einer Monte-Carlo-Simulation	55
Abbildung 4.1	Verfahren im Spezialtiefbau – Einordnung der Schmalwände	56
Abbildung 4.2	Mögliche Erwartungsstruktur – Messbarkeit der Unsicherheiten	58
Abbildung 4.3	Wissensstand und Wissensverbreitung	59
Abbildung 4.4	Schwere Rammsonde (DPH).....	64
Abbildung 4.5	Spezial-LKW mit Aufbau für eine Drucksondierung	65
Abbildung 4.6	Schmalwandherstellung – schematische Darstellung	67
Abbildung 4.7	Schematische Darstellung der Schmalwand.....	68
Abbildung 4.8	Rütteleinheit	70
Abbildung 4.9	Aufbau Aufsatzrüttler	71

Abbildung 4.10	Rüttelbohle mit Bohlenschuh, Schwert und Verpressleitungen	72
Abbildung 4.11	Mischanlage zur Herstellung der Schmalwandsuspension	73
Abbildung 4.12	Demonstrative Darstellung der Auswahl und Kombination der elementaren Produktionsfaktoren zur Schmalwandherstellung	76
Abbildung 4.13	Demonstrative Darstellung der baubetrieblichen Einflussfaktoren der Schmalwandherstellung	77
Abbildung 4.14	Interaktion der Rüttelbohle im Boden	81
Abbildung 4.15	Diagramm zur Bestimmung der vertikalen Fliehkraft $F_{vz,erf}$	86
Abbildung 4.16	Rüttelbohle – demonstrative Darstellung der wirkenden Kräfte	90
Abbildung 4.17	Schematische Darstellung der Überlappung der Stiche	95
Abbildung 5.1	Lageplan Murkraftwerk Gössendorf	97
Abbildung 5.2	Prozentualer Anteil der Preisgruppen am Gesamtpreis	115
Abbildung 5.3	Vergleich der Vergütungsformen – EHPV vs. StifOs	117
Abbildung 5.4	Bauzeit – Histogramm	119
Abbildung 5.5	Materialkosten pro m ² Schmalwand – Histogramm	120
Abbildung 5.6	Positionspreis “Geräte für Schmalwände” – Histogramm	121
Abbildung 5.7	Einheitspreis “Schmalwandarbeiten” – Histogramm	122
Abbildung 5.8	Positionspreis “Schmalwandarbeiten” – Histogramm	123
Abbildung 5.9	Einheitspreis “Schmalwandanschlüsse” – Histogramm	124
Abbildung 5.10	Positionspreis “Schmalwandanschlüsse” – Histogramm	124
Abbildung 5.11	Einheitspreis “Vorrausbohrungen” – Histogramm	125
Abbildung 5.12	Positionspreis “Vorrausbohrungen” – Histogramm	126
Abbildung 5.13	Angebotspreis (EHPV) – Histogramm	126
Abbildung 5.14	Chancen- und Risikoverhältnis bei der Wahl eines Angebotspreises	127
Abbildung 5.15	Abrechnungspreis (EHPV) – Histogramm	128
Abbildung 5.16	Vergleich der Histogramme des Angebots- und Abrechnungspreises	128
Abbildung 5.17	Pauschale Vergütung – Histogramm	129
Abbildung 5.18	Zeitabhängige Vergütung – Histogramm	130
Abbildung 5.19	Leistungsabhängige Vergütung – Histogramm	130
Abbildung 5.20	Vergleich der zeit- und leistungsabhängigen Vergütung	131
Abbildung 5.21	Abrechnungspreis StifOs – Histogramm	131
Abbildung 5.22	Vergleich der Histogramme für die Abrechnungspreise – StifOs vs. EHPV	132
Abbildung 5.23	Auswirkung auf die Vergütung bei geändertem Leistungsansatz	135
Abbildung 5.24	Auswirkungen auf die Vergütung bei Mengenerhöhung (Schmalwandfläche)	138
Abbildung 5.25	Auswirkungen auf die Vergütung bei geändertem Suspensionsverbrauch	141

Abbildung 5.26 Auswirkung auf die Vergütung bei Mengenminderung
(Vorrausbohrungen)..... 144

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1	Kostengruppengliederung von StilfOs mit dazugehöriger Vergütungsart	23
Tabelle 2.2	Grenzwerte für die Definition eines außergewöhnlichen Witterungsverhältnisses	33
Tabelle 2.3	Vergütungsmatrix – Vertragsmodelle in der Bauwirtschaft	36
Tabelle 2.4	Schwellenwerte der Vergabeverfahren für öffentliche AG im Unterschwellenbereich 46	
Tabelle 4.1	Richtwerte für Bodenaufschlüsse in der Schmalwandachse	62
Tabelle 4.2	Einrüttelbarkeit der Schmalwandbohle	62
Tabelle 4.3	Eigenschaften der Rammsonden des Typs DPH und DPG	63
Tabelle 4.4	Mögliche Zusammensetzungen von einem Kubikmeter Schmalwandmischung	75
Tabelle 4.5	Schmalwandklassen – Beschreibung und Beispiele	79
Tabelle 4.6	Schmalwandverfahren – mögliche Durchörterungstiefen in Abhängigkeit von Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der Bodenart	82
Tabelle 4.7	Gewicht der ausgewählten Rüttelbohle pro Laufmeter	85
Tabelle 4.8	Eigenfrequenzen ausgesuchter Bodenarten	87
Tabelle 4.9	Eigenschaften der Rüttelbohle	91
Tabelle 4.10	Bedienungsfaktoren η_1	94
Tabelle 4.11	Betriebsbedingungen/Betriebsfaktor η_2	94
Tabelle 4.12	Überlappungsfaktor η_3	95
Tabelle 4.13	Geräteausnutzungsgrad η_G	96
Tabelle 4.14	Gerätezustandsfaktor f_5	96
Tabelle 5.1	Positionen – Schmalwand Kraftwerkwerk Gössendorf	98
Tabelle 5.2	Risikoassessment der Ausschreibung	100
Tabelle 5.3	Monatliche Kosten für A + V und Reparatur der Geräte	101
Tabelle 5.4	Schmalwandarbeiten – Mannschaftszusammensetzung	102
Tabelle 5.5	Berechnungstabelle – Einheitspreise (EHPV)	103
Tabelle 5.6	Berechnungstabelle – Angebotspreis	103
Tabelle 5.7	Berechnungstabelle – Abrechnungspreis (EHPV)	104
Tabelle 5.8	Berechnungstabelle – Baustelleneinrichtung/-räumung	105
Tabelle 5.9	Berechnungstabelle – Baustellengemeinkosten	106
Tabelle 5.10	Berechnungstabelle – Vorhalten der Geräte	107
Tabelle 5.11	Berechnungstabelle – Personal	108
Tabelle 5.12	Berechnungstabelle – Gerätekosten/-preis durch Leistungserbringung	109
Tabelle 5.13	Berechnungstabelle – Materialkosten/-preis	110
Tabelle 5.14	Berechnungstabelle – Sonderkosten inkl. GZ	111
Tabelle 5.15	Zusammenfassung der Kostengruppen – Gesamtkosten/-preis ..	111
Tabelle 5.16	Aufteilung der Gerätekosten in A + V und Reparatur	112

Tabelle 5.17	Umlagen-Zusammensetzung	113
Tabelle 5.18	Berechnungstabelle – Erhöhungsfaktor.....	113
Tabelle 5.19	Berechnungstabelle – Verschleißteile/Betriebsstoffe nach Umlagerung (Multiplikation mit Erhöhungsfaktor)	114
Tabelle 5.20	Preisgruppen/Gesamtpreis vor und nach der Umlage.....	115
Tabelle 5.21	Berechnungstabelle – Rückrechnung Einheitspreise	116
Tabelle 5.22	Berechnungstabelle – Bauzeit (Monte-Carlo-Simulation)	118
Tabelle 5.23	Berechnungstabelle – Materialkosten (Monte-Carlo-Simulation).....	120
Tabelle 5.24	Berechnungstabelle – Position “Geräte für Schmalwände“ (Monte-Carlo-Simulation)	121
Tabelle 5.25	Berechnungstabelle – Position “Schmalwandaarbeiten“ (Monte-Carlo-Simulation)	122
Tabelle 5.26	Berechnungstabelle – Position “Aufz. Schmalwandanschluss“ (Monte-Carlo-Simulation)	123
Tabelle 5.27	Berechnungstabelle – Position “Vorrausbohrungen (Monte-Carlo-Simulation)	125
Tabelle 5.28	Berechnungstabelle – Abrechnungspreis (EHPV).....	127
Tabelle 5.29	Berechnungstabelle – Abrechnung mit EHPV unter Änderung des Leistungswertes (Fall 2)	133
Tabelle 5.30	Berechnungstabelle – Abrechnung mit StilfOs unter Änderung des Leistungswertes (Fall 2)	134
Tabelle 5.31	Berechnungstabelle – Abrechnung mit EHPV unter Änderung Schmalwandfläche	136
Tabelle 5.32	Berechnungstabelle – Abrechnung mit StilfOs unter Änderung der Schmalwandfläche	137
Tabelle 5.33	Berechnungstabelle – Abrechnung mit EHPV unter Änderung des Suspensionsverbrauches (Fall 2)	139
Tabelle 5.34	Berechnungstabelle – Abrechnung mit StilfOs unter Änderung des Suspensionsverbrauches (Fall 2)	140
Tabelle 5.35	Berechnungstabelle – Abrechnung mit EHPV unter Änderung der Menge der Vorrausbohrungen.....	142
Tabelle 5.36	Berechnungstabelle – Abrechnung mit StilfOs unter Änderung der Menge der Vorrausbohrungen.....	143

Abkürzungsverzeichnis

A+V	Abschreibung und Verzinsung
AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
An_{Stk}	Anzahl Anschlüsse
AT_{BE,BR}	Arbeitstage Baustelleneinrichtung/-räumung
AT_A	Arbeitstage Anschlüsse
AZ	tägliche Arbeitszeit
BGK	Baustellengemeinkosten
BVerG	Bundesvergabegesetz
BZ	Bauzinsen
BZ_{sw}	Bauzeit Schmalwandarbeiten
CPT	cone penetration test – Drucksondierung
CPTU	cone penetration test with porewater pressure management – Drucksondierung mit Porenwasserdruckmessung
DPG	dynamic probing giant – überschwere Rammsonde
DPH	dynamic probing heavy –schwere Rammsonde
EF_{StiffOs}	Erhöhungsfaktor zur Aufteilung der Umlage
EHP	Einheitspreis
EHPV	Einheitspreisvertrag
EKLP	Einheitskosten – Leistungsposition
EP_{An}	Einheitspreis – Schmalwandanschlüsse
EP_{Bohr}	Einheitspreis – Vorräusbohrungen
EP_{swA}	Einheitspreis – Schmalwandarbeiten
F_{V,max}	maximale vertikale Einrüttelkraft des Aufsatzrüttlers
f	Frequenz
G	Gewinn
G_U	Gewicht der einzelnen Unwuchtkörper
GGK	Geschäftsgemeinkosten als Zuschlag auf Herstellkosten
GK	Gesamtkosten
GZ	Gesamtzuschlag
HK	Herstellkosten
K_{AG}	Anschlussgebühren
K_{AP}	Kosten für die Herstellung des Arbeitsplanums
K_{Bohr,T}	Kosten für den An-/Abtransport der Bohreinheit
K_{Bohr,U}	Kosten für das Umstellen der Bohreinheit
K_{BE/BR}	Kosten Baustelleneinrichtung/-räumung
K_{BGK}	Baustellengemeinkosten
K_{LP}	Kosten für die Laborprüfungen

K_{U,c}	Kosten für die Unterkünfte und Container
K_{Gerät}	Gerätekosten
K_{Gerät,A}	Kosten für den An-/Abtransport der Geräte
K_{Gerät,U}	Kosten für die Umstellung der Geräte
K_{Leistung}	Kosten für die Leistungserbringung
K_{Material,SW}	Materialkosten
K_{Personal}	Personalkosten
K_{Sonder}	Kosten Sonderleistungen
K_{AT,Mo}	Kosten für den Abrechnungstechniker pro Monat
K_{Bentonit}	Bentonitkosten pro Tonne
K_{BGK,Mo}	Baustellengemeinkosten pro Monat
K_{Bohr,BS}	Kosten für Betriebsstoffe der Bohreinheit pro Stunde
K_{Bohr,Vo,Mo}	monatliche Kosten für das Vorhalten der Bohreinheit
K_{Bohr,VT}	Kosten für Verschleißteile der Bohreinheit pro Stunde
K_{Bohr,VT-BS}	Kosten für Verschleißteile und Betriebsstoffe der Bohreinheit pro Stunde
K_{Energie,kWh}	Energiekosten pro kWh
K_{Gerät,Vo,Mo}	monatliche Kosten für das Vorhalten der Geräte zur Schmalwandherstellung
K_{Gerät,VT-BS}	Kosten für Verschleißteile und Betriebsstoffe für die Schmalwandgeräte pro Stunde
K_{gr.Bagger,BS}	Kosten für Betriebsstoffe des großen Baggers pro Stunde
K_{gr.Bagger,VT}	Kosten für Verschleißteile des großen Baggers pro Stunde
K_{Kalk}	Kalksteinmehlkosten pro Tonne
K_{kl.Bagger,BS}	Kosten für Betriebsstoffe des kleinen Baggers pro Stunde
K_{kl.Bagger,Vo,Mo}	monatliche Kosten für das Vorhalten des kleinen Baggers
K_{kl.Bagger,VT}	Kosten für Verschleißteile des kleinen Baggers pro Stunde
K_{Material,SWS}	Materialkosten pro Kubikmeter Schmalwandsuspension
K_{Material,SW}	Materialkosten pro Quadratmeter Schmalwand
K_{Misch,Vo,Mo}	monatliche Kosten für das Vorhalten der Mischanlage
K_{Personal,AP,h}	stündliche Personalkosten für das Arbeitsplanum
K_{Personal,Bohr,h}	stündliche Personalkosten für die Bohrmannschaft
K_{Personal,SW,h}	stündliche Personalkosten für die Schmalwandmannschaft
K_{Rüttel,BS}	Kosten für Betriebsstoffe der Rüttleinheit pro Stunde
K_{Rüttel,Vo,Mo}	monatliche Kosten für das Vorhalten der Rüttleinheit
K_{Rüttel,VT}	Kosten für Verschleißteile der Rüttleinheit pro Stunde
K_{Verp,Vo,Mo}	monatliche Kosten für das Vorhalten der Verpresseinheit
K_{Wasser}	Wasserkosten pro Kubikmeter
K_{Zement}	Zementkosten pro Tonne
L_{Bagger,AP}	stündliche Leistung des Baggers für das Arbeitsplanum
L_{Bohr,h}	stündliche Leistung der Bohreinheit

L_{Misch,Pu,Rühr}	Leistung der Mischanlage, Pumpe, Rührwerk
L_{SW,d}	tägliche Schmalwandleistung
L_{SW,h}	stündliche Schmalwandleistung
LK	Lohnkosten
LST	Lohnstunden
LV	Leistungsverzeichnis
MLK	Mittellohnkosten
MLP	Mittellohnpreis
M_{stat}	statische Moment
Mo	Monate
m_{Bentonit}	Bentonitverbrauch pro Kubikmeter Schmalwandsuspension
m_{Bohr}	Menge – Vorrassbohrungen
m_{Kalk}	Kalksteinmehlverbrauch pro Kubikmeter Schmalwandsuspension
m_{An}	Menge – m ² Schmalwand pro Schmalwandanschluss
m_{AP}	Menge – Erdmaterial Arbeitsplanum
m_{SW}	Menge – m ² Schmalwand
m_{Wasser}	Wasserverbrauch pro Kubikmeter Schmalwandsuspension
m_{Zement}	Zementverbrauch pro Kubikmeter Schmalwandsuspension
n	Drehzahl pro Minute
ÖBGL	Österreichische Baugeräteliste
P_{BE/BR}	Preis Baustelleneinrichtung/-räumung
P_{BGK}	Preis Baustellengemeinkosten
P_{Gerät}	Preis für die Geräte
P_{Leistung}	Preis für die Leistungserbringung
P_{Material}	Preis für das Material
P_{Personal}	Personalpreis
P_{Sonder}	Preis für die Sonderleistungen
PP_{An}	Positionspreis – Schmalwandanschlüsse
PP_{Bohr}	Positionspreis – Vorrassbohrungen
PP_{G,SW}	Positionspreis – Geräte für Schmalwände
PP_{SWA}	Positionspreis – Schmalwandarbeiten
r	Abstand der Unwuchtkörper zur Drehachse
SMK	Schmalwandklasse
t	Tonne
U_{GgK}	Geschäftsgemeinkosten in Prozent vom Umsatz
V_{Suspension}	Suspensionsverbrauch pro Quadratmeter Schmalwand
W	Wagnis
ω	Kreisfrequenz
ZA_{An}	stündlicher Zeitaufwand pro Schmalwandanschluss

1 Einleitung

In der Einleitung wird ausgehend vom jetzigen Stand der Forschung (Situationsanalyse) eine Zielformulierung der Masterarbeit vorgenommen. Des Weiteren werden die methodische Vorgangsweise und die Gliederung der Arbeit dargelegt.

1.1 Situationsanalyse

In letzter Zeit kam es sowohl bei internationalen Bauprojekten als auch in Österreich vermehrt zu erheblichen Bauzeitverzögerungen sowie Kostensteigerungen. Es ist dabei zu beobachten, dass die Kluft zwischen Angebotspreis und tatsächlichem Abrechnungspreis außerordentlich groß ist. Zum einen liegt das an den divergenten Interessen der Projektbeteiligten. In der Regel steht einer Gewinnoptimierung auftragnehmerseitig einer Kostenoptimierung bei gleichbleibender Nutzungsqualität auftraggeberseitig gegenüber. Zum anderen liegt es an der Tatsache, dass zum Zeitpunkt der Vergabe mit Unsicherheiten behaftete Daten vorliegen, die Vertragsbestandteil werden. In diesem Zusammenhang stellt der Baugrund eine wesentliche mit Unsicherheiten versehene Größe dar. In Bausparten, wie jene des Spezialtiefbaus, werden Verfahren und Leistungskennwerte aufgrund des erkundeten Baugrundes festgesetzt. Stellt man im Laufe der Bauausführung fest, dass ein anderer Baugrund vorliegt, kann es zu einer Änderung des Bauverfahrens wie auch der Leistungskennwerte kommen. Diese Änderungen führen normalerweise zu Mehrkostenforderungen, welche Konfliktpotenzial beinhalten. Ein Erhärten der Fronten zwischen Auftragnehmer (AN) und Auftraggeber (AG) ist des Öfteren die Folge. Eine partnerschaftliche und beidseitig zufriedenstellende Projektabwicklung ist in diesen Fällen meist nicht mehr möglich. Eine anreizorientierte Vergütung soll diesem Dilemma entgegenwirken. Es sollen hierbei wirtschaftliche Anreize für einen kooperativen Umgang der Projektbeteiligten geschaffen werden. In Australien und Nordamerika kamen anreizorientierte Vergütungsmodelle bereits mit Erfolg zum Einsatz. In Europe jedoch nur in seltenen Fällen. Eines welches jedoch schon zum Einsatz kam ist StilfOs (StilfOs wurde erstmals in vergleichbarer Weise in der „STILFontein“ Goldmine in Südafrika, sowie für die Abrechnung von Bohr- und Injektionsarbeiten beim Bau des „OSwaldtbergtunnels“ in Kärnten eingesetzt. Durch die Zusammensetzung der Anfangsbuchstaben dieser zwei Projekte ergab sich auch der Name dieses Vergütungsmodells¹). Das vornehmlich im Spezialtiefbau und Tunnelbau eingesetzte Vergütungsmodell

¹ Vgl. STADLER, G.; REINSICH, A.: Kalkulatorische Vergnüpfung von zeit- und leistungsbezogene Vergütungselementen für Bauleistungen. In: Wirtschaftsingenieur, 41/1998. S. 12

schaft völlig neue Ausgangsbedingungen. Das Grundprinzip ist die Umlage eines Teils der zeitgebundenen Kosten zu den leistungsgebundenen Kosten, wodurch ein Leistungsanreiz auftragnehmerseitig entsteht.

Am Beispiel einer Schmalwand wird das Vergütungssystem StilfOs, sowie die probabilistische Kalkulation mit der Monte-Carlo-Simulation angewandt und analysiert. Im Laufe der Erstellung der Arbeit wurde festgestellt, dass zu dem in Österreich entwickelten Schmalwandverfahren nur wenig Literatur vorliegt. Unter anderem ist keine Leistungsermittlungsformel vorhanden und baubetriebliche und bodenmechanische Einflussfaktoren werden auch nur teilweise und unvollständig behandelt. Des Weiteren wurde erkannt, dass die aus der Baugrundvoruntersuchung für Schmalwandarbeiten bekannten Angaben für Lagerungsdichte (sehr locker bis sehr dicht) bzw. Konsistenz (flüssig bis fest) des Bodens nur wenig Kontext entnommen werden kann und eine Einführung der spezifischen Rammenergie als verfahrensrelevanter Erkundungsparameter sinnvoller wäre.

1.2 Zielformulierung

Die Ziele dieser Arbeit sind in Abbildung 1.1 dargestellt. Es sollen Vergütungsmodelle vorgestellt werden, welche das Potenzial besitzen, um im Spezialtiefbau und insbesondere bei Schmalwänden angewendet zu werden. Der Fokus der Betrachtung liegt hierbei auf dem Vergütungsmodell StilfOs, welches bereits erfolgreich im Spezialtiefbau eingesetzt wurde, und auf der probabilistischen Berechnung mit Einheitspreisvertrag. Auf Grundlage einer realen Ausschreibung einer Schmalwand sollen jene zuvor genannten Vertragsmodelle auf ihre „Tauglichkeit“ überprüft und die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

Weitere Ziele dieser Arbeit sind die Darstellung von leistungsbeeinflussenden Kennwerten bei der Schmalwandherstellung und die Entwicklung einer Leistungsermittlungsformel daraus, sowie die Ermittlung der spezifischen Rammenergie bei Baugrundvoruntersuchungen als auch bei dem Schmalwandverfahren und dem anschließenden Vergleich der Ergebnisse.

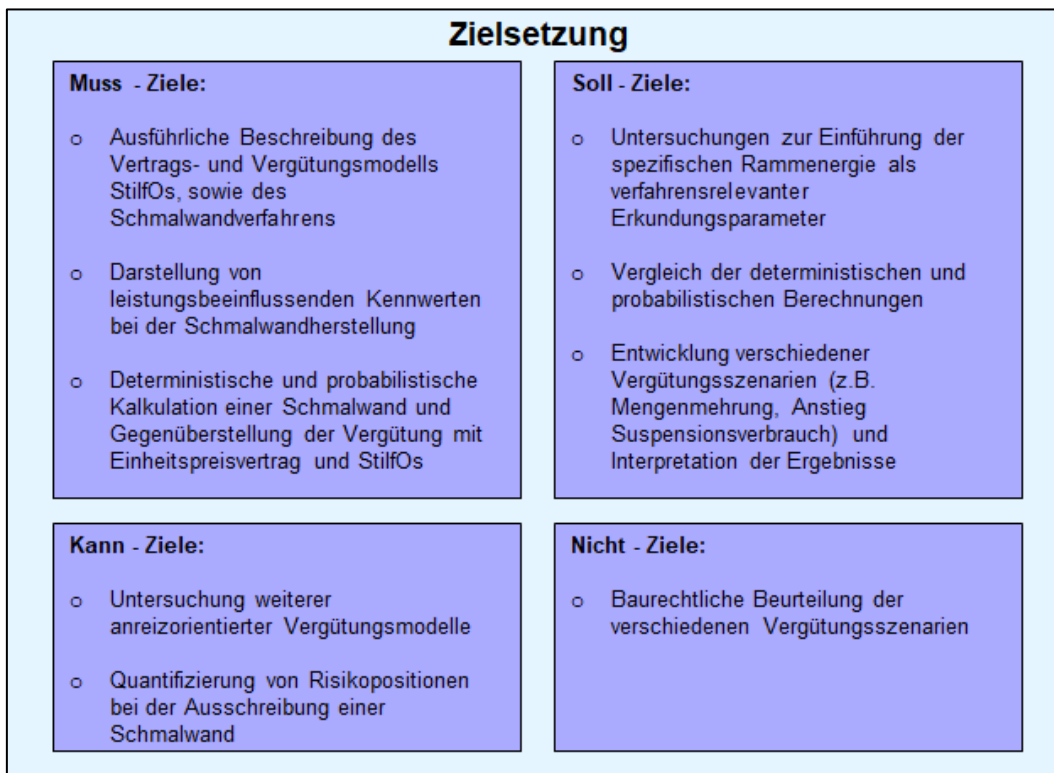


Abbildung 1.1 Zielsetzung

1.3 Methodische Vorgangsweise

Grundsätzlich wird in dieser Arbeit eine systematische Vorgangsweise verwendet. Mittels einer Literaturrecherche werden in den Kapiteln 2 und 3 die Grundlagen dargelegt, mit derer die Zielsetzung in den Kapitel 4 und 5 erreicht werden soll. In Kapitel 5 wird ein besonderes Augenmerk auf den Vergleich und die Interpretation der Kalkulationsergebnisse gelegt. Im Laufe der Bearbeitung der Problemstellung wird durch die Anwendung eines hermeneutischen Regelkreises das spezifische Wissen und Verständnis zur Zielerreichung ständig erweitert. Von besonderer Bedeutung waren hierbei Fachgespräche mit Experten.

1.4 Gliederung

Die Masterarbeit „Systematische Kalkulation von leistungs- und zeitabhängigen Kosten im Spezialtiefbau am Beispiel einer Schmalwand“ gliedert sich in folgende Kapitel:

1 Einleitung: Die Einleitung umfasst die Situationsanalyse, die Zielformulierung, die Beschreibung der methodischen Vorgangsweise und die Gliederung der Arbeit.

2 Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Grundlagen: In diesem Kapitel wird auf das vorherrschende Produktionssystem im Bauwesen, die Grundzüge der Kalkulation, die verschiedenen Vergütungssysteme und die Vergabe von Bauleistungen näher eingegangen.

3 Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft: In diesem Teil der Arbeit wird das Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft und insbesondere die Monte-Carlo-Simulation beschrieben.

4 Schmalwände: Zu Beginn dieses Kapitel wird die Einordnung des Schmalwandverfahrens in den Spezialtiefbau verdeutlicht und wichtige Schmalwandregelwerke vorgestellt. In weiterer Folge wird auf mögliche Baugrunderkundungsmethoden, das Schmalwandverfahren selbst und dessen Produktionssystem sowie die Ermittlung der Leistung eingegangen. Abschließend wird die Möglichkeit des Einsatzes der spezifischen Rammenergie als verfahrensrelevanter Erkundungsparameter aufgezeigt.

5 Kalkulation einer Schmalwand – Kraftwerk Gössendorf: In diesem Kapitel wird der Gesamtpreis der Schmalwand, welche im Zuge der Errichtung des Kraftwerkes Gössendorf gebaut wurde, sowohl deterministisch und probabilistisch mit Einheitspreisvertrag als auch mit StifOs berechnet und die Ergebnisse miteinander verglichen.

6 Zusammenfassung: In der Zusammenfassung werden die wichtigsten Erkenntnisse und Ergebnisse der Arbeit wiedergegeben.

7 Ausblick: Abschließend wird ein Ausblick bezüglich zukünftiger Forschungsarbeit zum behandelten Themengebiet gegeben.

2 Bauwirtschaftliche und baubetriebliche Grundlagen

Die Baufirmen weltweit stehen tagtäglich vor der Qual der Wahl, welcher Angebotspreis wohl der "richtige" ist. Bei einer Billigstbietervergabe sollte er im Optimalfall so hoch sein, dass ein Gewinn zu erwirtschaften ist und so niedrig sein, dass die Baufirma den Zuschlag für den Bauauftrag bekommt. Die Grundlage für diese Angebotspreisermittlung bildet in der Regel eine detaillierte und korrekte Kalkulation (Nullkalkulation). Dieses Kapitel beschäftigt sich zunächst mit den vorherrschenden Produktionssystemen in der Bauwirtschaft sowie den allgemeinen Grundzügen der Kalkulation, um in weiterer Folge näher auf die Preisermittlung und Vergütung von Bauleistungen eingehen zu können. Abschließend werden die für das Bauwesen relevanten Vergabearten des Bundesvergabegesetzes näher erläutert.

2.1 Produktionssystem

Ein Bauwerk kann nur dann wirtschaftlich optimal errichtet werden, wenn die Produktionsfaktoren richtig gewählt und bestmöglich miteinander kombiniert werden.²

Hofstadler³ unterscheidet hierbei elementare und dispositive Produktionsfaktoren (siehe Abbildung 2.1).

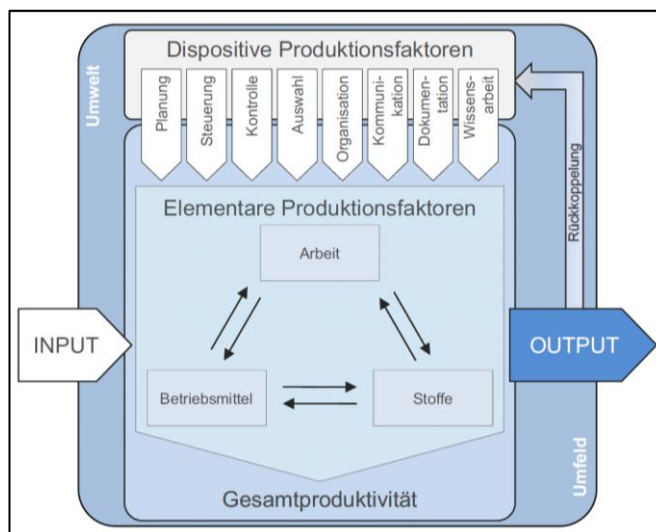


Abbildung 2.1 Produktionsfaktoren⁴

² Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 15

³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 14

⁴ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb – Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 15

2.1.1 Elementare Produktionsfaktoren

Bauwerke werden immerzu durch die Kombination der drei elementaren Produktionsfaktoren errichtet.

Die elementaren Produktionsfaktoren sind:⁵

- **Arbeit:** die objektbezogenen menschlichen Arbeitsleistungen d.h. alle Tätigkeiten die unmittelbar mit der Leistungserstellung im Zusammenhang stehen, ohne dispositiv-anordnender Natur zu sein.
- **Betriebsmittel:** die Arbeits- und Betriebsmittel d.h. alle Einrichtungen und Anlagen, welche die technische Voraussetzung betrieblicher Leistungserstellung insbesondere der Produktion bilden, sowie alle Hilfs- und Betriebsstoffe, die notwendig sind um den Betrieb arbeitsfähig zu machen und zu erhalten.
- **Stoffe:** Baustoffe, Halb- und Fertigungserzeugnisse, die als Ausgangs und Grundstoff für die Herstellung von Erzeugnissen dienen. Nach der Vornahme von Substanzänderungen oder nach dem Einbau in das Fertigerzeugnis werden sie Bestandteil des neuen Bauwerks.

2.1.2 Dispositive Produktionsfaktoren

Die dispositiven Produktionsfaktoren setzen sich aus **Planung, Steuerung, Kontrolle, Auswahl, Organisation, Kommunikation, Dokumentation und Wissensarbeit** zusammen (Abbildung 2.1) und sollen den Produktionsprozess dahingehend beeinflussen, dass eine optimale Kombination der elementaren Produktionsfaktoren sowohl möglich ist als auch stattfindet.

2.1.3 Produktionswürfel

Zur Erfassung des gesamten Produktionssystems im Bauwesen sind weitere Einflussfaktoren zu berücksichtigen. In Abbildung 2.2 ist hierzu der dreidimensionale Produktionswürfel mit weiteren fünf Einflussfaktoren dargestellt.

⁵ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 14

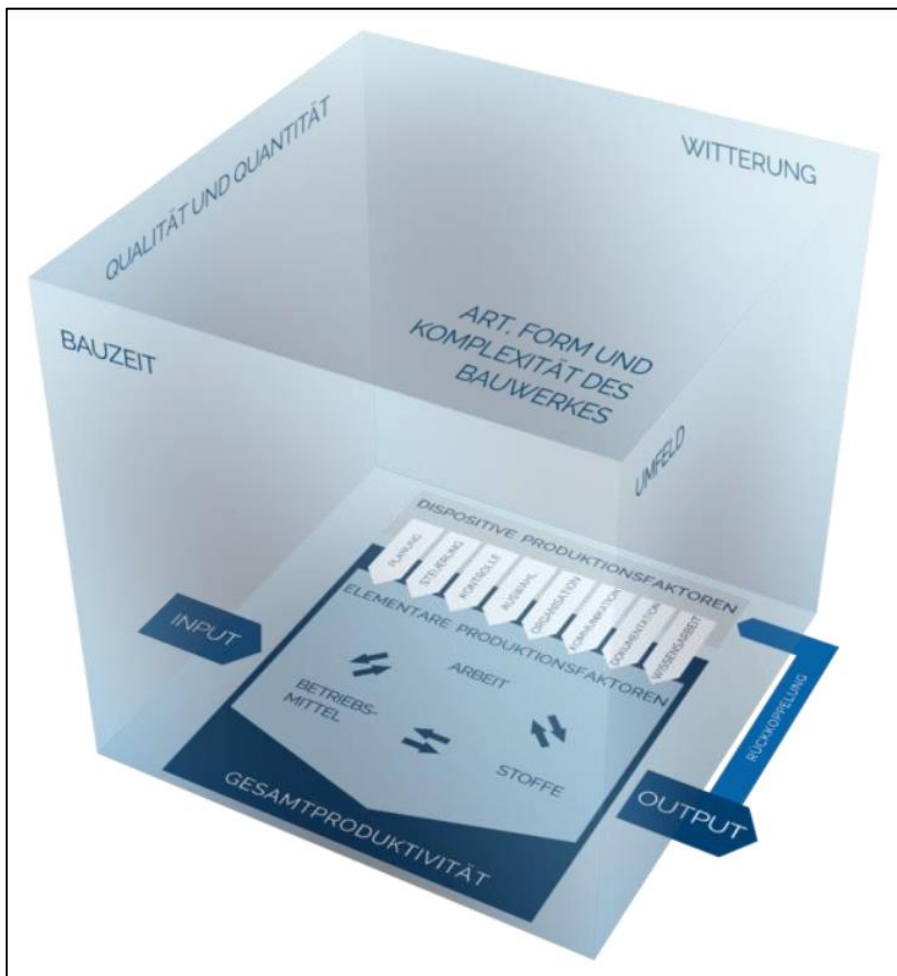


Abbildung 2.2 Produktionswürfel⁶

- **Witterung:**

Unter Witterung versteht man das Wetter bzw. die Wetterverhältnisse in einem bestimmten Gebiet und Zeitabschnitt. Durch Kennzahlen wie z.B. Temperatur, Luftdruck, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit und Wind wird hierbei üblicherweise das Wetter beschrieben.⁷

- **Qualität und Quantität:**

In der Regel fordern hohe Qualitätsanforderungen einen dementsprechend großen Einsatz der Produktionsfaktoren (z.B. mehr Arbeitszeit, bessere Baumaterialien), was zu höheren Kosten führt als bei niedrigen Qualitätsanforderungen.

⁶ HOFSTADLER, C.: Grundlagen – Bauablaufplanung und Logistik. Vorlesungsfolien. S. 10

⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb – Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 76

Die Quantität gibt an, wie viel Einheiten einer Position auszuführen bzw. herzustellen sind. Bei einer Gesamtsystembetrachtung sinken in der Regel die Produktionskosten pro Einheit mit einer steigenden Menge, aufgrund der Aufteilung der einmaligen Kosten (z.B. Baustelleneinrichtung) auf eine größere Anzahl an Einheiten.

- **Bauzeit:**

In der Regel wird die Bauzeit vom AG vorgegeben und sie beeinflusst die Auswahl der Produktionsfaktoren, welche der AN im Laufe des Kalkulationsprozesses trifft, essenziell. Bei kurzen Bauzeiten müssen im Allgemeinen mehr Produktionsfaktoren eingesetzt werden als bei langen Bauzeiten, da eine größere tägliche Leistung erzielt werden muss.

- **Umfeld:**

Das Baustellenumfeld bzw. die Baustellenbedingungen haben vor allem einen Einfluss auf die Baustellenlogistik. Im Zuge der Arbeitsvorbereitung sind hierbei Überlegungen zum Antransport und der Lagerung der Produktionsfaktoren zu treffen.

- **Art, Form und Komplexität des Bauwerkes:**

Die Art, Form und Komplexität eines Bauwerkes hat einen großen Einfluss auf die Kosten, welche zur Errichtung aufgewendet werden müssen. Bei steigender Komplexität steigen Aufwandswerte und Leistungswerte sinken, was einen Kostenanstieg zufolge hat.

2.2 Kalkulation

In all jenen Geschäftsbranchen, in denen vor der eigentlichen Leistungserbringung ein Angebotspreis abgegeben werden muss, ist eine Kalkulation erforderlich. Bei kleinen Projekten und entsprechender Erfahrung kann diese Angebotsbearbeitung und Preisermittlung meist rasch durchgeführt werden, bei Großprojekten hingegen kann eine systematisch durchgeführte Kalkulation einige Wochen in Anspruch nehmen, obwohl die Angebotsfristen, welche die AG vorgeben, oft kürzer bemessen sind. Geschäftsfeldübergreifend sind hierzu in Abbildung 2.3 die wesentlichen Bestandteile und gleichzeitig auch demonstrativ einige Einflussfaktoren einer Kalkulation ersichtlich.

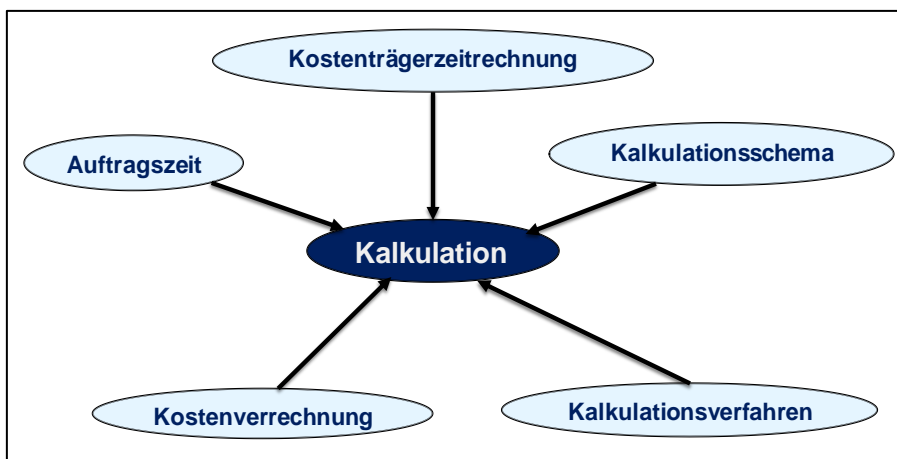


Abbildung 2.3 Bestandteile und Einflussfaktoren einer Kalkulation – demonstrative, geschäftsfeldübergreifende Darstellung⁸

Am Anfang jeder Kalkulation muss ein geeignetes **Kalkulationsverfahren** ausgewählt werden. Folgende drei Verfahren kommen hierbei hauptsächlich zur Anwendung:⁹

- Divisionskalkulation
- Äquivalenzziffernkalkulation
- Zuschlagskalkulation

Bei der Divisionskalkulation werden zunächst alle Kosten ermittelt und diese dann durch die erzeugte Produktzahl dividiert. Das Anwendungsgebiet ist deswegen auf Unternehmen, die der stationären Industrie angehören und nur ein Produkt herstellen, beschränkt. Die Äquivalenzziffernkalkulation stellt eine Weiterentwicklung der Divisionskalkulation dar und wird

⁸ <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/4359/kalkulation-v8.html>. Datum des Zugriffs: 5. August. 2018

⁹ <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/kalkulationsverfahren/kalkulationsverfahren.htm>. Datum des Zugriffs: 8. August. 2018

angewendet, wenn ein Unternehmen ähnliche Produkte fertigt (z.B. Baustahl mit verschiedenen Durchmessern). Durch ermittelte Äquivalenzziffern soll eine verursachungsgerechte Zuordnung der Kosten erfolgen (z.B. bei der Produktion von Baustahl mit größerem Durchmesser fallen höhere Kosten pro Stück als bei der Produktion von kleineren Durchmessern an und somit werden größeren Durchmessern eine höhere Äquivalenzziffer zugeordnet als kleinen).

Von großer Bedeutung, vor allem in der Bauwirtschaft, ist die Zuschlagskalkulation. Zunächst werden dabei die Herstellkosten ermittelt. Durch eine Beaufschlagung von diversen Zuschlägen (Gewinn, Wagnis, Baustellengemeinkosten, Geschäftsgemeinkosten) auf die Herstellkosten wird dann der Preis gebildet.

Ein weiterer Bestandteil jeder Kalkulation ist ein gewisses **Kalkulations-schema**. Oftmals legt sich ein Hersteller ein Schema zurecht und verwendet dieses bei weiteren Produktionsprozessen wieder. Auch in der Bauwirtschaft erstellen die Unternehmen Musterkalkulationen, wobei die Kalkulation mit den Kalkulationsformblättern der ÖNORM B 2061:1999 (K-Blätter) durchgeführt wird. Diese Formblätter erleichtern sowohl die Kalkulation als auch eine spätere Preisprüfung (sofern sie dem AG offengelegt werden) enorm.

Kostenträger stellen weitere wichtige Komponenten einer Kalkulation dar, wobei ihnen jene Kosten zugerechnet werden, welche sie auch verursachen. Typische Kostenträger im Bauwesen wären hierbei die verschiedenen Positionen des Leistungsverzeichnisses, wie zum Beispiel die Position „Wand Schalen“.

Es gibt jedoch auch Kostenträger, die dem Abnehmer bzw. Kunden nicht direkt verrechnet werden können. In der **Kostenverrechnung** werden diese Gemeinkosten durch Umlagen verrechnungsfähigen Positionen und Produkten aufgeschlagen. In der Bauwirtschaft werden zum Beispiel die Geschäftsgemeinkosten als Prozentsatz des Umsatzes den Einheitspreisen aufgeschlagen.

Letztlich ist noch die **Auftragszeit** als wesentlicher Einflussfaktor einer Kalkulation zu nennen. In der Bauwirtschaft führen sehr kurze Auftragszeiten (Bauzeit) in der Regel zu Produktivitätsverlusten, welche bereits in der Kalkulation berücksichtigt werden sollten.¹⁰ Werden diese Produktivitätsverluste in der Kalkulation nicht beachtet, ist in der späteren Bauphase mit einer erheblichen Verzögerung der Leistungserbringung zu rechnen. Lange Auftragszeiten hingegen führen zu einer Erhöhung der Auftragssumme, weil weitere zeitgebundene Kosten verrechnet werden.

¹⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb – Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 39

2.2.1 Kostengliederung

Am Anfang jeder Kalkulation sollte ein Überblick geschaffen werden, welche Kosten eigentlich anfallen können. Eine Gliederung nach Kostenarten ist hier zweckmäßig. In Abbildung 2.4 ist, angelehnt an die ÖNORM B 2061:1999, eine Einteilung und Zusammensetzung der sechs Kostenartengruppen ersichtlich.

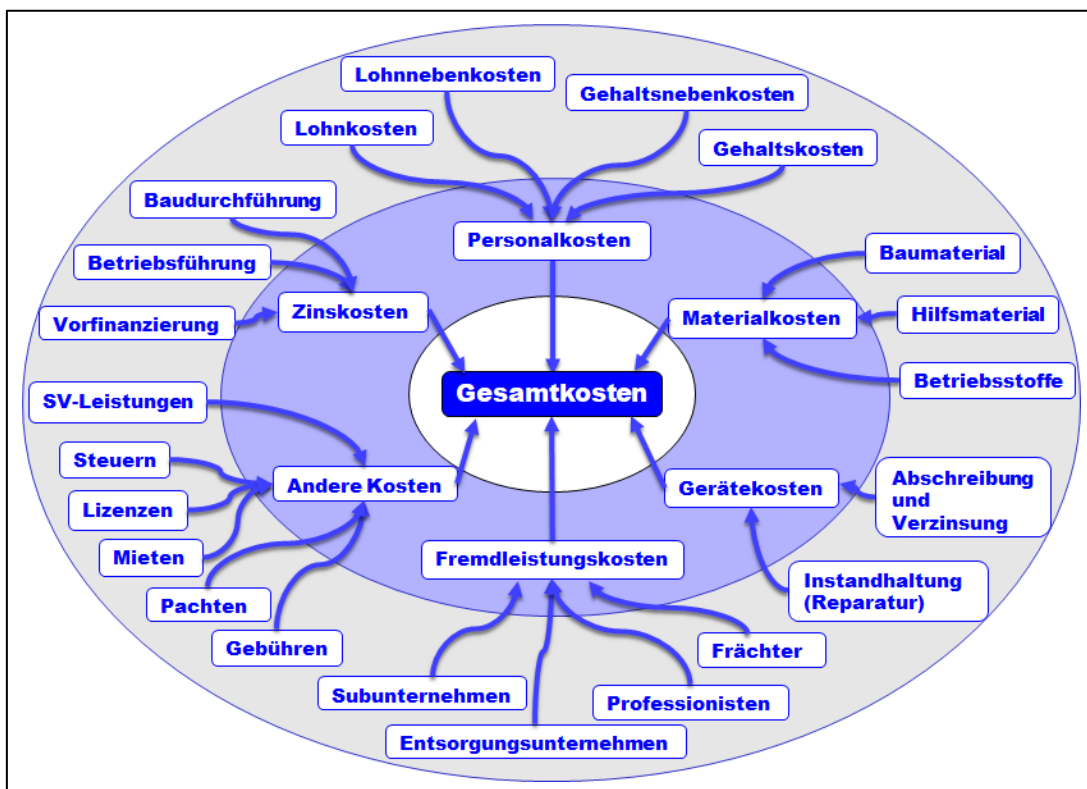


Abbildung 2.4 Demonstrative Kostenartengliederung der Bauwirtschaft¹¹

Die Kostenarten beruhen hierbei auf verschiedenen Grundlagen:

- Zinskosten sind im Wesentlichen von den gerade üblichen Kreditzinsen der Banken abhängig.
- Die Grundlage der Personalkosten bilden die Kollektivverträge, sowie etwaige Aufzahlungen und Sondererstattungen.
- Die Höhe der Materialkosten basieren auf den jeweiligen Einkaufspreisen.

¹¹ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMITTEL: ÖNORM B 2061:1999 – Preisermittlung für Bauleistungen. ÖNORM. S. 7-8

- Gerätekosten können mithilfe der ÖBGL¹² berechnet werden oder es werden Erfahrungswerte angesetzt.
- Fremdleistungskosten sind von den Angeboten Dritter abhängig.
- Weitere Kosten, die der Kostengruppe „Andere Kosten“ zugerechnet werden, sind wiederum von Angeboten Dritter, sowie Erfahrungswerten abhängig.

Für die weitere Kalkulation werden diese Kostenarten als Grundlage herangezogen.

2.2.2 Kostenermittlung

Die Kostenermittlung ist die zentrale Aufgabe jeder Kalkulation. Dabei sind in Abbildung 2.5 jene Kostengruppen ersichtlich und unter dem Begriff Selbstkosten zusammengefasst, welche nach der ÖNORM B 2061:1999 zu ermitteln sind.

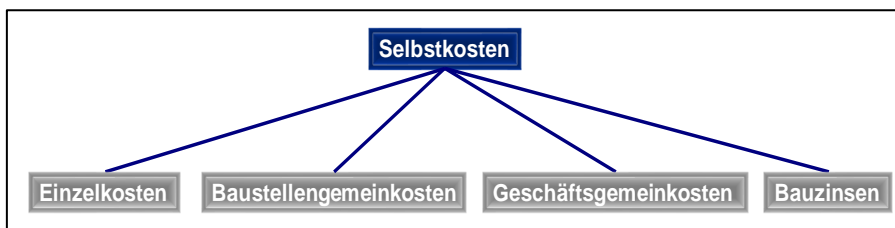


Abbildung 2.5 Zusammensetzung der Selbstkosten

In der Literatur ist mehrfach der Begriff Herstellkosten zu lesen. Diese sind jedoch nicht mit den Selbstkosten gleichzusetzen, da sie nur die Einzelkosten und Baustellengemeinkosten beinhalten.

In weiterer Folge werden die einzelnen Kostengruppen näher beschrieben, sowie einige Beispiele gegeben.

2.2.3 Einzelkosten

Die Einzelkosten können Leistungen direkt zugeordnet werden und gliedern sich in Einzellohn-, Einzelgeräte- und Einzelmaterialkosten.¹³ Einige Beispiele hierfür sind:

- Einzellohnkosten

¹² GESCHÄFTSSTELLE BAU DER WKÖ: ÖBGL Baugeräteliste 2015

¹³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 2061:1999 – Preisermittlung für Bauleistungen. ÖNORM. S. 9

- Lohnstunden Bewehrung * Mittellohnkosten (MLK)
- Lohnstunden Deckenschalung * MLK
- Lohnstunden Randabschalung * MLK
- Lohnstunden Mauerarbeiten * MLK
- Einzelgerätekosten
 - Verfuhr von Baugrubenaushub mit LKW
 - Minibagger zum Aushub eines Streifenfundamentes
 - Laderaupe zum Verladen von Erdmaterial
 - Drehbohrgerät zur Herstellung von Bohrpfählen
- Einzelmaterialkosten
 - Bewehrung
 - Holzlatten
 - Mauerziegel
 - Beton

2.2.4 Baustellengemeinkosten

Baustellengemeinkosten (BGK) können Leistungen nicht direkt zugeordnet werden und unterteilen sich in zeitabhängigen und nicht zeitabhängige (einmalige) BGK. Alle Kosten, die bei der Baustelleinrichtung und Räumung der Baustelle entstehen sind einmalige BGK. Kosten die für den Betrieb der Baustelle aufgebracht werden müssen sind zeitabhängige BGK.

Beispiele für nicht zeitabhängige BGK sind:

- Verkehrsumleitung
- Herstellung der Baustraße
- Anschlusskosten (Wasser, Strom, Medien)
- Antransport Kran, Container, Bauzaun

Beispiele für zeitabhängige BGK sind:

- Gehalt Bauleiter
- Mieten von Stellflächen innerorts
- Versorgung der Baustelle (Strom, Wasser, Medien)

2.2.5 Geschäftsgemeinkosten

Die Geschäftsgemeinkosten (GGK) werden jährlich ermittelt und als Prozentsatz des Umsatzes (U_{GGK}) den Herstellkosten aufgeschlagen und setzen sich wie folgt zusammen:¹⁴

- Gehälter samt den zugehörigen Gehaltsnebenkosten
- Löhne samt den zugehörigen Lohnnebenkosten (wenn nicht in BGK oder in Einzelpositionen abgerechnet, Beispiel hierfür sind Lohnkosten, die im Bauhof oder der Werkstatt anfallen)
- Betriebssteuern und sonstige Abgaben
- Umlagen und Beiträge für Berufsvertretungen und Fachvereinigungen
- Bürokosten, EDV-Kosten
- Mieten und Pacht für die dem Gesamtbetrieb dienenden Anlagen
- Abschreibung und Verzinsung der dem Gesamtbetrieb dienenden Anlagen
- Reisekosten
- Kosten für Versicherungen allgemeiner Art
- Kosten für Werbung
- Lohnverrechnung für Baustellen (sofern diese nicht unter den anderen lohngebundenen Kosten kalkuliert wird)
- Kosten des Aufsichtsrates
- usw.

¹⁴ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 2061:1999 – Preisermittlung für Bauleistungen. ÖNORM. S. 10

Die Gleichung (2-1) zur Berechnung der GGK lautet wie folgt:¹⁵

$$GGK = (U_{GGK} * 100) / (100 - U_{GGK}) \quad [\%] \quad (2-1)$$

Zur Veranschaulichung des Berechnungsvorganges wird nachstehend ein Beispiel angeführt. Es wird angenommen, dass die Geschäftsgemeinkosten 3 % des Jahresumsatzes betragen. Der Geschäftsgemeinkostenzuschlag bildet sich dann folgendermaßen:

$$GGK = (3 \times 100) / (100 - 3)$$

$$GGK = 3,09 \%$$

2.2.6 Bauzinsen

Die Bauzinsen (BZ) ergeben sich aus den Kosten der Kapitalbeschaffung. AN erbringen im Regelfall Vorleistungen, welche in festgelegten Rechnungsperioden vergütet werden. Ist jedoch zu wenig Eigenkapital vorhanden, um diese Vorleistungen zu finanzieren, muss Fremdkapital aufgenommen werden. Die Fremdkapitalbeschaffung verursacht wiederum Kosten, welche durch die Bauzinsen an den AG weitergeleitet werden.

2.2.7 Preisbildung

Die Preisermittlung erfolgt in der Bauwirtschaft, wie schon zuvor erwähnt, mit der Zuschlagskalkulation. Dabei werden zuerst die Selbstkosten ermittelt und in weiterer Folge projektspezifische Werte für Wagnis und Gewinn gewählt. Mit dem globalen Wagniszuschlag sollen dabei jene zusätzlichen Kosten abgedeckt werden, die aus Ungewissheit und Unwissen entstehen (siehe auch Abbildung 2.7).

Je mehr Randbedingungen zur Baustelle vorliegen, desto zutreffender wird der Wagniszuschlag ausfallen.¹⁶ Bei der üblichen Vorgangsweise werden die prozentuellen Werte der Kostenermittlung (Geschäftsgemeinkosten, Bauzinsen) mit den gewählten Werten für Gewinn (G) und Wagnis (W) zu einem Gesamtzuschlag zusammengefasst (Abbildung 2.6).

¹⁵ BLECKENWEGNER, K.: Eindämmung spekulativer Preisbildung durch die Anwendung zeitgebundener und leistungsbezogener Vergütung (STILFOS) mit geringer Sensitivität. Diplomarbeit. S. 36

¹⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 41

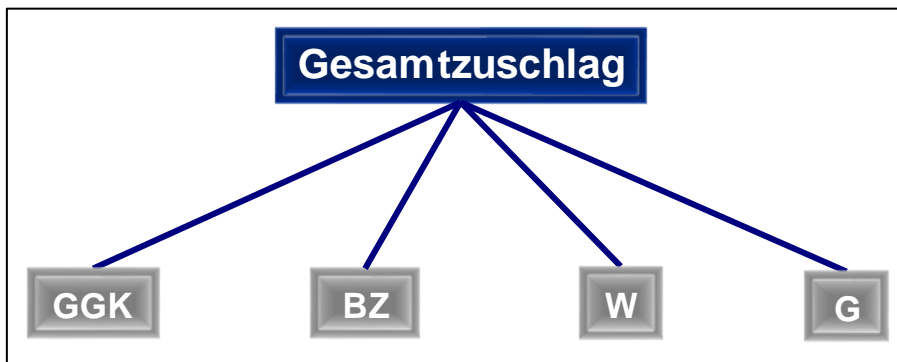


Abbildung 2.6 Zusammensetzung des Gesamtzuschlages

Um letztendlich den Preis der Bauleistung zu ermitteln, werden die Herstellkosten (HK) mit dem Gesamtzuschlag (GZ) beaufschlagt. Die Gleichungen zur Ermittlung des Gesamtzuschlages (2-2) und des Preises (2-3) sind nachstehend aufgelistet.

$$GZ = GGK + BZ + W + G \quad [\%] \quad (2-2)$$

$$Preis = HK * (1 + GZ/100) \quad [€] \quad (2-3)$$

Die Frage ist nun, ob der AN mit dem ermittelten Preis aus der Nullkalkulation auch den Zuschlag für den Auftrag erhält. Allgemein kann man diese Frage nicht beantworten, die Tendenz geht jedoch dahin, dass in Baupartnern mit sehr hoher Wettbewerbsintensität (Baunebengewerbe) die Chance für einen Angebotserfolg bei einer Nullkalkulation sicher niedriger ist als in Baupartnern, welche durch spezielles Know-how oder hohen Kapitaleinsatz (z.B. Spezialtiefbau) automatisch reglementiert werden. In Abbildung 2.7 ist hierzu das Dilemma der Wahl des Angebotspreises grafisch dargestellt. Die linke Verteilung spiegelt den am Markt erzielbaren Preis wieder und die rechte Verteilung steht für das Ergebnis der internen Baupreisermittlung. Durch verschiedene Annahmen, Schätzungen, Wissensstände usw. wird die Verteilung und somit auch das Chancen- und Risikoverhältnis für jeden Bieter anders sein. Wählt nun der Bieter einen Preis unterhalb der Nullkalkulation, wird zwar die Chance eines Angebotserfolges steigen, die Chance für einen wirtschaftlichen Erfolg sinkt jedoch.

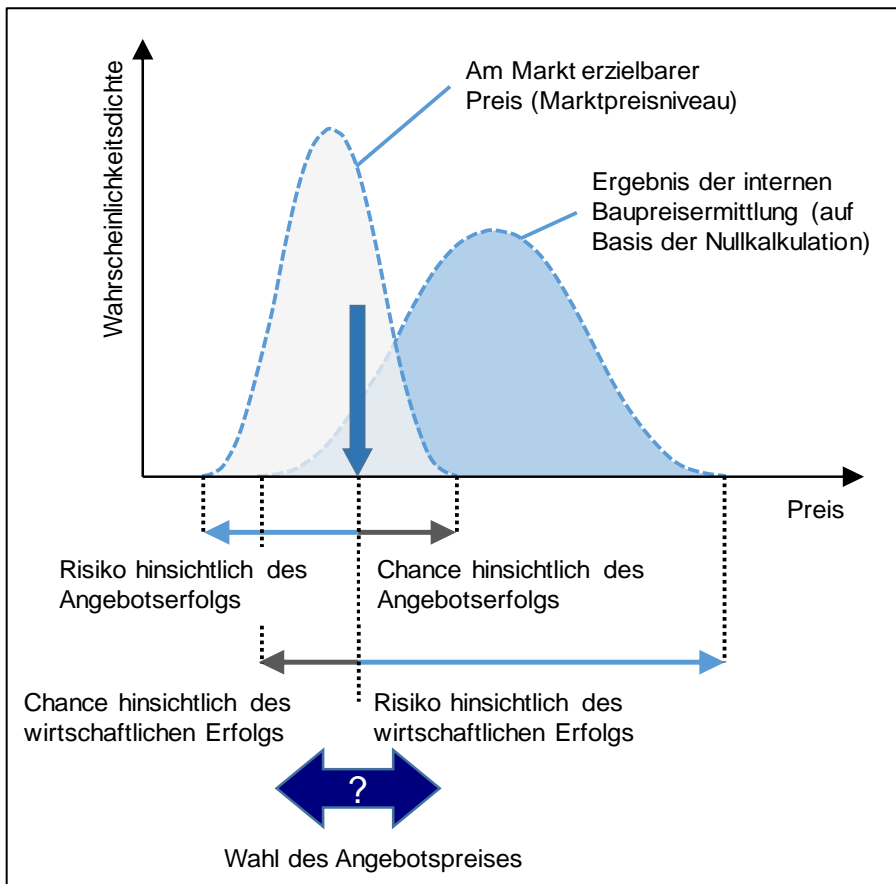


Abbildung 2.7 Wahl des Angebotspreises im Hinblick auf den wirtschaftlichen und den Angebotserfolg¹⁷

Besonders wichtig ist es, dass Bieter ihre Kostenhistogramme kennen, denn dadurch wissen sie auch inwieweit sich Nachlässe auf das Chancen- und Risikoverhältnis des wirtschaftlichen Erfolges auswirken.¹⁸

¹⁷ KUMMER, M.: Aggregierte Berücksichtigung von Produktivitätsverlusten bei der Ermittlung von Baukosten und Bauzeiten – Deterministische und probabilistische Betrachtung. Dissertation. S. 75

¹⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr. Ing. Christoph Motzko. In: Das Dilemma der Preisbildung im Spiegelbild des Chancen- und Risikoverhältnisses. S. 317

2.3 Vergütungsmodelle in der Bauwirtschaft

In Europa werden zur Vergütung standardmäßig der Einheitspreis-, der Pauschalpreis- und der Regiepreisvertrag eingesetzt. In Österreich sind diese Vergütungsformen in den ÖNORMEN B 2110:2013 und B 2061:1999 geregelt. Demgegenüber stehen anreizorientierte Vergütungsmodelle, welche hauptsächlich in Australien und Nordamerika zum Einsatz kommen. Der AN als auch der AG werden hierbei wirtschaftlich belohnt, wenn sie besonders kooperativ sind und dadurch die Projektziele effizienter erreicht werden (zum Beispiel durch eine Bauzeitverkürzung). Mit der Herausgabe der ÖNORM B 2118:2013 wurde auch bereits in Österreich versucht eine Vertragsschablone für komplexe Bauvorhaben und Großprojekt im Sinne des Partnerschaftsmodells zu schaffen.

In Abbildung 2.8 ist eine Übersicht der verschiedenen Vergütungsmodelle der Bauwirtschaft dargestellt.

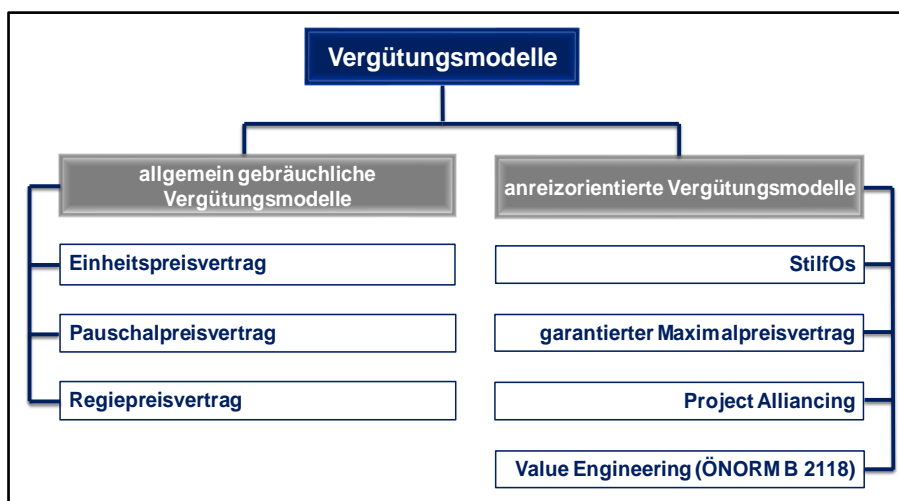


Abbildung 2.8 Übersicht Vergütungsmodelle

Die in Abbildung 2.8 ersichtlichen anreizorientierten Vergütungsmodelle wurden bereits in der Praxis eingesetzt und stellen die relevantesten Modelle dieser Gruppe dar.

In weiterer Folge werden die einzelnen Vergütungs- und Vertragsmodelle näher beschrieben.

2.3.1 Allgemein gebräuchliche Vergütungsmodelle

Die in Österreich eingesetzten Vergütungsmodelle sind der Einheits-, Pauschal- und Regiepreisvertrag. Die Vorgangsweise zur Ermittlung der Preiskomponenten wird in der ÖNORM B 2061:1999 näher beschrieben, die Vergütung in der ÖNORM B 2110:2013 sowie das Ausschreiben der Leistungen in der ÖNORM A 2050: 2006.

2.3.1.1 Einheitspreisvertrag

Der Einheitspreisvertrag ist das am häufigsten eingesetzte Vergütungsmodell in der Bauwirtschaft. Zu Einheitspreisen ist grundsätzlich dann auszusprechen, anzubieten und zuzuschlagen, wenn sich eine Leistung nach Art und Güte genau, nach Umfang zumindest annähernd, bestimmen lässt.¹⁹ Der Preis einer Einheit wird in Österreich standardmäßig mit den Kalkulationsformblättern der ÖNORM B 2061:1999 ermittelt. Er setzt sich dabei aus einem Anteil Lohn, sowie einem Anteil Sonstiges zusammen, welcher aus den Komponenten Stoff (Material) und Gerät besteht. Die Zusammensetzung des Einheitspreises ist zur Veranschaulichung in Abbildung 2.9 ersichtlich.

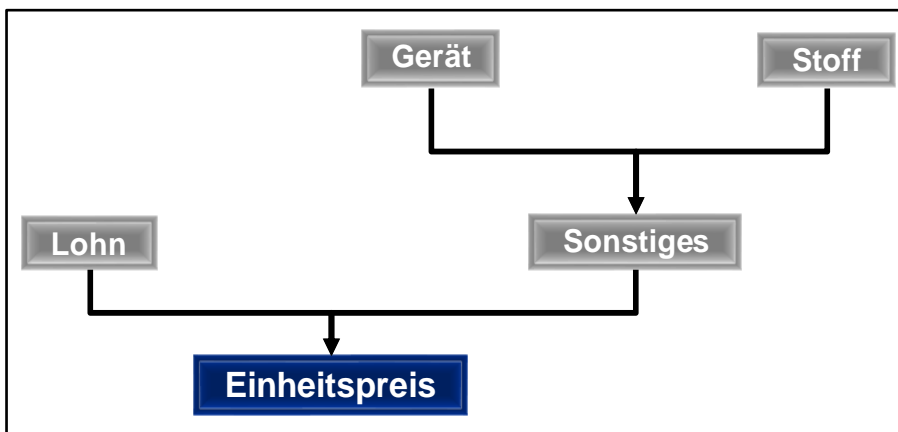


Abbildung 2.9 Zusammensetzung des Einheitspreises

Die Vorgangsweise zur Berechnung des Anteils Lohn ist wie folgt: Zuerst wird der gewählte Aufwandswert mit dem Mittellohnpreis multipliziert. Das Produkt dieses Rechenvorganges wird dann mit einem Gesamtzuschlag beaufschlagt (2-4).

$$\text{Lohn} = (\text{AW} * \text{MLP}) * (1 + \text{GZ}/100) \quad [\text{€/EH}] \quad (2-4)$$

Der Anteil Sonstiges wird bei der Berechnung ebenfalls mit einem Gesamtzuschlag versehen. In Glg. (2-5) ist der Rechenvorgang zur Ermittlung jenes Anteils dargestellt.

$$\text{Sonstiges} = (\text{Gerät} + \text{Stoff}) * (1 + \text{GZ}/100) \quad [\text{€/EH}] \quad (2-5)$$

In Glg. (2-6) ist die Ermittlung des Einheitspreises durch Addition der Anteile Lohn und Sonstiges dargestellt.

¹⁹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMITTEL: ÖNORM A 2050:2006 – Vergabe von Aufträgen über Leistungen. ÖNORM. S. 13

$$EHP = Lohn + Sonstiges \quad [€/EH] \quad (2-6)$$

Der Einheitspreis wird in weiterer Folge mit der voraussichtlichen Menge multipliziert, was den Positionspreis ergibt (2-7).

$$Pos. P = EHP * Menge (EH) \quad [€] \quad (2-7)$$

Die Summe der Positionspreise ergibt dann den Angebotspreis. Falls nun im Laufe der Bauausführung eine Mengenminderung (bis -20 %) oder -mehrung (bis +20 %) auftritt, muss mit dem angebotenen Einheitspreis abgerechnet werden, soweit keine Leistungsabweichung vorliegt.²⁰ Die Anpassung der Vergütung bei einer Leistungsabweichung, sowie einer Mengenänderung ist in Abschnitt 2.3.4 näher beschrieben.

2.3.1.2 Pauschalpreisvertrag

Der wesentliche Unterschied des Pauschalpreisvertrages zum Einheitspreisvertrag ist die Pauschalierung des Preises. Der AN garantiert, die ausgeschriebene Leistung zum vereinbarten Preis zu erbringen. Die Abrechnung erfolgt nicht nach den tatsächlich angefallenen Mengen. Demgemäß trägt der AN das Mengenrisiko. Weicht jedoch die ausgeführte Leistung von der ausgeschriebenen Leistung erheblich ab, sodass ein Festhalten am Pauschalpreis nicht zumutbar ist, ist auf Verlangen ein Ausgleich unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderkosten zu gewähren.²¹ Zu Pauschalpreisen sollte grundsätzlich nur dann ausgeschrieben, angeboten und zugeschlagen werden, wenn Art, Güte und Umfang einer Leistung sowie die Umstände, unter denen sie zu erbringen ist, zum Zeitpunkt der Ausschreibung hinreichend genau bekannt sind und mit einer Änderung während der Ausführung nicht zu rechnen ist.²²

Grundsätzlich muss man zwei Pauschalvertragsarten unterscheiden. Auf der einen Seite gibt es den **Detailpauschalvertrag (unechter Pauschalpreisvertrag)**, dem ein Leistungsverzeichnis zugrunde liegt. Meist wird in solchen Fällen der Preis eines Einheitspreisvertrages im Nachhinein pauschaliert. Das Mengenrisiko liegt zumeist beim AN. Fehlen im LV jedoch Positionen, kann der AN Mehrkostenforderungen stellen. Auf der anderen Seite gibt es den **Globalpauschalvertrag (echter Pauschalpreisvertrag)**. Diese Vertragsart kennzeichnet sich dadurch, dass keine detaillierte

²⁰ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 2110:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen. ÖNORM. S. 28 - 29

²¹ DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: DIN 1961:VOB/B - Allgemeine Vertragsbedingungen für Bauleistungen S. 4

²² ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM A 2050:2006 – Vergabe von Aufträgen über Leistungen. ÖNORM. S. 13

Aufschlüsselung der Preisanteile erfolgt und nur der Angebotspreis abgegeben wird.

2.3.1.3 Regiepreisvertrag

Beim Regiepreisvertrag wird dem AN der tatsächlich angefallene Aufwand vergütet. Diese Vertragsform wird meist dann eingesetzt, wenn große Unsicherheiten in der Ermittlung des benötigten Zeitaufwandes und Materialverbrauches bestehen. Regieleistungen werden in **angehängte** und **selbstständige Regieleistungen** eingeteilt. Angehängte Regieleistungen sind Leistungen, die im Rahmen eines mit Einheits- oder Pauschalpreisen abgeschlossenen Bauvertrages anfallen. Selbstständige Regieleistungen sind Leistungen, die nicht im Rahmen eines mit Einheits- oder Pauschalpreisen abgeschlossenen Bauvertrages anfallen und daher gesondert vergeben werden.²³

2.3.2 StilfOs

Bei anreizorientierten Vergütungsmodellen werden besonders gute Leistungen der Projektbeteiligten, die zu einem effektiven und effizienten Erreichen der Projektziele beitragen, finanziell vergütet. Eines dieser anreizorientierten Vergütungsmodelle ist StilfOs, welche in weiterer Folge näher beschrieben wird.

StilfOs wurde erstmals in vergleichbarer Weise in der „STILFontein“ Goldmine in Südafrika, sowie für die Abrechnung von Bohr- und Injektionsarbeiten beim Bau des „OSwaldtibertunnels“ in Kärnten eingesetzt. Durch die Zusammensetzung der Anfangsbuchstaben dieser zwei Projekte ergab sich auch der Name dieses Vergütungsmodells.²⁴

Als Vertragssystem kann StilfOs grob als leistungsorientierte Regievergütung eingestuft werden.²⁵ Der Leitgedanke von StilfOs ist hierbei die Umlage eines Teils der zeitabhängigen Kosten zu den leistungsgebundenen Kosten. Durch dieses Umlagesystem soll eine klare Leistungsorientiertheit geschaffen werden. Ein weiteres Hauptmerkmal von StilfOs ist die gemeinsame Ressourcenfestlegung, wodurch ein Teil des Risikos auf den AG übergeht.

²³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGsinstitut: ÖNORM B 2110:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen. ÖNORM. S. 9-10

²⁴ Vgl. STADLER, G.; REINSICH, A.: Kalkulatorische Vergnügung von zeit- und leistungsbezogenene Vergütungselementen für Bauleistungen. In: Wirtschaftsingenieur, 41/1998. S. 12

²⁵ WERKL, M.: Zur Bewältigung des Unvollkommenen - ein Ansatz mit zeit- und leistungsbezogener Vergütung. In: Bauaktuell, 05/2010. S. 122

Informationen zu Altlasten) vor, welche wiederum in einer unvollkommenen Leistungsbeschreibung münden. Im Hochbau ist StilfOs nur bedingt einsetzbar, da zum einen aufgrund des geringen Geräteeinsatzes die Umlageprozentsätze angepasst werden müssten und zum anderen der Grad der Unvollkommenheit der Leistungsbeschreibung eher gering ist. Erdenklich ist der Einsatz jedoch bei Altbausanierungen, Umbauten und Großprojekten. Als weiteres Anwendungsgebiet von StilfOs ist die Verrechnung und Vergütung von Leistungen der ARGE-Partner untereinander zu nennen. Einerseits wollen die ARGE-Partner möglichst wenig für Ressourcen zahlen (bei StilfOs nur vollständige Vergütung bei Leistungserbringung), andererseits jedoch Gewinne durch Leistungserbringung und Optimierung einfahren (bei StilfOs kann ein Mehrgewinn bei einer Bauzeitverkürzung erwirtschaftet werden). Sofortbaumaßnahmen sind als letztes Anwendungsgebiet vorstellbar. Durch das leistungsorientierte Vertragsmodell StilfOs würde es zu keinem Ausnutzen der Notsituation des Bauherrn kommen und die Vergütung würde zu einem üblichen Marktpreis stattfinden.

2.3.2.2 Berechnungsablauf

Die wesentlichen Schritte bei der Kalkulation mit StilfOs sind in Abbildung 2.11 dargestellt.

Ausgehend von der Detailkalkulation wird bei StilfOs eine neue Einteilung in sieben Kostengruppen vorgenommen. Die Vergütung der jeweiligen Kostengruppe erfolgt entweder pauschal, zeitabhängig oder leistungsabhängig und ist in Tabelle 2.1 ersichtlich.

Tabelle 2.1 Kostengruppengliederung von StilfOs mit dazugehöriger Vergütungsart

Lfd. Nr	Kostengruppe	Vergütung
0	A	B
1	Baustelleinrichtung/-räumung	pauschal
2	Baustellengemeinkosten	zeitabhängig
3	Gerät	
4	Personal	
5	Leistung	leistungsabhängig
6	Material	
7	Sonderkosten	

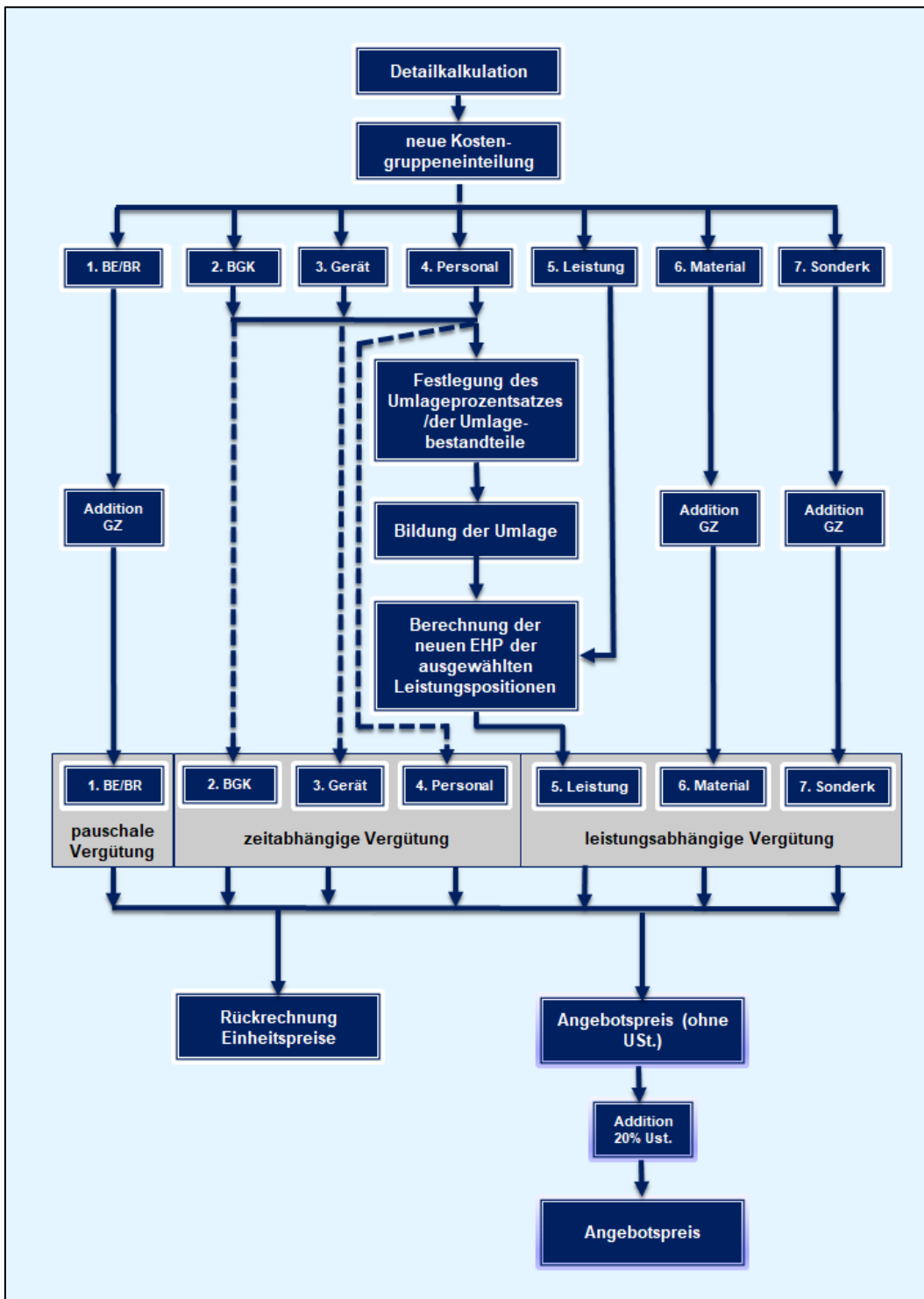


Abbildung 2.11 Ablaufdiagramm StilfOs

Die **Kostengruppe 1 Baustelleneinrichtung/Baustellenräumung** beinhaltet einmalige Kosten, die bei der Einrichtung/Räumung der Baustelle

anfallen. Beispiele hierfür sind in Abschnitt 2.2.4 unter dem Punkt „nicht zeitabhängige Baustellengemeinkosten“ zu finden.

In die **Kostengruppe 2 Baustellengemeinkosten** werden alle zeitabhängigen Baustellengemeinkosten eingerechnet. Einige Beispiele für zeitabhängige BGK sind in Abschnitt 2.2.4 zu finden.

Der **Kostengruppe 3 Gerät** werden zeitabhängige Vorhalte- und Betriebskosten für Maschinen, die einer Einzelposition zugeordnet sind, zugerechnet. Die Gerätekosten gliedern sich dabei in Kosten für Abschreibung und Verzinsung, sowie Reparaturkosten. Manchmal kommt es vor, dass die Personalkosten für Bedienpersonal bereits in den Gerätekosten inkludiert sind. In diesem Fall ist darauf zu achten, dass diese Kosten nicht doppelt verrechnet werden.

In die **Kostengruppe 4 Personal** sind alle Kosten für operatives (produktives) Personal einzubeziehen. Da sich die Lohnkosten aus dem Produkt von Lohnstunden und Mittelohnkosten errechnen, ist auf eine korrekte Ermittlung der Mittelohnkosten zu achten.

Der **Kostengruppe 5 Leistung** sind alle Kosten, die nur bei tatsächlicher Leistungserbringung entstehen, zuzuordnen. Beispiel hierfür sind Treibstoffkosten, Schmierstoffkosten und Energiekosten.

Die **Kostengruppe 6 Material** beinhaltet alle Baustoffkosten, sowie Kosten für Hilfsmaterialien, sofern diese nach Verbrauch abgerechnet werden.

In die **Kostengruppe 7 Sonderkosten** sind all jene Kosten, die keiner anderer Kostengruppe zugeordnet wurden, einzurechnen. Dies sind zum Beispiel Kosten für Subunternehmer oder Entsorgungskosten.

Im Anschluss an die neue Kostengruppengliederung kann der Umlageprozentsatz festgelegt werden. Dieser ist im Wesentlichen vom Verhältnis der zeitgebundenen zu den leistungsgebundenen Kosten abhängig. Beispielsweise wird bei geringen zeitgebundenen Kosten der Prozentsatz der Umlage eher hoch sein. Bei hohen zeitgebundenen Kosten wird der Prozentsatz hingegen eher gering sein.²⁶

Folgende Bestandteile sollten zur Umlagenbildung von den Kostengruppen 2, 3 und 4 herangezogen werden:²⁷

- sämtliche Gesamtzuschläge
- ein kalkulatorischer Abschlag auf die Personalkosten

²⁶ Vgl. STURM, M.: Studien zu zeitgebundenen und leistungsbezogenen Vergütungen von Bauleistungen (STILFOS). Diplomarbeit. S. 26

²⁷ WERKL, M.: Analyse von Vertrags- und Vergütungsmodellen im Spezialtiefbau unter besonderer Berücksichtigung der zeit- und leistungsbezogenen Vergütung (StilfOs) am Beispiel von Injektionen. Diplomarbeit. S. 31

- sämtliche Reparaturkosten der Geräte

Der kalkulatorische Abschlag auf die Mittellohnenkosten sollte dabei in einer Bandbreite von 20 % bis 30 % liegen.²⁸

Ein Teil der Abschreibung und Verzinsung der Geräte der Kostengruppen 2 und 3 kann ebenfalls in die Umlage miteinkalkuliert werden. Die Miteinbeziehung ist wiederum vom Verhältnis der zeitgebundenen zu den leistungsgebundenen Kosten abhängig.

Nach dem Umlageverfahren findet schlussendlich eine Rückrechnung zu Einheitspreisen statt und der Angebotspreis kann wiederum ermittelt werden.

2.3.2.3 Beispiel

In weiterer Folge sollen durch ein Beispiel das Umlagesystem sowie die wesentlichen Vorteile von StilfOs verdeutlicht werden.

Folgende Randbedingungen werden dem Beispiel zugrunde gelegt:

- Bauzeit: 12 Monate
- Gesamtkosten (GK) pro Monat: 100.000 €/Mo
- zeitabhängige Kosten (zeit. K): 40 % (40.000 €/Mo)
- leistungsabhängige Kosten (leist. K): 60 % (60.000 €/Mo)
- Umlageprozentsatz: 25 %
- Bauzeitverkürzung: 2 Monate

Zur Vereinfachung wurde die prozentuale Aufteilung der zeitabhängigen und leistungsabhängigen Kosten angenommen. Normalerweise wird diese erst nach Einteilung in die sieben Kostengruppen ersichtlich. Der Umlageprozentsatz wurde ebenfalls mit 25 % festgelegt.

Als erster Schritt wird die Umlage gebildet:

$$Umlage = \text{zeitabhängige Kosten} * \text{Umlageprozentsatz} \quad [\text{€/Mo}] \quad (2-8)$$

$$Umlage = 40.000 \frac{\text{€}}{\text{Mo}} * 25 \% = \underline{\underline{10.000 \text{ €/Mo}}}$$

Die Berechnung ergibt das 10.000 €/Mo von den zeitgebundenen Kosten auf die leistungsgebundenen Kosten umgelegt werden. Nach der Umlage

²⁸ Vgl. BLECKENWEGNER, K.: Eindämmung spekulativer Preisbildung durch die Anwendung zeitgebundener und leistungsbezogener Vergütung (STILFOS) mit geringer Sensitivität. Diplomarbeit. S. 38

betragen die zeitabhängigen Kosten also nur mehr 30.000 €/Mo (360.000 € bei 12 Mo) und die leistungsabhängigen Kosten insgesamt 840.000 € (1.200.000 € – 360.000 €).

Wird nun die Leistung in der vorgegebenen Bauzeit von 12 Monaten erbracht, kommt es zu keinen Auswirkungen durch die Umlage und die Gesamtkosten betragen weiterhin 1.200.000 €.

Schafft es jedoch das Unternehmen, die Produktivität zu steigern und dadurch die Bauzeit zu verkürzen, zeigt der Umlagemechanismus von StilfOs Wirkung.

Die Gesamtkosten bei einer allgemein gebräuchlichen, sowie einer Vergütung mit StilfOs werden zur Veranschaulichung der Auswirkungen in weiterer Folge gegenübergestellt.

- Vergütung allgemein gebräuchlich

$$GK = \text{zeit. } K/\text{Mo} * \text{Bauzeit} + \text{leist. } K \quad [€] \quad (2-9)$$

$$GK = 40.000 \frac{€}{\text{Mo}} * 10 \text{ Mo} + 720.000 € = \underline{\underline{1.120.000 €}}$$

- Vergütung StilfOs

$$GK = \text{zeit. } K/\text{Mo} * \text{Bauzeit} + \text{leist. } K \quad [€]$$

$$GK = 30.000 \frac{€}{\text{Mo}} * 10 \text{ Mo} + 840.000 € = \underline{\underline{1.140.000 €}}$$

Wie man erkennen kann, bekommt der AN bei StilfOs weniger zeitgebundene Kosten vergütet als eigentlich entstehen (nur 30.000 €/Mo statt 40.000 €/Mo). Um nun die vollen zeitabhängigen Kosten vergütet zu bekommen, muss die Bauzeit eingehalten werden. Kommt es jedoch sogar zu einer Bauzeitverkürzung, bekommt der AN mehr Kosten vergütet als bei einem herkömmlichen Vergütungsmodell (1.140.000 € statt 1.120.000 €). Es entsteht also ein klarer Leistungsanreiz auf AN-Seite. Der AG wiederum muss bei einer Bauzeitverkürzung weniger Gesamtkosten zahlen als ursprünglich (1.140.000 € statt 1.200.000 €).

In Abbildung 2.12 ist der Umlagemechanismus von StilfOs grafisch dargestellt. Bei einer verkürzten Bauzeit von 10 Monaten werden dem AN 114.000 €/Mo vergütet.

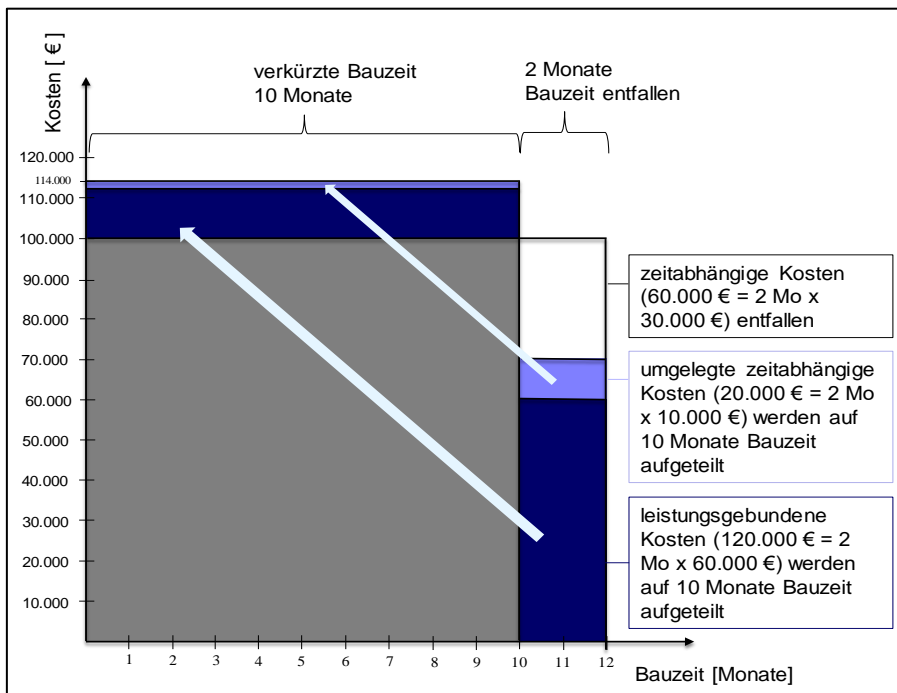


Abbildung 2.12 Umlagesystem StilfOs

Abschließend ist noch anzumerken, dass bei diesem einfachen Beispiel Nichtlinearitäten nicht berücksichtigt wurden.

2.3.3 Andere Anreizorientierte Vergütungsmodelle

In diesem Abschnitt werden weitere drei anreizorientierte und praxiserprobte Vergütungsmodelle vorgestellt.

2.3.3.1 Garantierter Maximalpreisvertrag

Der Garantierter Maximalpreisvertrag (GMP) stammt ursprünglich aus den USA, wo er auch Guaranteed-Maximum-Price-Vertrag genannt wird. Er zeichnet sich im Wesentlichen dadurch aus, dass ein Zielpreis und ein Maximalpreis vereinbart werden. Der Zielpreis setzt sich aus dem pauschalen Anteil für Eigenleistung (Bauleistung, Vergütung Management und Planung) und dem variablen Anteil der Fremdleistung zusammen (siehe Abbildung 2.13).

Schafft es der AN durch Einsparungen bei der Subunternehmervergabe am Ende des Projektes unter dem Zielpreis zu bleiben, wird die Differenz zwischen Zielpreis und tatsächlichem Preis mit einem vertraglich vereinbarten Verhältnis auf den AN und den AG aufgeteilt.

Kann der Zielpreis hingegen nicht eingehalten werden, müssen AN und AG für die Mehrkosten zusammen aufkommen. Dieses Szenario tritt jedoch nur bis zur Erreichung des festgelegten Maximalpreises ein. Ab dem Überschreiten des Maximalpreises muss der AN alleine die Mehrkosten bezahlen.

Durch den GMP-Vertrag soll der gemeinsame Anreiz geschaffen werden, den Zielpreis zu unterschreiten und somit Kosteneinsparungen auf beiden Seiten zu erreichen. Dies wird nur möglich sein, wenn AN-Vertreter und AG-Vertreter kooperativ miteinander umgehen und die im Laufe eines Bauprojektes auftretenden Wissensvorsprünge (AG bei Vergabe, AN bei Ausführung) dem jeweiligen anderen Vertragspartner weitergeben.

Der zukünftige Einsatz des garantierten Maximalpreisvertrages im Spezialtiefbau ist als unwahrscheinlich zu betrachten, da aufgrund der bereits öfter genannten Unvollkommenheit der Leistungsbeschreibung Mehrkosten in der Bauausführung eher die Regel als die Ausnahme sind und somit die Abgabe eines Maximalpreises nicht legitim wäre. Des Weiteren agieren die Spezialtiefbaufirmen des Öfteren bereits als Subunternehmer bzw. ist normalerweise die weitere Vergabe von Subaufträgen selten (Transport von Aushubmaterial durch Subunternehmer ist eventuell vorstellbar).

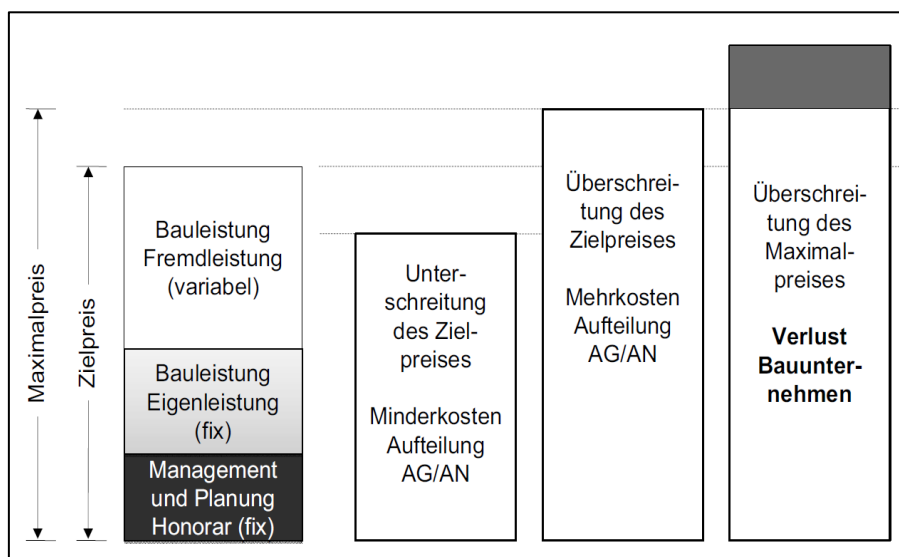


Abbildung 2.13 Zusammensetzung des GMP-Vertrages²⁹

2.3.3.2 Project Alliancing

Ein weiteres anreizorientiertes Vergütungsmodell ist das Project Alliancing, welches vor allem im öffentlichen Bausektor in Australien angewandt

²⁹ KOCHENDÖRFER, B.; LIEBCHEN, J. H.; VIERING, M. G.: Bau-Projekt-Management 4.Auflage. S. 74

wird. Während der Projektlaufzeit kommt es zu einer temporären Vereinigung der Projektbeteiligten zu einer eigenen Organisation. Die Organisation kann nur als Ganzes Gewinne erwirtschaften oder Verluste einfahren, weshalb Entscheidungen immer im Sinne eines optimalen Projekterfolges, von allen Projektbeteiligten zusammen, getroffen werden.³⁰

Die Vergütung der vom AG beauftragten Organisationsmitglieder setzt sich aus 3 Stufen zusammen:³¹

- Stufe 1: Vergütung aller Einzelkosten sowie Projektgemeinkosten, welche während des Projektes anfallen,
- Stufe 2: Erstattung der allgemeinen Geschäftsgemeinkosten und Bezahlung eines angemessenen Gewinns,
- Stufe 3: Anwendung eines Bonus-Malus-Systems. Bonuszahlungen an alle Organisationsmitglieder, wenn definierte Projektziele erreicht wurden oder Malus-Einbehalt des Bauherrn bei Verfehlung der Projektziele. Als Kriterien für den Erreichungsgrad der Projektziele können Kosteneinhaltung, Termineinhaltung sowie andere kostenunabhängige Kriterien (z.B. Qualität) festgelegt werden. Der maximale Vergütungsabzug ist in der Summe der allgemeinen Geschäftskosten (AGK) und des Gewinnes beschränkt.

Das dreistufige Vergütungsmodell ist auch in Abbildung 2.14 grafisch dargestellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Organisationsmitglieder durch das Bonus-Malus-System zum Mitwirken an der bestmöglichen Erreichung der Projektziele bekräftigt werden. Kritisch ist jedoch anzumerken, dass dieses System nur funktioniert, wenn wirklich alle Organisationsmitglieder an einem Strang ziehen. Demensprechend ist eine gründliche Auswahl der Projektbeteiligten vor der Gründung der Organisation vorzunehmen.

Der Einsatz dieses Vergütungsmodells im Spezialtiefbau ist durchaus vorstellbar. Bis zu einem möglichen Einsatz in Österreich müssten jedoch noch einige Punkte, wie zum Beispiel die Ausschreibung und Vergabe mit diesem Vertragsmodell, geklärt werden.

³⁰ Vgl. SAKAL, M. W.: Project Alliancing: A Relational Contracting Mechanism for Dynamic Projects. <https://www.leanconstruction.org>. Datum des Zugriffs: 20. August. 2018

³¹ Vgl. RACKY, P.; NATALIE, S.: Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr. Ing. Christoph Motzko. In: Anreizorientierte Vergütungsmodelle für Bauleistungen - Ergebnisse einer diesbezüglichen empirischen Studie zu Relevanz und Forschungsbedarf. S. 626

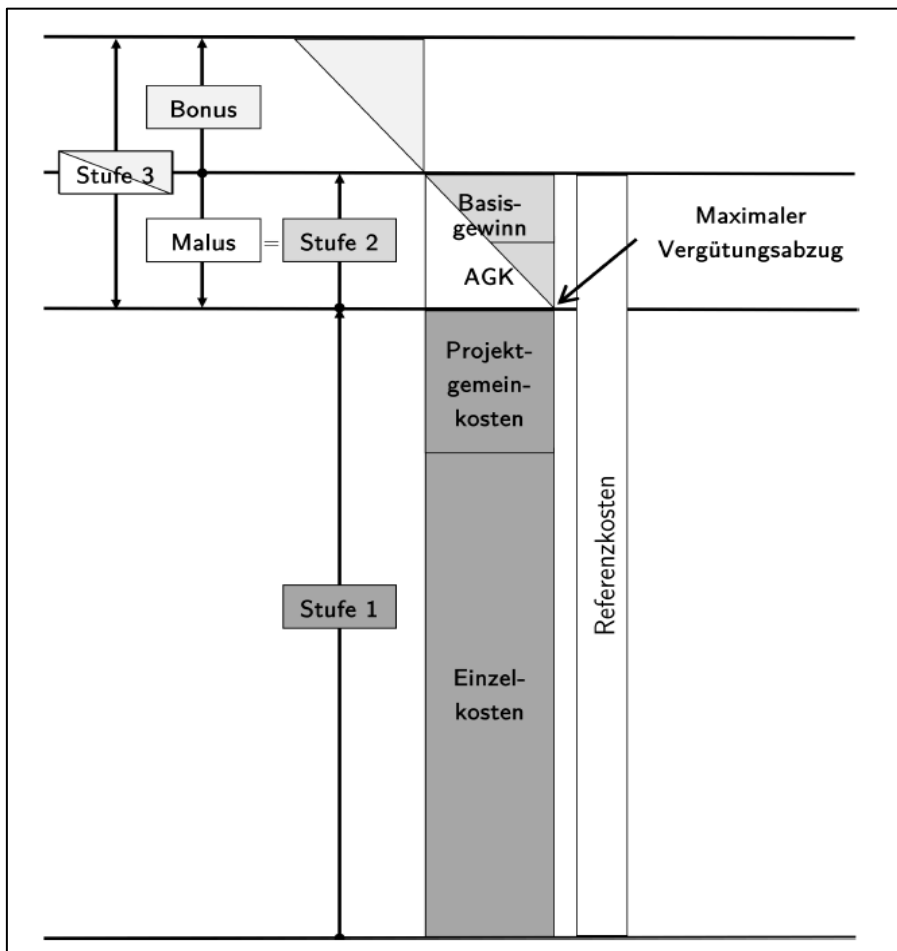


Abbildung 2.14 Dreistufiges Vergütungssystem einer Projektallianz³²

2.3.3.3 Value Engineering (ÖNORM B 2118:2013)

Als Alternative zur klassischen ÖNORM B 2110:2013 wurde die ÖNORM B 2118:2013 zur Anwendung bei komplexe Bauvorhaben und Großprojekte herausgegeben. Sie unterscheidet sich in einigen Punkten von der ÖNORM B 2110:2013. Die wesentlichen Differenzierungsmerkmale hierbei sind:

- Partnerschaftssitzungen
- Außergewöhnliche Witterungsverhältnisse (Schlechtwetter)
- Value Engineering

³² SCHLABACH, C.: Untersuchung zum Transfer der australischen Projektentwicklungsform Project Alliancing auf den deutschen Hochbaumarkt. Dissertation. S. 197

Partnerschaftssitzungen werden zur Vermeidung von Streitigkeiten, sowie zur einvernehmlichen Lösung von Problemen eingeführt.³³ Sie haben mindestens einmal pro Monat stattzufinden und die Projektbeteiligten müssen zwingend entscheidungsbefugte Vertreter entsenden.³⁴ Mehrkostenforderungen müssen bis zur nächsten Partnerschaftssitzung dem Grunde nach angemeldet werden und der Höhe nach innerhalb von 3 Monaten ab Aufforderung des AG vorgelegt werden.³⁵

Die Definition der ÖNORM B 2118:2013 von **außergewöhnlichen Witterungsverhältnissen (Schlechtwetter)** weicht wesentlich von jener der ÖNORM B 2118:2013 ab bei derer das 10-jährliche Ereignis als vereinbart gilt, wenn keine gesonderte Vereinbarung im Bauvertrag vorgenommen wurde.³⁶ Das ist vor allem deswegen wichtig, weil außergewöhnliche Witterungsverhältnisse der Sphäre des AG zugerechnet werden und somit sowohl ein Anspruch um eine Bauzeitverlängerung als auch Mehrkostenforderungen möglich sind. Außergewöhnliche Witterungsereignisse auf der Baustelle definieren sich nach der ÖNORM B 2118:2013 wie folgt:³⁷

- *Einzelereignis: Außergewöhnliche Witterungsverhältnisse liegen vor, wenn bei einem kurzfristigen Niederschlagsereignis die 15-minütige oder 48-stündige Niederschlagsspende über dem 20-jährlichen Ereignis der nächstgelegenen Wetterbeobachtungsstelle der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) gelegen ist.*
- *Periodenbezogen: Außergewöhnliche Witterungsverhältnisse liegen vor, wenn bei längeren Betrachtungszeiträumen die Ausfallszeiten in der betroffenen Periode den Mittelwert derselben Periode in den 10 Jahren vor dem Jahr der Angebotsabgabe um mehr als die vereinbarten Werte übersteigen.*

Periodenbezogen gilt ein Arbeitstag als ein „Schlechtwettertag“, wenn zumindest ein Schlechtwetterkriterium der ZAMG bezogen auf die nächstgelegene Wetterbeobachtungsstelle vorliegt, welche folgendermaßen lauten:³⁸

³³ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 2118:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten. ÖNORM. S. 10

³⁴ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 2118:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten. ÖNORM. S. 14-15

³⁵ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 2118:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten. ÖNORM. S. 30

³⁶ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 2110:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen. ÖNORM. S. 27

³⁷ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 2118:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten. ÖNORM. S. 28

³⁸ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 2118:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten. ÖNORM. S. 47

- zumindest 3 mm Niederschlag in mindestens 3 Stunden
- mindestens 10 mm Niederschlag zwischen 07:00 Uhr und 16:00 Uhr
- mindestens 6 Beaufort (ca. 52 km/h) Windgeschwindigkeit gemessen in mindestens 2 Zeiträumen (06:00 Uhr bis 07:00 Uhr und 13:00 Uhr bis 14:00 Uhr)
- mindestens 20 cm Schneefall
- -10°C Lufttemperatur und weniger im Zeitraum von 06:00 Uhr und 07:00 Uhr und -5°C Lufttemperatur und weniger im Zeitraum von 13:00 Uhr und 14:00 Uhr
- -20°C Lufttemperatur und weniger
- Lufttemperatur im Zusammenwirken mit der Windgeschwindigkeit:
- -6°C bis 0°C und mindestens 4 Beaufort (20 km/h) an einem Termin (06:00 Uhr bis 07:00 Uhr oder 13:00 Uhr bis 14:00 Uhr)
- -10°C bis -6°C und mindestens 3 Beaufort (15 km/h) an einem Termin (06:00 Uhr bis 07:00 Uhr oder 13:00 Uhr bis 14:00 Uhr)

Je nach Periodendauer sind in der ÖNORM B 2118:2013 verschiedene Grenzwerte für die Definition eines außergewöhnlichen Witterungsverhältnisses angegeben, welche in Tabelle 2.2 ersichtlich sind. Zwischen den Werten kann linear interpoliert werden.

Tabelle 2.2 Grenzwerte für die Definition eines außergewöhnlichen Witterungsverhältnisses³⁹

Lfd. Nr	Periodendauer	Abweichung vom Mittelwert (Grenzwert)	
		A	B
0			
1	1 Monat		100%
2	6 Monate		50%
3	12 Monate		20%

Bei Überschreitung der Grenzwerte wird die Differenz der gemessenen Schlechtwettertage zum Grenzwert als Basis für eine Bauzeitverlängerung herangezogen.⁴⁰

³⁹ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 2118:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten. ÖNORM. S. 28

⁴⁰ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 2118:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten. ÖNORM. S. 28

Ein weiteres wesentliches Unterscheidungsmerkmal der ÖNORM B 2118:2013 zur ÖNORM B 2110:2013 ist die Möglichkeit des **Value Engineering (Ausführungsänderung)**. Der AN kann hierbei Vorschläge zu kostenminderten Leistungsänderungen einbringen. Der Anreiz auftragnehmerseitig liegt dabei in der Tatsache, dass dieser einen Teil der Kostenersparnis vergütet erhält (meist 50 %). Wichtig ist, dass das Value Engineering immer gesondert vereinbart werden muss und nicht automatisch bei Vereinbarung der ÖNORM B 2118 gilt.⁴¹

Vor einer Beauftragung sind folgende Punkte zu klären:⁴²

- technische Gleichwertigkeit zum festgelegten Leistungsumfang (Bau-Soll),
- Darstellung der Auswirkungen der Leistungsabweichung auf Sicherheit, Qualität, Dauerhaftigkeit, Lebenszykluskosten, Beschaidlage, Nachbarbaulose, Bauzeit und Risiko sowie sonstige Folgekosten unter entsprechender Mitwirkung des AG,
- verbindliches Angebot auf Preisbasis, Preiskomponenten, Mengen- und Leistungsansätzen des Vertrages sowie durch die Leistungsabweichung entstehende Kostenersparnis sowohl in der Sphäre des AN als auch in der Sphäre des AG,
- Termin für eine Entscheidung des AG.

Es kann gesagt werden, dass bei der Anwendung von Value Engineering AN bekräftigt werden ihr vorhandenes Know-how zur Findung der kostengünstigsten Variante bei gleichbleibender Qualität einzusetzen. Dieser Know-howtransfer von Auftragnehmer- zu Auftraggeberseite würde bei einem herkömmlichen Vergütungsmodell wahrscheinlich nicht in diesem Ausmaß stattfinden.

Die Anwendung des Value Engineering im Spezialtiefbau ist de facto denkbar. Ein Einsatz der ÖNORM B 2118:2013 bei Spezialtiefbauarbeiten ist dem Autor nach einer gründlichen Literaturrecherche jedoch nicht bekannt.

2.3.4 Anpassung der Vergütung

Kommt es im Zuge eines Bauprojektes zu einer Abweichung des vereinbarten Bau-Solls, welche der AG zu vertreten hat, ist eine Anpassung der

⁴¹ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 2118:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten. ÖNORM. S. 48

⁴² ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 2118:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten. ÖNORM. S. 46

Vergütung und der Bauzeit vorzunehmen. Das Bau-Soll bzw. der Leistungsumfang umfasst dabei alle Leistungen, die durch den Vertrag und den daraus abzuleitenden erwartbaren Umständen, festgelegt werden.⁴³ Gebräuchliche Vertragsinhalte zur Festlegung des Bau-Solls sind z.B. Leistungsverzeichnisse, qualitative Beschreibungen der Bauleistungen, Pläne, Angaben zu wichtigen Rahmenbedingungen sowie die Bauzeit.

Wie einleitend schon erwähnt, ist die Zuordnung der Abweichung zur Sphäre des AG Voraussetzung für die Anpassung der Vergütung. Kommt die Abweichung hingegen aus der Risikosphäre des AN wird die Vergütung nicht angepasst und der AN muss für etwaige Mehrkosten selbst aufkommen. In Abbildung 2.15 ist hierzu die Einteilung der Sphären und ihre Zuordnung ersichtlich.

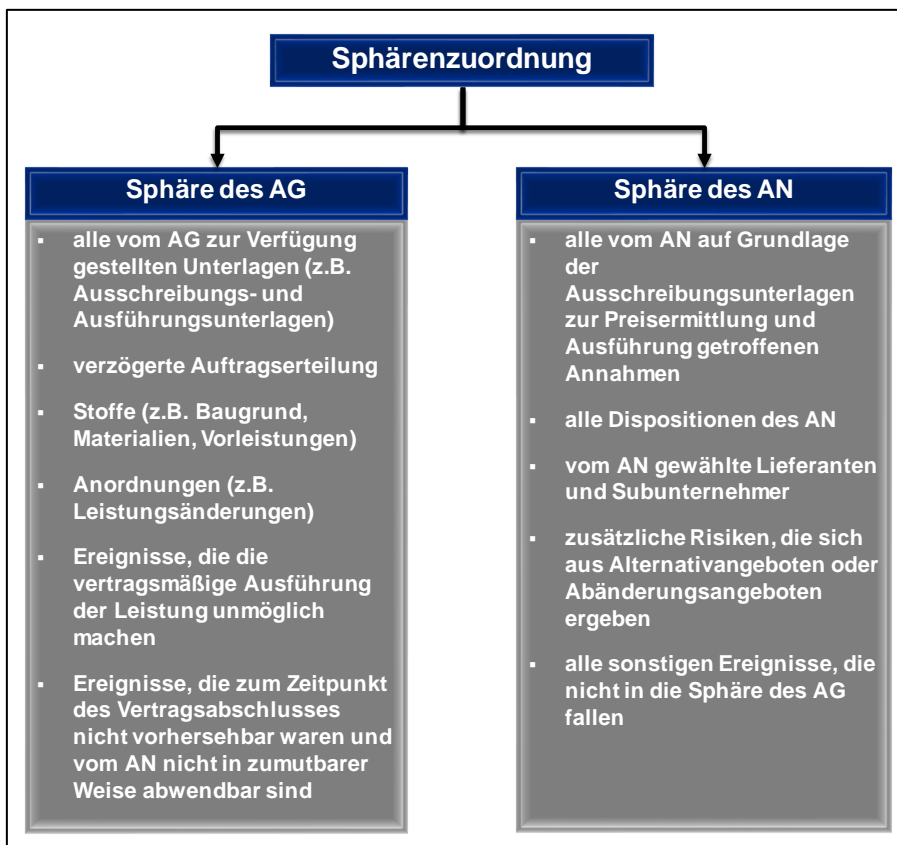


Abbildung 2.15 Sphärenzuordnung der ÖNORM B 2110:2013⁴⁴

⁴³ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 2110:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen. ÖNORM. S. 9

⁴⁴ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 2110:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen. ÖNORM. S. 27

Beim Einheitspreisvertrag sieht die ÖNORM B 2110:2013 zusätzlich noch eine weitere Möglichkeit zur Preisanpassung vor. Bei Über- oder Unterschreitung der im Vertrag angegebenen Menge einer Position mit Einheitspreis um mehr als 20 % ist über Verlangen eines Vertragspartners ein neuer Einheitspreis für die tatsächlich ausgeführte Menge unter Berücksichtigung der Mehr-/Minderkosten zu vereinbaren, wenn dies kalkulationsmäßig auf bloße Mengenänderung (unzutreffende Mengenangaben ohne Vorliegen einer Leistungsabweichung) zurückzuführen ist.⁴⁵

2.3.5 Vergütungsmatrix

In diesem Abschnitt werden die zuvor beschriebenen Vertrags- und Vergütungsmodelle bezüglich ihrer Einsatzgebiete und Anpassungsmechanismen gegenübergestellt. Hierzu wurde eine Vergütungsmatrix entworfen, welche in Tabelle 2.1 dargestellt ist.

Tabelle 2.3 Vergütungsmatrix – Vertragsmodelle in der Bauwirtschaft

Lfd. Nr.	Vertrags- und Vergütungsmodelle in der Bauwirtschaft	Einsatzgebiete			Anpassung der Vergütung bei		
		Österreich	Weltweit	andere Staaten	Leistungsänderung	Störung der Leistungserbringung	Mengenänderung
0	A	B	C	D	E	F	G
1	allgemein gebräuchliche Vergütungsmodelle						
2	Einheitspreisvertrag	x	x		x	x	x
3	Detailpauschalvertrag	x	x		x	x	
4	Globalpauschalvertrag	x	x		x		
5	Regiepreisvertrag	x	x		x	x	x
6	anreizorientierte Vergütungsmodelle						
7	StilfOs	x		x	x	x	x
8	Garantierter Maximalpreisvertrag	x	x		x	x	x ¹
9	Project Alliancing			x	x	x	x
10	Value Engineering	x	x		x	x	x ²
	¹ bis zu einem vereinbarten Maximalpreis						
	² je nach vereinbarter Risikoteilung						

In der Spalte A sind die einzelnen Vergütungsmodelle eingetragen. Spalte B lässt erkennen, dass alle beschriebenen Vergütungsmodelle – mit der Ausnahme des Project Alliancing – bereits in Österreich eingesetzt wurden. Weltweit, also auf mehreren Kontinenten, verwendet werden alle allgemein gebräuchliche Vergütungsmodelle, sowie der Garantierte Maximalpreisvertrag und Value Engineering. Die beiden letztgenannten anreizorientierten Vergütungsmodelle haben ihren Ursprung im angloamerikanischen Raum und kommen deswegen auch in diesem Bereich am häufigsten zur Anwendung. StilfOs wurde ebenfalls bereits in mehrere Ländern

⁴⁵ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 2110:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen. ÖNORM. S. 28-29

eingesetzt (Kanada, Südafrika, Österreich). Project Alliancing wurde bisher nur in Australien eingesetzt (Zelle D9).

Die verschiedenen Vergütungsmodelle weisen unterschiedliche Anpassungsmechanismen bei Leistungsabweichungen (Leistungsänderung oder Störung der Leistungserbringung durch AG) und Mengenänderungen auf. Bei Leistungsänderungen (Spalte E), also Anordnungen vom AG, die das Bau-Soll neu definieren, wird die Vergütung bei allen genannten Modellen angepasst. Bei einer Störung der Leistungserbringung durch den AG können Mehrkosten vom AN bei allen Vergütungsmodellen – abgesehen vom Globalpauschalvertrag – eingefordert werden. Das Mengenrisiko hingegen trägt der AG nur beim Einheitspreisvertrag und dem Regiepreisvertrag, sowie bei den anreizorientierten Vergütungsmodellen (Spalte G). Beim garantierten Maximalpreisvertrag jedoch nur bis zu einem festgesetzten Schwellenwert und beim Value Engineering kann auch anderes vereinbart werden (Mengenrisiko AN).

Abschließend kann gesagt werden, dass in Österreich nur in seltenen Fällen anreizorientierte Vergütungsmodelle zum Einsatz kommen. Einerseits aufgrund der in Österreich üblichen strikten Trennung zwischen Planung und Ausführung. Somit wird Modellen, wie zum Beispiel dem Value Engineering, welches nur sinnvoll bei einer frühen Vergabe und einer einhergehenden Beeinflussung des Planungsprozesses durch den AN, ein Riegel vorgeschoben. Andererseits müssen sich öffentliche AG und Sektorenbeauftragte an ein „vertragliches Korsett“ halten, welches durch die ÖNORMEN und das BVerG geschnürt wird und somit nur wenig Spielraum für die Anwendung von innovativen Vertragsmodellen frei bleibt.

2.4 Vergabe von Bauleistungen

Dem AG stehen verschiedene Verfahrensarten zur Vergabe von Bauleistungen zur Verfügung. Grundsätzlich ist bei der Wahl des Vergabeverfahrens die Stellung des AG – es gibt öffentlichen AG, Sektorenauftraggeber und private AG – zu beachten. Private AG sind nicht an das Bundesvergabegesetz gebunden, können die Auswahl des Vergabeverfahrens selbst bestimmen und die Aufträge "Freihand" vergeben. Öffentliche AG und Sektorenauftraggeber hingegen müssen bei der Vergabe von Bauleistungen das Bundesvergabegesetz (BVerG) einhalten. In diesem sind unter anderem Schwellenwerte festgelegt, ab welchen die einzelnen Vergabeverfahren nicht mehr zur Anwendung kommen dürfen.

Spezialtiefbauaufträge werden sowohl von Privaten AG (z.B. Baugrubenumschließung für Bauträger) als auch von öffentlichen und Sektorenauftraggebern vergeben. Vor allem bei Einrichtungen öffentlichen Rechts (insbesondere ÖBB und ASFINAG) und bei Sektorenauftraggebern (unter anderem Energie- und Versorgungsunternehmen) kommen viele Spezialtiefbauarbeiten zur Ausschreibung. In weiterer Folge werden einige Punkte des BVerG näher beschreiben, wobei der Fokus auf die Vergabeverfahren des BVerG gerichtet ist. Die Erläuterung soll zeigen, dass die Ausschreibung von Bauleistungen als öffentlicher und Sektorenauftraggeber durchaus kompliziert ist und einige Randbedingungen einzuhalten sind. Es ist de facto anzunehmen, dass das Bundesvergabegesetz aufgrund dessen immensen Umfanges, hemmend auf den Einsatz anreizorientierter Vertrags- und Vergütungsmodelle im Spezialtiefbau wirkt.

2.4.1 Öffentliche Auftraggeber und Sektorenauftraggeber

Das BVerG regelt, welche AG verpflichtet sind dieses Bundesgesetz einzuhalten und definiert genau die Zuordnung zur Gruppe der öffentlichen AG, sowie zur Gruppe der Sektorenauftraggeber.

Zur Gruppe der **öffentlichen AG** zählen:⁴⁶

- der Bund, die Länder, die Gemeinden und Gemeindeverbände
- Einrichtungen öffentlichen Rechts, die
 - im Allgemeininteresse liegende Aufgaben nicht gewerblicher Art erfüllen
 - teilrechtsfähig sind

⁴⁶ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 21

- überwiegend von öffentlichen AG finanziert oder geleitet werden

Beispiele für Einrichtungen öffentlichen Rechts sind: ÖBB, ASFINAG, Arbeiterkammer, Bundesimmobiliengesellschaft usw.

- Verbände, die aus einem oder mehreren öffentlichen AG bestehen.

Zur Gruppe der **Sektorenauftraggeber** zählen:⁴⁷

- Öffentliche AG oder auch Private, bei Ausübung einer sogenannten Sektorentätigkeit.

Sektorentätigkeiten sind hierbei Tätigkeiten in folgenden Bereichen:⁴⁸

- Gas, Wärme und Elektrizität
- Wasser
- Verkehrsleistungen
- Postdienste
- Förderung von Erdöl und Exploration oder Förderung von Kohle oder anderen festen Brennstoffen
- Häfen und Flughäfen

2.4.2 Vergabeverfahren

Es gibt sieben praxisrelevante Vergabeverfahren für Bauleistungen, welche in Abbildung 2.16 dargestellt sind.

⁴⁷ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVergG 2018. S. 92

⁴⁸ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVergG 2018. S. 92-94

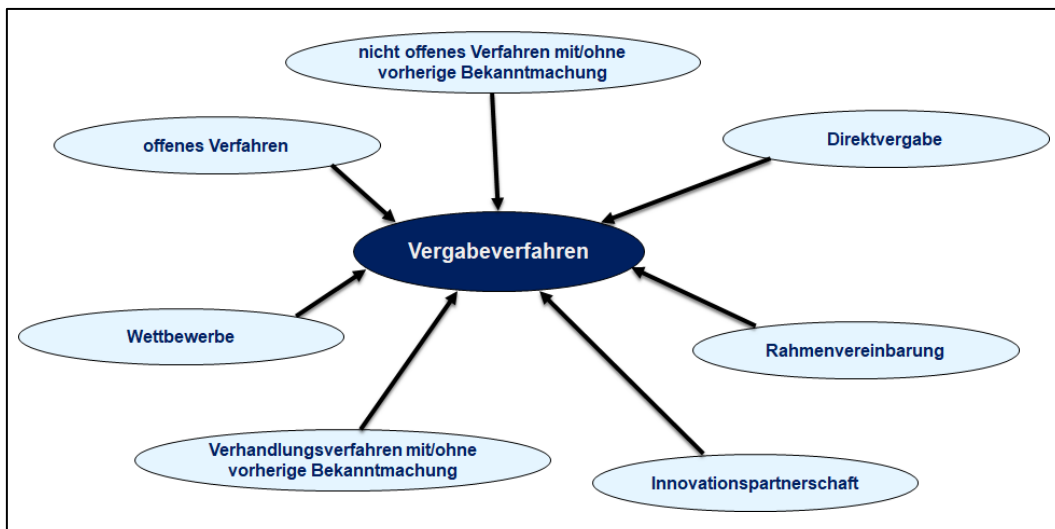


Abbildung 2.16 Vergabeverfahren⁴⁹

In weitere Folge werden die einzelnen Vergabeverfahren beschrieben.

2.4.2.1 Offenes Verfahren

Das offene Verfahren kennzeichnet sich dadurch, dass die Ausschreibung öffentlich eingesehen werden kann und alle Unternehmen, die Interesse an der Ausführung haben, ein Angebot abgeben können.

Laut § 33 und § 205 des BVerG können öffentliche AG und Sektorenauftraggeber das offenen Verfahren immer anwenden und es wird auch in der Praxis vermehrt angewendet.

In Abbildung 2.17 ist der Ablauf eines offenen Verfahrens dargestellt. Es wurde hierbei eine Einteilung in Angebotsphase, Prüfungsphase und Vertragsabschluss vorgenommen und die wesentlichen Vorgänge aufgelistet.

⁴⁹ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 34



Abbildung 2.17 Ablauf eines offenen Verfahrens⁵⁰

2.4.2.2 Nicht offenes Verfahren mit/ohne vorherige Bekanntmachung

Beim nicht offenen Verfahren mit vorheriger Bekanntmachung wird zuerst eine unbeschränkte Anzahl an Unternehmen öffentlich zur Abgabe von Teilnahmeanträgen aufgefordert, um danach ausgewählte geeignete Bewerber zur Abgabe von Angeboten aufzufordern.⁵¹

Öffentliche AG und Sektorenauftraggeber können dieses Vergabeverfahren ebenfalls immer anwenden (§ 33 und § 205 BVerG).

Beim nicht offenen Verfahren ohne vorherige Bekanntmachung wird hingegen nur eine beschränkte Anzahl von Unternehmen zur Abgabe von Angeboten aufgefordert.⁵²

⁵⁰ HARRER SCHNEIDER RECHTSANWÄLTE GMBH: Vergaberecht. Vorlesungsfolien. S. 4

⁵¹ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 34

⁵² Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 34

Die Vorgangsweise des nicht offenen Verfahren mit/ohne vorherige Bekanntmachung ist bis auf die Angebotsphase ident mit jener des offenen Verfahrens (siehe Abbildung 2.17 Prüfungsphase und Vertragsabschluss)

2.4.2.3 Verhandlungsverfahren mit/ohne vorherige Bekanntmachung

Das Verhandlungsverfahren mit vorheriger Bekanntmachung charakterisiert sich dadurch, dass eine unbeschränkte Anzahl an Unternehmen öffentlich zur Abgabe von Teilnahmeanträgen angehalten werden, geeignete Unternehmen herausgefiltert werden und diese zur Abgabe von Angeboten aufgefordert werden.⁵³

In Abbildung 2.18 ist ein möglicher Ablauf des Verhandlungsverfahrens mit vorheriger Bekanntmachung dargestellt.

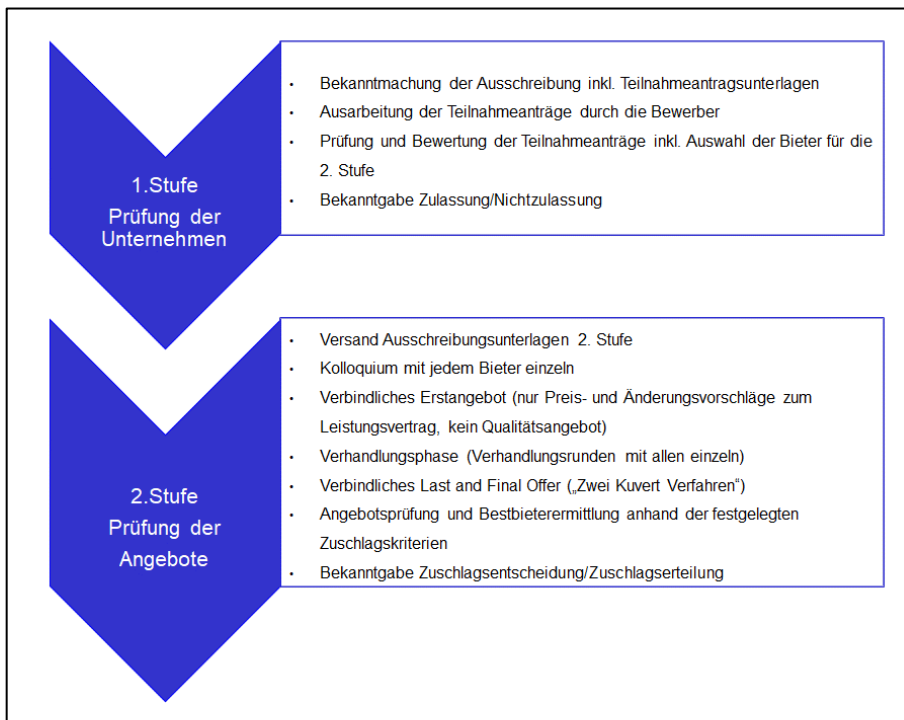


Abbildung 2.18 Ablauf eines Verhandlungsverfahrens⁵⁴

Beim „Zwei Kuvert Verfahren“ erfolgt zuerst (ersten Kuvert) eine Beurteilung der Qualität bzw. des Konzeptes anhand der definierten Zuschlagskriterien. Erst dann werden die Umschläge mit den Angebotspreisen der

⁵³ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVergG 2018. S. 34

⁵⁴ HARRER SCHNEIDER RECHTSANWÄLTE GMBH: Vergaberecht. Vorlesungsfolien. S. 5

Bieter geöffnet. Somit erfolgt eine wertneutrale Beurteilung der Qualität der Angebote.⁵⁵

Das Verhandlungsverfahren mit vorheriger Bekanntmachung ist zulässig, wenn:⁵⁶

- die Bedürfnisse des AG nicht ohne Anpassung bereits verfügbarer Lösungen erfüllt werden, oder
- der Auftrag konzeptionelle und innovative Lösungen umfasst, oder
- der Auftrag aufgrund konkreter Umstände, die mit seiner Art, Komplexität oder seinen rechtlichen oder finanziellen Bedingungen oder den damit einhergehenden Risiken zusammenhängen, nicht ohne vorherige Verhandlungen vergeben werden kann, oder
- die technische Spezifikation vom öffentlichen AG nicht mit ausreichender Genauigkeit unter Verweis auf eine Norm, eine europäische technische Bewertung, eine gemeinsame technische Spezifikation oder eine technische Bezugsgröße erstellt werden können, oder
- bereits ein offenes oder nicht offenes Verfahren mit vorheriger Bekanntmachung erfolglos durchgeführt wurde.

Beim Verhandlungsverfahren ohne vorherige Bekanntmachung werden ausgewählte Bieter zur Abgabe von Angeboten aufgefordert und im Laufe des Verfahrens wird über den Vertragsinhalt verhandelt.⁵⁷ Die 2. Stufe in Abbildung 2.18 listet die wesentlichen Vorgänge jenes Vergabeverfahrens auf.

Baufträge können gemäß § 35 des BVerG im Verhandlungsverfahren ohne vorherige Bekanntmachung vergeben werden, wenn:⁵⁸

- bei erfolglos durchgeführten offenen und nicht offenen Verfahren mit vorheriger Bekanntmachung, oder
- das Ziel der Auftragsvergabe die Erschaffung eines Kunstwerkes ist, das nur ein Unternehmen herstellen kann, oder
- die Bauleistung nur von einem bestimmten AN erbracht werden kann, oder

⁵⁵ Vgl. BUNDESINNUNG BAU: Leitlinie für die Vergabe von Ingenieurleistungen. https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/Vergabeleitlinie_Ingenieurleistungen_2014_FINAL.pdf. Datum des Zugriffs: 07. Jänner. 2019

⁵⁶ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVergG 2018. S. 35-36

⁵⁷ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVergG 2018. S. 34

⁵⁸ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVergG 2018. S. 36

- Fristen vom offenen Verfahren, vom nicht offenen Verfahren mit vorheriger Bekanntmachung oder vom Verhandlungsverfahren mit vorheriger Bekanntmachung aufgrund äußerst dringlicher, zwingender Gründe, welche der AG nicht zu vertreten hat, einzuhalten, oder
- neue Bauleistungen in der Wiederholung gleichartiger Bauleistungen bestehen und
- derselbe AG den Auftrag an den AN, der den ursprünglichen Auftrag erhalten hat, vergeben wird,
- der ursprüngliche Auftrag im Wege eines offenen Verfahrens, eines nicht offenen Verfahrens mit vorheriger Bekanntmachung, eines Verhandlungsverfahrens mit vorheriger Bekanntmachung, eines wettbewerblichen Dialoges oder einer Innovationspartnerschaft vergeben wurde,
- die Bauleistungen einem Grundprojekt entsprechen und dieses Projekt auch die Grundlage des ursprünglichen Auftrages war,
- die Möglichkeit der Anwendung eines derartigen Verhandlungsverfahrens bereits in der ersten Ausschreibung vorgesehen war und,
- der Umfang möglicher zusätzlicher Bauleistungen sowie die Bedingungen, unter denen sie vergeben werden, in der ersten Ausschreibung angegeben war,
- die Vergabe innerhalb von 3 Jahren nach Abschluss des ursprünglichen Vertrages erfolgt und
- der geschätzte Gesamtauftragswert der fortgesetzten Bauleistungen bei der Berechnung des geschätzten Auftragswertes des ursprünglichen Auftrages berücksichtigt wurde.

Unter Einhaltung dieser genannten Voraussetzungen kann das Verhandlungsverfahren ohne vorherige Bekanntmachung auch im Oberschwellenbereich (Schwellenwerte in Abschnitt 2.4.3) eingesetzt werden.

Dieses Vergabeverfahren wird eher selten in der Bauwirtschaft eingesetzt.

2.4.2.4 Rahmenvereinbarung

Eine weitere Vergabeart ist die Rahmenvereinbarung. Diese ist eine Vereinbarung **ohne Abnahmeverpflichtung** zwischen dem AG und dem AN und sie kann im Zuge der Durchführung eines offenen Verfahrens, eines

nicht offenen Verfahrens mit vorheriger Bekanntmachung oder eines Verhandlungsverfahrens abgeschlossen werden. Sie hat das Ziel, Bedingungen für die Aufträge, die während eines bestimmten Zeitraumes vergeben werden sollen, festzulegen.⁵⁹

2.4.2.5 Direktvergabe

Bei der Direktvergabe erfolgt die Vergabe, gegebenenfalls nach Einholung von Angeboten, formfrei an einen ausgewählten AN.⁶⁰

Diese Vergabeart ist sehr häufig bei der Vergabe von Bauleistungen an Subunternehmer anzutreffen.

2.4.2.6 Wettbewerbe

Wettbewerbe können als Ideenwettbewerbe oder als Realisierungswettbewerbe durchgeführt werden. Dabei kann wiederum zwischen dem offenen und dem nicht offenen Wettbewerb unterschieden werden.⁶¹

In der Praxis werden häufig Architekturwettbewerbe zur Findung der bestmöglichen Lösung durch Bewertung einer Jury eingesetzt.

2.4.2.7 Innovationspartnerschaft

Die Innovationspartnerschaft stellt ein neues Verfahren des BVerG 2018 dar. Nachdem eine unbeschränkte Anzahl von Unternehmen öffentlich zur Abgabe von Teilnahmeanträgen aufgefordert wurde, werden geeignete Unternehmen zur Abgabe von Angeboten zur Entwicklung für innovative Bauleistungen aufgefordert. Danach wird der Auftragsinhalt verhandelt. Sie kann dann angewendet werden, wenn ein Bedarf an einer innovativen Bauleistungen besteht, die nicht auf den Markt verfügbar ist.⁶²

⁵⁹ BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 34, 38

⁶⁰ BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 34

⁶¹ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 35, 39

⁶² Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 35, 39

2.4.3 Schwellenwerte

Schwellenwerte geben an, bis zu welchem Betrag das jeweilige Vergabeverfahren eingesetzt werden kann. Grundsätzlich ist eine Trennung zwischen Ober- und Unterschwellenbereich zweckmäßig.

Der Schwellenwert für die EU-weite Ausschreibung von Bauleistungen bei öffentlichen AG und Sektorenauftraggebern liegt aktuell nach BVerG § 12 bei **5.548.000 €**.⁶³

Dies bedeutet, dass Auftragssummen über 5.548.000 €, dem Oberschwellenbereich und Auftragssummen unter diesem Schwellenwert dem Unterschwellenbereich zugeordnet werden. Zu beachten ist, dass es sich hierbei um den geschätzten Auftragswert ohne Umsatzsteuer handelt und alle zugehörigen Leistungen und auch Optionen einzurechnen sind. Bei Bauaufträgen sind ebenfalls alle Lose zusammenzurechnen.⁶⁴

Öffentliche Auftraggeber und Sektorenauftraggeber können im Unterschwellenbereich alle in Abschnitt 2.4.2 genannten Vergabeverfahren, unter Einhaltung der entsprechenden Voraussetzungen einsetzen. Zu beachten ist jedoch, dass einige Verfahren niedrigere Schwellenwerte – bis zu jenen sie eingesetzt werden dürfen – aufweisen (Tabelle 2.4).

Tabelle 2.4 Schwellenwerte der Vergabeverfahren für öffentliche AG im Unterschwellenbereich^{65,66}

Lfd. Nr.	Verfahrensart	Schwellenwert
0	A	B
1	nicht offenes Verfahren ohne vorherige Bekanntmachung	1 000 000 €
2	Direktvergabe mit Bekanntmachung	500 000 €
3	Direktvergabe	100 000 €
4	Verhandlungsverfahren ohne vorherige Bekanntmachung	100 000 €

Für Sektorenauftraggeber gelten die Schwellenwerte der Direktvergabe und der Direktvergabe mit Bekanntmachung ebenfalls. Für das nicht offene Verfahren ohne vorherige Bekanntmachung und das Verhandlungsverfahren ohne vorherige Bekanntmachung sind für Sektorenauftraggeber keine zusätzlichen Schwellenwerte angegeben.

⁶³ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 27

⁶⁴ Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 28

⁶⁵ BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2018 – BVerG 2018. S. 40

⁶⁶ BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: Schwellenwertverordnung 2012. S. 1

Einige Schwellenwerte vom BVerG wurden durch die Schwellenwerteverordnung 2012 hinaufgesetzt. Zum Beispiel liegt der aktuelle Schwellenwert nach BVerG 2018 für Direktvergaben bei 50.000 €, welcher durch die Schwellenwerteverordnung, jedoch auf 100.000 € hinaufgesetzt wurde.

3 Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft

Am Ende einer Kalkulation wird vom Bieter ein Gesamtpreis abgegeben (Ausnahme z.B. Regiearbeiten). Der AG sammelt die Angebote, prüft sie, reiht diese der Höhe nach und vergibt den Auftrag an den günstigsten Anbieter (bei Billigstbietervergabe). Ob nun dieser Gesamtpreis des Billigstbieters zutrifft stellt sich im Laufe der Bauausführung und spätestens zum Zeitpunkt der Endabrechnung fest. Durch die Anwendung des Chancen- und Risikomanagements soll nun bereits bei der Angebotsabgabe eine Aussage getroffen werden mit welcher Eintrittswahrscheinlichkeit der abgegebene Wert (Gesamtpreis) unter- bzw. überschritten wird.

3.1 Begriffe

Nachfolgend werden die wesentlichen Begriffe des Chancen- und Risikomanagements vorgestellt, um einerseits einen eindeutigen Sprachgebrauch sicherzustellen und um andererseits eine Grundlage für die weiterführenden Berechnungen in Kapitel 5 zu bilden.

3.1.1 Chance bzw. Risiko

Es gibt zahlreiche Definitionen zu den Begriffen Chance bzw. Risiko und eine eindeutige Auslegung ist oft nur schwer möglich. Aufgrund dieser Sachlage wurde 2013 eine Expertenbefragung an der TU Graz durchgeführt, um die zentrale Frage zu klären, was man unter diesen Begriffen eigentlich in der Bauwirtschaft versteht.

Folgende Definitionen wurden aus den Ergebnissen der Umfrage abgeleitet:

*„**Risiko** ist eine Erwartungshaltung unter Unsicherheit, bei der mit einer negativen Zielabweichung gerechnet wird und die Auswirkungen und Eintrittswahrscheinlichkeit (objektiv oder auch subjektiv) bekannt sind.“⁶⁷*

*„**Chance** ist eine Erwartungshaltung unter Unsicherheit, bei der mit einer positiven Zielabweichung gerechnet wird und die Auswirkungen und Eintrittswahrscheinlichkeit (objektiv oder auch subjektiv) bekannt sind.“⁶⁸*

3.1.2 Lageparameter

Die drei wichtigsten Lageparameter sind der **Mittelwert**, der **Modalwert** und der **Median**.⁶⁹

⁶⁷ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 38

⁶⁸ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 38

⁶⁹ <https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/80/lageparameter>. Datum des Zugriffs: 10. Oktober. 2018

Der Mittelwert (arithmetischer Mittelwert) wird durch die Addition aller Werte und eine darauffolgende Division durch die Anzahl der Werte gebildet.

Der Modalwert ist jener Wert, der am häufigsten eintritt und wird unter anderem auch Modus, erwarteter Wert oder wahrscheinlichster Wert genannt.⁷⁰

Der Median ist jener Wert, der genau in der Mitte einer Datenreihe liegt. Somit sind 50 % der Werte kleiner als der Median und 50 % der Werte größer als der Median.⁷¹

In Abbildung 3.1 sind die drei Lageparameter am Beispiel einer schiefen Verteilung dargestellt.

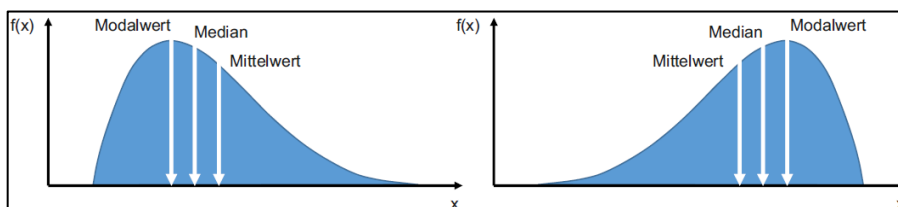


Abbildung 3.1 Lageparameter bei schiefen Verteilungen⁷²

3.1.3 Varianz, Standardabweichung

Die Varianz und die Standardabweichung sind die wesentlichen Indikatoren für die Streuung einer Verteilungsfunktion.

Die Varianz beschreibt die Abweichung einer Zufallsvariablen (x_i) von ihrem Erwartungswert (μ) und berechnet sich wie folgt:⁷³

$$Var(X) = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 * p_i \quad (3-1)$$

Die Abkürzung p_i in Gleichung (3-1) steht hierbei für die Eintrittswahrscheinlichkeit der Zufallsvariablen x_i .⁷⁴

Die Standardabweichung berechnet sich aus der Quadratwurzel der Varianz.⁷⁵

⁷⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 58

⁷¹ Vgl. <https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/85/median>. Datum des Zugriffs: 10. Oktober. 2018

⁷² HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 59

⁷³ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 60

⁷⁴ <https://www.mathebibel.de/varianz>. Datum des Zugriffs: 07. Jänner. 2019

⁷⁵ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 61

$$\sigma = \sqrt{\text{Var}(X)} \quad (3-2)$$

Ein bestimmter Teil der Gesamtfläche (68,27 %) befindet sich bei der Normalverteilung in einem Intervall der Standardabweichung um den Mittelwert (siehe Abbildung 3.2).⁷⁶

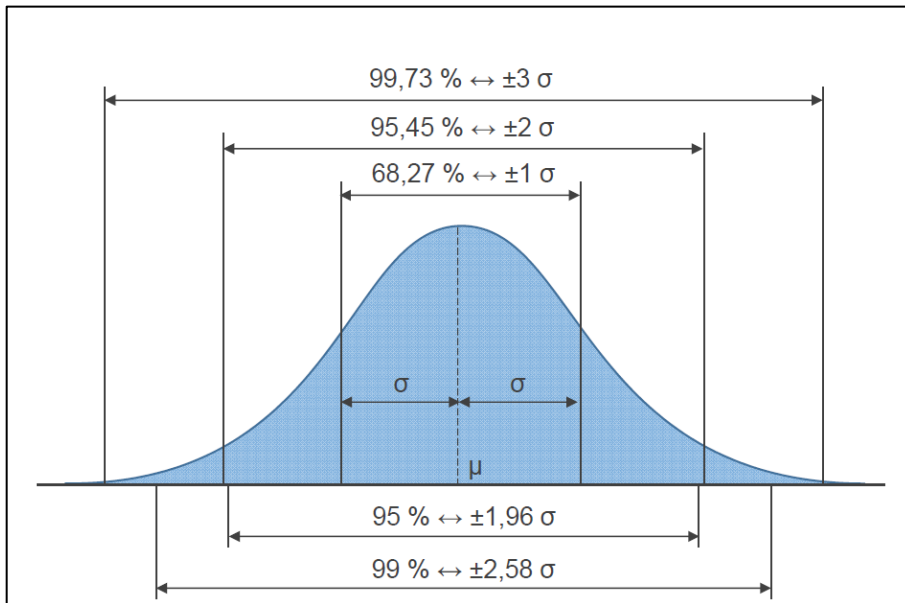


Abbildung 3.2 Standardabweichung – Normalverteilung⁷⁷

3.2 Bezugsbasis

Das Chancen- und Risikoverhältnis ist im Wesentlichen von der Wahl der Bezugsbasis abhängig. Wählt man im Laufe eines Kalkulationsprozesses einen Leistungswert als Bezugsbasis, der sowohl eine Unterschreitungswahrscheinlichkeit als auch Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50 % hat, ist das Chancen- und Risikoverhältnis ausgeglichen (50 % : 50 %). Wählt man jedoch einen Leistungswert, der über dem Median liegt, kommt es zu einer Erhöhung des Risikos (> 50 %) und zu einer Reduktion der Chance (< 50 %). Das Gegenteil tritt ein, wenn ein Leistungswert unter dem Median angenommen wird. Das Risiko, dass ein niedrigerer Leistungswert während der Bauausführung generiert wird sinkt und die Chance, dass eine höherer Leistungswert erzielt wird steigt (siehe Abbildung 3.3).

⁷⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 61

⁷⁷ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 61

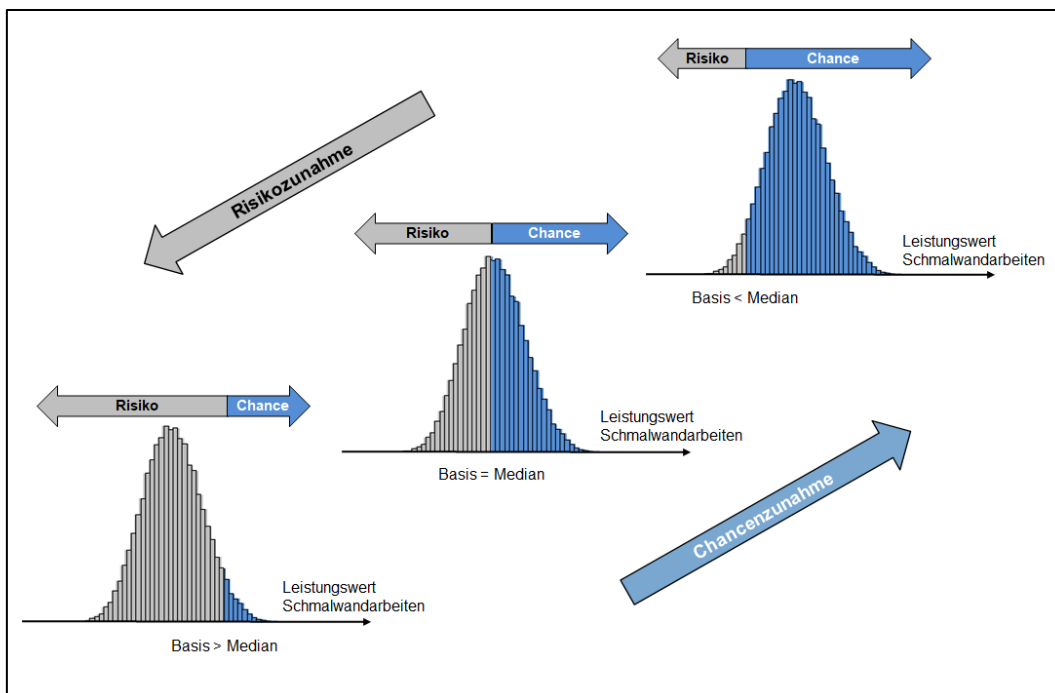


Abbildung 3.3 Chancen-/Risikoverhältnis in Abhängigkeit von der gewählten Bezugsbasis (für Leistungswerte)

3.3 Monte-Carlo-Simulation

Eine wesentliche Frage, wie man überhaupt zu jenen Histogrammen kommt (wie z.B. jene in Abbildung 3.3) auf Basis derer eine Wahl des Chancen- und Risikoverhältnisses getroffen werden kann, blieb bis zum jetzigen Zeitpunkt unbeantwortet. Eine Möglichkeit hierzu ist die Monte-Carlo-Simulation.

Hofstadler/Kummer definieren die Monte-Carlo-Simulation wie folgt:

„Die Kombination aus einem mathematischen Berechnungsmodell (Simulation), dessen Inputparameter durch Zufallszahlen (in Form von Verteilungsfunktionen) definiert sind, und der wiederholenden Berechnung von zufallsbedingten Ergebnissen (Monte-Carlo-Methode) mittels einer geeigneten Computersoftware, wird als „Monte-Carlo-Simulation“ bezeichnet.“⁷⁸

Es handelt sich dabei um ein numerisches Verfahren, bei dem die Ergebnisse jedes Simulationsschritts (auch als Iteration bezeichnet) als Zufallsgröße und auf Basis eines vorgegebene Berechnungsmodells ermittelt werden. Bei Monte-Carlo-Simulationen wird eine individuell festgelegte Anzahl an Iterationen durchgeführt.⁷⁹

⁷⁸ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 197

⁷⁹ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 197

In Abbildung 3.4 sind die Inputparameter der Monte-Carlo-Simulation und auch der Output in Form von Histogrammen grafisch dargestellt.

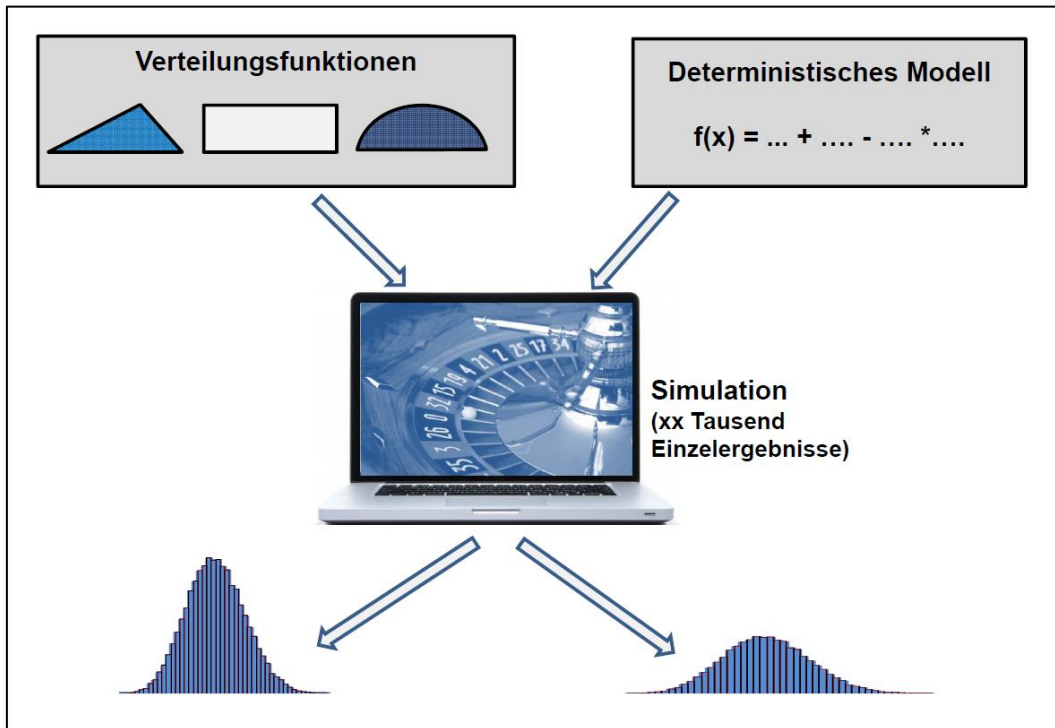


Abbildung 3.4 Input- und Output der Monte-Carlo-Simulation⁸⁰

3.3.1 Verteilungsfunktionen

Es gibt eine Vielzahl von Verteilungsfunktionen, welche die Eigenschaften der Inputparameter darstellen können (einige Beispiele in Abbildung 3.5).

Sie unterscheiden sich in:⁸¹

- Verlauf
 - diskret (nur bestimmte Werte)
 - stetig (beliebige Werte innerhalb eines Intervalls)
 - Ausbildung der Grenzen
 - geschlossen

⁸⁰ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Grundlagen der Monte-Carlo-Simulation – Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Vorlesungsfolien. S. 17

⁸¹ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 213-214

- einseitig offen
- beidseitig offen

- Schiefe
 - symmetrisch
 - rechtsschief
 - linksschief

- Modus
 - unimodal (eingipflig)
 - multimodal (mehrgipflig)

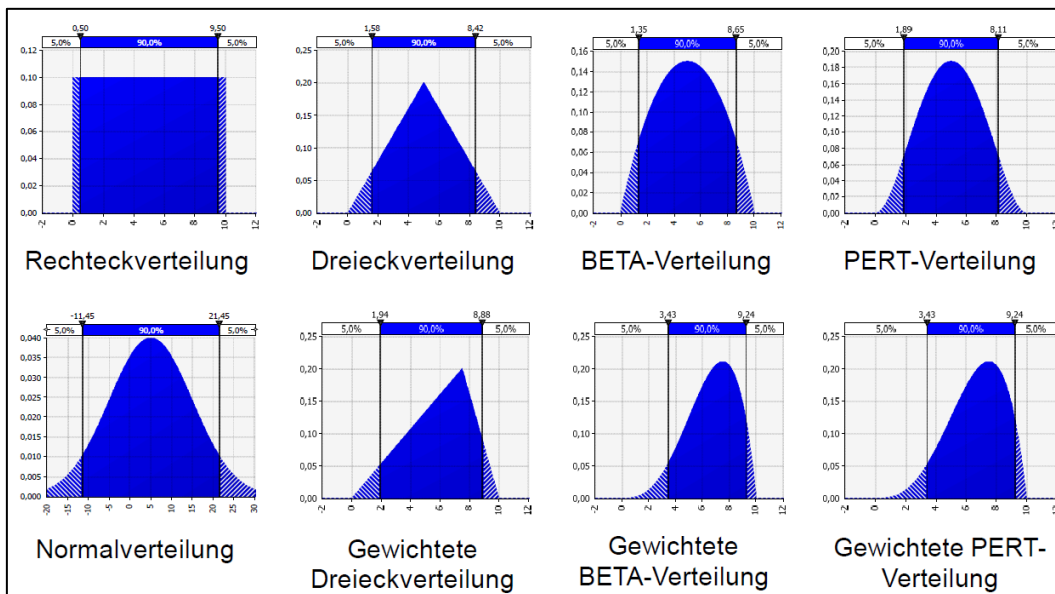


Abbildung 3.5 Beispiele für Verteilungsfunktionen⁸²

Ein wichtiger Schritt für die Monte-Carlo-Simulation ist die bestmögliche Wahl der Verteilungsfunktionen für die unsicheren Inputparameter.

Grundsätzlich kann man drei Methoden zur Wahl von Verteilungsfunktionen heranziehen:⁸³

⁸² HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Anwendung von Monte-Carlo-Simulationen – Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Vorlesungsfolien. S. 52

⁸³ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Anwendung von Monte-Carlo-Simulationen – Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Vorlesungsfolien. S. 53-59

- **theoretische Überlegungen:**

Anhand von Überlegungen werden die zuvor beschriebenen Eigenschaften der Verteilungsfunktion festgelegt.

- **Datenerhebung aus der Praxis:**

- historische Daten

Daten die aus der Nachkalkulation oder aus Bautagesberichten generiert werden.

- Daten, die während der Bauausführung erhoben werden

Ein wichtiger Schritt bei der Datenerhebung aus der Praxis ist, dass man die Daten vor der Verwendung prüft und gegebenenfalls Ausreißer ausschließt. Ebenfalls sollte eine ausreichend große Anzahl an Daten erhoben werden, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu liefern.

- **Expertenbefragungen:**

Es können mündliche und schriftliche Expertenbefragungen durchgeführt werden. In der Regel ist es sinnvoll, dass der Forscher mit dem Experten die Fragen vor der Befragung durchgeht, um etwaige Unklarheiten zu klären.

3.3.2 Anzahl der Iterationen

Die Anzahl der Iterationen hat wesentlichen Einfluss auf die Darstellung der Ergebnisse der Monte-Carlo-Simulation (siehe Abbildung 3.6). Zuerst wird die Simulation mit einer geringen Anzahl an Iterationen durchgeführt und das Histogramm weist große Sprünge zwischen den generierten Werten auf. Je mehr Iterationen durchgeführt werden, desto gleichmäßiger wird das Histogramm und desto stabiler die Ergebnisse.

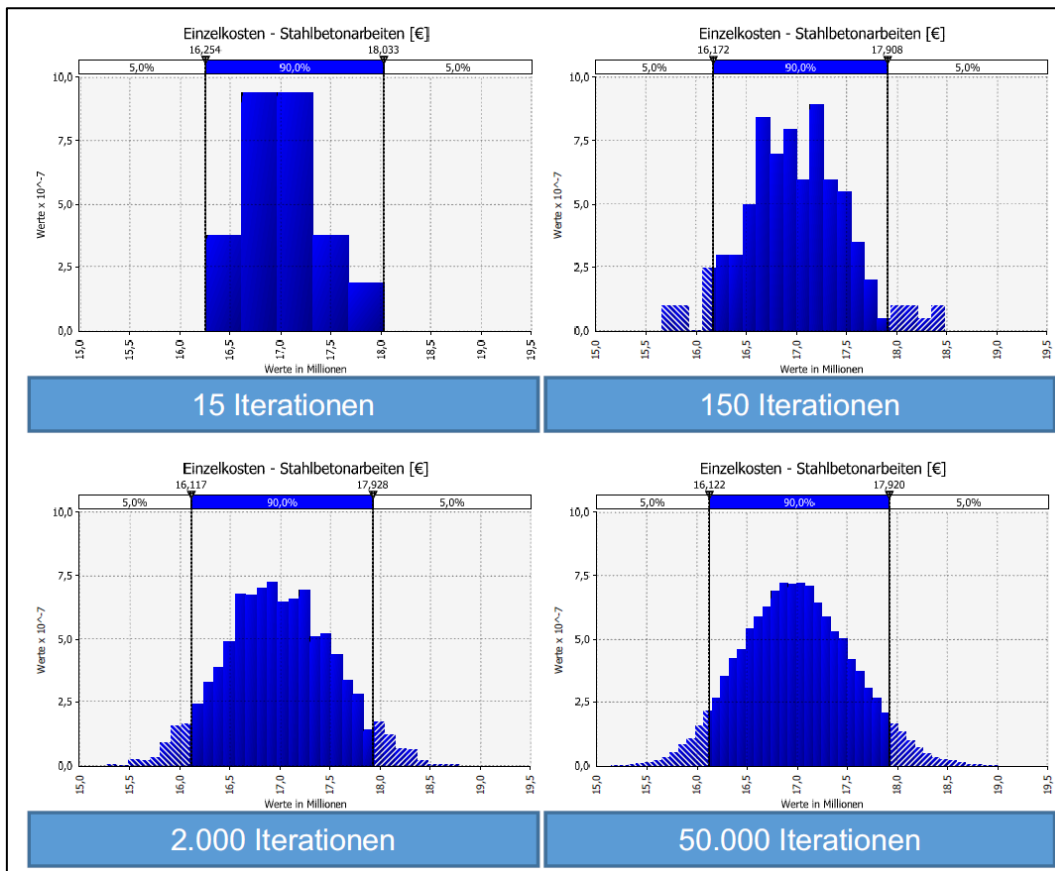


Abbildung 3.6 Einfluss der Iterationen auf die Darstellung der Ergebnisse einer Monte-Carlo-Simulation⁸⁴

⁸⁴ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Grundlagen der Monte-Carlo-Simulation – Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Vorlesungsfolien, S. 213

4 Schmalwände

Schmalwände werden zur vertikalen Abdichtung im Untergrund eingesetzt und bestehen aus einem Wasser-Zement-Füller-Bentonit-Gemisch, das auch unter Wasser erhärtet. Aufgrund ihrer geringen Wandstärke (ca. 5 – 10 cm) haben sie ausschließlich dichtende und keine statische Wirkung.

In diesem Kapitel wird zuerst die Zugehörigkeit des Schmalwandverfahren zum Spezialtiefbau verdeutlicht. Anschließend werden das Verfahren sowie die Gerätetechnik und das Material beschrieben. Am Ende des Kapitels werden baubetriebliche und bodenmechanische Einflussfaktoren der Schmalwandherstellung dargelegt und eine theoretische Möglichkeit gezeigt, um einerseits eine Vorauswahl der Geräte zu treffen und andererseits den Leistungswert für Schmalwandarbeiten zu ermitteln.

4.1 Einordnung im Spezialtiefbau

Eine Vielzahl an Verfahren zur Baugrubenumschließung, Grundwasserhaltung und -abdichtung, sowie zur Verbesserung der Tragfähigkeit des Bodens werden dem Spezialtiefbau zugerechnet. Eine Übersicht der verschiedenen Verfahren gibt hierzu Abbildung 4.1.

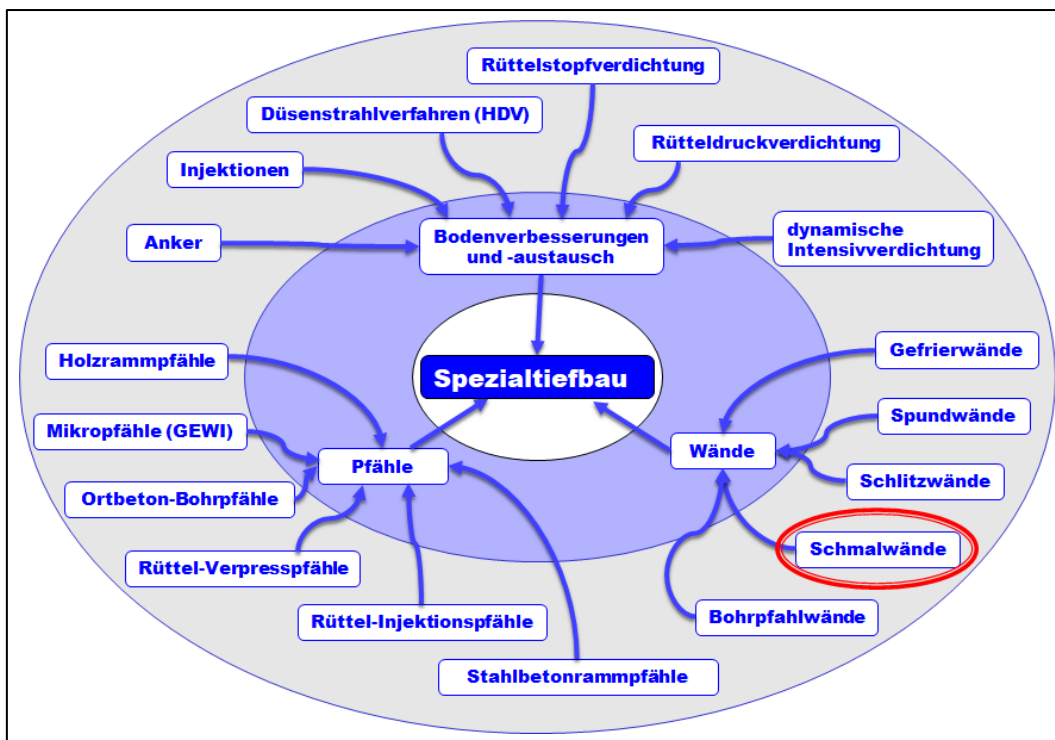


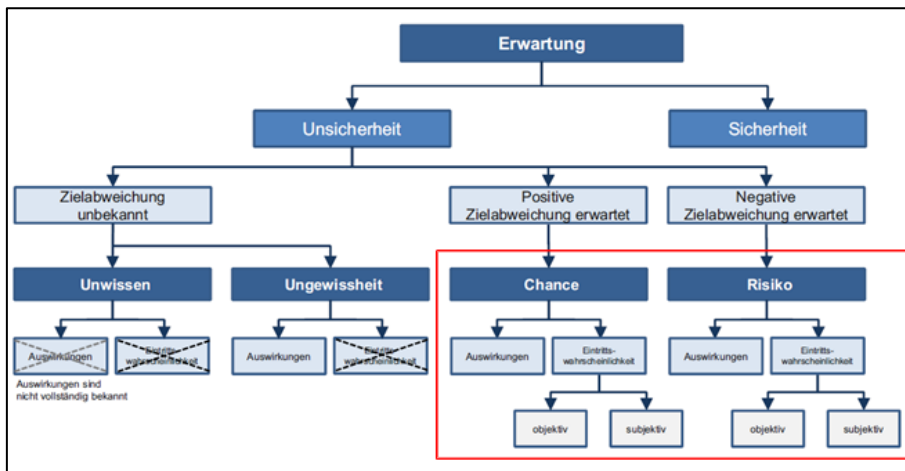
Abbildung 4.1 Verfahren im Spezialtiefbau – Einordnung der Schmalwände

Es wurde eine Einteilung in Pfähle, Wände und sonstige Bodenverbesserungen und -austausch vorgenommen, wobei die Schmalwände sinngemäß in der Untergruppe Wände zu finden sind.

Das Schmalwandverfahren weist die wesentlichen Charakteristika des Spezialtiefbaus auf. Ein Hauptmerkmal ist hierbei der Einsatz von kapitalintensiven Geräten. Sowohl die Trägergeräte als auch die Anbau- und Peripheriegeräte sind teuer in der Anschaffung und Erhaltung und verursachen dadurch hohe Kosten. Im Gegensatz dazu sind die Kosten für Personal – vor allem im Vergleich zum Hochbau – gering, was schlicht auf den geringen Einsatz von Arbeitskräften zurückzuführen ist (ca. 3 Arbeitskräfte pro Geräteinheit). Die Materialkosten sind gegenüber anderer Spezialtiefbausparten jedoch als hoch anzusehen, weil moderate Mengen an Bentonit und Zement (Mischungsverhältnisse in Abschnitt 4.5.3) benötigt werden, um eine abdichtende Wirkung zu erzielen.

Ein weiteres Spezifikum bei der Schmalwandherstellung ist die Unvollkommenheit der Leistungsbeschreibung. Der Baugrund kann nur auf Grundlage der Voruntersuchungen möglichst genau beschrieben werden (Bodengutachten). Ob wirklich exakt der ausgeschriebene Baugrund während der Bauausführung vorgefunden wird ist aber unsicher. Durch das Bodengutachten oder subjektive Einschätzung können jedoch die tatsächlichen Verhältnisse abgeschätzt werden und je nach erwarteter Zielabweichung das Chancen- und Risikoverhältnis festgesetzt werden.⁸⁵ Da im Spezialtiefbau immer ein Bodengutachten vorliegt und somit sowohl Auswirkungen (andere Bodenzusammensetzung) und Eintrittswahrscheinlichkeiten abgeschätzt werden können, ist davon auszugehen, dass die Projektbeteiligten weder in Unwissenheit noch in Ungewissheit handeln. Die Einordnung des Spezialtiefbaus in die Chancen- und Risikobetrachtung ist zweckmäßig (siehe auch Abbildung 4.2).

⁸⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 37

Abbildung 4.2 Mögliche Erwartungsstruktur – Messbarkeit der Unsicherheiten⁸⁶

Ein weiteres Charakteristikum ist das Auftreten bestimmter Risiken. Werkl unterscheidet hierbei das Kalkulations-, das Auslastungs- und das Großschadenrisiko.⁸⁷ Im Zuge des Kalkulationsvorganges müssen vom AN Leistungswerte angesetzt werden, welche wesentlich von bodenmechanischen Kennwerten abhängen. Es ist nicht ungewöhnlich, dass während der Bauausführung verschiedene Böden – kohärent ändern sich auch die bodenmechanischen Kennwerte – angetroffen werden, was zur Folge hat, dass auch die Leistung schwanken wird. Das Auslastungsrisiko beruht auf der bereits oben genannten Tatsache, dass kapitalintensive Geräte eingesetzt werden. Schon kurze Stillstandszeiten der Maschinen verursachen dabei enorme Mehrkosten. Ein Großschadenrisiko ist bei der Schmalwandherstellung ebenfalls gegeben. Durch unsachgemäße Ausführung könnten angrenzende Grundwasserfelder beeinträchtigt werden.

Diesen Risiken kann durch entsprechendes Know-how bzw. Erfahrung mit den verschiedenen Baugrundverhältnissen entgegengewirkt werden. Das Know-how, sowie der hohe Kapitaleinsatz sorgen auch dafür, dass der Markt für Spezialtiefbauleistungen von einigen wenigen Unternehmen dominiert wird.

⁸⁶ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 36

⁸⁷ Vgl. WERKL, M.: Analyse von Vertrags- und Vergütungsmodellen im Spezialtiefbau unter besonderer Berücksichtigung der zeit- und leistungsbezogenen Vergütung (StilfOs) am Beispiel von Injektionen. Diplomarbeit. S. 41-44

4.2 Überblick der Schmalwandregelwerke

Normen und Richtlinien sind für die Ausschreibung und Ausführung von Schmalwänden von großer Bedeutung. Normen können hierbei aufgrund der großen Verbreitung des Wissensstandes als „Allgemein anerkannte Regeln der Technik“ eingestuft werden. Richtlinie hingegen können sowohl Inhalte enthalten, welche dem „Stand von Wissenschaft und Technik“, „Stand der Technik“ als auch „Allgemein anerkannte Regeln der Technik“ entsprechen. Der „Stand von Wissenschaft und Technik“ kennzeichnet sich an dieser Stelle durch einen hohen Wissenstand (neue Entwicklungen, Technologien, Verfahren ...), jedoch einer geringen Verbreitung dieses Wissens. Durch intensiven wissenschaftlichen Austausch erlangen immer mehr Personen Kenntnis von diesem neuen Wissen und es wird zum „Stand der Technik“. Durch wiederum weitere Verbreitung und Anwendung dieses Wissensstands ist es möglich, dass dieses Wissen in Normen aufgenommen wird (siehe auch Abbildung 4.3).

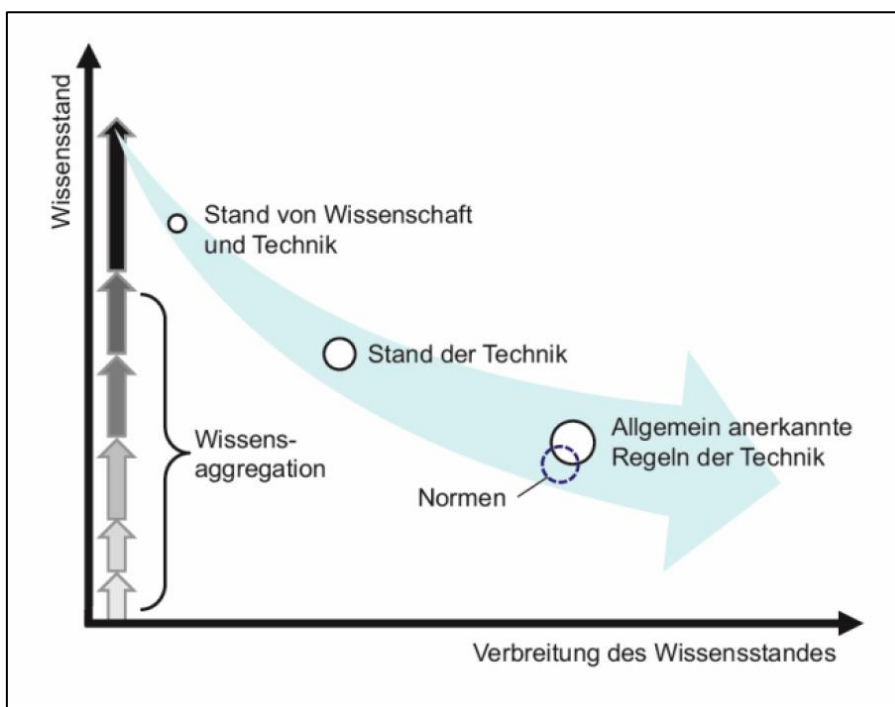


Abbildung 4.3 Wissensstand und Wissensverbreitung⁸⁸

⁸⁸ HOFSTADLER, C.: Schularbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 216

4.2.1 Schmalwandregelwerke

Es sind folgende deutschsprachige Normen, Richtlinien und Merkblätter zum Thema der Schmalwandherstellung vorhanden:

Österreich

- ÖNORM B 2279:2006 – Spezialtiefbauarbeiten – Aufschluss-, Brunnen- und Grundbauarbeiten – Werkvertragsnorm
- ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichtwände im Untergrund
- Österreichische Bautechnik Vereinigung – Richtlinie Schmalwände (Ausgabe 2017)

Deutschland

- DIN 18 304 – VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten (Ausgabe 2016)
- DWA-Regelwerk – Merkblatt DWA-M 512-1 – Dichtungssysteme im Wasserbau Teil 1: Erdbauwerke (Ausgabe 2012)

4.2.2 Begriffe

Nachfolgend sind einige Begriffe der ÖNORM B 4452:1998 und der Richtlinie Schmalwände aufgelistet, um in weiterer Folge einen eindeutigen Sprachgebrauch zu gewährleisten.

Dichtwandmischung, Schmalwandsuspension

„Hydraulisch erhärtende Mischung aus festen und flüssigen Ausgangsstoffen“^{89,90}

Stützflüssigkeit

„Suspension zur Stützung des Bodens während der mechanischen Herstellung des Hohlraumes“⁹¹

⁸⁹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichtwände im Untergrund. ÖNORM. S. 2

⁹⁰ ÖBV: Richtlinie – Schmalwände, Richtlinie. S. 3

⁹¹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichtwände im Untergrund. ÖNORM. S. 2

Dichtwand

„Wand im Untergrund, bestehend aus einer Aneinanderreihung von Dichtwandelementen“⁹²

Dichtwandklasse

„Klassifizierung des Sicherheitsanspruches einer Dichtwand“⁹³

Dichtwandmaterial

„erhärtende Dichtwandmischung“⁹⁴

Dichtwandssystem

„System, bestehend aus Dichtwand und dem unmittelbar umgebenden Untergrund“⁹⁵

Dichtheit

„Widerstand gegen das Durchdringen von Wasser. Die Dichtheit kann für das Dichtwandmaterial, die Dichtwand oder das Dichtwandssystem unterschiedlich sein.“⁹⁶

Durchlässigkeitsbeiwert

„Beiwert k in m/s gemäß ÖNORM B 4422-1 (entspricht dem k_F der ÖNORM B 2400, k_{10} = Durchlässigkeitsbeiwert für Prüflüssigkeit Wasser bei 10 °C)“⁹⁷

Schmalwandmaterial

„Erhärtete Schmalwandsuspension“⁹⁸

Schmalwandklasse

„Klassifizierung des Sicherheitsanspruches einer Schmalwand“⁹⁹

⁹² ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichwände im Untergrund. ÖNORM. S. 2

⁹³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichwände im Untergrund. ÖNORM. S. 2

⁹⁴ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichwände im Untergrund. ÖNORM. S. 2

⁹⁵ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichwände im Untergrund. ÖNORM. S. 2

⁹⁶ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichwände im Untergrund. ÖNORM. S. 2

⁹⁷ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichwände im Untergrund. ÖNORM. S. 2

⁹⁸ ÖBV: Richtlinie – Schmalwände. Richtlinie. S. 3

⁹⁹ ÖBV: Richtlinie – Schmalwände. Richtlinie. S. 3

4.3 Baugrunderkundung

Die Eignung des Baugrundes ist vor Beginn der Schmalwandarbeiten zu prüfen. Die Richtlinie Schmalwände definiert hierzu die Mindestanzahl der Bohrungen und Rammsondierungen in Abhängigkeit der Schmalwandklasse (SMK) und Länge der Schmalwand (Tabelle 4.1).

Tabelle 4.1 Richtwerte für Bodenaufschlüsse in der Schmalwandachse¹⁰⁰

Lfd. Nr.	Schmalwandklasse	Anzahl der Bohrungen/Rammsondierungen	
		A	B
1	SMK 1	Schmalwandlänge \leq 300 m: 3 Bohrungen je Bauvorhaben 3 Rammsondierungen je Bauvorhaben, davon eine im Bereich einer Bohrung	
		Schmalwandlänge \geq 300 m: 1 Bohrung je 100 m Schmalwand 1 Rammsondierung je 100 m Schmalwand, davon jede 3. im Bereich einer Bohrung	
2	SMK 2 und SMK 3	Schmalwandlänge \leq 300 m: 6 Bohrungen je Bauvorhaben 6 Rammsondierungen je Bauvorhaben, davon eine im Bereich einer Bohrung	
		Schmalwandlänge \geq 300 m: 1 Bohrung je 50 m Schmalwand 1 Rammsondierung je 50 m Schmalwand, davon jede 3. im Bereich einer Bohrung	

Der Ermittlung der Lagerungsdichte/Konsistenz des Bodens ist besondere Beachtung zu schenken, da diese Werte wesentliche Indikatoren für die Rammbarkeit des Bodens sind. Wirtschaftlich sinnvoll einzusetzen ist das Schmalwandverfahren bis zu einem Wert von $n = 13$ (siehe Tabelle 4.2) bei Einsatz der überschweren Rammsonde (DPG = dynamic probing giant) mit 200 kg Fallgewicht.¹⁰¹

Tabelle 4.2 Einrüttelbarkeit der Schmalwandbohle¹⁰²

Lfd. Nr.	Schlagzahl n für eine Eindringung von 10 cm mit der DPG	Bewertung des Rüttelfortschrittes
		A
1	1-5	sehr gut zu rütteln
2	6-10	gut bis mäßig zu rütteln
3	11-14	schlecht zu rütteln
4	15-18	sehr schwer zu rütteln, Auflockerungsbohrung zu empfehlen
5	>18	deutliche Grenze des Verfahrens

Durch unterstützende Maßnahmen – hierzu zählen unter anderem Auflockerungsbohrungen oder eine Hochdruckunterstützung – kann das

¹⁰⁰ ÖBV: Richtlinie – Schmalwände. Richtlinie. S. 9

¹⁰¹ Vgl. SCHROLL W., K. H.: Schmalwandherstellung und Einsatz der Rammsonde SRS 200. In: Baumaschinen und Bautechnik, 05/1981. S. 248-252

¹⁰² SCHROLL W., K. H.: Schmalwandherstellung und Einsatz der Rammsonde SRS 200. In: Baumaschinen und Bautechnik, 05/1981. S. 250

Schmalwandverfahren auch bei dichter gelagerten Böden ($n \geq 13$) angewendet werden.

Zur Ermittlung der Lagerungsdichte/Konsistenz werden in der Regel Rammsonden (4.3.1) eingesetzt, in Ausnahmefällen ist jedoch auch eine Drucksondierung (4.3.2) möglich.

4.3.1 Rammsondierung

Es können Rammsonden der Typen **DPH** (schwere Rammsonde) oder **DPG** (überschwere Rammsonde) eingesetzt werden.¹⁰³ Ein Rammbar mit vordefinierten Gewicht und Fallhöhe (siehe Tabelle 4.3) rammt eine Sondierspitze bis zur erforderlichen Tiefe ein. Der Eindringwiderstand ist als Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe definiert. Ein genauer Versuchsaufbau und eine detaillierte Beschreibung der Rammsonden sind in der ÖNORM EN ISO 22476-2:2012 (DPH) und ÖNORM B 4419:2006 (DPG) zu finden. In Abbildung 4.4 ist eine schwere Rammsonde mit Raupenfahrwerk dargestellt.

Tabelle 4.3 Eigenschaften der Rammsonden des Typs DPH und DPG^{104,105}

Lfd. Nr.	Rammsonde	Rammbar-masse	Fallhöhe	spezifische Rammenergie pro Schlag
		[kg]	[mm]	[kJ/m ²]
0	A	B	C	D
1	schwere Rammsonde (DPH)	50 ± 0,5	500 ± 10	167
2	überschwere Rammsonde (DPG)	200 ± 0,5	500 ± 10	500

¹⁰³ ÖBV: Richtlinie – Schmalwände. Richtlinie. S. 9

¹⁰⁴ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM EN ISO 22476-2:2012 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchung – Teil 2: Rammsondierungen. ÖNORM. S. 9

¹⁰⁵ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4419:2006 – Geotechnik – Besondere Rammsondierverfahren. ÖNORM. S. 4



Abbildung 4.4 Schwere Rammsonde (DPH)¹⁰⁶

Insbesondere mit der überschweren Rammsonde konnten gute Korrelationen zwischen der Eindringgeschwindigkeit der Rüttelbohle und den ermittelten Sondierergebnissen festgestellt werden. Aufgrund ihrer erheblich größeren spezifischen Rammenergie pro Schlag (siehe Tabelle 4.3) liefert diese Rammsonde auch bei in Österreich häufig anzutreffenden Untergrundverhältnissen mit hoher Lagerungsdichte bzw. fester Konsistenz Ergebnisse mit hoher Aussagekraft, bei denen andere Rammsonden – infolge geringerer spezifischer Rammenergie pro Schlag – bereits an ihre Grenzen stoßen.¹⁰⁷

4.3.2 Drucksondierung

Bei feinkörnigen Böden kann ebenfalls eine elektrische Drucksondierung eingesetzt werden. Es erfolgt hierbei eine Einteilung in zwei Unterkategorien:¹⁰⁸

¹⁰⁶ <https://www.ifmu.de/baugrund/erkundung/sondierungen>. Datum des Zugriffs: 13. September. 2018

¹⁰⁷ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4419:2006 – Geotechnik – Besondere Rammsondierverfahren. ÖNORM. S. 3 – 4

¹⁰⁸ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN ISO 22476-1:2013 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchung – Teil 1: Drucksondierung mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck. ÖNORM. S. 6

- Die elektrische Drucksondierung (**CPT**) zur Messung des Spitzenwiderstandes und der Mantelreibung;
- die elektrische Drucksondierung (**CPTU**) mit zusätzlicher Messung des Porenwasserdruckes durch eine Piezospitze.

Bei der elektrischen Drucksondierung wird eine Sondierspitze mit mehreren Sondierstangen mit gleichbleibender Geschwindigkeit in den Boden eingedrückt. Die Ergebnisse der Drucksondierung können zur Beurteilung von Schichtung und Bodenart sowie zur Abschätzung von geotechnischen Kennwerten wie z.B. der Lagerungsdichte oder der Scherfestigkeitsparameter eingesetzt werden.¹⁰⁹

In der Regel werden Drucksondierungen mit speziell umgebauten Lastkraftwagen (siehe Abbildung 4.5) durchgeführt, welche ein hohes Eigengewicht (≥ 100 kN) besitzen, um bei der hydraulischen Einpressung der Sondierspitze nicht abzuheben.¹¹⁰



Abbildung 4.5 Spezial-LKW mit Aufbau für eine Drucksondierung¹¹¹

Eine genaue Beschreibung der Versuchsdurchführungen, sowie der eingesetzten Geräte ist in der EN ISO ÖNORM 22476-1:2013 zu finden.

¹⁰⁹ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM EN ISO 22476-1:2013 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchung – Teil 1: Drucksondierung mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck. ÖNORM. S. 6

¹¹⁰ Vgl. WITT, K. J.: Grundbau Taschenbuch. S. 76

¹¹¹ <http://www.kellergrundbau.at/de/baugrunderkundung.asp>. Datum des Zugriffs: 14. September. 2018

4.4 Verfahren

Das Herstellen von Schmalwänden wird in der ÖNORM B 4452:1998 wie folgt beschrieben:

„Schmalwände sind Dichtwände, zu deren Herstellung in der Regel eine Stahlbohle in die abzudichtenden Bodenschichten eingerüttelt wird, wobei die Rüttelenergie am Kopf eingebracht wird. Der gepanzerte Fuß dieser Bohle erzeugt durch die Bodenverdrängung einen schmalen Schlitz, in welchen die Dichtwandmischung eingebracht wird und bis zu ihrer Erhärtung als Stützflüssigkeit wirkt. Durch aneinandergereihtes, überlappendes Niederbringen und Ziehen der Bohle wird bei gleichzeitiger Verpressung des Verdrängungsraums und – soweit injizierbar – der benachbarten Bodenzonen mit der Dichtwandmischung eine durchgehende schmale Dichtwand erzeugt.“¹¹²

Ausgehend von dieser Definition und weiteren Verfahrensbeschreibungen wurde eine Einteilung in fünf Verfahrensschritte zur Schmalwandherstellung vorgenommen, welche in weiterer Folge erläutert werden.

- **1. Schritt: Vorarbeiten**

Bevor mit der eigentlichen Herstellung der Schmalwand begonnen werden kann sind vorbereitende Tätigkeiten notwendig. Einerseits muss ein tragfähiges Arbeitsplanum hergestellt werden und andererseits ist ein Vorlaufgraben auszuheben. Der Vorlaufgraben hat in der Regel Abmessungen von 30 cm x 30 cm bis 50 cm x 50 cm und sollte bis einige Zentimeter unter der Oberkante mit Schmalwandsuspension gefüllt sein. Er dient sowohl zur Sicherstellung einer ausreichenden Suspensionszufuhr während des Einrüttel- und Ziehvorganges als auch zur Aufnahme der überschüssigen Suspension.

- **2. Schritt: Einrütteln der Bohle**

Beim Ausrichten der Rüttelbohle ist auf eine ausreichende Überlappung mit dem vorangegangenen Stich – mindestens Stegbreite bis maximal halbe Flanschlänge – zu achten.

Die Rüttelbohle (genaue Beschreibung siehe Abschnitt 4.5.2.1) wird mäklergeführt durch den Einsatz eines Aufsatzrüttlers in den Boden eingebracht, wobei die Bohle am oberen Ende von einer Klemmzange gehalten und durch eine am Mäklende aufgeschweißten Konstruktion geführt wird. Am Bohlenende wird bereits während des Einrüttelvorganges Schmalwandsuspension zugeführt. Zum einen dient die Schmalwandsuspension zur Verringerung der Reibung zwischen Bohle und Boden und zum anderen als Stützflüssigkeit des Hohlraumes, welcher aufgrund des verstärkten Bohlenendes entsteht. Bereits beim Einrütteln der Bohle

¹¹² ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichtwände im Untergrund. ÖNORM. S. 3

kommt es bei umlagerungsfähigen Böden zu einer Verdichtung und somit zu einer Verringerung der Wasserdurchlässigkeit.

- **3. Schritt: Einbinden in den Grundwasserstauer**

In der Regel wird die Schmalwand ca. einen Meter in die wasserundurchlässige Schicht zur Sicherstellung der Dichtigkeit eingebunden.

- **4. Schritt: Ziehen der Rüttelbohle**

Beim Ziehen der Bohle wird der entstandene Hohlraum mittels Schmalwandsuspension verpresst.

Die Schritte 2 bis 4 werden zusammen auch als „ein Stich“ bezeichnet und sind in Abbildung 4.6 grafisch dargestellt.

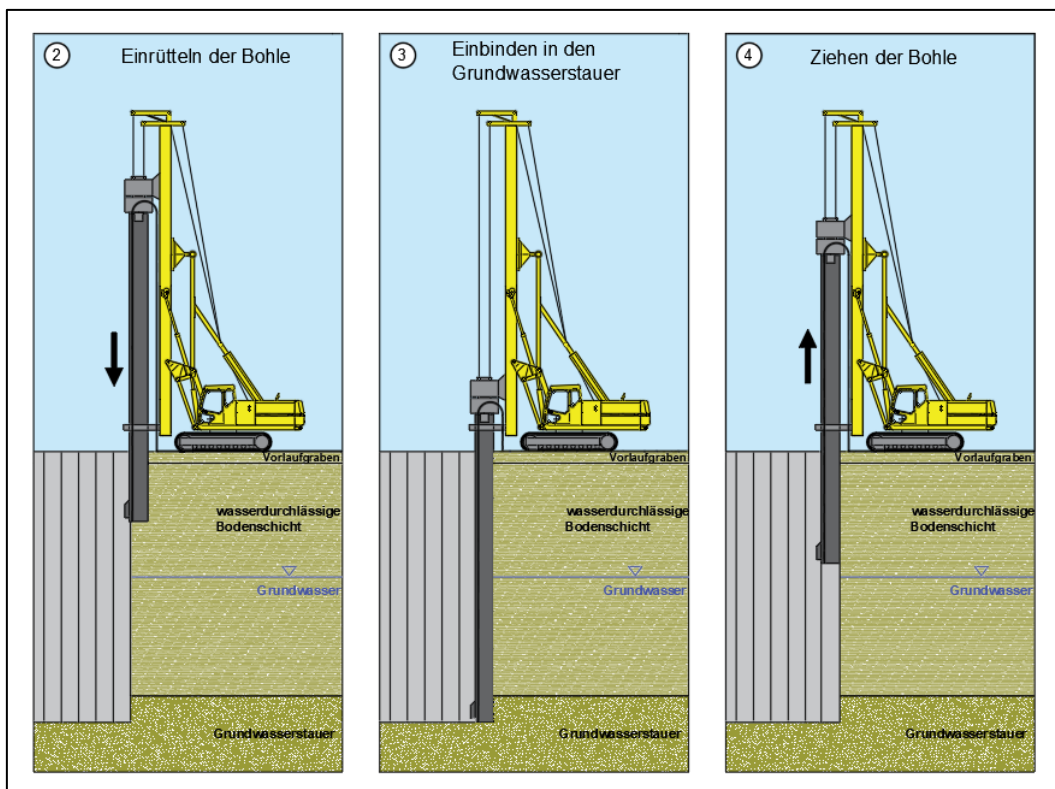


Abbildung 4.6 Schmalwandherstellung – schematische Darstellung

- **5. Schritt: Umstellen des Gerätes**

Ist der Ziehvorgang abgeschlossen, kann das Gerät zur nächsten Position manövriert werden. Auf eine korrekte Ausrichtung ist wiederum zu achten.

4.5 Produktionssystem

In diesem Abschnitt werden die drei elementaren Produktionsfaktoren zur Schmalwandherstellung näher beschrieben.

4.5.1 Arbeitskräfte

Die Mannschaft zur Schmalwandherstellung setzt sich in der Regel wie folgt zusammen:

- Geräteführer Rammgerät
- Geräteführer Bagger
- Hilfspolier bzw. Helfer
- Mischanlagenwärter bzw. Mischmeister
- Schlosser

Ein Schlosser ist deswegen wichtig, weil es aufgrund von Hindernissen zu Beschädigungen am Bohlenschuh kommen kann und dieser im Laufe der Schmalwandarbeiten repariert bzw. geschweißt werden muss. Bei kleineren Baustellen könnte aus Kostengründen auf einen Schlosser verzichtet werden und bei Beschädigungen ein mobiler Schweißservice in Anspruch genommen werden.

4.5.2 Geräte

Dieser Abschnitt soll einen Überblick der Geräte zur Schmalwandherstellung geben. Es wurde eine Einteilung in Rüttleinheit, Mischanlage, Verpresseinheit und Bagger vorgenommen.

4.5.2.1 Rüttleinheit

Die Rüttleinheit muss auf die vorgefundenen Baugrundverhältnisse abgestimmt werden und setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- einem Trägergerät mit Mäkler zur Führung des Rüttlers und der Rüttelbohle
- einem Rüttler
- einer Klemmzange zur Aufnahme der Rüttelbohle
- einer Rüttelbohle
- diversen Sonderausstattungen (z.B. Hilfswinde)

In Abbildung 4.8 sind die einzelnen Bestandteile der Rüttleinheit ersichtlich.

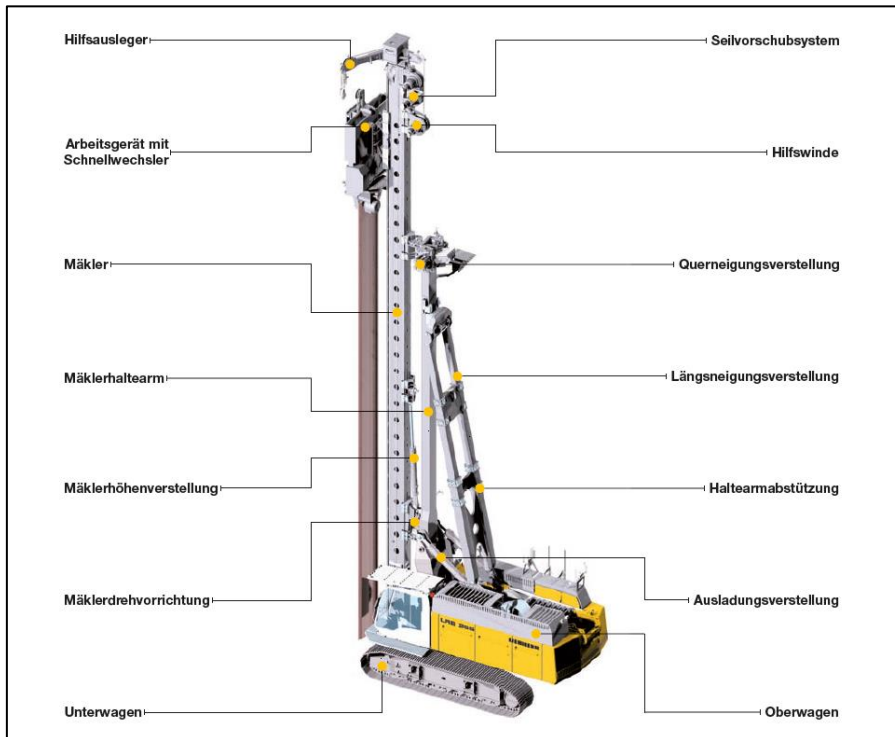


Abbildung 4.8 Rüttleinheit¹¹³

• Trägergerät

Das Trägergerät hat in der Regel ein Einsatzgewicht zwischen 50 und 100 t und eine Motorleistung von 450 bis 1.000 KW (in Ausnahmefällen auch mehr). Es besteht aus folgenden Komponenten:

- einem raupenbetriebenen Unterwagen
- einem Oberwagen (Fahrerhauskabine und Motor)
- einem Ausleger zur Führung des Mäklers
- einem Mäkler
- diversen Zusatzausstattungen

¹¹³ LIEBHERR: Technische Daten Ramm- und Bohrgerät LRB 255. www.liebherr.com. Datum des Zugriffs: 30. August. 2018

- **Rüttler mit Klemmzange**

Die Rüttelenergie wird beim Schmalwandverfahren normalerweise am Kopf mittels Aufsatzrüttler eingebracht, welcher entweder hydraulisch oder elektrisch angetrieben wird. Er setzt sich aus einem Schwingungserzeuger (Erregerzelle), einem Schwingungsdämpfer sowie einer Klemmzange (Spannzange) zusammen (siehe Abbildung 4.9). In der Erregerzelle drehen sich paarweise angeordnete Unwuchtkörper um mehrere nebeneinander

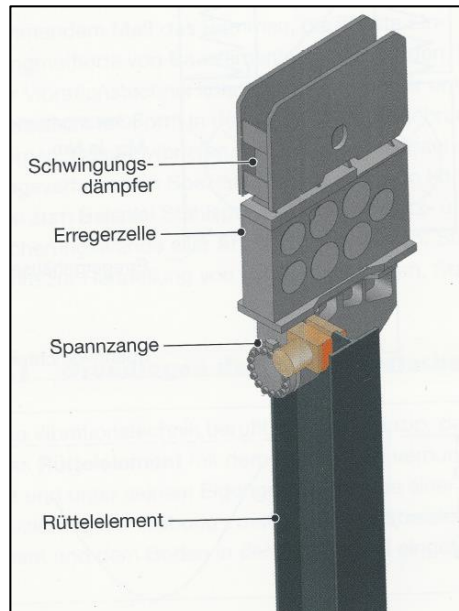


Abbildung 4.9 Aufbau Aufsatzrüttler¹¹⁴

angeordnete Achsen wodurch sowohl horizontale als auch vertikale Fliehkräfte entstehen. Bei richtiger Anordnung der Unwuchtkörper heben sich die horizontalen Fliehkräfte gegenseitig auf und die vertikalen Fliehkräfte addieren sich. Die maximale vertikale Fliehkraft $F_{v,max}$ errechnet sich aus dem Produkt des statischen Moments M_{stat} und der Kreisfrequenz ω (Gleichung (4-1)). Das statische Moment ermittelt sich hierbei durch Gleichung (4-2) mit Bildung der Summe der Produkte der Gewichte der einzelnen Unwuchtkörper (G_U und deren Abstand zur Drehachse r). Die Kreisfrequenz wiederum berechnet sich aus Gleichung (4-3), wobei die Frequenz f , mit der ein Rüttler arbeitet die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde in Hertz [Hz] ist. Die Frequenz kann auch mit der Umdrehung der Unwuchten (Drehzahl) pro Minute ($f = n / 60$) ausgedrückt werden.¹¹⁵

$$F_{V,max} = M_{stat} * \omega^2 \quad [kN] \quad (4-1)$$

$$M_{stat} = \sum G_U * r \quad [kgm] \quad (4-2)$$

¹¹⁴ LIEBHERR: Spezialtiefbau – Kompendium Verfahrenstechnik und Geräteauswahl. S. 12/4

¹¹⁵ Vgl. LIEBHERR: Spezialtiefbau – Kompendium Verfahrenstechnik und Geräteauswahl. S. 12/2 – 12/3

$$\omega = 2\pi f = \frac{\pi * n}{30} \quad [\text{sec}^{-1}] \quad (4-3)$$

Von den Geräteherstellern werden das statische Moment, die maximale Drehzahl sowie die vertikale Fliehkraft im Gerätedatenblatt angegeben, da auf Grundlage dieser Angaben eine Vorauswahl des Gerätes getroffen werden kann (siehe Abschnitt 4.6.1).

- **Rüttelbohle**

Als Rüttelbohle werden Breitflanschträger (HEB 500 – 1000 bzw. früher auch IPB genannt) eingesetzt, wobei das untere Ende des Trägers durch aufgeschweißte Bleche verstärkt ist (Bohlenschuh). Entlang des Trägers werden ein oder zwei Verpressleitungen angebracht, welche am Trägerende eine Auslassöffnung besitzen, um beim Einbringen und Ziehen der Bohle den entstandenen Hohlraum mit Schmalwandmischung zu füllen. Sowohl zur Führung der Bohle als auch um eine ausreichende Überlappung sicherzustellen wird ebenfalls im Endbereich des Trägers an einem der Flansche ein Blech (Schwert) angeschweißt (siehe auch Abbildung 4.10).



Abbildung 4.10 Rüttelbohle mit Bohlenschuh, Schwert und Verpressleitungen¹¹⁶

¹¹⁶ IMPLenia: Schlitz-, Dicht- und Schmalwände. <https://spezialtiefbau.implenia.com>. Datum des Zugriffs: 4. September. 2018

4.5.2.2 Mischanlage

In der Mischanlage wird die Schmalwandsuspension gefertigt. Sie besteht aus Behältern für die Materiallagerung (Silos), einem Mischer sowie diversen Messeinrichtungen (Abbildung 4.11).



Abbildung 4.11 Mischanlage zur Herstellung der Schmalwandsuspension¹¹⁷

- **Behälter zur Materiallagerung**

In der Regel werden Materialsilos in verschiedenen Größen zur Lagerung der Ausgangsstoffe der Schmalwandsuspension verwendet. Die verschiedenen Silos sind klar ersichtlich nach ihrem Inhalt zu kennzeichnen.

- **Mischer**

In der Richtlinie Schmalwände wird explizit die Verwendung von Chargenmischern empfohlen. In Sonderfällen können jedoch auch Durchlaufmischer verwendet werden.¹¹⁸

- **Messeinrichtungen**

Um die Ausgangsstoffe richtig zu dosieren, werden Wagen, Volumenmesser oder Durchflussmesser benötigt. Eine Mehrzahl von Geräteherstellern bietet hierbei bereits mobile Mischanlagen an, in denen die Dosiereinrichtungen bereits eingebaut sind.

¹¹⁷ <https://www.haeny.at/misch-und-injektionstechnik/anwendungen>. Datum des Zugriffs: 30. August. 2018

¹¹⁸ Vgl. ÖBV: Richtlinie – Schmalwände. Richtlinie. S. 16

4.5.2.3 Verpresseinheit

Die Verpresseinheit kann entweder ortsgebunden im Bereich der Mischanlage angeordnet werden oder versetzbar nahe der Rüttleinheit. Sie besteht aus einem Vorratsbehälter mit Rührwerk und der Suspensionspumpe.

- **Vorratsbehälter mit Rührwerk**

Der Vorratsbehälter ist ein kurzfristiger Speicher für die Dichtwandsuspension und dient als Puffer zwischen Mischanlage und Rüttleinheit. Damit die Suspension nicht erhärtet ist zur Umwälzung ein Rührwerk eingebaut.

- **Pumpe**

Die Suspensionspumpe wird zur Förderung der Schmalwandsuspension vom Vorratsbehälter zur Einbringstelle benötigt. Bei der Dimensionierung der Pumpe ist darauf zu achten, dass der Förderdruck (an der Geräteeinheit aufgezeichnete Druck) größer sein muss als die auftretenden Widerstände. Es müssen hierbei die Rohrleitungswiderstände als auch die Höhendifferenz von Pumpe bis zur Oberkante der Rüttelbohle überwunden werden.¹¹⁹

- **Transportleitungen**

In der Regel erfolgt der Transport der Schmalwandmischung durch Leitungen. In Sonderfällen können jedoch auch Transportfahrzeuge verwendet werden.

4.5.2.4 Bagger

Zur Herstellung des Arbeitsplanums und des Vorlaufgrabens wird ein Bagger benötigt. In der Regel hat dieser ein Kettenfahrwerk, um bei schwierigen Bodenbedingungen voran zu kommen und ein Einsatzgewicht von 5 t bis 10 t.

¹¹⁹ Vgl. ÖBV: Richtlinie – Schmalwände. Richtlinie. S. 16

4.5.3 Material

Die Schmalwandmischung besteht aus folgenden Komponenten:

- **Wasser**

Das Anmachwasser muss frei von Verunreinigungen sein und wird in der Regel aus dem örtlichen Wasserversorgungsnetz entnommen. Werden andere Wässer verwendet sind diese auf ihre Eignung gemäß ÖNORM B 4452:1998 Anhang B zu prüfen.¹²⁰

- **Füller**

Als Füller können Kalksteinmehl oder Flugasche verwendet werden.

- **hydraulische Bindemittel**

Als hydraulisches Bindemittel wird zumeist Zement verwendet. In Ausnahmefällen wird Spezialbindemittel (Zement mit hohem Hüttenanteil) bei Sulfatangriff verwendet.¹²¹

- **Bentonit**

Als letzter Bestandteil der Schmalwandmischung können Natriumbentonit (Na-Bentonit oder auch Aktivbentonit genannt) oder Calciumbentonit (Ca-Bentonit) eingesetzt werden. Im Vergleich zum Ca-Bentonit besitzt Na-Bentonit ein wesentlich höheres Quell- und Wasserbindevermögen.¹²² Dementsprechend wird von Na-Bentonit nur ein Bruchteil der Menge von Ca-Bentonit benötigt, um die gleiche Wirkung zu erzielen.

Mögliche Mischungsverhältnisse sind in Tabelle 4.4 dargestellt.

Tabelle 4.4 Mögliche Zusammensetzungen von einem Kubikmeter Schmalwandmischung¹²³

Lfd. Nr.	Schmalwandmischung – Zusammensetzung von einem Kubikmeter (1000 l)	Wasser	Steinmehl	Zement oder Spezialbindemittel*	Bentonit
		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
0	A	B	C	D	E
1	Mischung mit Ca-Bentonit	600 - 700	550 - 700	140 - 180	80 - 140
2	Mischung mit Na-Bentonit	600 - 800	500 - 850	100 - 200	20 - 30
3	Mischung mit Na-Bentonit und Spezialbindemittel	750 - 820	400 - 600	70 - 110 *	20 - 30

¹²⁰ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichtwände im Untergrund. ÖNORM. S. 26

¹²¹ Vgl. TRIANTAFYLIDIS, T.: Planung und Bauausführung im Spezialtiefbau – Teil 1: Schlitzwand- und Dichtwandtechnik. S. 289

¹²² <http://www.bentonit.de/anwendungen/abdichtung/herstellung-einer-abdichtung-mit-aktivbentonit.php>. Datum des Zugriffs: 29. August. 2018

¹²³ Vgl. TRIANTAFYLIDIS, T.: Planung und Bauausführung im Spezialtiefbau – Teil 1: Schlitzwand- und Dichtwandtechnik. S. 289

Die Herstellung der Schmalwandmischung erfolgt entweder direkt auf der Baustelle durch Mischen der einzelnen Komponenten oder durch Lieferung von Fertigtrockenmischungen, welche auf der Baustelle mit Anmachwasser vermischt werden.

4.5.4 Baubetriebliche Einflussfaktoren

Es gibt eine Vielzahl von baubetrieblichen Einflussfaktoren und Entscheidungen, welche die Schmalwandherstellung maßgebend beeinflussen. Es wurde hierzu eine Einteilung in Festlegung und Beeinflussung der elementaren Produktionsfaktoren vorgenommen. Eine vernetzte Betrachtung ist hierbei empfehlenswert, da jede Festlegung auch eine Beeinflussung des Produktionsprozesses der Schmalwandherstellung darstellt.

4.5.4.1 Festlegung der elementaren Produktionsfaktoren

Bei der Schmalwandherstellung ist die richtige Auswahl und Kombination der elementaren Produktionsfaktoren von immenser Bedeutung. In Abbildung 4.12 sind hierzu wichtige baubetriebliche Entscheidungen – welche spätestens in der Arbeitsvorbereitung getroffen werden müssen – zur Festlegung der elementaren Produktionsfaktoren aufgelistet.

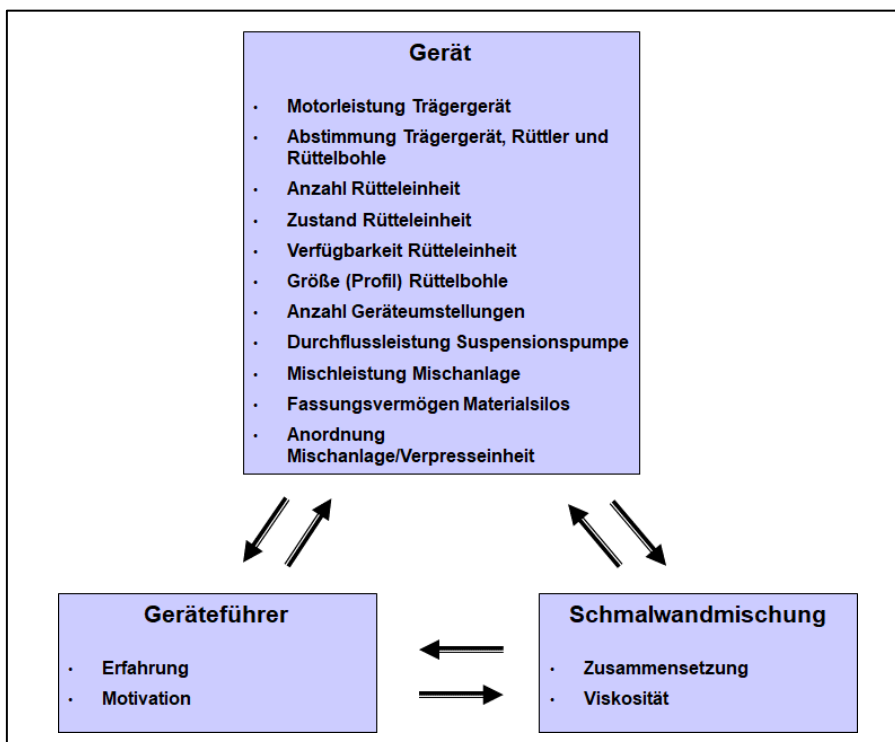


Abbildung 4.12 Demonstrative Darstellung der Auswahl und Kombination der elementaren Produktionsfaktoren zur Schmalwandherstellung

4.5.4.2 Beeinflussung der elementaren Produktionsfaktoren

Zur Erfassung des gesamten baubetrieblichen Produktionssystems im Bauwesen – in konkreten Fall bei der Schmalwandherstellung – sind weitere fünf baubetriebliche Einflussgruppen (allgemeine Beschreibung der Einflussgruppen in Abschnitt 2.1.3) zu berücksichtigen. In Abbildung 4.13 sind die jeweiligen Einflussfaktoren der Einflussgruppen ersichtlich.

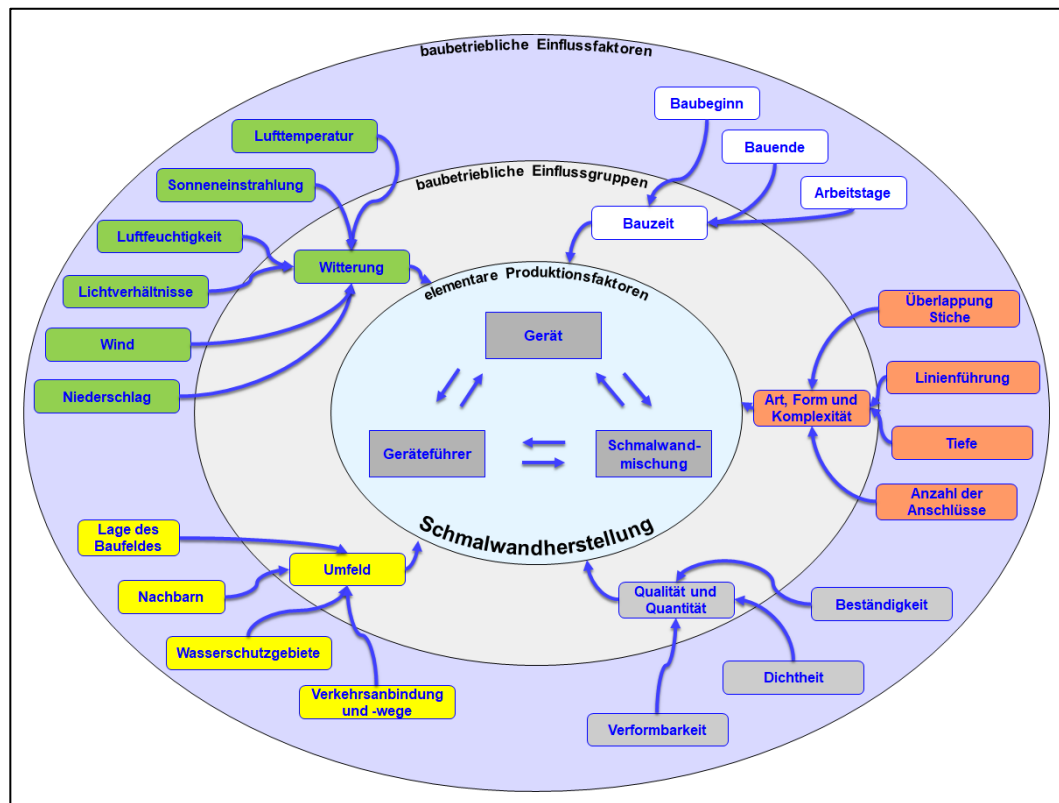


Abbildung 4.13 Demonstrative Darstellung der baubetrieblichen Einflussfaktoren der Schmalwandherstellung

In weiterer Folge werden die fünf Einflussgruppen näher erläutert.

- **Umfeld:**

Das Baustellenumfeld bzw. die Baustellenbedingungen haben vor allem einen Einfluss auf die Baustellenlogistik bei der Schmalwandherstellung. Einerseits müssen die schweren Trägergeräte (bis 100 t) antransportiert werden. Hierbei ist eine Entscheidung zu treffen, ob das Trägergerät als Ganzes oder der Mätkler und der Ober-/Unterwagen getrennt voneinander antransportiert werden. Bei getrennter Lieferung sind wiederum Überlegung zur Montage vor Ort nötig.

Andererseits sollte die Position der Mischanlage "günstig" gewählt werden. Unter "günstig" versteht man hierbei, dass sowohl die Versorgung der Mischanlage mit den Schmalwandkomponenten gewährleistet ist als auch die Entfernung zwischen Mischanlage und Rütteleinheit nicht zu groß wird. Bei großen Entfernungen können anstelle von Transportleitungen auch Transportfahrzeuge eingesetzt werden.

Wasserschutzgebiete im Umfeld einer Baustelle – vor allem jene, bei denen Schmalwände zur Stauraumabdichtung eingesetzt werden – sind bereits bei der Planung der Schmalwand zu berücksichtigen, da die in diesen Gebieten oft vorzufindenden Brunnen teilweise durch den angrenzenden Fluss gespeist werden. Zur Sicherstellung der Versorgung dieser Brunnen sind zumeist Lücken in der Schmalwand vorzusehen.

Falls Gebäude im Nahbereich der Schmalwandherstellung vorhanden sind, ist es sinnvoll, vorweg den Zustand der Gebäude zu dokumentieren (Risse etc.). Falls Schäden an Gebäuden auftreten sollten, hat man somit einen Beweis, welche Vorschäden bereits vorhanden sind.

- **Witterung:**

Die Witterung beeinflusst all jene Produktionsfaktoren der Schmalwandherstellung, derer sie direkt ausgesetzt sind.

Die Leistungsfähigkeit des Geräteführers wird vor allem durch die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Sonneneinstrahlung und die Lichtverhältnisse bestimmt. Beispielhaft kann an dieser Stelle gesagt werden, dass die Leistungsfähigkeit bei Extremtemperaturen abnimmt.

Die Störanfälligkeit der Geräte insbesondere der Rütteleinheit steigt bei Extremwetterereignissen wie z.B. Hitzewellen. Des Weiteren ist zu beachten, dass durch langandauernde Regenereignisse, der Boden dermaßen „aufgeweicht“ werden kann, dass sich der Umsetzungsvorgang während der einzelnen Stiche verlängert.

Abschließend kann gesagt werden, dass die Witterung die Schmalwandherstellung – vor allem im Vergleich zum Hochbau – nur in geringem Maße beeinflusst, da die Schmalwand im Baugrund hergestellt wird und dort annähernd konstante Temperaturen vorherrschen.

- **Qualität und Quantität:**

Die auszuführende Qualität der Schmalwand wird durch eine Zuordnung zu einer der drei Schmalwandklassen definiert (siehe Tabelle 4.5). Hierbei werden Anforderungen an die Festigkeit, Durchlässigkeit und Beständigkeit der Schmalwand festgelegt.

Tabelle 4.5 Schmalwandklassen – Beschreibung und Beispiele¹²⁴

Lfd. Nr.	Schmalwandklasse	Beschreibung
0	A	B
1	SMK 1	Schmalwände, deren Funktion auf den Bauzustand beschränkt bleibt (z.B. Wasserhaltung) und in Untergrundverhältnissen hergestellt werden, für die ausreichende Erfahrung mit Schmalwandherstellungen vorliegt. Wände, bei welchen durch schadhafte Stellen mit Ausnahme einer Erhöhung der durchströmenden Wassermenge keine hydraulische oder mechanische Schäden im Untergrund oder am Bauwerk entstehen können. Beispiele: Tauchwände, bereichsweise Abdichtung im Bauzustand, kleine Baugrubenumschließungen.
2	SMK 2	Schmalwände für größere Umschließungen (mehr als 1.000 m ² Wandfläche bzw. 100 m Länge), für Wandkriterien mit einer Durchlässigkeit > 1 x 10 ⁻⁷ m/s, für Wände, die im Hinblick auf Festigkeit, Durchlässigkeit und Beständigkeit zeitlich begrenzt (max. fünf Jahre) genutzt werden. Beispiele: Große Baugruben, Wasserkraftanlagen mit untergeordneten Sicherheitsansprüchen im Staubereich.
3	SMK 3	Schmalwände für Abdichtungsaufgaben mit höchstem Sicherheitsanspruch im Hinblick auf Durchlässigkeit und Beständigkeit, vor allem für kontaminierte Wässer, Ablagerungen von Schadstoffen und für Systeme, bei welchen der Erhaltungs- und Wartungsaufwand sehr groß ist oder eine Sanierung praktisch nicht durchführbar ist. Beispiele: Deponien, Altlastensanierungen, Stauraumabdichtungen zum Schutz von Grundwasserfeldern.

Die Quantität, also die Anzahl der Quadratmeter Schmalwand, die herzustellen sind, beeinflusst im Wesentlichen die Geräteauswahl. Bei großen Mengen ist es aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll die Rütteleinheit und die Mischanlage auch dementsprechend groß zu dimensionieren bzw. die Anzahl der Rütteleinheiten zu erhöhen.

- **Bauzeit:**

In der Regel wird die Bauzeit vom AG vorgegeben und sie beeinflusst die Auswahl der Produktionsfaktoren des Schmalwandverfahrens, welche der AN im Laufe des Kalkulationsprozesses trifft, essenziell. Bei kurzen Bauzeiten müssen in der Regel mehr Produktionsfaktoren eingesetzt werden als bei langen Bauzeiten, da eine größere tägliche Leistung erzielt werden muss. Am Beispiel der Schmalwandherstellung kann der Bieter durch Rückrechnung

¹²⁴ ÖBV: Richtlinie – Schmalwände. Richtlinie. S. 8

von der Bauzeit auf die tägliche erforderliche Leistung eine Gerätevorauswahl treffen.

- **Art, Form und Komplexität des Bauwerkes:**

Schmalwände werden durch die Aneinanderreihung von geraden Teilstücken hergestellt. Sind während der Herstellung viele Richtungswechsel nötig, so steigt der Aufwand und die Leistung sinkt, da das Ausrichten der Geräte mehr Zeit als bei geradliniger Herstellung der Schmalwand (Schwert gleitet in Schlitz und wird hierbei geführt) in Anspruch nimmt.

Die Leistung sinkt ebenfalls mit der Anzahl der Schmalwandanschlüsse an bestehende Bauteile, da durch die vorwiegend gabelartigen Umschließungen ein Mehraufwand entsteht.

In der Arbeitsvorbereitung ist ebenfalls ein Wert für die Überlappung der einzelnen Stiche zu wählen. Als Überlappung kann hierbei ein Wert von bis zu 50 % gewählt werden, was so viel bedeutet wie, dass bei der Hälfte des vorangegangenen Stiches der neue Stich angesetzt wird. Der Wert für die Überlappung ist vor allem abhängig von den Dichtigkeitsanforderungen, welche an die Schmalwand gestellt werden, und von den Bodenverhältnissen.

4.5.5 Bodenmechanische Einflussfaktoren

Die Schmalwandherstellung wird nicht nur durch baubetriebliche Einflussfaktoren, sondern auch durch bodenmechanische Verhältnisse, signifikant beeinflusst. Auf Grundlage des ausgeschriebenen Baugrundes (Bodengutachten) wird bei der Angebotsbearbeitung ein Leistungswert für die Schmalwandarbeiten festgesetzt. Der Baugrund wird hierbei durch unterschiedliche Parameter definiert, welche mehr oder weniger Einfluss auf die Schmalwandherstellung haben. Im Wesentlichen wird die Einbringdauer der Rüttelbohle vom Boden bestimmt. In Abbildung 4.14 sind diesbezüglich die maßgebenden Bodenkennwerte ersichtlich, welche auch in weitere Folge näher behandelt werden.

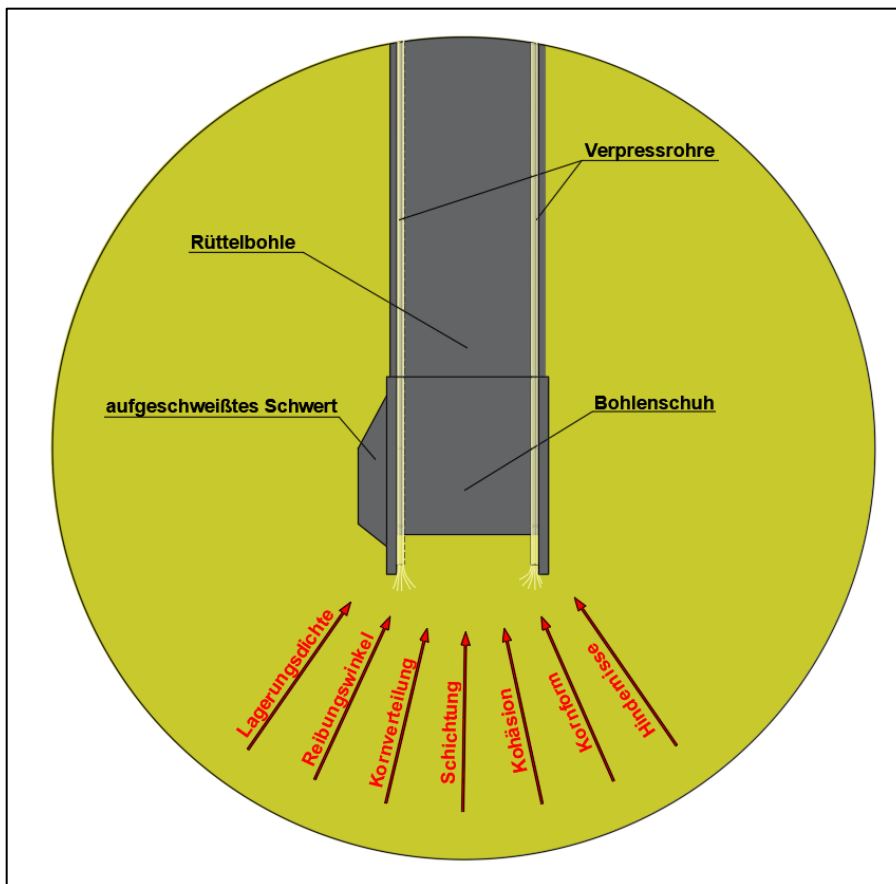






Abbildung 4.14 Interaktion der Rüttelbohle im Boden

4.5.5.1 Lagerungsdichte/Konsistenz

Beim Schmalwandverfahren wird der anstehende Boden durch das Eindringen der Rüttelbohle verdrängt. Der dabei auftretende Eindringwiderstand ist primär abhängig von der Lagerungsdichte (grobkörnige Böden) und von der Konsistenz (feinkörnige Böden). Je dichter bzw. fester die Bodenschichten umso größer ist der Eindringwiderstand und umso länger ist auch die Dauer des Rüttelvorganges. Bei gemischtkörnigen Böden die fest/sehr dicht gelagert sind und bei festen feinkörnigen Böden stößt das Verfahren dabei an seine Grenzen. Durch Sondermaßnahmen wie z.B. Vorrassbohrungen oder Hochdruckunterstützung ist jedoch ein Durchrötern oder Einbinden von ca. 1 m noch möglich. In Tabelle 4.6 sind zusammenfassend die möglichen Durchröterungstiefen von grobkörnigen, gemischtkörnigen und feinkörnigen Bodenschichten mit verschiedenen Lagerungsdichten (locker bis sehr dicht) und Konsistenzen (flüssig bis fest) dargestellt.

Tabelle 4.6 Schmalwandverfahren – mögliche Durchörterungstiefen in Abhängigkeit von Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der Bodenart¹²⁵

Lfd. Nr.	Grobkörnige Böden	Gemischtkörnige Böden	Feinkörnige Böden
	Sand-Kiesgemische	Sand-Schluff bzw. Sand-Ton-Gemische	Schluff und Ton
0	A	B	C
1		flüssig	flüssig
2		breiig	breiig
3		sehr weich	sehr weich
4	locker	weich/locker	weich
5	mitteldicht	steif/mitteldicht	steif
6	dicht	halbfest/dicht	halbfest
7	sehr dicht	fest/sehr dicht	fest
8			
9	 30 Meter möglich	 mit Sondermaßnahmen bis 1 Meter möglich	
10	 mit Sondermaßnahmen bis 5 Meter möglich	 für Schmalwandherstellung ungeeignet	
11			

Flüssige, breiige sowie sehr weiche gemischtkörnige und feinkörnige Böden sind für das Schmalwandverfahren aufgrund der starken Vermischung mit der Schmalwandsuspension und der dadurch bedingten Einschnürung der Schmalwand ungeeignet.

4.5.5.2 Hindernisse

Hindernisse (Steine bzw. Blöcke) können die tägliche Leistung signifikant beeinflussen und zeigen sich in der Regel dadurch, dass es während des Einrüttelvorganges zu einem abrupten Anstieg des Einbringwiderstandes (weniger Vortrieb bei gleicher Rüttelenergie) kommt. Vor allem bei dicht und sehr dicht gelagerten Böden stellen Hindernisse ein Problem dar, weil sie nicht seitlich verdrängt werden können und somit vor dem Bohlen-schuh hergeschoben werden. Dadurch wird die Querschnittsfläche vergrößert und der Eindringwiderstand erhöht sich. Vorräusbohrungen sind eine wirksame Maßnahme, wenn vermehrt mit Hindernissen gerechnet wird.

4.5.5.3 Kornverteilung

Bei enggestuften grobkörnigen Böden kommt es aufgrund nicht gefüllter Hohlräume zwischen den Bodenteilchen zu einem vermehrten Suspensionsverbrauch und die Ziehgeschwindigkeit muss angepasst werden. Es ist darauf zu achten, dass der Suspensionsspiegel im Vorlaufgraben während des Ziehvorganges konstant bleibt.

¹²⁵ Vgl. ÖBV: Richtlinie – Schmalwände. Richtlinie. S. 12

4.5.5.4 Kornform

Durch die Vibration der Rüttelbohle kommt es zu einer Umlagerung bzw. Verdichtung des anstehenden Bodens. Weist der Boden eine vermehrt runde Kornform auf ist in der Regel mit keinen Verzögerungen zu rechnen. Bei scharfkantigen, gemischtkörnigen Böden (z.B. Sand-Schluff) ist jedoch Vorsicht geboten, da es zu einem Verkanten der einzelnen Bodenteilchen kommen kann, wodurch der Eindringwiderstand wiederum erhöht wird.

4.5.5.5 Reibungswinkel/Kohäsion

Der Reibungswinkel und die Kohäsion sind die beiden Scherfestigkeitsparameter. Sie werden im Scherversuch ermittelt. Je größer der Reibungswinkel und die Kohäsion der Bodenschichten, desto größer ist auch die Reibung zwischen Rüttelbohle und anstehendem Boden. Relevant ist diese jedoch hauptsächlich im Bereich des Bohlenschuhes, da dieser, wie schon erwähnt, einen größeren Querschnitt aufweist als der Rest der Rüttelbohle und somit direkt mit dem Boden interagiert. Durch den Bohlenschuh wird ein Hohlraum zwischen nachfolgender Rüttelbohle und anstehendem Boden geschaffen, welcher mit Schmalwandsuspension gefüllt wird, wodurch in Verbindung mit dem Einrüttelvorgang die Reibung leichter überwunden werden kann.

4.5.5.6 Schichtung

Die Bodenschichtung ist als letzter bedeutsamer bodenmechanischer Einflussfaktor bei der Schmalwandherstellung zu nennen. Die Schichtung definiert hierbei die Anordnung der Bodenschichten übereinander. Diese können z.B. horizontal oder auch geneigt angeordnet sein. Ebenfalls sind linsenförmige Einschlüsse möglich. Betrachtet man die Schichtung, so kann eine Abschätzung der Anordnung der Bodenschichten zwischen den einzelnen Bodenerkundungspunkten erfolgen.

4.6 Leistungswert

Der Leistungswert gibt an, wie viel Quadratmeter Schmalwand pro Zeiteinheit (Glg.(4-4)) bzw. Arbeitstag (Glg.(4-5)) von einer Gerätegruppe erstellt werden und ist eine der wesentlichen Kenngrößen bei der Kalkulation und Bauausführung einer Schmalwand.

$$\text{stündliche Leistung} = m^2\text{-Schmalwand} / \text{Zeiteinheit} \quad [\text{m}^2/\text{h}] \quad (4-4)$$

$$\text{tägliche Leistung} = m^2\text{-Schmalwand} / \text{Arbeitstag} \quad [\text{m}^2/\text{d}] \quad (4-5)$$

Bei der Schmalwandherstellung variiert der Leistungswert sowohl in Abhängigkeit von bodenmechanischen Kennwerten (Abschnitt 4.5.5) als auch in Abhängigkeit von baubetrieblichen Gegebenheiten (Abschnitt 4.5.4).

Zur Abschätzung von Leistungswerten bei der Schmalwandherstellung können folgenden Methoden eingesetzt werden:¹²⁶

- Schätzung unter Verwendung eigener Daten von abgeschlossenen Projekten
- Schätzung unter Verwendung von Maschinenhandbüchern und bauwirtschaftlicher Literatur
- Schätzung nach analytischer Methode durch Bestimmung der Produktivität der für einen Arbeitsvorgang einzusetzenden Produktionseinheiten
- Schätzung nach Durchführung von Probeläufen

Jene Unternehmen, die bereits Schmalwände hergestellt haben, werden logischerweise bei der Kalkulation eines neuen Auftrages auf eigene Kennzahlen vergangener Projekte zurückgreifen. Diesen Wissensvorsprung versuchen weniger erfahrene Unternehmen durch die Verwendung von bauwirtschaftlicher Literatur zu kompensieren, wobei nach einer gründlichen Literaturrecherche angemerkt werden muss, dass zum Thema der Leistungsermittlung einer Schmalwand nur wenig Literatur vorhanden ist. Einen Ansatz liefert jedoch *Girmscheid*¹²⁷, mit dessen Formeln eine Gerätevorauswahl zur Schmalwandherstellung getroffen werden kann (siehe Abschnitt 4.6.1). Ein neuer Zugangspunkt zur Vorauswahl der Geräte wird mithilfe der spezifischen Rammenergie in Abschnitt 4.6.2 be-

¹²⁶ GAREIS, R.; HALPIN, W. D.: Planung und Kontrolle von Bauproduktionsprozessen. S. 75f

¹²⁷ GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baummaschinen und Bauprozesse. S. 221-229

handelt. Hierbei wird eine Grundlage geschaffen für weitere Forschungsarbeit bezüglich dem Einsatz der spezifischen Rammenergie als verfahrensrelevanter Erkundungsparameter im Spezialtiefbau, auf welche in dieser Arbeit aufgrund des Umfangs und der doch eher bodenmechanischen und geotechnischen Fragenstellung verzichtet wird.

Ebenfalls liefert *Girmscheid*¹²⁸ Leistungsermittlungsformeln für Ramarbeiten, welche als Ausgangspunkt für die Entwicklung einer Leistungsformel für Schmalwandarbeiten dienen (siehe Abschnitt 4.6.3).

4.6.1 Selektion der Vibrationsramme nach *Girmscheid*¹²⁹

Bei der Vorauswahl der Vibrationsramme nach *Girmscheid* wird mittels Abbildung 4.15 die **erforderliche vertikale Fliehkraft der Vibrationsramme ($F_{Vz,erf}$)**, um die Rüttelbohle in den Boden einzubringen, ermittelt. Zunächst müssen jedoch die Inputparameter definiert werden:

- die maximale Einbringtiefe (T_{max}) ist in den Ausschreibungsunterlagen ersichtlich,
- die Lagerungsdichte/Konsistenz ist dem Bodengutachten zu entnehmen und
- die Masse der Rüttelbohle ($m_{Rammgut}$) ist vom gewählten Profil abhängig. In Tabelle 4.7 ist das Gewicht pro Laufmeter für das ausgewählte Rüttelprofil ersichtlich.

Tabelle 4.7 Gewicht der ausgewählten Rüttelbohle pro Laufmeter¹³⁰

Lfd. Nr.	Rüttelbohlenprofil	HEB 500	HEB 600	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Gewicht pro Laufmeter [kg/lfm]	192,00	217,00	247,00	269,00	298,00	322,00

In weiterer Folge soll durch ein Beispiel die Ermittlung der vertikalen Fliehkraft der Vibrationsramme verdeutlicht werden.

¹²⁸ GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumachinen und Bauprozesse. S. 221 - 229

¹²⁹ Vgl. GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumachinen und Bauprozesse. S. 221 - 229

¹³⁰ STAHL-BAU-HANDEL: Gewicht HEB-Reihe. www.stahl-bau-handel.de. Datum des Zugriffs: 12. September. 2018

Folgende Randbedingungen werden dem Beispiel zugrunde gelegt:

- Bodenart: dicht gelagerter Sand
- Einbringtiefe: 30 m
- Masse Rüttelbohle: 4,5 t

Zunächst zeichnet man in Abbildung 4.15 eine Gerade (strichlierte Linie) vom Wert der Einbringtiefe (30m) bis zum Wert der Masse der Rüttelbohle (4,5 t). Die Gerade schneidet nun die 4 Kurven, welche abhängig von der Bodenart sind. Nach Auswahl der richtigen Kurve (Kurve II), wird eine vertikale Gerade vom Schnittpunkt der beiden Geraden bis zur Fliehkraftskala aufgetragen und die erforderliche Fliehkraft (ca. 2.280 kN) abgelesen.

Als nächster Schritt kann ein Gerät ausgewählt werden. Bezogen auf das Beispiel wird ein Gerät ausgewählt, dass 2.300 kN vertikale Fliehkraft und 50 kgm statisches Moment aufbringen kann. Weiters beträgt die maximale Drehzahl des Gerätes 2.000 U/min.

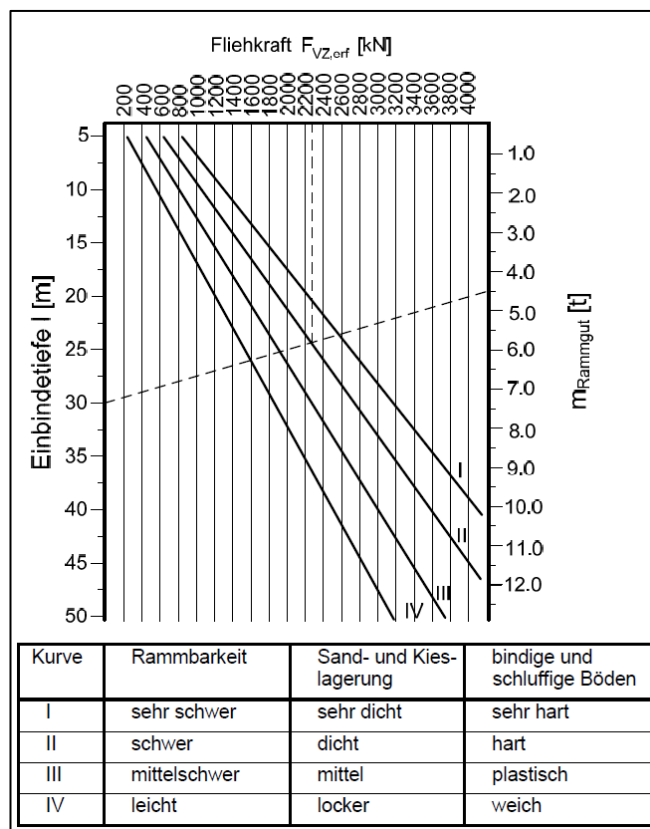


Abbildung 4.15 Diagramm zur Bestimmung der vertikalen Fliehkraft $F_{vz,erf}$ ¹³¹

¹³¹ GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baummaschinen und Bauprozesse. S. 227

Tabelle 4.8 Eigenfrequenzen ausgesuchter Bodenarten¹³²

Bodenart	f [Hz]	ω [min ⁻¹]
Moorboden	10 – 13	3800 – 4900
Mittelsand	15 – 18	5650 – 6800
Lehmiger Boden	21 – 23	7900 – 8700
Lehm feucht	19 – 20	7150 – 7550
Lehm trocken	20 – 22	7550 – 8300
Sand fest	26 – 28	9800 – 10550
Schluffsand	19 – 20	7200 – 7550
Löss trocken	23 – 24	8700 – 9050

Als letzter Schritt muss sichergestellt werden, dass der Rüttler auch im Eigenfrequenzbereich des Bodens arbeiten kann, da eine Überwindung der Haftung zwischen Rüttelbohle und Boden am besten in jenem Frequenzbereich stattfindet.¹³³ Der vorher ausgewählte Rüttler erreicht eine maximale Drehzahl von 2.000 U/min und somit eine maximale Frequenz von 33,33 Hz (4-6).

$$f = \frac{n}{60} = \frac{2000}{60} = 33,33 \quad \text{[Hz]} \quad (4-6)$$

Die maximale Frequenz des Rüttlers liegt somit über der Eigenfrequenz von 26 bis 28 Hz des dicht gelagerten (festen) Sandes (siehe Tabelle 4.8) und ist somit als geeignet einzustufen.

Kritisch anzumerken bei der Vorauswahl der Vibrationsramme nach *Girmscheid* ist, dass keine Abgrenzung der einzelnen Verfahren (in z.B. Spundwandherstellung, Schmalwandherstellung usw.) vorgenommen wurde. Wie man in Abbildung 4.15 erkennen kann gehen nur die maximale Einbringtiefe, das Gewicht des Rammgutes sowie der Boden in die Ermittlung der erforderlichen vertikalen Fliehkraft mit ein. Wichtige Kennwerte, wie das Rammgutprofil (I-Träger, Spundwandprofil...) oder das Einbringverfahren werden nicht berücksichtigt.

¹³² GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baummaschinen und Bauprozesse. S. 228

¹³³ Vgl. LIEBHERR: Spezialtiefbau – Compendium Verfahrenstechnik und Geräteauswahl. S. 12/6

4.6.2 Vorauswahl der Vibrationsramme durch Vergleich der spezifischen Rammenergie

Wie bereits in Abschnitt 4.5.5.1 erwähnt ist der Eindringwiderstand bei der Schmalwandherstellung primär von der Lagerungsdichte und Konsistenz des Bodens abhängig. Auf Grundlage einer Bodenvoruntersuchung (meistens Rammsondierung) werden vorweg Aussagen getroffen, ob es sich um einen „gut rammbaren“ oder „schlecht rammbaren“ Boden handelt. Die Klassifizierung erfolgt hierbei durch verschiedene Lagerungsdichten (locker bis sehr dicht) und Konsistenzen (flüssig bis fest, siehe Tabelle 4.6). Wie zu erkennen ist, erfolgt die Einordnung somit in einer verbalen Form und nicht durch Angabe von exakten Werten. Diesem Dilemma soll durch die Einführung der spezifischen Rammenergie [kJ/m^3] als verfahrensrelevanter Erkundungsparameter bei der Schmalwandherstellung entgegen gewirkt werden. Somit würden exakte Werte vorliegen, mit denen durch einen Vergleich mit der Einbringenergie der Rüttleinheit, eine Gerätevorauswahl sowie eine Auswahl der zugehörigen Komponenten (z.B. Rüttelprofil) getroffen werden kann.

4.6.2.1 Baugrunderkundung (Rammsondierung)

Die spezifische Rammenergie der Rammsonde kann entweder theoretisch ermittelt werden oder durch die Messung der tatsächlichen Energie direkt am Rammgestänge.

Theoretisch ermittelt sich die spezifische Rammenergie (E_{theor}) wie folgt:¹³⁴

$$E_{\text{theor, Schlag}} = m \times g \times h \quad [\text{J}] \quad (4-7)$$

m	Masse des Rammbären	[kg]
g	Erdbeschleunigung	[m/s^2]
h	Fallhöhe des Rammbären	[m]

Somit kann auch die spezifische Rammenergie je Schlag ermittelt werden:¹³⁵

¹³⁴ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM EN ISO 22476-2:2012 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchung – Teil 2: Rammsondierungen. ÖNORM. S. 5

¹³⁵ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM EN ISO 22476-2:2012 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchung – Teil 2: Rammsondierungen. ÖNORM. S. 6

$$E_{erf,Schlag} = E_{theor}/A_{Sonde} \quad [\text{J/m}^2] \quad (4-8)$$

A_{Sonde} Nennquerschnittsfläche der Sondierspitze [m²]

Die Nennquerschnittsflächen der verschiedenen Sondierspitzen können der ÖNORM EN ISO 22476-2:2012 entnommen werden.

Nachfolgend soll beispielhaft die spezifische Rammenergie pro Schlag der überschweren Rammsonde (DPG) berechnet werden:

$$E_{erf,Schlag} = (m \times g \times h) / m^2 \quad [\text{J/m}^2] \quad (4-9)$$

$$E_{erf,Schlag} = (200 \text{ kg} \times 10,00 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,5 \text{ m}) / 0,002 \text{ m}^2 =$$

$$E_{erf,Schlag} = 500.000 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2} / \text{m}^2 = 500.000 \text{ J/m}^2 = 500 \text{ kJ/m}^2$$

Zu beachten ist dabei, dass allgemein $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$ gilt. Für die Erdbeschleunigung wird der gerundete Wert von 10 m/s^2 anstelle des exakten Wertes von $9,81 \text{ m/s}^2$ angenommen, da in der ÖNORM EN ISO 22476-2:2012 ebenfalls der gerundet Wert verwendet wird.

Liegt bereits ein Rammprotokoll vor errechnet sich die benötigte spezifische Rammenergie wie folgt:

$$E_{erf} = E_{erf,Schlag} \times \text{Schläge} / \text{Eindringtiefe} \quad [\text{J/m}^3] \quad (4-10)$$

4.6.2.2 Schmalwandarbeiten

Die spezifische Rammenergie, welche eine Rüttleinheit aufbringen kann, setzt sich zu einem Teil aus den Eigengewichten der Rüttelbohle ($F_{EG,Bohle}$) und des Aufsatzrüttlers ($F_{EG,Rüttler}$) und zum anderen Teil aus der Einrüttelkraft des Aufsatzrüttlers ($F_{V,max}$) zusammen. In Abbildung 4.16 sind hierzu die wirkenden Kräfte auf die Rüttelbohle dargestellt. $F_{V,Boden}$ ist die Widerstandskraft des Bodens, welche der Bohle entgegenwirkt. Um diese korrekt zu ermitteln wären an dieser Stelle weitere geotechnische Untersuchungen notwendig, die wie schon zuvor erwähnt den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden. Für die Gerätevorauswahl kann jedoch die maximal benötigte spezifische Rammenergie (E_{erf}) für die Verdrängung eines Kubikmeters Bodenmaterials als Eindringwiderstand angesetzt werden.

Die spezifische Rammenergie der Rüttleinheit (E_{vorh}) berechnet sich dann wie folgt:

$$E_{\text{vorh}} = \frac{F_{EG,Bohle}}{A_{Bohlenschuh}} + \frac{F_{EG,Rüttler}}{A_{Bohlenschuh}} + \frac{F_{V,max}}{A_{Bohlenschuh}} \quad [\text{J/m}^3] \quad (4-11)$$

$$F_{EG,Bohle} = m_{Bohle} * g \quad [\text{N}] \quad (4-12)$$

$$F_{EG,Rüttler} = m_{Rüttler} * g \quad [\text{N}] \quad (4-13)$$

$$F_{V,max} = M_{\text{stat}} * \omega^2 \quad [\text{N}] \quad (4-14)$$

$F_{EG,Bohle}$	Eigengewichtskraft Rüttelbohle	[N]
m_{Bohle}	Masse Bohle	[kg]
g	Erdbeschleunigung	[m/s ²]
$F_{EG,Rüttler}$	Eigengewichtskraft Rüttler	[N]
$M_{Rüttler}$	Masse Rüttler	[kg]
$F_{V,max}$	Einrüttelkraft Aufsatzrüttler	[N]
M_{stat}	statisches Moment	[kgm]
ω	Kreisfrequenz	[1/s]

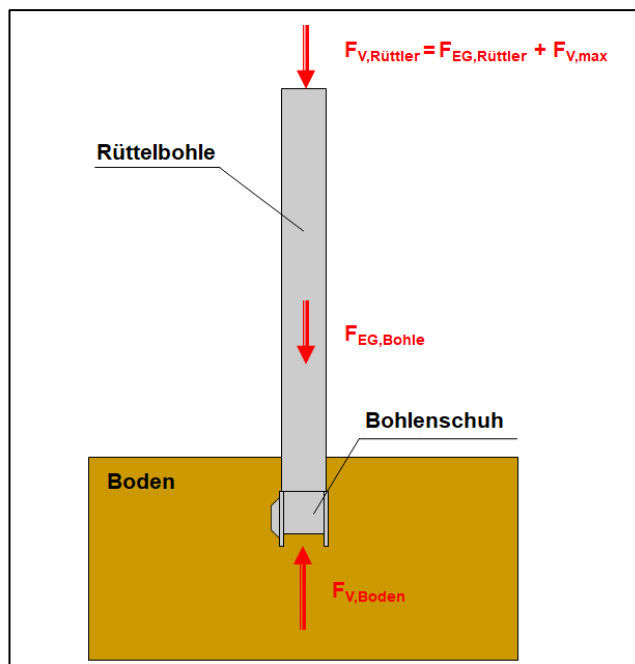


Abbildung 4.16 Rüttelbohle – demonstrative Darstellung der wirkenden Kräfte

Das Eigengewicht pro Laufmeter der Rüttelbohle kann für die verschiedenen Profilgrößen der Zeile 1 der Tabelle 4.9 entnommen werden.

Das Eigengewicht für den Aufsatzrüttler, sowie dessen statisches Moment und die Drehzahl sind in den entsprechenden Datenblättern der Hersteller zu finden.

Die Querschnittsfläche des Bohlschuhs in Abhängigkeit des gewählten Profils kann der Zeile 3 der der Tabelle 4.9 entnommen werden.

Tabelle 4.9 Eigenschaften der Rüttelbohle

Lfd. Nr.	Rüttelbohlenprofil	HEB 500	HEB 600	HEB 700	HEB 800	HEB 900	HEB 1000
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Gewicht pro Laufmeter [kg/lfm]	192,00	217,00	247,00	269,00	298,00	322,00
2	Querschnittsfläche Rüttelbohle [cm ²]	238,64	269,96	306,38	334,18	371,28	400,05
3	Querschnittsfläche Bohlschuh [cm ²]	453,48	504,60	560,72	606,95	663,85	712,52

4.6.2.3 Vergleich der spezifischen Rammenergie anhand eines Beispiels

Es liegen die Ergebnisse einer Rammsondierung mit einer überschweren Rammsonde (DPG) vor. Der größte Schlagzahl (Eindringwiderstand) ist 6 Schläge/10 cm.

Somit kann die benötigte spezifische Rammenergie mit Glg.(4-10) berechnet werden:

$$E_{erf} = \frac{500 \text{ kJ}}{\text{m}^2 \times \text{Schlag}} * \text{Schläge/Eindringtiefe}$$

$$E_{erf,max} = \frac{500 \text{ kJ}}{\text{m}^2} * 6 \frac{\text{Schläge}}{0,10 \text{ m}} = 30.000,00 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = 30 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$$

Folgender Rüttleinheit soll verwendet werden:

- Trägergerät LRB 255
- Aufsatzrüttler Typ VML 40
- Rüttelbohle 25 m lang mit HEB 800 Profil

$$F_{EG,Bohle} = m_{Bohle} * g$$

$$F_{EG,Bohle} = 25 \text{ m} * 269 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 67.250,00 \text{ N} = 67,25 \text{ kN}$$

$$F_{EG,Rüttler} = m_{Rüttler} * g$$

$$F_{EG,Rüttler} = 6.200 \text{ kg} * 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 62.000 \text{ N} = 62 \text{ kN}$$

$$F_{V,max} = M_{stat} * \omega^2$$

$$F_{V,max} = 40 \text{ kgm} * 209,44^2 = 1.754.604,54 \text{ N} = 1.754,60 \text{ kN}$$

Die Energie, welche die Rüttleinheit aufbringen kann, kann nun wie folgt berechnet werden:

$$E_{vorh} = \frac{F_{EG,Bohle}}{A_{Bohlenschuh}} + \frac{F_{EG,Rüttler}}{A_{Bohlenschuh}} + \frac{F_{V,max}}{A_{Bohlenschuh}}$$

$$E_{vorh} = \frac{67,25 \text{ kN}}{0,060695 \text{ m}^2} + \frac{62 \text{ kN}}{0,060695 \text{ m}^2} + \frac{1.754,60 \text{ kN}}{0,060695 \text{ m}^2}$$

$$E_{vorh} = 30.997,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 30.997,45 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = 31 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$$

Die Rammenergie der Rüttleinheit ist somit mit 31 MJ/m^3 um 1 MJ/m^3 größer als die benötigte Rammenergie von 30 MJ/m^3 . Die ausgewählte Rüttleinheit ist somit als geeignet zu betrachten.

4.6.3 Leistungsermittlungsformel

Wie bereits bekannt, gibt es kaum Literatur zur Leistungsermittlung von Schmalwandarbeiten und auch keine Leistungsermittlungsformel diesbezüglich. Deswegen wurde aufbauend auf die Leistungsermittlungsformeln für Rammarbeiten eine Leistungsermittlungsformel für Schmalwandarbeiten entwickelt. Es wurde hierzu eine übliche Einteilung in theoretische Grundleistung Q_0 und Nutzleistung Q_N vorgenommen.

Die theoretische Grundleistung muss aufgrund folgender Einflussfaktoren auf die Nutzleistung abgemindert werden:¹³⁶

- den human Faktoren (Qualifikation und Motivation des Geräteführers)

¹³⁶ GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumachinen und Bauprozesse. S.

- den organisatorischen Faktoren (Qualifikation der Bauleitung und Stadium der Arbeitsvorbereitung)
- den technischen Faktoren (an die Aufgaben angepasstes Gerät sowie technischer Zustand)
- den umweltbedingten Faktoren (Wetter, Temperatur, Lichtverhältnisse etc.)

Die **theoretische Grundleistung** Q_0 [m²/h] für Schmalwandarbeiten berücksichtigt die **materialabhängigen Einflussfaktoren** und erfolgt unter optimalen technischen Betriebsbedingungen, aber ohne Berücksichtigung technischer, bedienungs- und betriebsbedingter Einflüsse sowie der Geräteausnutzung.¹³⁷

$$Q_0 = \frac{(h_{Bohle} + 2 * t_{Bohlenschuh}) * T}{t_{Stich}} \quad [m^2/h] \quad (4-15)$$

h_{Bohle}	Höhe Rüttelbohle (Querschnitt)	[m]
$t_{Bohlenschuh}$	Dicke (Materialstärke) Bohlenschuh	[m]
T	Einbindetiefe Rüttelbohle	[m]
t_{Stich}	Zeit für einen Stich	[h]

Die **Nutzleistung** Q_N [m²/h] für Schmalwandarbeiten berücksichtigt alle bekannten materialbedingten und **technischen Leistungsfaktoren**, insbesondere auch die **Bedienungs- und Betriebsbedingungen sowie die Geräteausnutzung**.¹³⁸ Des Weiteren berücksichtigt die Nutzleistung auch die **Überlappung der Stiche**.

$$Q_N = Q_0 * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_G * f_5 \quad [m^2/h] \quad (4-16)$$

Q_0	Grundleistung	[m ² /h]
η_1	Bedienungsfaktor	[-]
η_2	Betriebsbedingungen	[-]
η_3	Überlappungsfaktor	[-]
η_G	Geräteausnutzungsgrad	[-]
f_5	Verfügbarkeits-/Gerätezustandsfaktor	[-]

¹³⁷ Vgl. GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumachines und Bauprozesse. S. 11

¹³⁸ Vgl. GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumachines und Bauprozesse. S. 12

Der **Bedienungsfaktor** η_1 reflektiert die humanen Faktoren der Ausbildung und der Qualifikation des Beschäftigten und seine Leistungsmotivation. In Tabelle 4.10 sind mögliche Werte für den Bedienungsfaktor angegeben.

Tabelle 4.10 Bedienungsfaktoren η_1 ¹³⁹

Lfd. Nr.	Qualifikation und Arbeitsfreudigkeit des Geräteführers	η_1
0	A	B
1	geübter Geräteführer	1,00
2	durchschnittlicher Geräteführer	0,80
3	ungeübter Anfänger	0,65

Die **Betriebsbedingungen** η_2 reflektieren die organisatorischen und umweltbedingten Faktoren, wie die Einsatzbedingungen (z.B. Wetter), sowie die Arbeitsvorbereitung der Arbeitsabläufe. Abminderungsfaktoren für die Betriebsbedingungen sind in Tabelle 4.11 dargestellt.

Tabelle 4.11 Betriebsbedingungen/Betriebsfaktor η_2 ¹⁴⁰

Lfd. Nr.	Betriebsbedingungen	η_2
0	A	B
1	sehr gut	1,00
2	gut	0,95
3	mittel	0,85
4	schlecht	0,70 - 0,80

Das Produkt von η_1 und η_2 wird auch als Betriebsbeiwert bezeichnet.

Der **Überlappungsfaktor** η_3 berücksichtigt die Überlappung der einzelnen Stiche untereinander. Je größer die Überlappung, desto kleiner wird der Überlappungsfaktor (Tabelle 4.12).

¹³⁹ GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baummaschinen und Bauprozesse. S. 263

¹⁴⁰ GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baummaschinen und Bauprozesse. S. 265

Tabelle 4.12 Überlappungsfaktor η_3

Lfd. Nr.	Überlappung/ Überlappungsfaktor	η_3
0	A	B
1	00,00 %	1,00
2	10,00 %	0,90
3	20,00 %	0,80
4	30,00 %	0,70
5	40,00 %	0,60
6	50,00 %	0,50

Bei einer Überlappung von ca. 10 % (abhängig von Rüttelbohlenprofil und Materialstärke) wird davon ausgegangen, dass der vordere Flansch der Rüttelbohle (jene Seite, an der das Schwert angeschweißt ist) des nächsten Stiches genau mit dem hinteren Flansch der Rüttelbohle des vorigen Stiches überlappt. Bei 50 % wird die nächste Rüttelbohle genau in der Mitte der vorigen Rüttelbohle abgeteuft (siehe Abbildung 4.17).

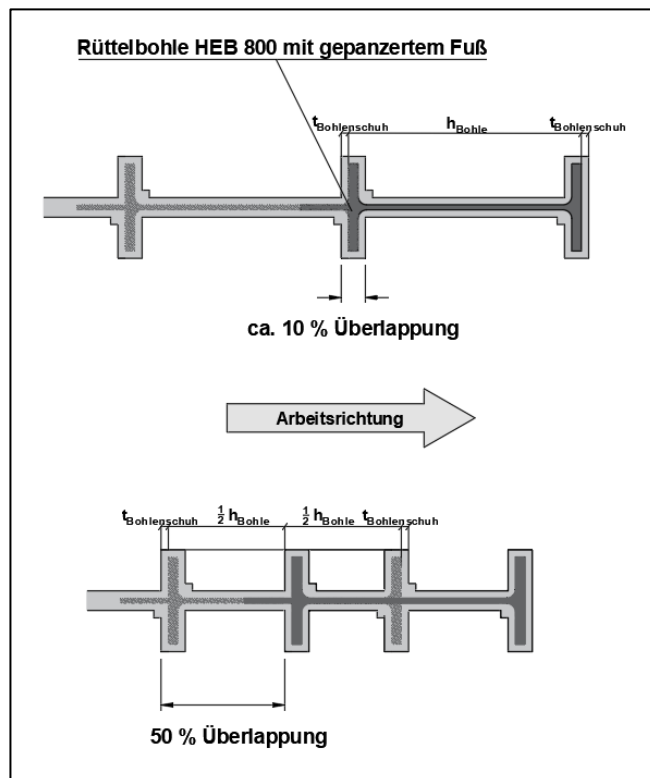


Abbildung 4.17 Schematische Darstellung der Überlappung der Stiche

Der **Geräteausnutzungsgrad η_G** ergibt sich aus dem Quotienten der effektiven Betriebszeit (Schichtzeit – Unterbrechungs-/Ausfallzeiten und

Umstellzeiten) und der Schichtzeit. Die Reduktion ergibt sich aufgrund der Umsetzzeiten zwischen den einzelnen Stichen, Pausen etc. Tabelle 4.13 stellt einen ersten Entwurf dar, um den Geräteausnutzungsgrad η_G zu ermitteln. Wie zu erkennen ist, ist die Geräteausnutzung von der Bohlengröße und der Stichtiefe abhängig. Um Zahlenwerte für die Tabelle zu generieren ist eine Auswertung von Datensätzen mit verschiedenen Bohlengrößen und Stichtiefen bei annähernd gleichen Bodenverhältnissen erforderlich. Da im Zeitraum der Bearbeitung der Masterarbeit keine Daten (Rammprotokolle) zur Verfügung gestellt wurden, konnten auch keine Tabellenwerte generiert werden. Der Autor hofft jedoch, dass sich in Zukunft jemand dieser Arbeit annimmt und die Tabelle mit Zahlenwerten befüllt.

Tabelle 4.13 Geräteausnutzungsgrad η_G

Lfd. Nr.	Geräteausnutzungsgrad η_G	Stichtiefe		
		kurz	mittel	lang
0	A	B	C	D
1	Bohlengröße klein			
2				
3				

Der **Verfügbarkeits-/Gerätezustandsfaktor** f_5 berücksichtigt Stillstandszeiten der Geräte aufgrund von Instandsetzungsmaßnahmen.

Tabelle 4.14 Gerätezustandsfaktor f_5 ¹⁴¹

Lfd. Nr.	Gerätezustandsfaktor	f_5
0	A	B
1	0 - 1.000 Betriebsstunden	1,00
2	1.000 - 1.500 Betriebsstunden	0,93
3	1.500 - 2.000 Betriebsstunden	0,85
4	2.000 - 3.500 Betriebsstunden	0,75
5	3.500 - 5.000 Betriebsstunden	0,65

¹⁴¹ GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumachinen und Bauprozesse. S. 275

5 Kalkulation einer Schmalwand – Kraftwerk Gössendorf

In diesem Kapitel wird der Gesamtpreis der Schmalwand, welche im Zuge der Errichtung des Kraftwerkes Gössendorf gebaut wurde, sowohl deterministisch als auch probabilistisch mit Einheitspreisvertrag und StifOs berechnet und die Ergebnisse miteinander verglichen.

5.1 Projektbeschreibung

Im Stauraumbereich des Kraftwerkes Gössendorf wurde zur Untergrundabdichtung eine Schmalwand mit einer maximalen Tiefe von 25 m (ab Geländeoberkante) hergestellt. Die Schmalwand ist linksufrig 1,032 km und rechtsufrig 1,946 km lang und reicht jeweils bis zum Kraftwerk (siehe Abbildung 5.1).



Abbildung 5.1 Lageplan Murkraftwerk Gössendorf¹⁴²

¹⁴² www.google.maps.at. Datum des Zugriffs: 20. September, 2018

Die Länge der Schmalwand rechtsufrig (fast doppelt so lang wie linksufrig) begründet sich in der Tatsache, dass ein Brunnen des Wasserwerkes Feldkirchen vorhanden ist und dieser vor einer unmittelbaren Anströmung aus dem Stauraumbereich geschützt werden muss. Zur geregelten Dotation des Brunnenfeldes wurde jedoch ein Schmalwandfenster mit einer Länge von ca. 300 m angeordnet, wobei in diesem Bereich die Schmalwandunterkante 5 m über der wasserundurchlässigen Schicht (Tertiär) liegt.¹⁴³

5.2 Ausschreibung

Zur Herstellung der Schmalwand wurden vier Positionen ausgeschrieben (siehe Tabelle 5.1). Der gesamte LV-Text der Ausschreibung ist im Anhang A.1 zu finden.

Tabelle 5.1 Positionen – Schmalwand Kraftwerkwerk Gössendorf

Lfd. Nr.	Position	Vordersatz
0	A	B
1	01.15.01.01A Z Geräte für Schmalwände	pauschal
2	01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten	50 580,00 m ²
3	01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschluss	4,00 Stk
4	01.15.09.040 Z VorrAusbohrungen (Eventualposition)	7 050,00 m

In die Position “Geräte für Schmalwände“ sind die Kosten für den An- und Abtransport, das Umstellen und das Auf-, Ab- und Umbauen der Geräte miteinzurechnen. Ebenfalls einzurechnen ist das Vorhalten der Geräte, was durchaus unüblich ist, weil die Position pauschal vergütet wird und der AN somit das Mehrkostenrisiko für das Vorhalten der Geräte bei einer Bauzeitverlängerung auf sich nehmen muss. Die Herstellung des Arbeitsplanums wird auch in diese Position eingerechnet.

Die Position “Schmalwandarbeiten“ wird in Quadratmeter abgerechnet und es sind die Kosten für Betriebsstoffe und Verschleißteile der Geräte, die Personalkosten, die Materialkosten und Kosten für die Laborprüfungen einzurechnen.

Die Position “Aufz. Schmalwandanschluss“ wird stückweise abgerechnet und es sind ebenfalls die Kosten für Betriebsstoffe und Verschleißteile der Geräte, die Personalkosten und die Materialkosten einzukalkulieren.

¹⁴³ Vgl. ENERGIE STEIERMARK AG: Wasserkraftwerke Gössendorf und Kalsdorf – fachübergreifender Maßnahmenkatalog. <https://www.e-steiermark.com>. Datum des Zugriffs: 20. September. 2018

Die Position "Vorrausbohrungen" wird in Laufmeter abgerechnet und es sind der An- und Abtransport der Bohreinheit, das Umstellen der Bohreinheit, das Vorhalten der Bohreinheit für die gesamte Bauzeit, die Betriebs- und Verschleißteile für die 7.050 m Bohrung und das Bedienpersonal einzurechnen. Da es sich um eine Eventualposition handelt, wird diese nicht bei der Angebotssumme der Bieter berücksichtigt und sie kommt nur unter Anordnung des AG zur Ausführung.

In weiterer Folge werden die Risikopositionen der Ausschreibung identifiziert und bewertet. Die subjektive Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Kosten haben das Ziel, eine Grundlage für die Entscheidung, ob diese Positionen überhaupt bei der Kalkulation berücksichtigt werden, zu schaffen.

Insgesamt werden 22 Risikopositionen ermittelt und bewertet. Die Risikopositionen sind in der Spalte A in Tabelle 5.2 aufgelistet. In den Spalten B, C und D wird eine Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit der Risikopositionen in gering, mittel und hoch vorgenommen. Weiters wird in den Spalten E, F und G eine Abschätzung der anfallenden Kosten für die einzelnen Risikopositionen getroffen. Eine Einteilung in geringe, mittlere und hohe Kosten wird hierbei vorgenommen. Auf Grundlage der zuvor festgesetzten Eintrittswahrscheinlichkeit und der Kosten wird abschließend entschieden, ob die Risikoposition bei der Kalkulation berücksichtigt wird oder nicht (Spalte H).

Tabelle 5.2 Risikoassessement der Ausschreibung

Lfd. Nr.	Risikoposition	Eintrittswahrscheinlichkeit			Kosten			bei der Kalkulation berücksichtigt
		gering	mittel	hoch	gering	mittel	hoch	Ja/Nein
0	A	B	C	D	E	F	G	H
1	01.15 Spezialgründungen und Abdichtungen							
2	Umstellen der Geräte innerhalb der Baustelle			x	x			Ja
3	Herstellung Arbeitsplanum			x		x		Ja
4	01.15.01 Z Gerätekosten							
5	Bereitstellung einer erforderlichen Anzahl von Geräten zur Erbringung der projektgemäßen Leistung			x			x	Ja
6	Einmalige Vergütung der Gerätekosten (An- und Abtransport, um- und abbauen, vorhalten)			x			x	Ja
7	Gerätewechsel von Schmalwand- auf Dichtschirmarbeiten		x		x			Nein
8	Wiederantransport von Geräten bei Unterbrechung	x				x		Nein
9	01.15.09 Z Schmalwände	x				x		
10	Boden jeder Art		x				x	Nein
11	Eignungsprüfung (Prüfstelle)			x	x			Ja
12	Kontrollprüfungen (vom AG)			x	x			Ja
13	Abnahmeprüfungen (Prüfstelle)			x	x			Ja
14	Kosten für Wiederherstellung von Leitungen gehen zulasten AN	x				x		Nein
15	Vorschlitze zum genauen Auffinden von Einbauten		x			x		Nein
16	hochwasserfreie Aufstellung			x	x			Ja
17	Vorhalten Reservegeräte	x					x	Nein
18	Mindesttagesleistung muss erreicht werden			x			x	Ja
19	Anpassung des Mischungsverhältnisses während der Bauausführung			x	x			Ja
20	Bereiche mit unüberwindbaren Rammhindernissen sind zu markieren und einzumessen		x			x		Ja
21	01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten							
22	maximale Tiefe der Schmwand ist 25 m			x	x			Ja
23	die Schmalwandoberkante linksufrig liegt 0,5 - 1,0 m über Bestandsgelände			x		x		Ja
24	Energieaufnahme des Rüttlers ist zu dokumentieren			x	x			Ja
25	01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschlüsse							
26	keine Vergütung für Schmalwandanschlüsse, die aufgrund von Arbeitsunterbrechungen, welche der AG zu vertreten hat, entstehen		x			x		Nein
27	01.15.09.040 Z Vorrausbohrungen							
28	Vorhalten des Bohrgerätes während der gesamten Schmalwandherstellung			x			x	Ja

5.3 Preisermittlung

In diesem Abschnitt wird der Angebotspreis der ausgeschriebenen Schmalwand ermittelt. Zuerst werden allgemeine Kalkulationsannahmen getroffen, wie z.B. eine Geräte- und Mannschaftsauswahl, um in weiterer Folge eine deterministische und probabilistische Kalkulation der Schmalwand durchzuführen. Die Kalkulationen werden hierbei mittels Einheitspreisvertrag und StillOs durchgeführt.

5.3.1 Kalkulationsgrundlagen

Die nachfolgenden getroffenen Annahmen für die Geräte, das Personal sowie die Suspensionszusammensetzung dienen sowohl als Ausgangspunkt für die Kalkulation mit Einheitspreisvertrag als auch mit StillOs.

5.3.1.1 Geräte

Die ausgewählten Geräte für die Schmalwandarbeiten sind in Spalte A der Tabelle 5.3 aufgelistet. Des Weiteren können die monatliche A + V und Reparatur der Geräte den Spalten B und C entnommen werden.

Tabelle 5.3 Monatliche Kosten für A + V und Reparatur der Geräte

Lfd. Nr.	Geräte	A + V	Reparatur
		[€/Mo]	[€/Mo]
0	A	B	C
1	Rüttleinheit	30 438,60	40 623,40
2	Mischanlage	2 171,60	1 556,10
3	Verpresseinheit	1 335,20	1 103,90
4	Bagger klein	1 139,80	1 235,80
5	Bagger groß	2 033,80	2 203,50
6	Bohreinheit	31 219,00	41 027,30

Als Rüttleinheit kommt ein Trägergerät LRB 255 mit einem Aufsatzrüttler und einer Klemmzange zum Einsatz, sowie zwei Rüttelbohlen mit einem HEB 800 Profil.

Die Mischanlage ist vollautomatisch und die Dosiergeräte sind bereits in die Mischanlage integriert. Vier Materialsilos mit Fassungsvermögen von 10 m³ - 50 m³ werden zur Lagerung der Ausgangsstoffe der Schmalwandsuspension verwendet und sind in die monatliche A + V und Reparatur der Mischanlage eingerechnet (Zellen B2, C2).

Die Verpresseinheit besteht aus der Suspensionspumpe, dem Vorratsbehälter mit Rührwerk, sowie einer 500 m Suspensionsleitung.

Zur Herstellung des Vorlaufgrabens kommt ein 4 Tonnen Bagger zum Einsatz, welcher sich während der gesamten Schmalwandarbeiten auf der Baustelle befindet.

Das Arbeitsplanum wird durch einen größeren 12,5 Tonnen Bagger hergestellt. Dieser befindet sich 2,23 Monate auf der Baustelle.

Das Trägergerät der Bohreinheit ist ebenfalls ein LRB 255. Falls das Trägergerät der Rüttleinheit eine Störung aufweist und längere Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich sind, könnte es durch das Trägergerät der Bohreinheit ausgetauscht werden, da es sich immer auf der Baustelle befindet. Zur Bohreinheit gehören weiters ein Doppelkraftdrehkopf und eine 25 m lange Bohrschnecke.

5.3.1.2 Personal

In Tabelle 5.4 ist die ausgewählte Mannschaftszusammensetzung für die Schmalwand- und Bohrarbeiten ersichtlich.

Tabelle 5.4 Schmalwandarbeiten – Mannschaftszusammensetzung

Lfd. Nr.	Gerätegruppe	Personal
0	A	B
1	Rüttleinheit	Geräteführer Rüttleinheit
2		Geräteführer Bagger
3		Hilfpolier/Einweiser
4		Schlosser
5	Mischanlage	Mischmeister
6	Bagger groß	Geräteführer Bagger
7		Einweiser
8	Bohreinheit	Geräteführer Bohreinheit
9		Einweiser
10	dispositives Personal	Abrechnungstechniker

5.3.1.3 Material

Die Schmalwandmischung setzt sich aus 660 l Wasser, 170 kg Zement, 35 kg Aktiv-Bentonit und 730 kg Kalksteinmehl zusammen. Somit wird das empfohlene Mischungsverhältnis der Ausschreibung berücksichtigt.

5.3.2 Deterministische Berechnung

Die deterministische Kalkulation wird nachfolgend mit Einheitspreisvertrag und StilOs durchgeführt.

5.3.2.1 Einheitspreisvertrag

In diesem Abschnitt werden nur die Ergebnisse der deterministischen Einheitspreiskalkulation gezeigt. Die detaillierte Kalkulation ist im Anhang A.2.2 zu finden.

In Tabelle 5.5 sind die einzelnen Positionen aufgelistet. Die Einheitspreise (Spalte D) werden durch Addition des Lohnanteils (Spalte B) und des Anteils Sonstiges (Spalte C) gebildet. Durchgehend ist zu erkennen, dass bei Spezialtiefbautätigkeiten (hier Herstellung Schmalwand) der Preisanteil Sonstiges gegenüber dem Anteil Lohn ganz klar überwiegt, was zum einen auf die Kapitalintensivität des eingesetzten Gerätes und zum anderen auf die erhöhten Materialkosten (große Menge Schmalwandmaterial) zurückzuführen ist.

Tabelle 5.5 Berechnungstabelle – Einheitspreise (EHPV)

Lfd. Nr.	Position	Lohn	Sonstiges	Einheitspreis
0	A	B	C	D
1	01.15.01.01A Z Geräte für Schmalwände	194.340,24 €	523.149,06 €	717.489,30 €
2	01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten	5,93 €	24,31 €	30,24 €
3	01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschluss	429,00 €	1.464,01 €	1.893,01 €
4	01.15.09.040 Z VorrAusbohrungen (Eventualpos.)	24,28 €	78,51 €	102,79 €

In weiterer Folge kann der Angebotspreis ermittelt werden (siehe Tabelle 5.6). Die Einheitspreise der einzelnen Positionen (Spalte B) werden mit deren voraussichtlichen Mengen (Spalte C) multipliziert. Die auf diese Weise ermittelten Positionspreise werden addiert und es errechnet sich ein Gesamtpreis von 2.254.605,77 € (Zelle D5). Die Position "VorrAusbohrungen" wird bei der Ermittlung des Angebotspreises nicht berücksichtigt, da es sich um eine Eventualposition handelt.

Tabelle 5.6 Berechnungstabelle – Angebotspreis

Lfd. Nr.	Position	Einheitspreis	Vordersatz	Positionspreis	%- Anteil
0	A	B	C	D	E
1	01.15.01.01A Z Geräte für Schmalwände	717.489,30 €	1,00	717.489,30 €	31,82 %
2	01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten	30,24 €	50.580,00 m ²	1.529.544,44 €	67,84 %
3	01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschluss	1.893,01 €	4,00 Stk	7.572,03 €	0,34 %
4	01.15.09.040 Z VorrAusbohrungen (Eventualpos.)	102,79 €	7.050,00 m	724.689,32 €	
5	Angebotspreis:			2.254.605,77 €	100,00 %

Bei der späteren Abrechnung wird die Position "Vorrausbohrungen" hingegen schon berücksichtigt und bei einem voraussichtlichen Vordersatz von 7.050 m ermittelt sich ein Abrechnungspreis von 2.979.295,09 € (Tabelle 5.7 – Zelle D5).

Tabelle 5.7 Berechnungstabelle – Abrechnungspreis (EHPV)

Lfd. Nr.	Position	Einheitspreis	Vordersatz	Positionspreis	%- Anteil
0	A	B	C	D	E
1	01.15.01.01A Z Geräte für Schmalwände	717.489,30 €	1,00	717.489,30 €	24,08 %
2	01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten	30,24 €	50.580,00 m ²	1.529.544,44 €	51,34 %
3	01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschluss	1.893,01 €	4,00 Stk	7.572,03 €	0,25 %
4	01.15.09.040 Z Vorrausbohrungen (Eventualposition)	102,79 €	7.050,00 m	724.689,32 €	24,32 %
5			Abrechnungspreis:	2.979.295,09 €	100,00 %

5.3.2.2 StilfOs

Die Kalkulation mit StilfOs wird nach dem in Abbildung 2.11 gezeigten Schema durchgeführt.

1) Neue Kostengruppeneinteilung

Als erster Schritt wird die neue Kostengruppeneinteilung vorgenommen. In den nachfolgenden Gleichungen werden Abkürzungen verwendet, welche in der jeweiligen zugehörigen Berechnungstabelle nachgelesen werden können .

1. Baustelleneinrichtung/Baustellenräumung

In Tabelle 5.8 sind die Kostenbestandteile für die Baustelleneinrichtung und -räumung ersichtlich. Mit Glg. (5-1) können hierbei die Gesamtkosten (Zelle D7) ermittelt werden.

$$K_{BE/BR} = K_{U,C} + K_{AG} + K_{Gerät,T} + K_{Gerät,U} + K_{Bohr,T} + K_{Bohr,U} \quad [€] \quad (5-1)$$

Der Preis für die Baustelleneinrichtung und -räumung kann anschließend mit Glg. (5-2) berechnet werden.

$$P_{BE/BR} = K_{BE/BR} * (1 + GZ) \quad [€] \quad (5-2)$$

Tabelle 5.8 Berechnungstabelle – Baustelleneinrichtung/-räumung

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	ERW
0	A	B	C	D
1	Kosten Unterkünfte/Container	$K_{U,C}$	€	1.658,75
2	Kosten Anschlussgebühren	K_{AG}	€	2.295,00
3	Kosten An-/Abtransport der Geräte	$K_{Gerät,T}$	€	4.635,00
4	Kosten Umstellen der Geräte	$K_{Gerät,U}$	€	2.295,00
5	Kosten An-/Abtransport der Bohreinheit	$K_{Bohr,T}$	€	2.700,00
6	Kosten Umstellen der Bohreinheit	$K_{Bohr,U}$	€	1.920,00
7	Kosten Baustelleneinrichtung/-räumung	$K_{BE/BR}$	€	15.503,75
8	Gesamtzuschlag	GZ	%	10,00
9	Preis Baustelleneinrichtung/-räumung	$P_{BE/BR}$	€	17.054,13

2. Baustellengemeinkosten

Die Baustellengemeinkosten berechnen sich ausschließlich aus einer Position (Abrechnungstechniker) (siehe Glg. (5-3)).

$$k_{BGG,Mo} = k_{AT,Mo} \quad [€/Mo] \quad (5-3)$$

Mit Gleichung (5-4) können die Baustellengemeinkosten für die gesamte Bauzeit berechnet werden (Tabelle 5.9 – Zelle D4) und mit Glg. (5-5) der Gesamtpreis für die Baustellengemeinkosten (Zelle D6).

$$K_{BGK} = k_{BGK,Mo} * BZ_{SW} \quad [€] \quad (5-4)$$

$$P_{BGK} = K_{BGK} * (1 + GZ) \quad [€] \quad (5-5)$$

Tabelle 5.9 Berechnungstabelle – Baustellengemeinkosten

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter	Einheit	ERW
0	A	B	D
1	Kosten – Abrechnungstechniker pro Monat	$k_{AT,Mo}$	€/Mo 3.500,00
2	Baustellengemeinkosten pro Monat	$k_{BGK,Mo}$	€/Mo 3.500,00
3	Bauzeit	BZ_{SW}	Mo 7,47
4	Baustellengemeinkosten	K_{BGK}	€ 26.159,06
5	Gesamtzuschlag	GZ	% 10,00
6	Preis Baustellengemeinkosten	P_{BGK}	€ 28.774,97

3. Geräte

Mittels K6E-Blätter werden die monatlichen Kosten für das Vorhalten der eingesetzten Geräte (A + V und Reparatur) ermittelt (im Anhang A.2.1). Anschließend können die gesamten Vorhaltekosten der Geräte berechnet werden (siehe Glg. (5-6)).

$$K_{Gerät,Vo} = (k_{Rüttel,Vo,Mo} + k_{kl.Bagger,Vo,Mo} + k_{Misch,Vo,Mo} + k_{Verp,Vo,Mo} + k_{Bohr,Vo,Mo}) * BZ_{SW} + k_{gr.Bagger,Vo,Mo} * BZ_{AP} \quad [€] \quad (5-6)$$

Abschließend wird der Preis für das Vorhalten der Geräte (siehe Tabelle 5.10 – Zelle D11) mit Glg. (5-7) ermittelt.

$$P_{Gerät,Vo} = K_{Gerät,Vo} * (1 + GZ) \quad [€] \quad (5-7)$$

Tabelle 5.10 Berechnungstabelle – Vorhalten der Geräte

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter	Einheit	ERW
0	A	B	C
1	Kosten pro Monat – Vorhalten der Rütteleinheit	$k_{Rüttele,Vo,Mo}$	€/Mo
2	Kosten pro Monat – Vorhalten Bagger klein	$k_{kl.Bagger,Vo,Mo}$	€/Mo
3	Kosten pro Monat – Vorhalten Mischanlage	$k_{Misch,Vo,Mo}$	€/Mo
4	Kosten pro Monat – Vorhalten Verpresseinheit	$k_{Verp,Vo,Mo}$	€/Mo
5	Kosten pro Monat – Vorhalten der Bohreinheit	$k_{Bohr,Vo,Mo}$	€/Mo
6	Bauzeit	BZ_{SW}	Mo
7	Kosten pro Monat – Vorhalten Bagger groß	$k_{gr.Bagger,Vo,Mo}$	€/Mo
8	Bauzeit Arbeitsplanum	BZ_{AP}	Mo
9	Kosten Geräte	$K_{Gerät,Vo}$	€
10	Gesamtzuschlag	GZ	%
11	Preis Geräte	$P_{Gerät,Vo}$	€

4. Personal

Die Personalkosten werden mittels der Gleichung (5-8) und den Werten aus Tabelle 5.11 berechnet.

$$K_{Personal} = k_{Personal,SW,h} * (m_{SW} / L_{SW,h} + Z_{An} * An_{Stk}) + k_{Personal,Bohr,h} * (m_{Bohr} / L_{Bohr,h}) + k_{Personal,AP,h} * (m_{AP} / L_{bagger,AP}) \quad [€] \quad (5-8)$$

Schließlich kann der gesamte Preis für das Personal (Tabelle 5.11 – Zelle D14) errechnet werden (siehe Glg. (5-9))

$$P_{Personal} = K_{Personal} * (1 + GZ) \quad [€] \quad (5-9)$$

Tabelle 5.11 Berechnungstabelle – Personal

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	ERW
0	A	B	C	D
1	Personalkosten Schmalwandarbeiten pro Stunde	$k_{\text{Personal,SW,h}}$	€/h	195,00
2	stündliche Schmalwandleistung	$L_{\text{SW,h}}$	m ² /h	40,00
3	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ²	50.580,00
4	stündlicher Zeitaufwand pro Anschluss	ZA_{An}	h/Stk	2,00
5	Anzahl Anschlüsse	An_{Stk}	Stk	4,00
6	Personalkosten Bohreinheit je Stunde	$k_{\text{Personal,Bohr,h}}$	€/h	78,75
7	stündliche Leistung Bohreinheit	$L_{\text{Bohr,h}}$	lfm/h	17,00
8	Menge – Vorrassbohrungen	m_{Bohr}	lfm	7.050,00
9	Personalkosten Arbeitsplanum je Stunde	$k_{\text{Personal,AP,h}}$	€/h	78,75
10	stündliche Leistung Bagger, Arbeitsplanum	$L_{\text{bagger,AP}}$	m ³ /h	10,00
11	Menge – Erdmaterial Arbeitsplanum	m_{AP}	m ³	3.870,00
12	Kosten Personal	K_{Personal}	€	311.271,84
13	Gesamtzuschlag	GZ	%	10,00
14	Preis Personal	P_{Personal}	€	342.399,02

5. Leistung

Die Kosten für Betriebsstoffe und Verschleißteile der Geräte können Tabelle 5.12 entnommen werden. Mit Glg. (5-10) können die Gesamtkosten der Geräte, welche ausschließlich bei Leistungserbringung entstehen, berechnet werden.

$$\begin{aligned}
 K_{\text{Leistung}} = & (k_{\text{Rüttel,VT}} + k_{\text{Rüttel,BS}} + k_{\text{kl.Bagger,VT}} + k_{\text{kl.Bagger,BS}}) * (m_{\text{SW}} / \\
 & L_{\text{SW,h}} + ZA_{\text{An}} * An_{\text{Stk}}) + (k_{\text{gr.Bagger,VT}} + k_{\text{gr.Bagger,BS}}) * (m_{\text{AP}} / L_{\text{bagger,AP}}) \quad [€] \quad (5-10) \\
 & + (k_{\text{Bohr,VT}} + k_{\text{Bohr,BS}}) * (m_{\text{Bohr}} / L_{\text{Bohr,h}})
 \end{aligned}$$

Abschließend kann wiederum der Preis (siehe Tabelle 5.12 – Zelle D19) durch Beaufschlagung mit dem Gesamtzuschlag ermittelt werden (siehe Glg. (5-11)).

$$P_{\text{Leistung}} = K_{\text{Leistung}} * (1 + GZ) \quad [€] \quad (5-11)$$

Tabelle 5.12 Berechnungstabelle – Gerätekosten/-preis durch Leistungserbringung

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter	Einheit	ERW
0	A	B	D
1	Kosten Verschleißteile Rüttleinheit pro Stunde	$k_{Rüttel,VT}$	€ / h 194,17
2	Kosten Betriebsstoffe Rüttleinheit pro Stunde	$k_{Rüttel,BS}$	€ / h 2,50
3	Kosten Verschleißteile Bagger klein pro Stunde	$k_{kl.Bagger,VT}$	€ / h 7,45
4	Kosten Betriebsstoffe Bagger klein pro Stunde	$k_{kl.Bagger,BS}$	€ / h 1,80
5	stündliche Schmalwandleistung	$L_{SW,h}$	m ² / h 40,00
6	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ² 50.580,00
7	stündlicher Zeitaufwand pro Anschluss	ZA_{An}	h / Stk 2,00
8	Anzahl Anschlüsse	An_{Stk}	Stk 4,00
9	Kosten Verschleißteile Bagger groß pro Stunde	$k_{gr.Bagger,VT}$	€ / h 14,90
10	Kosten Betriebsstoffe Bagger groß pro Stunde	$k_{gr.Bagger,BS}$	€ / h 1,80
11	stündliche Leistung Bagger, Arbeitsplanum	$L_{bagger,AP}$	m ³ / h 10,00
12	Menge – Erdmaterial Arbeitsplanum	m_{AP}	m ³ 3.870,00
13	Kosten Verschleißteile Bohreinheit pro Stunde	$k_{Bohr,VT}$	€ / h 194,17
14	Kosten Betriebsstoffe Bohreinheit pro Stunde	$k_{Bohr,BS}$	€ / h 2,50
15	stündliche Leistung Bohreinheit	$L_{Bohr,h}$	l / m / h 17,00
16	Menge – Vorrabohrungen	m_{Bohr}	l / m 7.050,00
17	Kosten Leistung	$K_{Leistung}$	€ 350.056,31
18	Gesamtzuschlag	GZ	% 10,00
19	Preis Leistung	$P_{Leistung}$	€ 385.061,94

6. Material

Die Materialkosten sind im Wesentlichen von der Zusammensetzung der Schmalwandsuspension abhängig. Die Kosten für einen Kubikmeter Schmalwandsuspension (Zelle D9) können mit Tabelle 5.13 und Gleichung (5-12) ermittelt werden.

$$k_{Material,SWS} = k_{Wasser} * m_{Wasser} + k_{Zement} * m_{Zement} + k_{Bentonit} * m_{Bentonit} + k_{Kalk} * m_{Kalk} \quad [€/m^3] \quad (5-12)$$

Die Kosten pro m² Schmalwand (Zelle D11) können durch Multiplikation der Kosten pro m³ Schmalwandsuspension mit dem Suspensionsverbrauch [m³/m²] errechnet werden (Glg. (5-13)).

$$k_{Material,SW} = k_{Material,SWS} * V_{Susp} \quad [€/m^2] \quad (5-13)$$

Anschließend werden die gesamte Schmalwandfläche mit Glg. (5-14) und die gesamten Materialkosten mit Glg. (5-15) berechnet werden.

$$m_{SW,G} = m_{SW} + m_{An} * An_{Stk} \quad [m^2] \quad (5-14)$$

$$K_{Material,SW} = k_{Material,SW} * m_{SW,G} \quad [€] \quad (5-15)$$

Zuletzt wird wiederum der Preis ermittelt (Glg. (5-16)). Somit ergibt sich ein Materialpreis von 921.026,52 €.

$$P_{Material} = K_{Material,SW} * (1 + GZ) \quad [€] \quad (5-16)$$

Tabelle 5.13 Berechnungstabelle – Materialkosten/-preis

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter	Einheit	ERW
0	A	B	C
1	Kosten Wasser	k_{Wasser}	€/m ³ 3,50
2	Wasserverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Wasser}	m ³ /m ³ 0,66
3	Kosten Zement inkl. Transport	k_{Zement}	€/t 129,50
4	Zementverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Zement}	t/m ³ 0,17
5	Kosten Aktiv-Bentonit inkl. Transport	$k_{Bentonit}$	€/t 450,00
6	Bentonitverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	$m_{Bentonit}$	t/m ³ 0,04
7	Kosten Kalksteinmehl inkl. Transport	k_{Kalk}	€/t 58,00
8	Kalksteinmehlverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Kalk}	t/m ³ 0,73
9	Materialkosten pro m³ Schmalwandsuspension	$k_{Material,SWS}$	€/m³ 82,42
10	Suspensionsverbrauch pro m ² Schmalwand	$V_{Suspension}$	m ³ /m ² 0,20
11	Materialkosten pro m² Schmalwand	$k_{Material,SW}$	€/m² 16,48
12	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ² 50.580,00
13	Menge – m ² pro Schmalwandwandanschluss	m_{An}	m ² /Stk 54,40
14	Anzahl Anschlüsse	An_{Stk}	Stk 4,00
15	Menge – m ² Schmalwand, Gesamt	$m_{SW,G}$	m ² 50.797,60
16	Materialkosten	$K_{Material,SW}$	€ 837.296,84
17	Gesamtzuschlag	GZ	% 10,00
18	Materialpreis	$P_{material}$	€ 921.026,52

7. Sonderleistungen

In die Sonderleistungen werden die Kosten für Laborprüfungen und die Energiekosten eingerechnet (siehe Tabelle 5.14). Mit Glg. (5-17) können

die Kosten für Sonderleistungen (Zelle D8) berechnet werden und mit Glg. (5-18) der Preis (Zelle D10).

$$K_{Sonder} = L_{Misch,Pu,Rühr} * k_{Energie,kWh} * (m_{SW}/L_{SW,h} + Z_{A_{An}} * An_{Stk}) + K_{LP} \quad [€] \quad (5-17)$$

$$P_{Sonder} = K_{Sonder} * (1 + GZ) \quad [€] \quad (5-18)$$

Tabelle 5.14 Berechnungstabelle – Sonderkosten inkl. GZ

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	ERW
	A	B		
0				
1	Leistung Mischanlage, Pumpe, Rührwerk	$L_{Misch,Pu,Rühr}$	kW	56,00
2	Kosten Energie pro kWh	$k_{Energie,kWh}$	€/kWh	0,20
3	stündliche Schmalwandleistung	$L_{SW,h}$	m ² /h	40,00
4	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ²	50.580,00
5	stündlicher Zeitaufwand pro Anschluss	$Z_{A_{An}}$	h/Stk	2,00
6	Anzahl Anschlüsse	An_{Stk}	Stk	4,00
7	Kosten für Laborprüfungen	K_{LP}	€	9.500,00
8	Kosten Sonderleistungen	K_{Sonder}	€	23.752,00
9	Gesamtzuschlag	GZ	%	10,00
10	Preis Sonderleistungen	P_{Sonder}	€	26.127,20

Zusammenfassend sind in Tabelle 5.15 alle Kostengruppen dargestellt. Zur Kontrolle wurde für jede Kostengruppe der Preis ermittelt und addiert. Der Gesamtpreis von 2.979.295,09 € ist ident mit dem Abrechnungspreis der Einheitspreiskalkulation (Tabelle 5.7).

Tabelle 5.15 Zusammenfassung der Kostengruppen – Gesamtkosten/-preis

Lfd. Nr.	Preisgruppe	Kosten	GZ	Preis
0				
1	1. Baustelleinrichtung/-räumung	15.503,75 €	1.550,38 €	17.054,13 €
2	2. Baustellengemeinkosten	26.159,06 €	2.615,91 €	28.774,97 €
3	3. Geräte	1.144.410,28 €	114.441,03 €	1.258.851,31 €
4	4. Personal	311.271,84 €	31.127,18 €	342.399,02 €
5	5. Leistung	350.056,31 €	35.005,63 €	385.061,94 €
6	6. Material	837.296,84 €	83.729,68 €	921.026,52 €
7	7. Sonderleistungen	23.752,00 €	2.375,20 €	26.127,20 €
8	Gesamtkosten:	2.708.450,08 €	Gesamtpreis:	2.979.295,09 €

2) Festlegung der Umlagenbestandteile

Das Verhältnis der Summe der Kostengruppen 2 (BGK), 3 (Geräte) und 4 (Personal) zu Kostengruppe 5 (Leistung) sollte im Idealfall eins zu eins sein.¹⁴⁴ Auf Grundlage dieser Aussage wurden folgende Umlagebestandteile gewählt:

- alle Gesamtzuschläge der Kostengruppen 2, 3 und 4
- 75 % der Reparaturkosten der Kostengruppe 3

3) Bildung der Umlage

In weiterer Folge kann die Umlage mit den festgesetzten Umlageprozentsätzen gebildet werden. Hierzu ist eine Aufteilung der Gerätekosten in A + V und Reparatur nötig (siehe Tabelle 5.16).

Tabelle 5.16 Aufteilung der Gerätekosten in A + V und Reparatur

Lfd. Nr.	Geräte	Einheit	A + V		Reparatur	
			C	D	E	F
0	A	B	C	D	E	F
1	Rüttleinheit	€/Mo	A+V _{Rüttel}	30.438,60	Rep _{Rüttel}	40.623,40
2	Bagger klein	€/Mo	A+V _{kl.Bagger}	1.139,80	Rep _{kl.Bagger}	1.235,80
3	Mischanlage	€/Mo	A+V _{Misch}	2.172,60	Rep _{Misch}	1.556,00
4	Verpresseinheit	€/Mo	A+V _{Verp}	1.335,20	Rep _{Verp}	1.104,00
5	Bohreinheit	€/Mo	A+V _{Bohr}	31.219,00	Rep _{Bohr}	41.027,30
6	Bagger groß	€/Mo	A+V _{gr.Bagger}	2.033,80	Rep _{gr.Bagger}	2.203,50

Die Reparaturumlage (U_{Rep}) wird mit Glg. (5-19), den Werten aus Tabelle 5.16, den jeweiligen Einsatzzeiten (BZ_{SW}, BZ_{AP}) und dem festgelegten Umlageprozentsatz ($U_{Rep, \%}$) gebildet.

$$U_{Rep} = ((Rep_{Rüttel} + Rep_{kl.Bagger} + Rep_{Misch} + Rep_{Verp} + Rep_{Bohr}) * BZ_{SW} + Rep_{gr.Bagger} * BZ_{AP}) * U_{Rep, \%} \quad [€] \quad (5-19)$$

Die Umlage für die Gesamtzuschläge ergibt sich durch die Addition der Gesamtzuschläge der Kostengruppen BGK (2.615,91 €), Geräte (114.441,03 €) und Personal (31.127,18 €) zu 148.184,12 € (Tabelle 5.17 – Zelle E4).

In Tabelle 5.17 ist die Zusammensetzung und die Höhe der Umlage (Zelle D5) ersichtlich.

¹⁴⁴ Vgl. STADLER, G.: Ansatz für eine flexible Leistungsvergütung bei Verträgen zur Herstellung von unvollkommen beschriebener Leistung S. 5

Tabelle 5.17 Umlagen-Zusammensetzung

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Kosten- gruppe	Umlagenhöhe		% - Anteil
				%	€	
0	A	B	C	D	E	F
1	Umlage der Personalkosten	U_{Pers}	4	0,00 %	0,00 €	0,00 %
2	Umlage der A + V	U_{A+V}	3	0,00 %	0,00 €	0,00 %
3	Umlage Reparaturkosten	U_{Rep}	3	75,00 %	483.224,73 €	76,53 %
4	Umlage des GZ	U_{GZ}	2,3,4	100,00 %	148.184,12 €	23,47 %
5	Summe der Umlagenbestandteile:				631.408,85 €	100,00 %

4) Überführung der Umlage in die Leistungsgruppe 5

Die Umlage wird nun auf die einzelnen Positionen der Leistungsgruppe 5 aufgeteilt. Hierzu wird ein Erhöhungsfaktor ($EF_{StilfOs}$) eingeführt, welche mit Glg. (5-20) und den Inputparametern aus Tabelle 5.18 berechnet wird.

$$EF_{StilfOs} = P_{Leistung,neu} / P_{Leistung,alt} \quad [-] \quad (5-20)$$

$$EF_{StilfOs} = (631.408,85 \text{ €} + 385.061,85 \text{ €} \text{ €} / 385.061,94 \text{ €} = 2,64$$

Es ergibt sich somit ein Erhöhungsfaktor von 2,64.

Tabelle 5.18 Berechnungstabelle – Erhöhungsfaktor

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		ERW	% - Anteil
0	A	B	C	D
1	Preis Leistung alt	$P_{Leistung,alt}$	385.061,94 €	37,88 %
2	Umlage StilfOs	$U_{StilfOs}$	631.408,85 €	62,12 %
3	Preis Leistung neu	$P_{Leistung,neu}$	1.016.470,79 €	100,00 %

Anschließend können die neuen Werte für Betriebsstoffe und Verschleißteile durch Multiplikation mit dem Erhöhungsfaktor errechnet werden (Beispiel zur Ermittlung siehe Glg. (5-21) und Tabelle 5.19 – Zeile 1).

$$k_{Rüttel,VT,neu} = k_{Rüttel,VT,alt} * EF_{Stilfos} \quad [€/h] \quad (5-21)$$

$$k_{Rüttel,VT,neu} = 194,17 * 2,64 = 512,56 €/h$$

Tabelle 5.19 Berechnungstabelle – Verschleißteile/Betriebsstoffe nach Umlagerung (Multiplikation mit Erhöhungsfaktor)

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	ERW _{ALT}	ERW _{NEU}
0	A	B	C	D	D
1	Kosten Verschleißteile Rüttleinheit pro Stunde	$k_{Rüttel,VT}$	€/h	194,17	512,56
2	Kosten Betriebsstoffe Rüttleinheit pro Stunde	$k_{Rüttel,BS}$	€/h	2,50	6,60
3	Kosten Verschleißteile Bagger klein pro Stunde	$k_{kl.Bagger,VT}$	€/h	7,45	19,67
4	Kosten Betriebsstoffe Bagger klein pro Stunde	$k_{kl.Bagger,BS}$	€/h	1,80	4,75
5	stündliche Schmalwandleistung	$L_{SW,h}$	m ² /h	40,00	40,00
6	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ²	50.580,00	50.580,00
7	stündlicher Zeitaufwand pro Anschluss	ZA_{An}	h/Stk	2,00	2,00
8	Anzahl Anschlüsse	An_{Stk}	Stk	4,00	4,00
9	Kosten Verschleißteile Bagger groß pro Stunde	$k_{gr.Bagger,VT}$	€/h	14,90	39,33
10	Kosten Betriebsstoffe Bagger groß pro Stunde	$k_{gr.Bagger,BS}$	€/h	1,80	4,75
11	stündliche Leistung Bagger, Arbeitsplanum	$L_{bagger,AP}$	m ³ /h	10,00	10,00
12	Menge – Erdmaterial Arbeitsplanum	m_{AP}	m ³	3.870,00	3.870,00
13	Kosten Verschleißteile Bohreinheit pro Stunde	$k_{Bohr,VT}$	€/h	194,17	512,56
14	Kosten Betriebsstoffe Bohreinheit pro Stunde	$k_{Bohr,BS}$	€/h	2,50	6,60
15	stündliche Leistung Bohreinheit	$L_{Bohr,h}$	lfm/h	17,00	17,00
16	Menge – Vorrausbohrungen	m_{Bohr}	lfm	7.050,00	7.050,00
17	Kosten Leistung	$K_{Leistung}$	€	350.056,31	924.064,35
18	Gesamtzuschlag	GZ	%	10,00	10,00
19	Preis Leistung	$P_{Leistung}$	€	385.061,94	1.016.470,79

5) Bildung der neuen Preisgruppen

Abschießend werden die Preise vor und nach der Umlagerung für jede Gruppe getrennt in Tabelle 5.20 dargestellt. Zur Kontrolle wird wieder der Gesamtpreis ermittelt, welcher jeweils 2.979.295,09 € beträgt. Somit kann ein Rechenfehler bei der Umlagenbildung ausgeschlossen werden.

Tabelle 5.20 Preisgruppen/Gesamtpreis vor und nach der Umlage

Lfd. Nr.	Preisgruppe	vor Umlage	nach Umlage	Differenz
0	A	B	C	D
1	Baustelleinrichtung/-räumung	17.054,13 €	17.054,13 €	0,00 €
2	Baustellengemeinkosten	28.774,97 €	26.159,06 €	-2.615,91 €
3	Geräte	1.258.851,31 €	661.185,55 €	-597.665,76 €
4	Personal	342.399,02 €	311.271,84 €	-31.127,18 €
5	Leistung	385.061,94 €	1.016.470,79 €	631.408,85 €
6	Material	921.026,52 €	921.026,52 €	0,00 €
7	Sonderleistungen	26.127,20 €	26.127,20 €	0,00 €
8	Gesamtpreis:	2.979.295,09 €	2.979.295,09 €	0,00 €

In Spalte D ist die absolute Differenz in Euro der Preisgruppen vor und nach der Umlage ersichtlich. Wie zu erkennen ist, kommt der größte Teil der Umlage aus Preisgruppe 3 (Geräte).

Zur Veranschaulichung sind in Abbildung 5.2 die prozentualen Anteile der Preisgruppen am Gesamtpreis vor und nach der Umlage dargestellt.

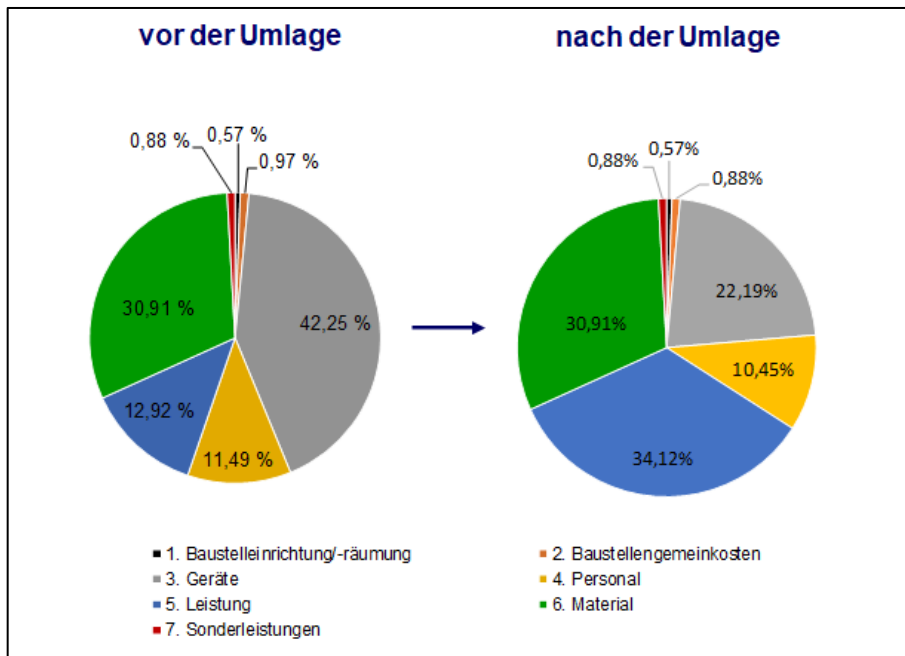


Abbildung 5.2 Prozentualer Anteil der Preisgruppen am Gesamtpreis

6) Rückrechnung Einheitspreise

Bei StilfOs werden Einheitspreise zur Abrechnung verwendet, deswegen ist eine Rückrechnung auf diese nach der Umlagenbildung erforderlich. Die Einheitspreise werden entweder den zuvor angeführten Tabellen entnommen oder durch Zusammenfassung mehrere Tabellenwerte gebildet.

Tabelle 5.21 Berechnungstabelle – Rückrechnung Einheitspreise

Lfd. Nr.	Kosten-/Preisgruppe	Position	Einheit	Einheitspreis	Vordersatz	Preis
0	A	B	C	D	E	F
1	1.Baustelleinrichtung/-räumung		€	17.054,13	1,00	17.054,13 €
2	2.Baustellengemeinkosten		€/Mo	3.500,00	7,47 Mo	26.159,06 €
3	3.Gerät					
4		Rütteleinheit	€/Mo	40.594,45	7,47 Mo	303.403,67 €
4		Bagger klein	€/Mo	1.448,75	7,47 Mo	10.827,98 €
5		Mischanlage	€/Mo	2.561,60	7,47 Mo	19.145,45 €
6		Verpresseinheit	€/Mo	1.611,20	7,47 Mo	12.042,14 €
7		Bohreinheit	€/Mo	41.475,83	7,47 Mo	309.991,08 €
8		Bagger groß	€/Mo	2.584,68	2,23 Mo	5.775,23 €
9	4.Personal					
10		Schmalwandarbeiten	€/h	195,00	1.272,50 h	248.137,50 €
12		Arbeitsplanum	€/h	78,75	387,00 h	30.476,25 €
13		Bohreinheit	€/h	78,75	414,71 h	32.658,09 €
14	5.Leistung					
15		Schmalwandarbeiten	€/m ²	14,95	50.580,00 m ²	756.091,51 €
16		Schmalwandanschlüsse	€/Stk	1.195,87	4,00 Stk	4.783,50 €
17		Herstellung Arbeitsplanum	€/m ³	4,85	3.870,00 m ³	18.766,55 €
18		Vorrausbohrungen	€/lfm	33,59	7.050,00 lfm	236.829,23 €
19	6.Material					
20		Wasser	€/m ³	3,85	6.705,28 m ³	25.815,34 €
21		Zement	€/t	142,45	1.727,12 t	246.028,02 €
22		Bentonit	€/t	495,00	355,58 t	176.013,68 €
23		Kalksteinmehl	€/m ³	63,80	7.416,45 m ³	473.169,48 €
21	7.Sonderleistungen					
22		Energie	€/kWh	0,22	71.260,00 kWh	15.677,20 €
23		Laborprüfungen	€	10.450,00	1,00	10.450,00 €
22	Gesamtpreis:					2.979.295,09 €

In Tabelle 5.21 sind die Einheitspreise zur Abrechnung mit StilfOs ersichtlich. Abschließend wird zur Kontrolle wieder der Gesamtpreis ermittelt, welcher mit 2.979.295,09 € (Zelle F22) ident ist mit dem Abrechnungspreis des Einheitspreisvertrages.

5.3.2.3 Vergleich der deterministischen Kalkulationsergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Grundkalkulation des Einheitspreisvertrages, sowie StifOs miteinander verglichen.

Entsprechen die tatsächlichen Mengen den ausgeschriebenen Mengen und die Bauzeit verändert sich nicht, sind die Abrechnungssummen mit 2.979.295,09 € ident.

Einen wesentlichen Unterschied weisen die Vergütungsmodelle jedoch hinsichtlich der Vergütungsform auf (siehe Abbildung 5.3). Es wurde die für StifOs übliche Einteilung in pauschale, zeitabhängige und leistungsabhängige Vergütung vorgenommen und die Ergebnisse der beiden Vergütungsmodelle gegenübergestellt. Bei StifOs wird nur ein sehr geringer Anteil für die Baustelleneinrichtung/-räumung pauschal vergütet. Bei Vergütung mit Einheitspreisvertrag wird hingegen fast ein Viertel des Gesamtpreises pauschal vergütet. Zeitabhängig wird bei StifOs ca. ein Drittel abgerechnet. Zu beachten ist, dass die zeitabhängigen Kosten bereits abgemindert wurden und somit der AN bei einer Bauzeitverlängerung Verluste in Bezug auf die Vollkostendeckung der Geräte einführt. Eine zeitabhängige Vergütung ist beim Einheitspreisvertrag nicht vorgesehen, jedoch eine leistungsabhängige Vergütung, die mit ca. drei Viertel den größten Anteil bildet. Bei StifOs werden infolge der Umlage 65,91 % des Gesamtpreises leistungsabhängig vergütet.

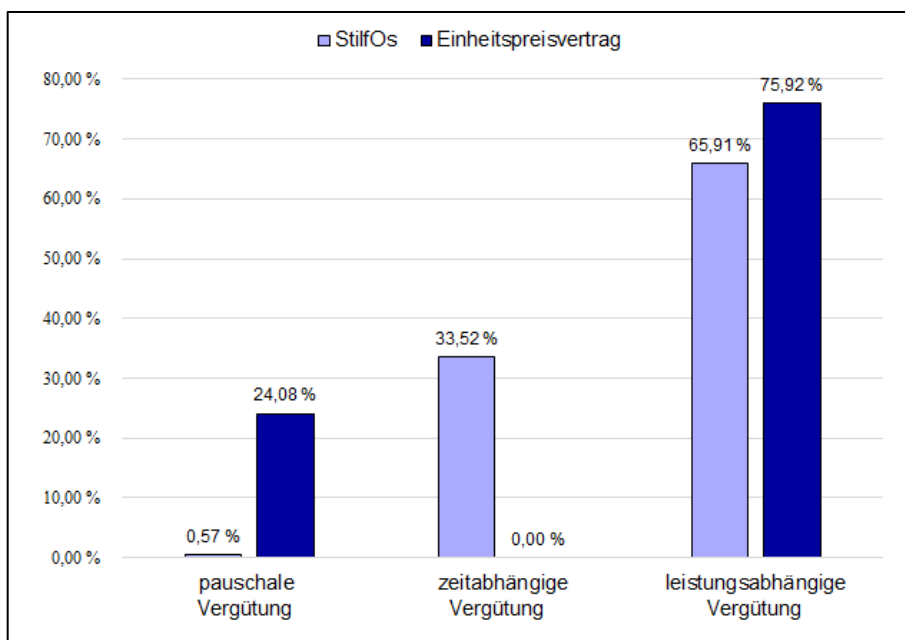


Abbildung 5.3 Vergleich der Vergütungsformen – EHPV vs. StifOs

5.3.4 Probabilistische Berechnung mit der Monte-Carlo-Simulation

In diesem Abschnitt wird die Monte-Carlo-Simulation zur Berechnung der Angebots- und Abrechnungspreise bei Vergütung mit Einheitspreisvertrag und StilfOs herangezogen. Die Grundlagen zur Monte-Carlo-Simulation können in Kapitel 3 nachgelesen werden.

Die unsicheren Inputparameter der Berechnung werden mit symmetrischen Dreieckverteilungen belegt. Für die Simulation wird das Latin Hypercube Probenerhebungsverfahren verwendet und es werden jeweils 50.000 Iterationen durchgeführt. Als Berechnungssoftware wurde das Programm @Risk verwendet.

5.3.4.1 Einheitspreisvertrag

In weiterer Folge werden die Bauzeit, die Materialkosten, die Einheitspreise sowie der Angebots- und Abrechnungspreis probabilistisch ermittelt.

Als erster Schritt wird die Bauzeit mit Glg. (5-22) und den Werten aus Tabelle 5.22 ermittelt.

$$BZ_{SW} = (AT_{BE,BR} + AT_A + m_{SW} / L_{SW,d}) / 4 \text{ d/Wo} / 4,33 \text{ Wo/Mo} \quad [\text{Mo}] \quad (5-22)$$

Tabelle 5.22 Berechnungstabelle – Bauzeit (Monte-Carlo-Simulation)

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Arbeitstage BE/BR	AT _{BE,BR}	d	1,50	2,00	2,50	2,00
2	Arbeitstage Anschlüsse	AT _A	d	0,75	1,00	1,25	1,00
3	Menge – m ² Schmalwand	m _{SW}	m ²	45 522,00	50 580,00	55 638,00	50 580,00
4	tägliche Schmalwandleistung	L _{SW,d}	m ² /d	300,00	400,00	500,00	400,00
5	Bauzeit	BZ_{SW}	Mo				7,47

Das Ergebnis für die Bauzeitberechnung ist in Abbildung 5.4 als Wahrscheinlichkeitsverteilung dargestellt. Hierbei sind auf der Abszisse die Bauzeit in Monats Intervallen und auf der Ordinate die Häufigkeiten appliziert.

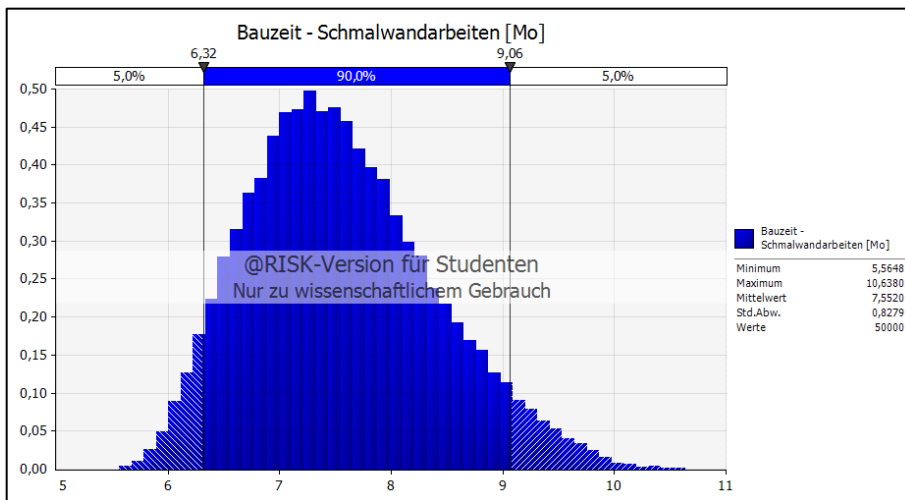


Abbildung 5.4 Bauzeit – Histogramm

Die Bauzeit für die Schmalwandarbeiten liegt somit mit 90%iger Wahrscheinlichkeit zwischen 6,32 Monaten und 9,06 Monaten. Die minimale und die maximale Bauzeit wurden mit 5,565 Monaten und 10,638 Monaten ermittelt. Im Mittel liegt die Bauzeit bei 7,552 Monaten und die Standardabweichung beträgt 0,8279 Monate.

Im Anschluss werden die Materialkosten mit Glg. (5-23) ermittelt.

$$k_{\text{Material,SW}} = (k_{\text{Wasser}} * m_{\text{Wasser}} + k_{\text{Zement}} * m_{\text{Zement}} + k_{\text{Bentonit}} * m_{\text{Bentonit}} + k_{\text{Kalk}} * m_{\text{Kalk}}) * V_{\text{Susp}} \quad [\text{€/m}^2] \quad (5-23)$$

Es wird davon ausgegangen, dass die Kosten für Wasser, Zement, Bentonit und Kalksteinmehl bekannt sind bzw. bereits beim Baustoffhändler angefragt wurden. Die Zusammensetzung der Schmalwandsuspension wird laufend den vorhandenen Baugrundverhältnissen angepasst und somit werden die unsicheren Inputparameter der Suspensionszusammensetzung mit symmetrischen Dreiecksverteilungen angesetzt (siehe Tabelle 5.23).

Tabelle 5.23 Berechnungstabelle – Materialkosten (Monte-Carlo-Simulation)

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Kosten Wasser	k_{Wasser}	€/m ³	-	3,50	-	3,50
2	Wasserverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Wasser}	m ³ /m ³	0,59	0,66	0,73	0,66
3	Kosten Zement inkl. T	k_{Zement}	€/t	-	129,50	-	129,50
4	Zementverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Zement}	t/m ³	0,15	0,17	0,19	0,17
5	Kosten Aktiv-Bentonit FAZ inkl. T	k_{Bentonit}	€/t	-	450,00	-	450,00
6	Bentonitverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Bentonit}	t/m ³	0,03	0,04	0,04	0,04
7	Kosten Kalksteinmehl inkl. T	k_{Kalk}	€/t	-	58,00	-	58,00
8	Kalksteinmehlverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Kalk}	t/m ³	0,66	0,73	0,80	0,73
9	Materialkosten pro m³ Schmalwandsuspension	$k_{\text{Material,sws}}$	€/m ³				82,42
10	Suspensionsverbrauch pro m ² Schmalwand	$V_{\text{Suspension}}$	m ³ /m ²	0,18	0,20	0,22	0,20
11	Materialkosten pro m² Schmalwand	$k_{\text{Material,sw}}$	€/m ²				16,48

In Abbildung 5.5 ist die Häufigkeitsverteilung der Materialkosten für einen Quadratmeter Schmalwand ersichtlich.

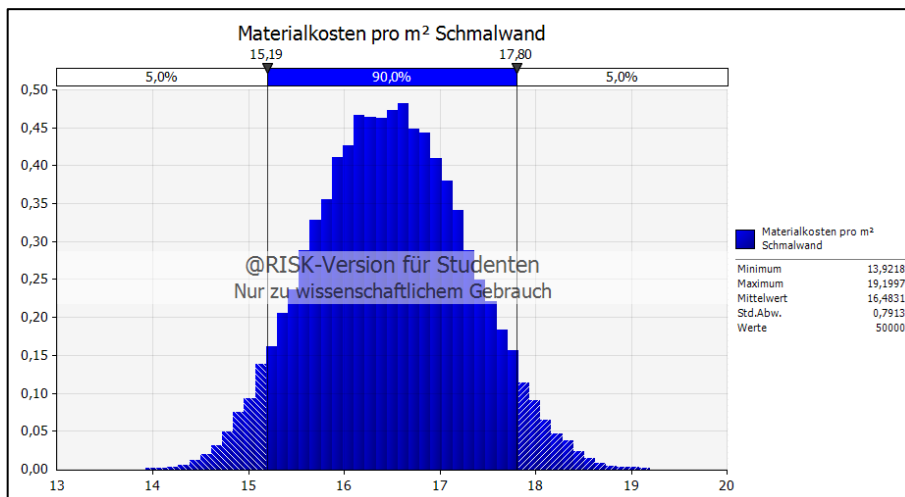


Abbildung 5.5 Materialkosten pro m² Schmalwand – Histogramm

Mit einer 90 %igen Wahrscheinlichkeit kann gesagt werden, dass die Materialkosten zwischen 15,19 €/m² und 17,80 €/m² liegen. Der Mittelwert der Materialkosten wurden mit 16,483 €/m² ermittelt.

In weiterer Folge können die vier Positionspreise ermittelt werden. Der Gesamtpreis für die Position "Geräte für Schmalwände" wird zuerst mit Glg. (5-24) und Tabelle 5.24 probabilistisch ermittelt.

$$PP_{G,SW} = (K_{U,C} + K_{AG} + K_{Gerät,T} * K_{Gerät,U} + K_{AP} + K_{Gerät,Vo,Mo} * BZ_{SW}) * (1 + GZ) \quad [€] \quad (5-24)$$

Tabelle 5.24 Berechnungstabelle – Position “Geräte für Schmalwände“ (Monte-Carlo-Simulation)

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter	Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung	
0	A	B	C	D	E	F	
1	Kosten Unterkünfte/Container	$K_{U,C}$	€	1.492,88	1.658,75	1.824,63	1.658,75
2	Kosten Anschlussgebühren	K_{AG}	€	2.065,50	2.295,00	2.524,50	2.295,00
3	Kosten An-/Abtransport der Geräte	$K_{Gerät,T}$	€	4.171,50	4.635,00	5.098,50	4.635,00
4	Kosten Umstellen der Geräte	$K_{Gerät,U}$	€	2.065,50	2.295,00	2.524,50	2.295,00
5	Kosten Herstellung Arbeitsplanum	K_{AP}	€	41.766,32	46.407,02	51.047,72	46.407,02
6	Kosten pro Monat – Vorhalten der Geräte	$K_{Gerät,V_0,Mo}$	€/Mo	-	79.605,40	-	79.605,40
7	Bauzeit	BZ_{SW}	Mo				7,47
8	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	10,00	-	10,00
9	Positionspreis – Geräte für Schmalwände	$PP_{G,SW}$	€				717.489,30

Zu beachten ist, dass die zuvor ermittelte Bauzeit bereits als Wahrscheinlichkeitsverteilung in die Berechnung mit eingeht (Als Ergebnis der Tabelle 5.24 – Zeile G7).

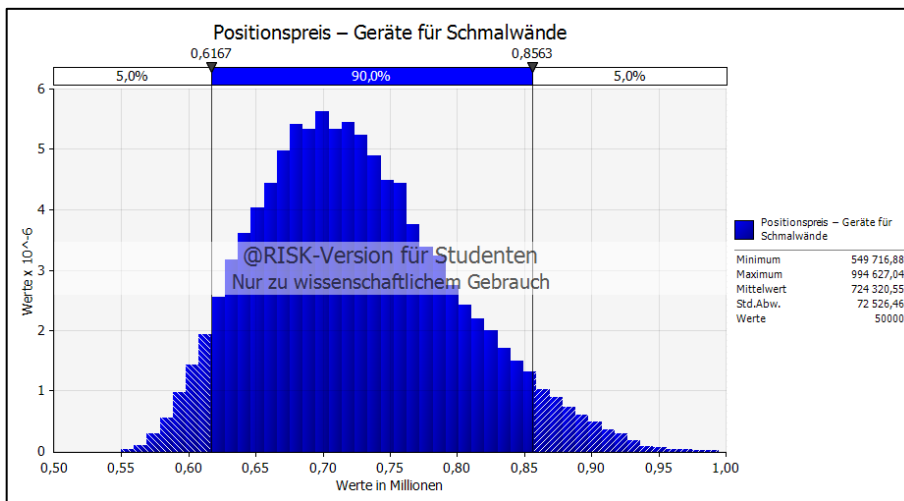


Abbildung 5.6 Positionspreis “Geräte für Schmalwände“ – Histogramm

In Abbildung 5.6 ist die Verteilung des Gesamtpreises der Position “Geräte für Schmalwände“ dargestellt. Mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 90 % ist der Positionspreis zwischen 0,6167 Millionen € und 0,8563 Millionen €. Der minimale Positionspreis beträgt 549.716,88 € und als maximaler Positionspreis können nach der Berechnung 994.627,04 € angegeben werden. Der Mittelwert liegt bei 724.320,55 € und die Standardabweichung beträgt 72.526,46 €.

Als nächstes kann der Einheits- bzw. Gesamtpreis der Position “Schmalwandarbeiten“ nach Glg. (5-25) bzw. Glg. (5-26) ermittelt werden.

$$EP_{SWA} = ((k_{Gerät,VT-BS} + k_{Personal,SW,h}) / L_{SW,h} + (k_{AT,Mo} * BZ_{SW} + K_{LP}) / m_{SW} + k_{Material,SW}) * (1 + GZ) \quad [€/m^2] \quad (5-25)$$

$$PP_{SWA} = EP_{SWA} * m_{SW} \quad [€] \quad (5-26)$$

Die Inputparameter für die Berechnung sind in Tabelle 5.25 dargestellt. Die Bauzeit (Zeile 5), sowie die Materialkosten pro Quadratmeter Schmalwand (Zeile 8) gehen bereits als Wahrscheinlichkeitsverteilung in die Monte-Carlo-Simulation mit ein.

Tabelle 5.25 Berechnungstabelle – Position “Schmalwandarbeiten“ (Monte-Carlo-Simulation)

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter	Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung	
0	A	B	C	D	E	F	
1	Gerätekosten (Verschleißteile/Betriebsstoffe) pro Stunde	$k_{Gerät/VT-BS}$	€/h	195,41	217,12	238,83	217,12
2	Personalkosten pro Stunde	$k_{Personal,SW}$	€/h	-	195,00	-	195,00
3	stündliche Schmalwandleistung	$L_{SW,h}$	m ² /h	30,00	40,00	50,00	40,00
4	Kosten – Abrechnungstechniker pro Monat	$k_{AT,Mo}$	€/Mo	-	3.500,00	-	3.500,00
5	Bauzeit	BZ_{SW}	Mo				7,47
6	Kosten für Laborprüfungen	K_{LP}	€	-	9.500,00	-	9.500,00
7	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ²	45.522,00	50.580,00	55.638,00	50.580,00
8	Materialkosten pro m ² Schmalwand	$k_{Material,SW}$	€/m ²				16,48
9	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	10,00	-	10,00
10	Einheitspreis – Schmalwandarbeiten	EP_{SWA}	€/m²				30,24
11	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ²	-	50.580,00	-	50.580,00
12	Positionspreis – Schmalwandarbeiten	PP_{SWA}	€				1.529.544,44

In Abbildung 5.7 ist die Häufigkeitsverteilung des Einheitspreises für die Position “Schmalwandarbeiten“ ersichtlich.

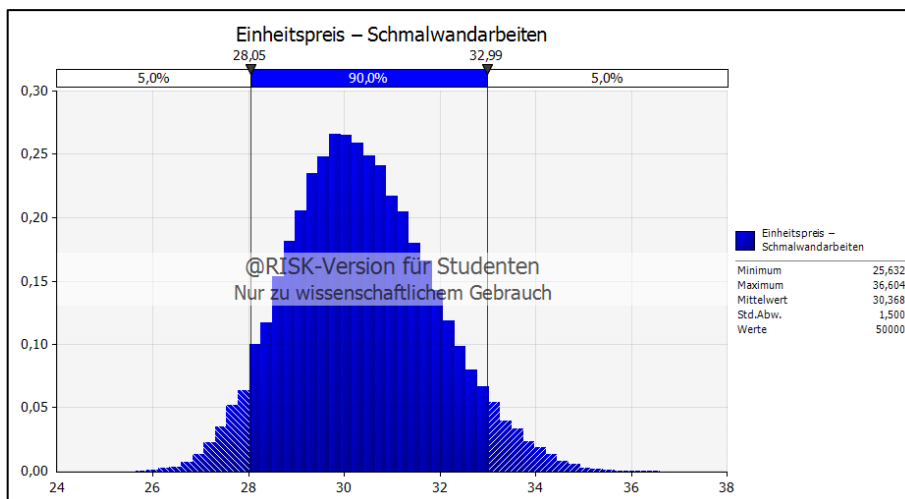


Abbildung 5.7 Einheitspreis “Schmalwandarbeiten“ – Histogramm

Abbildung 5.8 stellt die die Verteilung für den Positionspreis dar.

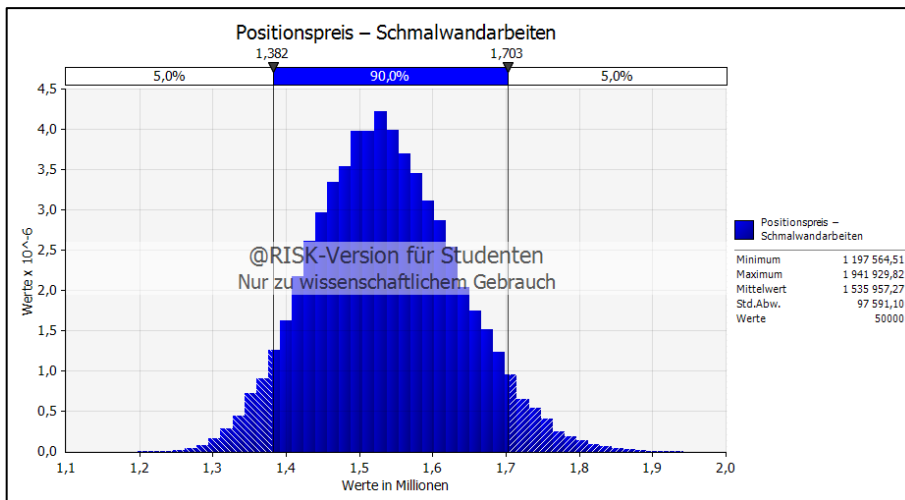


Abbildung 5.8 Positionspreis “Schmalwandarbeiten” – Histogramm

Der Einheits- und Gesamtpreis der dritten Position “Aufz. Schmalwandanschluss” wird in weiterer Folge mit Glg. (5-27) und Glg. (5-28) ermittelt.

$$EP_{An} = ((k_{Gerät,VT-BS} + k_{Personal,SW,h}) * ZA_{An} + m_{An} * k_{Material,SW}) * (1 + GZ) \quad [€/Stk] \quad (5-27)$$

$$PP_{An} = EP_{An} * An_{Stk} \quad [€] \quad (5-28)$$

Die Eingangsparameter der Berechnung sind in Tabelle 5.26 aufgelistet.

Tabelle 5.26 Berechnungstabelle – Position “Aufz. Schmalwandanschluss” (Monte-Carlo-Simulation)

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter	Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung	
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Gerätekosten (Verschleißteile/Betriebsstoffe) pro Stunde	$k_{Gerät,VT-BS}$	€/h	195,41	217,12	238,83	217,12
2	Personalkosten je Stunde	$k_{Personal,SW}$	€/h	-	195,00	-	195,00
3	stündlicher Zeitaufwand pro Anschluss	ZA_{An}	h/Stk	1,50	2,00	2,50	2,00
4	Menge – m ² pro Schmalwandanschluss	m_{An}	m ² /Stk	48,96	54,40	59,84	54,40
5	Materialkosten pro m ² Schmalwand	$k_{Material,SW}$	€/m ²				16,48
6	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	10,00	-	10,00
7	Einheitspreis – Schmalwandanschlüsse	EP_{An}	€/Stk				1.893,01
8	Anzahl Anschlüsse	An_{Stk}	Stk	-	4,00	-	4,00
9	Positionspreis – Schmalwandanschlüsse	PP_{An}	€/Stk				7.572,03

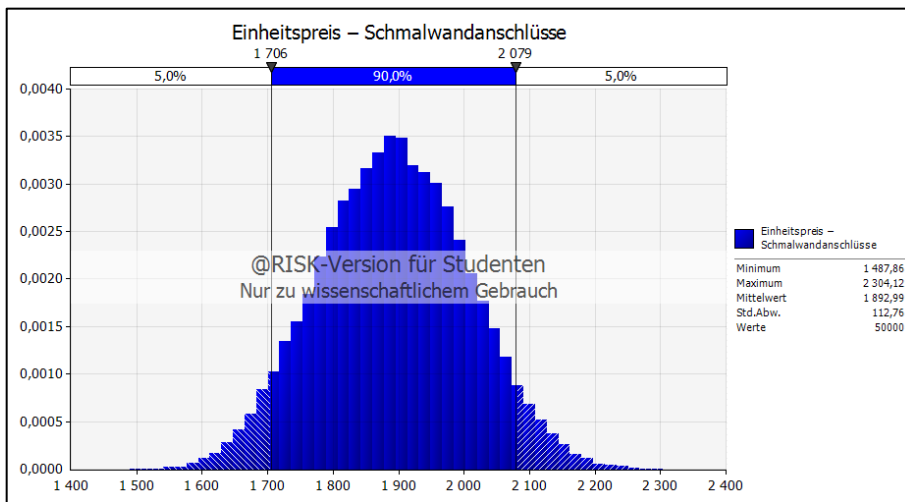


Abbildung 5.9 Einheitspreis “Schmalwandanschlüsse“ – Histogramm

Die Ergebnisse der Berechnung werden wiederum in Form von Histogrammen dargestellt. In Abbildung 5.9 ist das Histogramm für den Einheitspreis und in Abbildung 5.10 ist das Histogramm für den Positionspreis abgebildet.

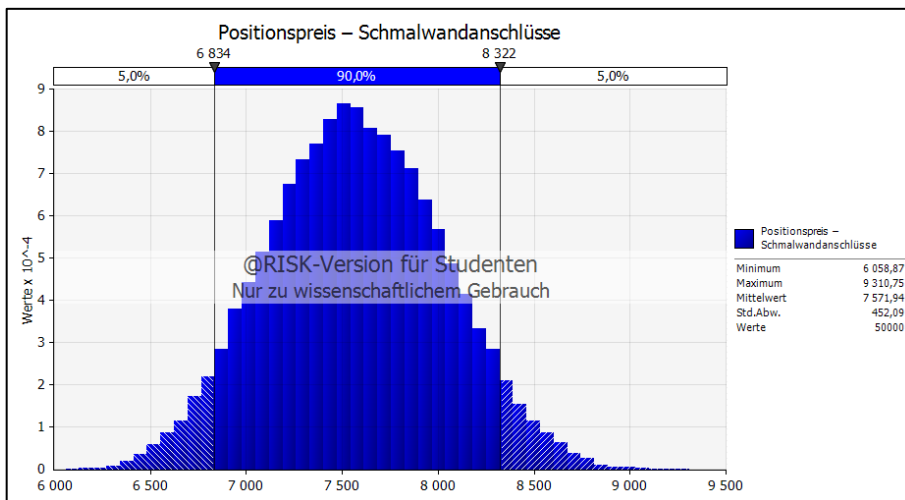


Abbildung 5.10 Positionspreis “Schmalwandanschlüsse“ – Histogramm

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei der Position “Vorausbohrungen“ um eine Eventualposition, womit sie bei der Berechnung des Angebotspreises nicht berücksichtigt wird. Bei der Berechnung des voraussichtlichen Abrechnungspreises findet sie jedoch schon Berücksichtigung.

Die Gleichungen (5-29) und (5-30) können herangezogen werden, um den Einheits- und Positionspreis zu ermitteln.

$$EP_{Bohr} = ((K_{Bohr,T} + K_{Bohr,U} + k_{Bohr,Vo,Mo} * BZ_{SW}) / m_{Bohr} + (k_{Bohr,VT-BS} + k_{Personal,Bohr,h}) / L_{Bohr,h}) * (1 + GZ) \quad [€/l\text{fm}] \quad (5-29)$$

$$PP_{Bohr} = EP_{Bohr} * m_{Bohr} \quad [€] \quad (5-30)$$

In Tabelle 5.27 sind die Inputparameter dargestellt. Zu beachten ist, dass die Menge der VorrAusbohrungen bereits als eine symmetrische Dreieckverteilung angesetzt wurde, da die Mengen in der Abrechnung variieren können (Zeile 11).

Tabelle 5.27 Berechnungstabelle – Position “VorrAusbohrungen (Monte-Carlo-Simulation)

Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Kosten An-/Abtransport der Bohreinheit	$K_{Bohr,T}$	€	2 430,00	2 700,00	2 970,00	2 700,00
2	Kosten Umstellen der Bohreinheit	$K_{Bohr,U}$	€	1 728,00	1 920,00	2 112,00	1 920,00
3	Menge – VorrAusbohrungen	m_{Bohr}	l\text{fm}	5 992,50	7 050,00	8 107,50	7 050,00
4	Kosten pro Monat – Vorhalten der Bohreinheit	$k_{Bohr,Vo,Mo}$	€/Mo	-	72 246,30	-	72 246,30
5	Bauzeit	BZ_{SW}	Mo				7,47
6	Gerätekosten (Verschleißteile/Betriebsstoffe) pro Stunde	$k_{Bohr,VT-BS}$	€/h	177,00	196,67	216,34	196,67
7	Personalkosten Bohreinheit je Stunde	$k_{Personal,Bohr}$	€/h	-	78,75	-	78,75
8	stündliche Leistung Bohreinheit	$L_{Bohr,h}$	l\text{fm}/h	15,00	17,00	19,00	17,00
9	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	10,00	-	10,00
10	Einheitspreis – VorrAusbohrungen	EP_{Bohr}	€/l\text{fm}				102,79
11	Menge – VorrAusbohrungen	m_{Bohr}	l\text{fm}	5 992,50	7 050,00	8 107,50	7 050,00
12	Positionspreis – VorrAusbohrungen	PP_{Bohr}	€/l\text{fm}				724 689,32

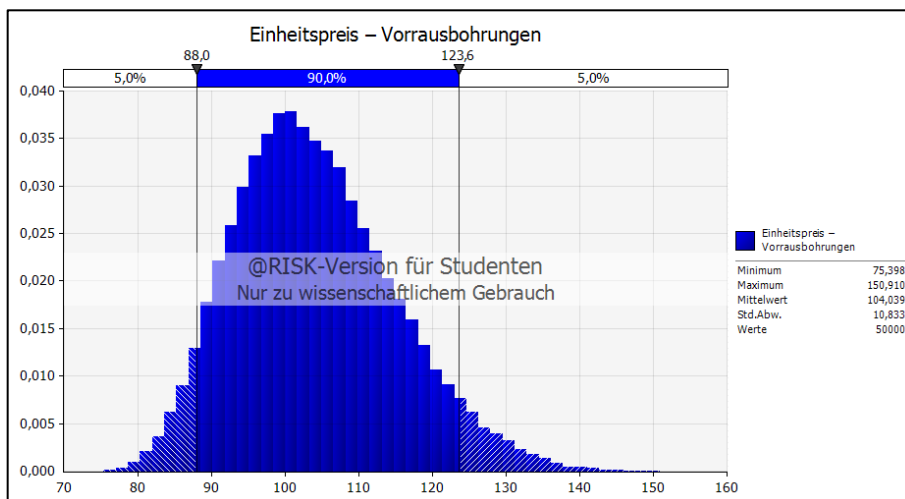


Abbildung 5.11 Einheitspreis “VorrAusbohrungen“ – Histogramm

Abbildung 5.11 und Abbildung 5.12 zeigen die Berechnungsergebnisse dargestellt als Wahrscheinlichkeitsverteilungen.

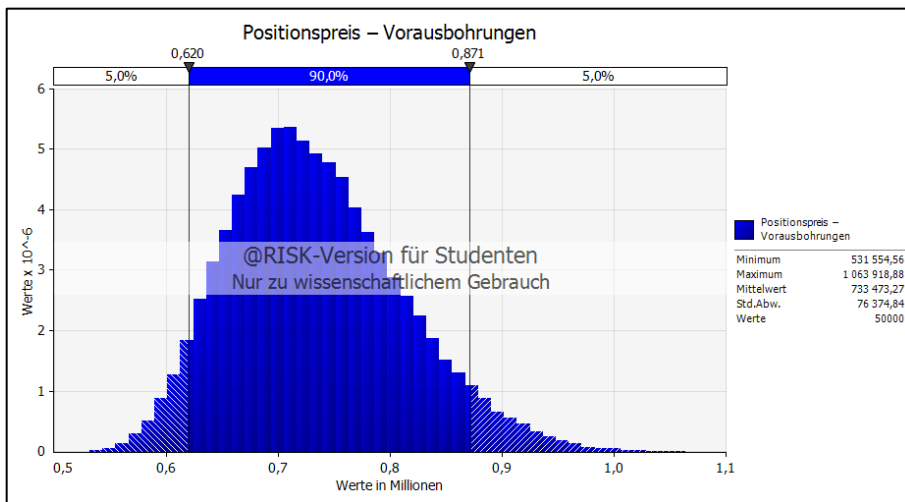


Abbildung 5.12 Positionspreis "Vorausbohrungen" – Histogramm

Abschließend werden der Angebots- und der Abrechnungspreis ermittelt. Der Angebotspreis wird durch Addition der Positionpreise "Geräte für Schmalwände", "Schmalwandarbeiten" und "Aufz. Schmalwandanschlüsse" ermittelt.

Das Histogramm für den Angebotspreis ist in Abbildung 5.13 ersichtlich, wobei auf der Abszisse der Angebotspreis in 100.000 € Intervallen und auf der Ordinate die Häufigkeiten aufgetragen sind.

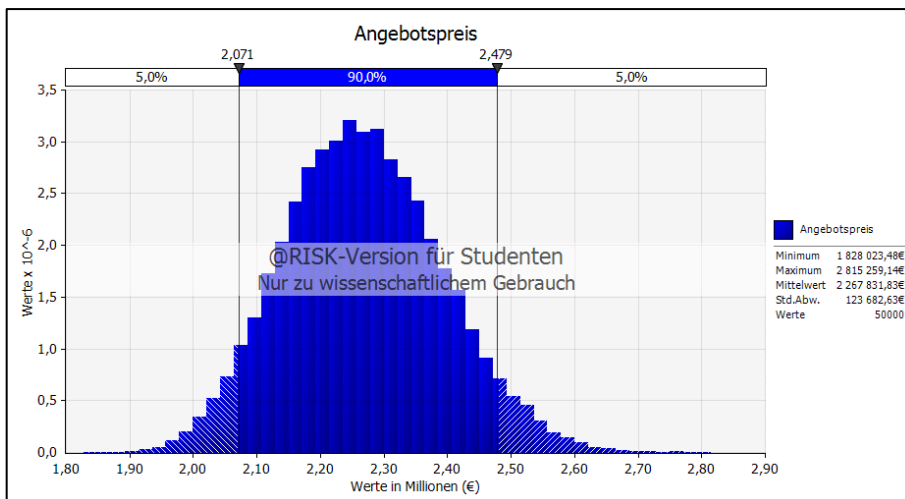


Abbildung 5.13 Angebotspreis (EHPV) – Histogramm

Auf Grundlage dieses Histogramms kann nun der Bieter eine Auswahl des Angebotspreises treffen. Die Interpretation des Chancen- und Risikoverhältnisses erfolgt in weiterer Folge auf Grundlage des wirtschaftlichen Erfolges des Unternehmens, das heißt, dass die Abgabe eines niedrigen Angebotspreises ein Risiko für den Bieter und die Abgabe eines hohen

Angebotspreises eine Chance darstellt. Als Beispiel wurde ein Angebotspreis von 2,20 Millionen gewählt. Wie in Abbildung 5.14 zu erkennen ist, liegt eine Chance von 30,40 % vor, dass der Angebotspreis von 2,20 Millionen unterschritten wird und es besteht eine Risiko von 69,60 %, dass der Angebotspreis überschritten wird. Somit liegt dem Bieter eine wesentliche Entscheidungsgrundlagen in Form eines Chancen- und Risikoverhältnisses zur Auswahl des Angebotspreises vor.

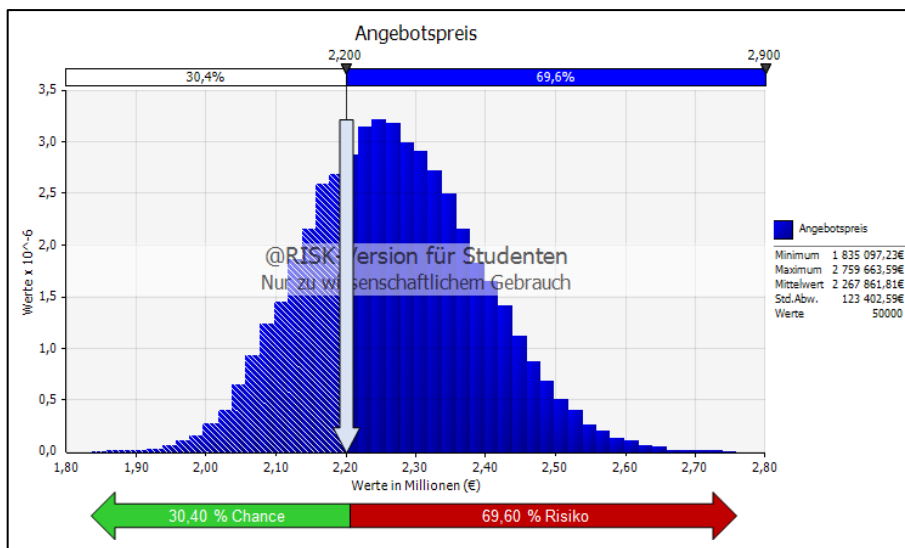


Abbildung 5.14 Chancen- und Risikoverhältnis bei der Wahl eines Angebotspreises

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Auswahl eines Wertes und Zuordnung eines Chancen- und Risikoverhältnisses auch bereits mit den Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Einheits- und Positionspreise erfolgen kann und soll.

In weiterer Folge kann die Häufigkeitsverteilung des Abrechnungspreises generiert werden. Hierzu wurden jeweils die Mittelwerte der Einheitspreise und des Positionspreises "Geräte für Schmalwände" angesetzt. Die Mengen gehen als symmetrische Dreiecksverteilung in die Berechnung mit ein (siehe Tabelle 5.28).

Tabelle 5.28 Berechnungstabelle – Abrechnungspreis (EHPV)

Lfd. Nr.	Position	gewählter Einheitspreis	Vordersatz		
			MIN	ERW	MAX
0	A	B	C	D	E
1	01.15.01.01A Z Geräte für Schmalwände	724.320,55 €		1,00	
2	01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten	30,37 €	45.522,00	50.580,00	55.638,00
3	01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschluss	1.832,99 €	3,00	4,00	5,00
4	01.15.09.040 Z Vorrastbohrungen (Eventualposition)	104,04 €	5.992,50	7.050,00	8.107,50

In Abbildung 5.15 ist das Histogramm des Abrechnungspreises ersichtlich. Mit jenem Histogramm kann nun eine Prognose getroffen werden mit welcher Eintrittswahrscheinlichkeit ein gewisser Abrechnungspreis unter bzw. überschritten wird.

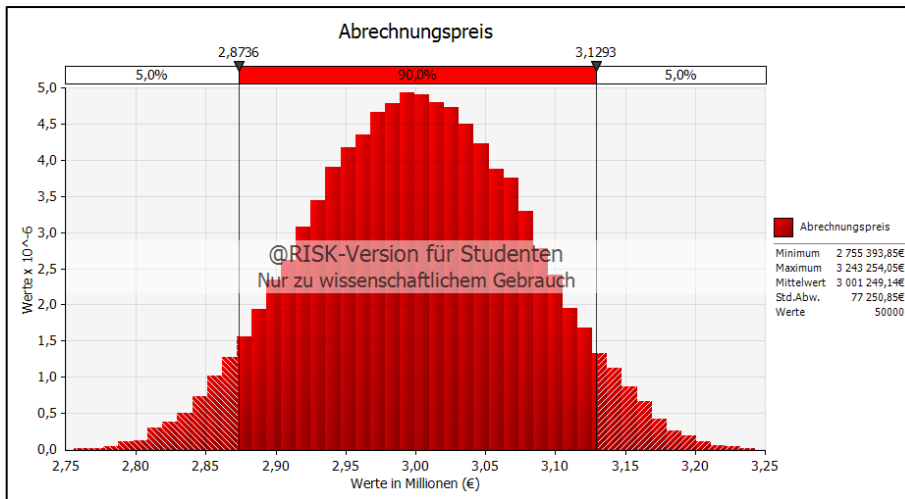


Abbildung 5.15 Abrechnungspreis (EHPV) – Histogramm

In weiterer Folge werden die Wahrscheinlichkeitsverteilungen des Angebots- und Abrechnungspreises miteinander verglichen (siehe Abbildung 5.16). Es ist zu erkennen, dass die Verteilungsfunktion für den Angebotspreis eine wesentlich größere Streuung (Standardabweichung) aufweist als jene des Abrechnungspreises, da bei der Abrechnung deterministische Einheitspreise gewählt wurden.

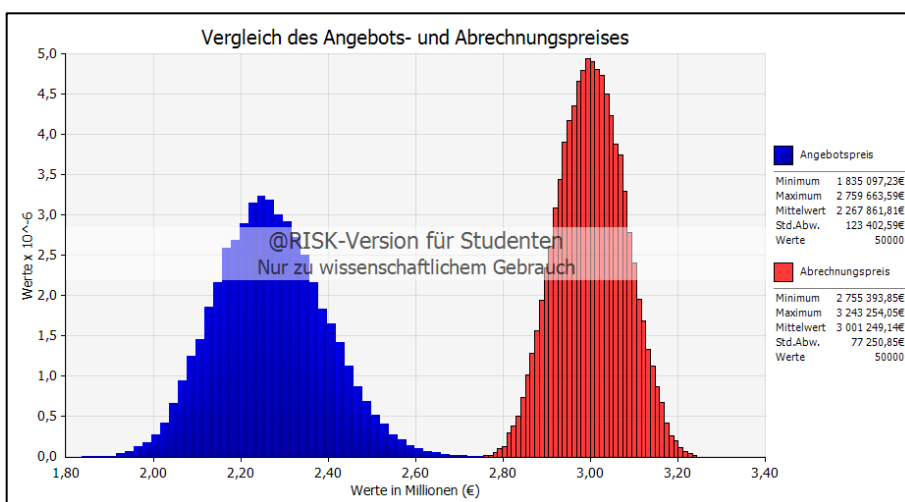


Abbildung 5.16 Vergleich der Histogramme des Angebots- und Abrechnungspreises

5.3.4.2 StilfOs

Die probabilistische Berechnung mit StilfOs wird mit den in Abschnitt 5.3.2.2 vorgestellten Gleichungen durchgeführt. Zusätzliche werden für die unsicheren Inputparameter der Berechnung die symmetrischen Dreieckverteilungen der probabilistischen Einheitspreiskalkulation angesetzt (siehe auch Anhang A.2.3).

Im Anschluss werden nur die Ergebnisse der probabilistischen Berechnung gezeigt. Hierzu wurde eine Darstellung in Abhängigkeit der Vergütungsart gewählt und die Kosten-/Preisgruppen zusammengefasst.

Einmalige werden bei StilfOs nur die Aufwendungen für Baustelleneinrichtung und -räumung vergütet. Auf Grundlage des generierten Histogramms kann der Bieter eine Auswahl des Preises für die Baustelleneinrichtung/-räumung treffen (siehe Abbildung 5.17).

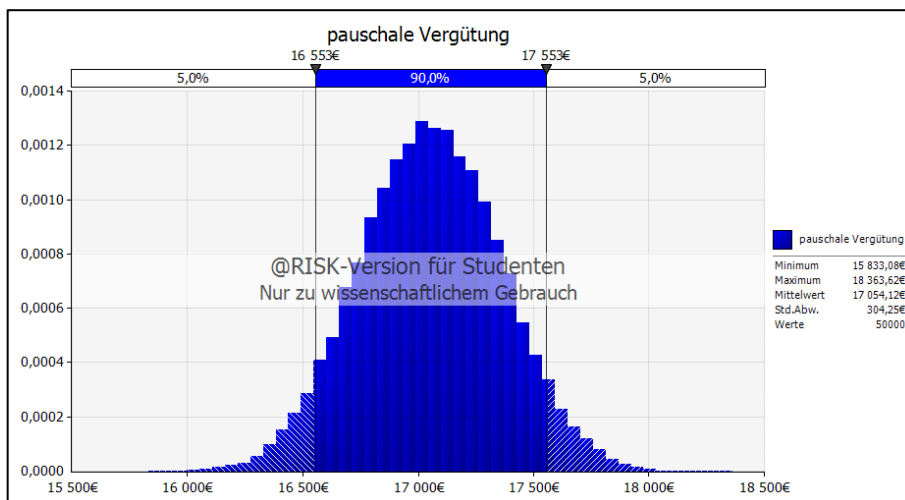


Abbildung 5.17 Pauschale Vergütung – Histogramm

Mit einer 90 %igen Eintrittswahrscheinlichkeit liegt der Preis für die BE/BR zwischen 16.553 € und 17.553 €. Im Mittel beträgt der Preis 17.054,12 € und die Standardabweichung ist 304,25 €.

Zeitabhängig werden bei StilfOs die Baustellengemeinkosten, die Geräte und das Personal vergütet. Zu beachten ist, dass ein Teil der zeitabhängigen Kosten und die Gesamtzuschläge bereits in die Kosten-/Preisgruppe 5 verschoben wurden (abgeminderte, zeitabhängige Vergütung). In Abbildung 5.18 ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung der zeitabhängigen Vergütung ersichtlich.

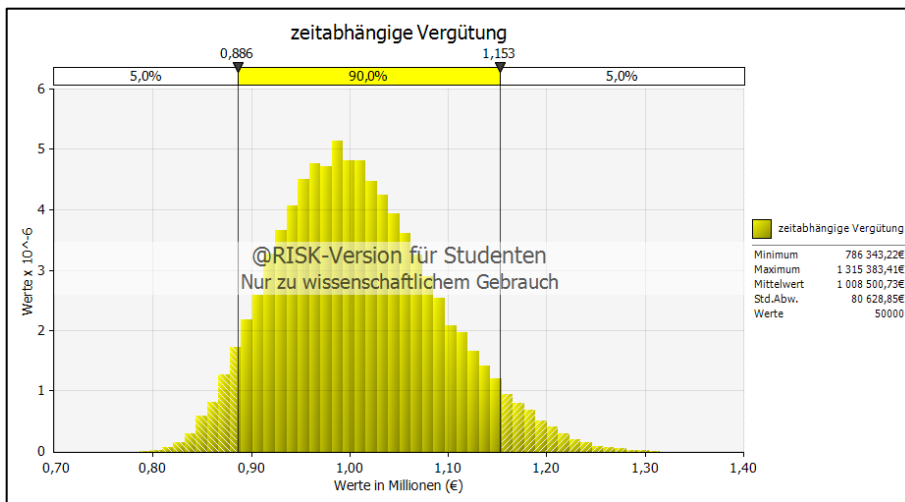


Abbildung 5.18 Zeitabhängige Vergütung – Histogramm

Die zeitabhängig Vergütung liegt somit mit einer 90 %igen Wahrscheinlichkeit zwischen 0,886 Millionen € und 1.153 Millionen €. Der Mittelwert beträgt 1.008.500,73 € und die Standardabweichung ist 80.628,85 €.

Die Preisgruppen 5, 6 und 7 werden leistungsabhängig vergütet. Zusätzlich wird die zuvor genannte Umlage berücksichtigt. Als Ergebnis der Berechnung wurde für die leistungsabhängige Vergütung nachfolgendes Histogramm generiert (siehe Abbildung 5.19).

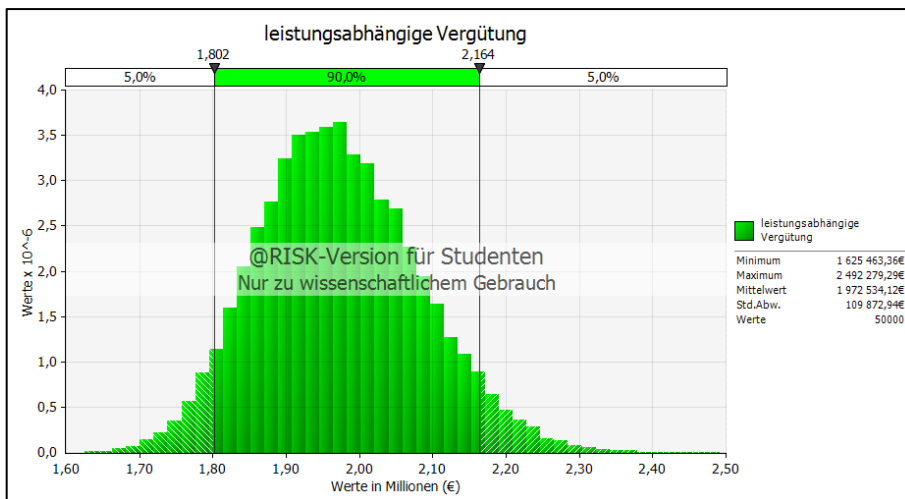


Abbildung 5.19 Leistungsabhängige Vergütung – Histogramm

Die leistungsabhängige Vergütung nimmt mit einer 90 %igen Eintrittswahrscheinlichkeit einen Wert zwischen 1,802 Millionen € und 2,164 Millionen € an. Im Mittel liegt die leistungsabhängige Vergütung bei 1.972.534,12 € und die Standardabweichung beträgt 109.872,94 €.

Vergleicht man Abbildung 5.18 und Abbildung 5.19, könnte man zum Schluss kommen, dass die Form der Wahrscheinlichkeitsverteilungen annähernd gleich ist. Dem ist jedoch nicht so, wie Abbildung 5.20 beweist.

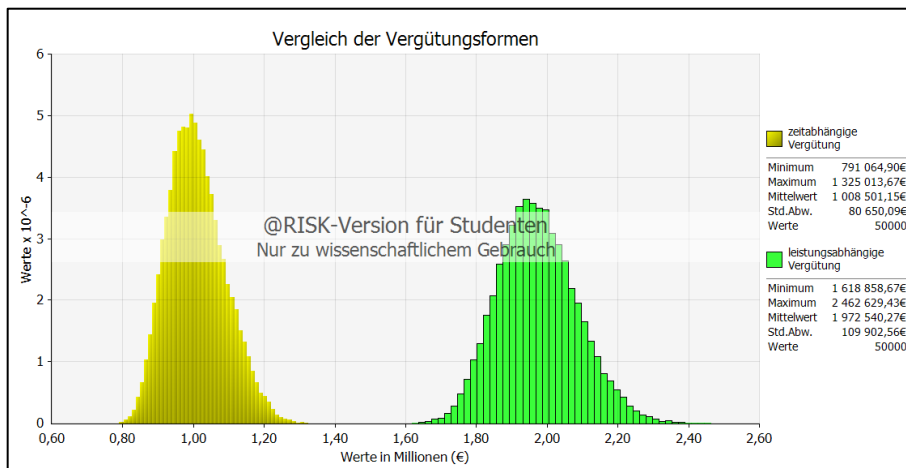


Abbildung 5.20 Vergleich der zeit- und leistungsabhängigen Vergütung

Bei der leistungsabhängigen Vergütung ist die Streuung wesentlich größer als bei der zeitabhängigen Vergütung.

In weiterer Folge kann die Wahrscheinlichkeitsverteilung bei Abrechnung mit StifOs generiert werden (siehe Abbildung 5.21). Für die pauschale Vergütung wurde der Mittelwert der Wahrscheinlichkeitsverteilung (17.054,12 €) angesetzt. Die zeit- und leistungsabhängige Vergütung gehen als Histogramme in die Berechnung mit ein.

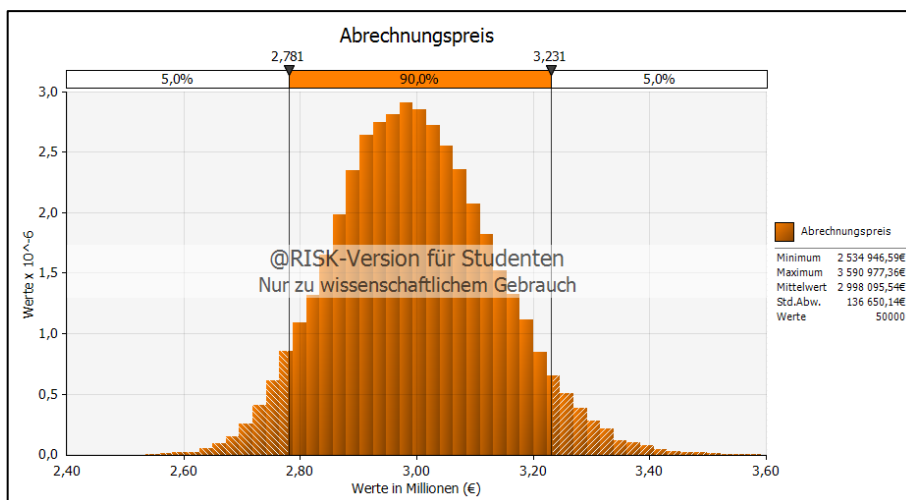


Abbildung 5.21 Abrechnungspreis StifOs – Histogramm

5.3.4.3 Vergleich der probabilistischen Kalkulationsergebnisse

Die Abrechnungspreise der probabilistischen Kalkulation mit Einheitspreisvertrag und StilfOs werden in weiterer Folge gegenübergestellt. In Abbildung 5.22 sind hierzu die generierten Histogramme für die Abrechnungspreise überlappend dargestellt. Zu beachten ist hierbei, dass das Histogramm des Einheitspreisvertrages nur Mengenänderungen berücksichtigt. Mehrkosten aufgrund Änderungen in den Umständen der Leistungserbringung werden nicht berücksichtigt und müssen zumeist durch Mehrkostenforderungen “erstritten” werden.

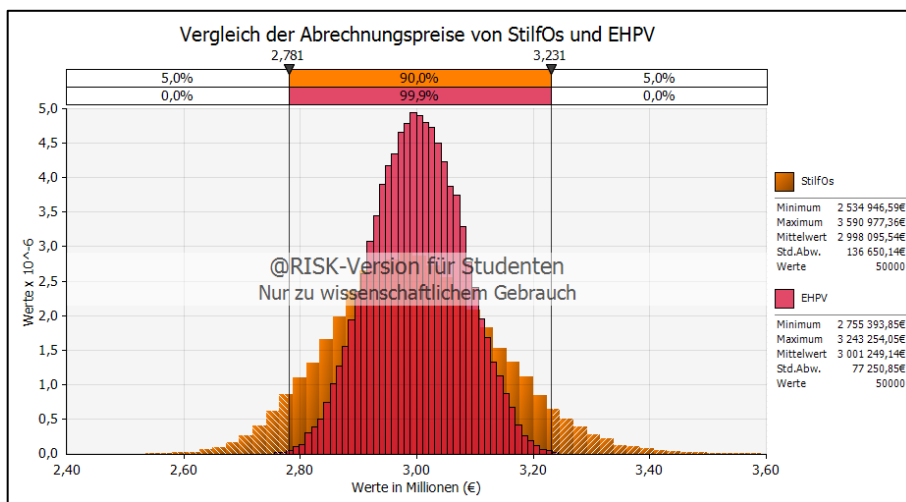


Abbildung 5.22 Vergleich der Histogramme für die Abrechnungspreise – StilfOs vs. EHPV

Wie zu erkennen ist, ist die Streuung des Abrechnungspreises bei StilfOs wesentlich größer als bei Abrechnung mit Einheitspreisvertrag. Dies beruht auf der Tatsache, dass StilfOs wesentlich flexibler bei Änderungen in der Leistungserbringung reagiert als der Einheitspreisvertrag. Vier Einheitspreisen, die bei Abrechnung mit EHPV herangezogen werden, stehen hierbei einundzwanzig Einheitspreise bei Vergütung mit StilfOs entgegen. Zum Teil erfolgt bei StilfOs auch eine Vergütung nach angefallenen Mengen (z.B. Schmalwandmaterial), wodurch der AN nicht mehr gezwungen ist ungenaue Annahmen im Kalkulationsprozess zu treffen (z.B. Suspensionsverbrauch).

5.4 Änderungsszenarien

In diesem Abschnitt werden für das vorangegangene Kalkulationsbeispiel Änderungen der Inputparameter vorgenommen und deren Auswirkung auf die Vergütung mit Einheitspreisvertrag und StillOs untersucht.

5.4.1 Leistungsannahme (Bauzeitverlängerung)

Im Zuge der Bauausführung wird festgestellt, dass die Leistungsannahme für die Schmalwandarbeiten von 400 m² pro Tag nicht eingehalten werden kann. Der tatsächliche **durchschnittliche Leistungswert** für Schmalwandarbeiten beträgt **350 m²/Tag**. Dadurch kommt es zu einer Bauzeitverlängerung und es entstehen ebenfalls Mehrkosten. Wer diese zu tragen hat, ist im Einzelfall zu klären. Bei Vereinbarung der ÖNORM B 2110:2013 wird sich der AN auf die Tatsache, dass der Baugrund der Sphäre des AG zugerechnet wird, berufen. Der AG wird diesen Tatbestand wahrscheinlich zurückweisen und auf das Kalkulationsrisiko des AN hinweisen, wonach dieser für Mehrkosten aufgrund getroffener Annahmen im Laufe des Kalkulationsprozesses haftet. Lange Streitigkeiten sind somit vorprogrammiert, welchen StillOs entgegenwirkt.

5.4.1.1 Einheitspreisvertrag

Bei der Abrechnung mit Einheitspreisvertrag sind zwei Vergütungsfälle zu unterscheiden. Entweder trägt der AN die Mehrkosten (Fall 1) und die Vergütung ändert sich nicht (Abrechnungspreis 2.979.295,09 € oder der AG übernimmt die Mehrkosten (Fall 2) und der Abrechnungspreis ändert sich.

In Tabelle 5.29 ist der Abrechnungspreis für den zweiten Fall ersichtlich.

Tabelle 5.29 Berechnungstabelle – Abrechnung mit EHPV unter Änderung des Leistungswertes (Fall 2)

Lfd. Nr.	Position	Einheitspreis	Vordersatz	Positionspreis	%- Anteil
0	A	B	C	D	E
1	01.15.01.01A Z Geräte für Schmalwände	808.818,18 €	1,00	808.818,18 €	24,97 %
2	01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten	31,94 €	50.580,00 m ²	1.615.451,07 €	49,87 %
3	01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschluss	1.893,01 €	4,00 Stk	7.572,03 €	0,23 %
4	01.15.09.040 Z Vorrausbohrungen (Eventualpos.)	114,55 €	7.050,00 m	807.575,33 €	24,93 %
5	Abrechnungspreis:			3.239.416,60 €	100,00 %

Das Vorhalten der Geräte ist zeitabhängig und ist laut Ausschreibung in die Position „Geräte für Schmalwände“ einzurechnen, welche pauschal vergütet wird. Es ist jedoch durchaus möglich, dass die pauschale Vergü-

tung den AG nicht vor Mehrkostenforderungen schützt. Wird z.B. im vorliegenden Fall die Leistungsänderung durch unvorhersehbare Baugrundverhältnisse herbeigeführt, wird sie der Sphäre des AG zugerechnet.

5.4.1.2 StilfOs

Die Abrechnung mit StilfOs bei einer Änderung des Leistungswertes ergibt einen Gesamtpreis von 3.111.856,54 € (Tabelle 5.30 – Zelle F22).

Tabelle 5.30 Berechnungstabelle – Abrechnung mit StilfOs unter Änderung des Leistungswertes (Fall 2)

Lfd. Nr.	Kosten-/Preisgruppe	Position	Einheit	Einheitspreis	Vordersatz	Preis
0	A	B	C	D	E	F
1		1. Baustelleinrichtung/-räumung	€	17.054,13	1,00	17.054,13 €
2		2. Baustellengemeinkosten	€/Mo	3.500,00	8,52 Mo	29.809,47 €
3		3. Gerät				
4		Rüttleinheit	€/Mo	40.594,45	8,52 Mo	345.742,57 €
4		Bagger klein	€/Mo	1.448,75	8,52 Mo	12.338,99 €
5		Mischanlage	€/Mo	2.561,60	8,52 Mo	21.817,12 €
6		Verpresseinheit	€/Mo	1.611,20	8,52 Mo	13.722,58 €
7		Bohreinheit	€/Mo	41.475,83	8,52 Mo	353.249,23 €
8		Bagger groß	€/Mo	2.584,68	2,23 Mo	5.775,23 €
9		4. Personal				
10		Schmalwandarbeiten	€/h	195,00	1.453,14 h	283.362,86 €
12		Arbeitsplanum	€/h	78,75	387,00 h	30.476,25 €
13		Bohreinheit	€/h	78,75	414,71 h	32.658,09 €
14		5. Leistung				
15		Schmalwandarbeiten	€/m ²	14,95	50.580,00 m ²	756.091,51 €
16		Schmalwandanschlüsse	€/Stk	1.195,87	4,00 Stk	4.783,50 €
17		Herstellung Arbeitsplanum	€/m ³	4,85	3.870,00 m ³	18.766,55 €
18		Vorrausbohrungen	€/lfm	33,59	7.050,00 lfm	236.829,23 €
19		6. Material				
20		Wasser	€/m ³	3,85	6.705,28 m ³	25.815,34 €
21		Zement	€/t	142,45	1.727,12 t	246.028,02 €
22		Bentonit	€/t	495,00	355,58 t	176.013,68 €
23		Kalksteinmehl	€/m ³	63,80	7.416,45 m ³	473.169,48 €
21		7. Sonderleistungen				
22		Energie	€/kWh	0,22	81.376,00 kWh	17.902,72 €
23		Laborprüfungen	€	10.450,00	1,00	10.450,00 €
22		Gesamtpreis:				3.111.856,54 €

5.4.1.3 Vergleich der Ergebnisse

In weiterer Folge wird die Auswirkung auf die Vergütung bei Vereinbarung des Einheitspreisvertrages bzw. StilfOs gegenübergestellt (siehe Abbildung 5.23).

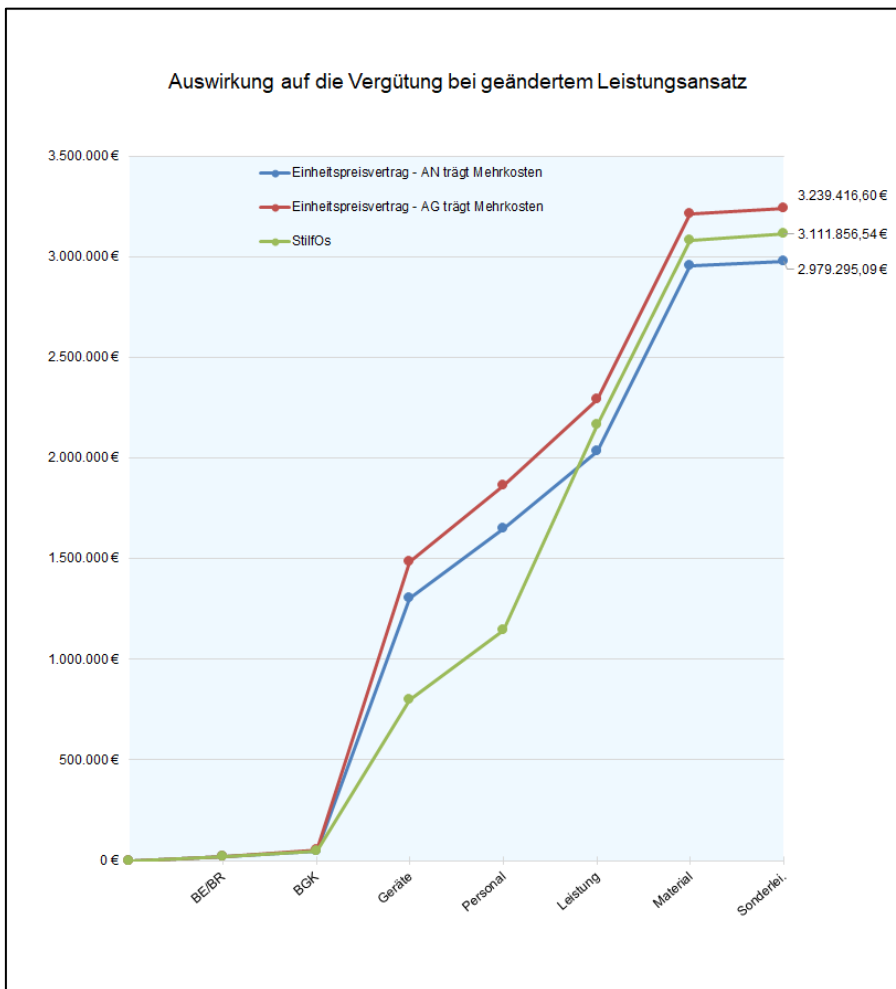


Abbildung 5.23 Auswirkung auf die Vergütung bei geändertem Leistungsansatz

Zur besseren Vergleichbarkeit wurde der ermittelte Gesamtpreis bei der Kalkulation mit Einheitspreisen ebenfalls auf die sieben Preis-/Kosten-
gruppen aufgeteilt. Sowohl in Abbildung 5.23 als auch in Tabelle 5.30 ist zu erkennen, dass die zeitabhängigen Kosten (BGK, Gerätekosten und Personalkosten) bei einer StilfOs Abrechnung in einem geringeren Umfang vergütet werden und die leistungsabhängigen Kosten in einem größeren Ausmaß vergütet werden als bei einer Kalkulation mit Einheitspreisen. Dies hat zur Folge, dass sowohl AN als auch AG für Mehrkosten aufgrund einer Bauzeitverlängerung aufkommen müssen und somit versuchen werden die Bauzeitverlängerung möglichst kurz zu halten. Der Gesamtpreis der StilfOs Kalkulation beträgt 3.111.856,54 € und liegt somit zwischen den Gesamtpreisen der Einheitspreiskalkulationen (2.979.295,09 € AN trägt Mehrkosten, 3.239.416,60 € AG trägt Mehrkosten).

5.4.2 Menge (Schmalwandfläche)

Es wird angenommen, dass anstelle von 50.580 m² Schmalwandfläche **52.000 m² Schmalwandfläche** ausgeführt werden. Der durchschnittliche Leistungswert von 400 m²/Tag wird eingehalten. Aufgrund der Mengenerhöhung kam es jedoch auch zu einer Bauzeitverlängerung und eine Bauzeit von 7,68 Mo ist nötig, um die Bauaufgabe zu lösen.

5.4.2.1 Einheitspreisvertrag

Bei Abrechnung mit Einheitspreisvertrag bekommt der AN 3.021.923,94 € (Tabelle 5.31 – Zelle D5) vergütet. Zu beachten ist, dass der AN die zeitabhängigen Kosten für das Vorhalten der Geräte nicht vergütet bekommt, weil diese pauschal mit der Position „Geräte für Schmalwände“ vergütet werden. Die Positionen „Geräte für Schmalwände“ (Zeile 1), „Aufz. Schmalwandanschluss“ (Zeile 3) und „Vorrausbohrungen“ (Zeile 4) bleiben betragsmäßig unverändert gegenüber der Grundkalkulation. Die Position „Schmalwandarbeiten“ erhöht sich aufgrund der Änderung des Vordersatzes (Zeile 3).

Tabelle 5.31 Berechnungstabelle – Abrechnung mit EHPV unter Änderung Schmalwandfläche

Lfd. Nr.	Position	Einheitspreis	Vordersatz	Positionspreis	%- Anteil
0	A	B	C	D	E
1	01.15.01.01A Z Geräte für Schmalwände	717.489,30 €	1,00	717.489,30 €	23,74 %
2	01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten	30,23 €	52.000,00 m ²	1.572.173,29 €	52,03 %
3	01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschluss	1.893,01 €	4,00 Stk	7.572,03 €	0,25 %
4	01.15.09.040 Z Vorrausbohrungen (Eventualpos.)	102,79 €	7.050,00 m	724.689,32 €	23,98 %
5	Abrechnungspreis:			3.021.923,94 €	100,00 %

5.4.2.2 StilfOs

Bei einer Mengenerhöhung (Schmalwandfläche) wird mit StilfOs ein Gesamtpreis von 3.111.856,54 € (Tabelle 5.32 – Zelle F22) abgerechnet. Die zeitabhängigen Kosten, welche aufgrund der Bauzeitverlängerung entstehen, werden dem AN teilweise vergütet.

Tabelle 5.32 Berechnungstabelle – Abrechnung mit StilfOs unter Änderung der Schmalwandfläche

Lfd. Nr.	Kosten-/Preisgruppe	Position	Einheit	Einheitspreis	Vordersatz	Preis
0	A	B	C	D	E	F
1	1. Baustelleinrichtung/-räumung		€	17.054,13	1,00	17.054,13 €
2	2. Baustellengemeinkosten		€/Mo	3.500,00	7,68 Mo	26.876,44 €
3	3. Gerät					
4		Rütteleinheit	€/Mo	40.594,45	7,68 Mo	311.724,13 €
4		Bagger klein	€/Mo	1.448,75	7,68 Mo	11.124,93 €
5		Mischanlage	€/Mo	2.561,60	7,68 Mo	19.670,48 €
6		Verpresseinheit	€/Mo	1.611,20	7,68 Mo	12.372,38 €
7		Bohreinheit	€/Mo	41.475,83	7,68 Mo	318.492,19 €
8		Bagger groß	€/Mo	2.584,68	2,23 Mo	5.775,23 €
9	4. Personal					
10		Schmalwandarbeiten	€/h	195,00	1.308,00 h	255.060,00 €
12		Arbeitsplanum	€/h	78,75	387,00 h	30.476,25 €
13		Bohreinheit	€/h	78,75	414,71 h	32.658,09 €
14	5. Leistung					
15		Schmalwandarbeiten	€/m ²	14,95	52.000,00 m ²	777.318,28 €
16		Schmalwandanschlüsse	€/Stk	1.195,87	4,00 Stk	4.783,50 €
17		Herstellung Arbeitsplanum	€/m ³	4,85	3.870,00 m ³	18.766,55 €
18		Vorrausbohrungen	€/lfm	33,59	7.050,00 lfm	236.829,23 €
19	6. Material					
20		Wasser	€/m ³	3,85	6.892,72 m ³	26.536,98 €
21		Zement	€/t	142,45	1.775,40 t	252.905,50 €
22		Bentonit	€/t	495,00	365,52 t	180.933,98 €
23		Kalksteinmehl	€/m ³	63,80	7.623,77 m ³	486.396,50 €
21	7. Sonderleistungen					
22		Energie	€/kWh	0,22	73.248,00 kWh	16.114,56 €
23		Laborprüfungen	€	10.450,00	1,00	10.450,00 €
22	Gesamtpreis:					3.052.319,33 €

5.4.2.3 Vergleich der Ergebnisse

Anschließend wird die Auswirkung auf die Vergütung bei einer Mengenerhöhung unter Anwendung der beiden Vergütungsmodelle gegenübergestellt (siehe Abbildung 5.24).

In Abbildung 5.24 ist zu erkennen, dass der Abrechnungspreis mit StilfOS um 30.395,39 € höher ist als jener mit der Einheitspreiskalkulation. Im Vergleich zu den Abrechnungssummen (über 3 Mio.) ist die Differenz somit als sehr gering zu betrachten. Die Differenz beruht vor allem in der Tatsache, dass der AN bei Abrechnung mit Einheitspreisvertrag die zusätzlichen Kosten für das Vorhalten der Geräte nicht vergütet bekommt.

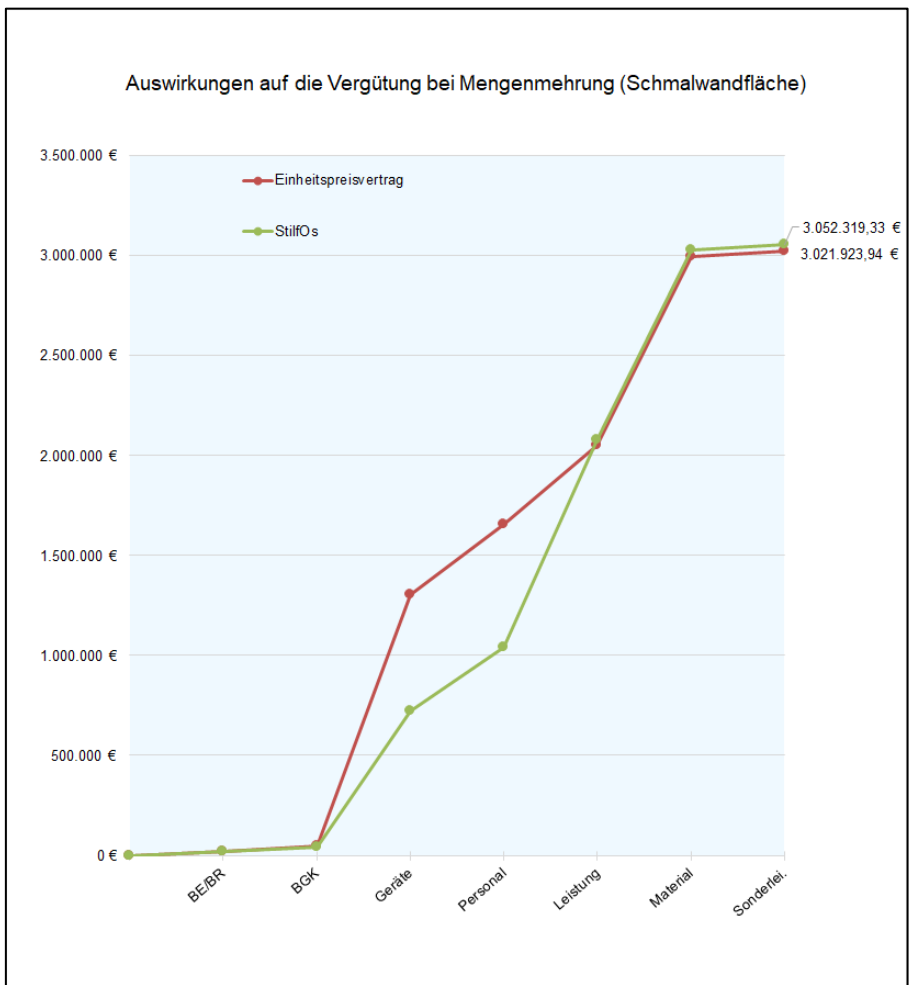


Abbildung 5.24 Auswirkungen auf die Vergütung bei Mengenerhöhung (Schmalwandfläche)

5.4.3 Suspensionsverbrauches

Im Laufe der Bauausführung wird festgestellt, dass ein vermehrter Suspensionsverbrauch beim Ziehen der Bohle auftritt. Anstelle von 200 l werden **durchschnittlich 220 l Suspension pro m² Schmalwand** verbraucht. Der Wert von 200 l wurde im Laufe der Kalkulation auf Grundlage des vorhandenen Bodengutachtens angesetzt. Der AG wird somit auf das Kalkulationsrisiko des AN hinweisen und die vom AG gestellten Mehrkostenforderungen abweisen. Der AN hingegen wird sich auf das Baugrundrisiko des AG berufen und, dass dieser Suspensionsverbrauch nicht vorhersehbar war. Diese Unstimmigkeiten bieten somit die mögliche Basis für einen Rechtsstreit.

5.4.3.1 Einheitspreisvertrag

Bei Abrechnung mit Einheitspreisvertrag müssen wieder zwei Fälle unterschieden werden. Einerseits der Fall, dass der AN die Mehrkosten übernimmt (Fall 1) und andererseits der Fall, dass der AG die Mehrkosten bezahlt (Fall 2). Bei Fall 1 ändert sich der Abrechnungspreis gegenüber der Grundkalkulation nicht. Bei Fall 2 beträgt der Abrechnungspreis 3.071.397,74 € (Tabelle 5.33 – Zelle D5). Die Einheitspreise für die Positionen "Schmalwandarbeiten" (Zelle B2) und "Aufz. Schmalwandanschluss" (Zelle B3) erhöhen sich.

Tabelle 5.33 Berechnungstabelle – Abrechnung mit EHPV unter Änderung des Suspensionsverbrauches (Fall 2)

Lfd. Nr.	Position	Einheitspreis	Vordersatz	Positionspreis	%- Anteil
0	A	B	C	D	E
1	01.15.01.01A Z Geräte für Schmalwände	717.489,30 €	1,00	717.489,30 €	23,36 %
2	01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten	32,05 €	50.580,00 m ²	1.621.252,55 €	52,79 %
3	01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschluss	1.991,64 €	4,00 Stk	7.966,56 €	0,26 %
4	01.15.09.040 Z Vorrausbohrungen (Eventualpos.)	102,79 €	7.050,00 m	724.689,32 €	23,59 %
5			Abrechnungspreis:	3.071.397,74 €	100,00 %

5.4.3.2 StilfOs

Bei StilfOs werden die Materialien nach tatsächlichen Verbrauch abgerechnet. Dementsprechend kommt es zu einer Erhöhung des Abrechnungspreises auf 3.071.397,74 € (Tabelle 5.34 – Zelle F22).

Tabelle 5.34 Berechnungstabelle – Abrechnung mit StilfOs unter Änderung des Suspensionsverbrauches (Fall 2)

Lfd. Nr.	Kosten-/Preisgruppe	Position	Einheit	Einheitspreis	Vordersatz	Preis
0	A	B	C	D	E	F
1		1. Baustelleinrichtung/-räumung	€	17.054,13	1,00	17.054,13 €
2		2. Baustellengemeinkosten	€/Mo	3.500,00	7,47 Mo	26.159,06 €
3		3. Gerät				
4		Rütteleinheit	€/Mo	40.594,45	7,47 Mo	303.403,67 €
4		Bagger klein	€/Mo	1.448,75	7,47 Mo	10.827,98 €
5		Mischanlage	€/Mo	2.561,60	7,47 Mo	19.145,45 €
6		Verpresseinheit	€/Mo	1.611,20	7,47 Mo	12.042,14 €
7		Bohreinheit	€/Mo	41.475,83	7,47 Mo	309.991,08 €
8		Bagger groß	€/Mo	2.584,68	2,23 Mo	5.775,23 €
9		4. Personal				
10		Schmalwandarbeiten	€/h	195,00	1.272,50 h	248.137,50 €
12		Arbeitsplanum	€/h	78,75	387,00 h	30.476,25 €
13		Bohreinheit	€/h	78,75	414,71 h	32.658,09 €
14		5. Leistung				
15		Schmalwandarbeiten	€/m ²	14,95	50.580,00 m ²	756.091,51 €
16		Schmalwandanschlüsse	€/Stk	1.195,87	4,00 Stk	4.783,50 €
17		Herstellung Arbeitsplanum	€/m ³	4,85	3.870,00 m ³	18.766,55 €
18		Vorrausbohrungen	€/lfm	33,59	7.050,00 lfm	236.829,23 €
19		6. Material				
20		Wasser	€/m ³	3,85	7.375,81 m ³	28.396,87 €
21		Zement	€/t	142,45	1.899,83 t	270.630,82 €
22		Bentonit	€/t	495,00	391,14 t	193.615,05 €
23		Kalksteinmehl	€/m ³	63,80	8.158,09 m ³	520.486,43 €
21		7. Sonderleistungen				
22		Energie	€/kWh	0,22	71.260,00 kWh	15.677,20 €
23		Laborprüfungen	€	10.450,00	1,00	10.450,00 €
22					Gesamtpreis:	3.071.397,74 €

5.4.3.3 Vergleich der Ergebnisse

Nachfolgend wird die Auswirkung auf die Vergütung bei einer Mengenerhöhung (Suspensionsverbrauch) unter Anwendung der beiden Abrechnungsmodelle verglichen (siehe Abbildung 5.25).

Die Abrechnungspreise von StilfOs und Einheitspreisvertrag (AG trägt Mehrkosten) ist mit 3.071.397,74 € ident, da alle zusätzlichen Materialkosten vergütet werden. Bei Abrechnung mit den angebotenen Einheitspreisen bekommt der AN die Differenz von 92.000 € nicht vergütet. Er muss somit für die zusätzlichen Materialkosten selbst aufkommen.

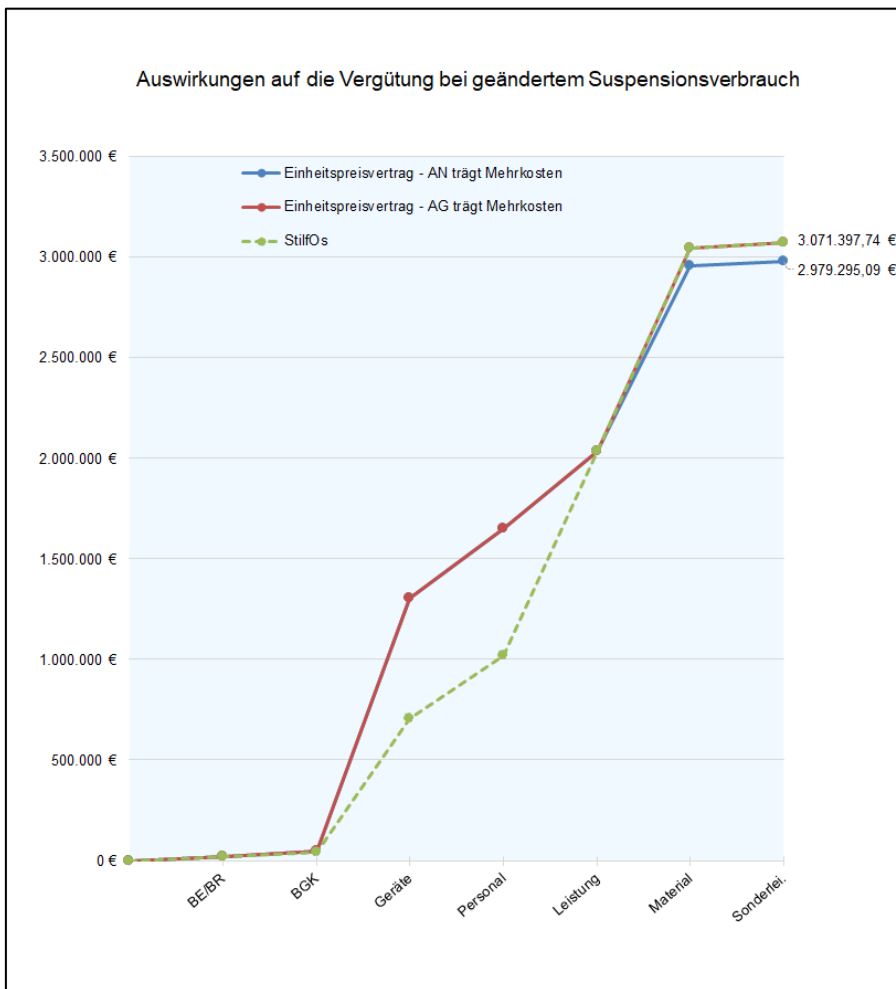


Abbildung 5.25 Auswirkungen auf die Vergütung bei geändertem Suspensionsverbrauch

5.4.4 Menge (Vorrausbohrungen)

Bei der Position "Vorrausbohrungen" handelt es sich um eine Eventualposition. Dementsprechend wird diese Position nur nach Anordnung des AG ausgeführt. Es soll nun untersucht werden, inwieweit sich die Abrechnungspreise bei einer Änderung der Menge der Vorrausbohrungen ändert. Es wird angenommen, dass anstelle der ausgeschriebenen 7.050 m nur **6.000 m Vorrausbohrungen** ausgeführt werden.

5.4.4.1 Einheitspreisvertrag

Bei Abrechnung mit Einheitspreisvertrag werden dem AN 2.871.362,64 € (Tabelle 5.35 – E5) vergütet. Es ändert sich nur der Vordersatz für die Vorrausbohrungen (Zelle C4), sowie der Positionspreis (Zelle D4).

Tabelle 5.35 Berechnungstabelle – Abrechnung mit EHPV unter Änderung der Menge der Vorrausbohrungen

Lfd. Nr.	Position	Einheitspreis	Vordersatz	Positionspreis	%- Anteil
0	A	B	C	D	E
1	01.15.01.01A Z Geräte für Schmalwände	717.489,30 €	1,00	717.489,30 €	24,99 %
2	01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten	30,24 €	50.580,00 m ²	1.529.544,44 €	53,27 %
3	01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschluss	1.893,01 €	4,00 Stk	7.572,03 €	0,26 %
4	01.15.09.040 Z Vorrausbohrungen (Eventualpos.)	102,79 €	6.000,00 m	616.756,87 €	21,48 %
5			Abrechnungspreis:	2.871.362,64 €	100,00 %

5.4.4.2 StilfOs

Bei einer Mengenminderung der Vorrausbohrungen ändert sich mit StilfOs nur die Leistungsposition "Vorrausbohrungen" (Tabelle 5.36 – Zeile 18) gegenüber der Grundkalkulation. Es ergibt sich somit ein Abrechnungspreis von 2.944.022,64 €.

Tabelle 5.36 Berechnungstabelle – Abrechnung mit StilfOs unter Änderung der Menge der Vorrassbohrungen

Lfd. Nr.	Kosten-/Preisgruppe	Position	Einheit	Einheitspreis	Vordersatz	Preis
0	A	B	C	D	E	F
1	1. Baustelleinrichtung/-räumung		€	17.054,13	1,00	17.054,13 €
2	2. Baustellengemeinkosten		€/Mo	3.500,00	7,47 Mo	26.159,06 €
3	3. Gerät					
4		Rütteleinheit	€/Mo	40.594,45	7,47 Mo	303.403,67 €
4		Bagger klein	€/Mo	1.448,75	7,47 Mo	10.827,98 €
5		Mischanlage	€/Mo	2.561,60	7,47 Mo	19.145,45 €
6		Verpresseinheit	€/Mo	1.611,20	7,47 Mo	12.042,14 €
7		Bohreinheit	€/Mo	41.475,83	7,47 Mo	309.991,08 €
8		Bagger groß	€/Mo	2.584,68	2,23 Mo	5.775,23 €
9	4. Personal					
10		Schmalwandarbeiten	€/h	195,00	1.272,50 h	248.137,50 €
12		Arbeitsplanum	€/h	78,75	387,00 h	30.476,25 €
13		Bohreinheit	€/h	78,75	414,71 h	32.658,09 €
14	5. Leistung					
15		Schmalwandarbeiten	€/m ²	14,95	50.580,00 m ²	756.091,51 €
16		Schmalwandanschlüsse	€/Stk	1.195,87	4,00 Stk	4.783,50 €
17		Herstellung Arbeitsplanum	€/m ³	4,85	3.870,00 m ³	18.766,55 €
18		Vorrassbohrungen	€/lfm	33,59	6.000,00 lfm	201.556,80 €
19	6. Material					
20		Wasser	€/m ³	3,85	6.705,28 m ³	25.815,34 €
21		Zement	€/t	142,45	1.727,12 t	246.028,02 €
22		Bentonit	€/t	495,00	355,58 t	176.013,68 €
23		Kalksteinmehl	€/m ³	63,80	7.416,45 m ³	473.169,48 €
21	7. Sonderleistungen					
22		Energie	€/kWh	0,22	71.260,00 kWh	15.677,20 €
23		Laborprüfungen	€	10.450,00	1,00	10.450,00 €
22	Gesamtpreis:					2.944.022,65 €

5.4.4.3 Vergleich der Ergebnisse

In weiterer Folge wird die Auswirkung auf die Vergütung einer Mengendeckelung der Vorrassbohrungen unter Anwendung des Einheitspreisvertrages bzw. StilfOs gegenübergestellt (siehe Abbildung 5.26).

Aus den zuvor ermittelten Abrechnungspreisen ergibt sich eine Differenz von 67.039,15 €, welche beim EHPV weniger abgerechnet wird als bei Vergütung mit StilfOs. Dies beruht auf der Tatsache, dass das Bohrgerät für die ganze Bauzeit vorzuhalten ist und bei der Einheitspreiskalkulation eine Division durch die voraussichtliche Menge erfolgte (7050 m). Die Gerätekosten für A + V und Reparatur infolge von 1.050 m Vorrassbohrungen (7.050 m – 6.000 m) werden dem AN bei Vergütung mit EHPV nicht vergütet. Bei Abrechnung mit StilfOs wird hingegen ein Teil der zeitabhängigen Kosten durch die Umlage leistungsabhängig vergütet.

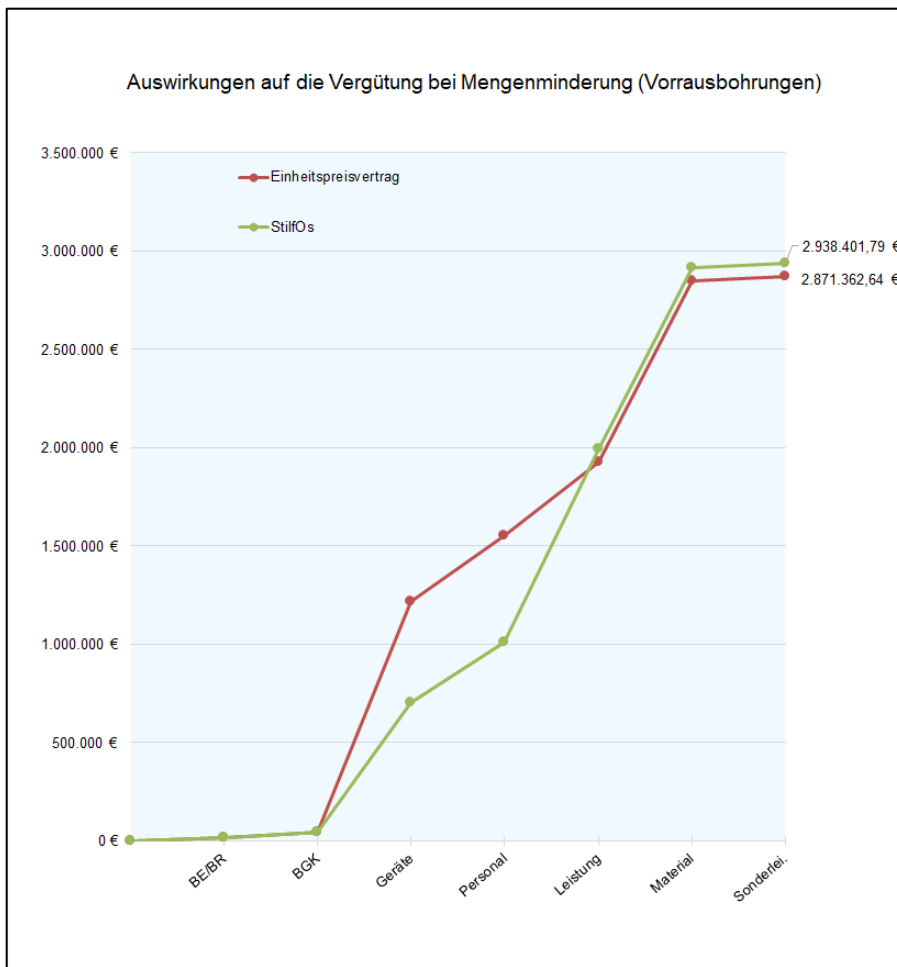


Abbildung 5.26 Auswirkung auf die Vergütung bei Mengenminderung (Vorrausbohrungen)

6 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Bauwirtschaft durchaus schon einige Lösungen zur Verfügung stehen, um mit der im Spezialtiefbau omnipräsenten Unvollkommenheit der Leistungsbeschreibung umzugehen. Einerseits stehen dem Bauherrn anreizorientierte Vergütungsmodelle und insbesondere StilfOs zur Verfügung, welche das Potenzial haben, in Zukunft vermehrt angewendet zu werden. Gegenwärtig fehlt jedoch vielen Projektbeteiligten sowohl auftragnehmerseitig als auch auftraggeberseitig die Kenntnis von diesen. Aufklärungsarbeit, eine zukünftige normative Regelung oder auch eine Anwendung dieser anreizorientierten Vergütungsmodelle bei Prestigeprojekten würde diesem Dilemma sicher entgegenwirken. Andererseits wird mit der probabilistischen Kalkulation unter Anwendung der Monte-Carlo-Simulation ein Weg aufgezeigt, mit dem Unsicherheiten im Kalkulationsprozess erfasst und berücksichtigt werden können. Das Ergebnis der Kalkulation ist hierbei nicht bloß eine Zahl, sondern eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, mit der bei Abgabe eines Wertes ein Aussage über dessen Chancen- und Risikoverhältnis getroffen werden kann.

Um den Einstieg in die Materie der Vergütung von Bauleistungen zu erleichtern, werden in Kapitel 2 sowohl die Grundlagen der Kostengliederung und Kostenermittlung als auch die der Preisbildung mittels Zuschlagskalkulation dargelegt. Eine Differenzierung wird in weiterer Folge zwischen allgemein gebräuchlichen und anreizorientierten Vergütungsmodellen vorgenommen. Die drei normativ geregelten Vergütungsformen (Einheits-, Pauschal-, Regiepreisvertrag) werden den allgemein gebräuchlichen Vergütungsmodellen zugeordnet. In die Gruppe der anreizorientierten Vergütungsmodelle werden vier praxiserprobte Vergütungsformen (StilfOs, Garantierter Maximalpreisvertrag, Project Alliancing, Value Engineering) eingeordnet. Die wesentlichen Charakteristika der einzelnen Vergütungsmodelle werden anschließend näher erläutert. Der Fokus liegt dabei auf dem Vergütungsmodell StilfOs, welches primär im Spezialtiefbau und Tunnelbau eingesetzt wird. Als Abschluss von Kapitel 2 werden die Grundlagen und insbesondere die Vergabearten des Bundesvergabegesetzes beleuchtet, da eine Vielzahl von Aufträgen im Spezialtiefbau von öffentlichen und Sektorenauftraggebern vergeben werden.

Das 3. Kapitel widmet sich dem Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Am Anfang dieses Kapitels werden grundlegende Begriffe zu diesem Themengebiet erklärt, um in weiterer Folge näher auf die Monte-Carlo-Simulation einzugehen. Die Ausführungen dieses Kapitels bilden die Basis für die in Kapitel 5 durchgeführte probabilistische Kalkulation.

Das 4. Kapitel setzt sich intensiv mit dem Schmalwandverfahren auseinander. Eingangs wird die Einordnung des Schmalwandverfahrens zum Spezialtiefbau verdeutlicht und wesentliche Richtlinien und Normen des

Verfahrens vorgestellt. Anschließend werden Bodenerkundungsmethoden dargelegt, welche zur Baugrundvoruntersuchung einer Schmalwand geeignet sind. Ein zentraler Bearbeitungspunkt dieses Kapitels ist die Untersuchung des Produktionssystems, wobei baubetriebliche Einflussfaktoren der Schmalwandherstellung abgeleitet werden. Ebenfalls werden bodenmechanische Einflussfaktoren präzisiert. Ein neuer Ansatz zur Vorauswahl der Rüttleinheit wird gegen Ende dieses Kapitels mithilfe der spezifischen Rammenergie nähergebracht. Den Endpunkt bildet die Entwicklung einer Leistungsermittlungsformel für das Schmalwandverfahren.

In Kapitel 5 wird die Kalkulation mit StilfOs und Einheitspreisvertrag sowohl deterministisch als auch probabilistisch anhand eines realen Beispiels demonstriert. Die Grundkalkulationen werden hierbei auf ihre Vergütungsformen (pauschal, zeitabhängig, leistungsabhängig) untersucht und verglichen. Beim Einheitspreis überwiegt hierbei mit ca. drei Viertel des Gesamtpreises die leistungsabhängige Vergütung und ca. ein Viertel wird pauschal vergütet. Vor allem der Umstand, dass die Vorhaltekosten der Geräte pauschal vergütet werden, wird als nicht zielführend erachtet, da der AG hiermit versucht, Mehrkosten infolge einer Bauzeitverlängerung zu umgehen und nicht zu vergüten. Bei StilfOs hingegen wird nur ein kleiner Anteil pauschal (< 1 %), ca. ein Drittel zeitabhängig und zwei Drittel leistungsabhängig vergütet. Die abgeminderte zeitabhängige Vergütung der Geräte wirkt hierbei dämpfend in Bezug auf die Mehrkosten bei einer Bauzeitverlängerung. Der AN bekommt zwar etwas vergütet, jedoch nicht die Vollkosten. Somit müssen beide Vertragspartner zusammen für Mehrkosten infolge einer Bauzeitverlängerung aufkommen, was im Idealfall dazu führt, dass die Interessen und Fähigkeiten im Sinne eines Partnerschaftsmodells gebündelt werden, um die Bauzeitverlängerung möglichst kurz zu halten bzw. zu vermeiden. Bei StilfOs ist es aufgrund der transparenten Darstellung und Vergütung der Gerätekosten auch möglich Anpassungen in der Geräteauswahl hinsichtlich des Projekterfolges vorzunehmen. Für das Schmalwandverfahren muss jedoch gesagt werden, dass ein Gerätetausch während der Ausführung nur teilweise möglich bzw. sinnvoll ist. In der Regel werden die Geräte einmal ausgewählt, angeliefert und bleiben während der gesamten Bauzeit auf der Baustelle. Ein Austausch der Geräte ist mit Kosten verbunden und somit meist nicht sinnvoll bzw. werden Geräte auch schon im Vorhinein für die gesamte Bauzeit gemietet (z.B. Aufsatzrüttler). Die Erkenntnis hiervon ist, dass bei Anwendung von StilfOs beim Schmalwandverfahren ein Teil des Baugrundrisikos aufgrund der abgeminderten zeitabhängigen Vergütung auf den AN übergeht.

Abschließend werden vier verschiedene Änderungsszenarien (Leistungswert, Schmalwandfläche, Suspensionsverbrauch, Vorrassbohrungen) hinsichtlich der Vergütung mit Einheitspreisvertrag und StilfOs untersucht und gegenübergestellt (deterministisch). Das Resümee der Untersuchung ist, dass StilfOs wesentlich flexibler bei Änderungen der Umstände der Leistungserbringung reagiert als der Einheitspreisvertrag, bei dem durch

die Abgabe von lediglich vier Einheitspreisen jene Anpassungsmechanismen fehlen, die bei StillOs einerseits durch die Aufsplittung in mehrere Einheitspreise und Vergütungsformen und andererseits durch die abgeminderte zeitabhängige Vergütung entstehen.

7 Ausblick

In der vorliegenden Arbeit werden zwei Möglichkeiten (StilfOs und Monte-Carlo-Simulation) aufgezeigt, um mit der im Spezialtiefbau allgegenwärtigen Unvollkommenheit der Leistungsbeschreibung umzugehen. Es handelt sich hierbei um Modelle, mit denen versucht wird, die negativen Auswirkungen (z.B. Mehrkosten, Bauzeitverlängerung) infolge von Unsicherheiten einzudämmen. Ein neuer Ansatzpunkt wäre jedoch die Einführung der spezifischen Rammenergie als Erkundungsparameter im Spezialtiefbau mit dem nicht die Auswirkungen, sondern die Ursache der Problematik "bekämpft" werden könnte. Einen Ausgangspunkt für weitere Forschungsarbeit liefert hierzu Abschnitt 4.6.2, bei dem die spezifische Rammenergie zur Vorauswahl der Rüttleinheit eingesetzt wird. Weitere bodenmechanische Untersuchungen zur Ermittlung des Eindringwiderstandes des Bodens sind jedoch definitiv noch nötig, um die spezifische Rammenergie als verfahrensrelevanten Erkundungsparameter einsetzen zu können.

Weiterer Forschungs- und Publikationsbedarf besteht beim Schmalwandverfahren selbst, da zu diesem Verfahren nur wenig öffentliche Literatur (vor allem in baubetrieblicher und bauwirtschaftlicher Hinsicht) vorliegt. Die Ermittlung von Leistungswerten in Abhängigkeit von Bohlenprofil und Bodenverhältnissen wäre hierbei als sehr interessant zu betrachten.

A.1 LV-Text der Schmalwand

01.15 Spezialgründungen und Abdichtungen

01.15.00 Z BRTV:

01.15.00.020 Z Geräte umstellen

Das Umstellen der Geräte innerhalb des gesamten Baustellenbereiches ist, wenn in den Positionen nicht anders beschrieben, in die Einheitspreise einzukalkulieren.

01.15.00.030 Z Arbeitsplanum

Das Herstellen des für die fachgerechte Herstellung erforderliche Arbeitsplanums ist in die Einheitspreise einzukalkulieren.

01.15.00.040 Z Bodenverhältnisse

siehe Position 01.03.00.020Z.

01.15.00.050 Z Geländeform

Die Einheitspreise gelten unter Berücksichtigung der vertragsgemäßen Geländeformen.

01.15.00.070 Z Aufzeichnungen

Bei allen Gründungselementen mit Ausnahme von Rammpfählen sind Aufzeichnungen über die angetroffenen Bodenschichten zu führen und in den Protokollen normgemäß zeichnerisch darzustellen.

01.15.01 Z Gerätekosten

01.15.01.01 Z Geräte und Maschinen

Geräte und Maschinen vorbereiten, an- und abtransportieren, auf-, um- und abbauen so wie beistellen (vorhalten) in erforderlicher Anzahl und Art und in betriebsfähigen Zustand versetzen für das Erbringen einer projektgemäßen Leistung. Die Vergütung erfolgt nur einmalig für die gesamte Bauzeit pro Baulos (inkludiert somit den Oberwasser- und den Unterwasserbereich und die Baugrubenumschließung). Alle erforderlichen Arbeiten und sämtliche Erschwernisse beim Gerätewechsel von Schmalwandarbeiten auf Dichtschirmarbeiten bzw. HDBV und umgekehrt sind in die Gerätekosten einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet. Ein Wiederantransport und -abtransport der Geräte aufgrund einer ablaufbedingten Unterbrechung von Spezialgründungs- und -abdichtungsarbeiten sowie aufgrund von Nachbesserungs- und Ergänzungsarbeiten kann nicht gesondert vergütet werden.

01.15.01.01A Z Geräte für Schmalwände

LO €.....

SO €.....

1,00 PA EP €..... PP €.....

01.15.09 Z Schmalwände**01.15.09.00 Z BRTV**

Die Arbeiten beinhalten die Herstellung der Stauraumabdichtung mittels Schmalwand im Boden jeder Art, gleich ob gewachsen oder geschüttet. Die Lage und Anordnung der Schmalwand ist den Ausschreibungsplänen zu entnehmen.

Die ÖNORM B 4452 in der letztgültigen Fassung ist einzuhalten.

Als Information können die vom AG durchgeführten Bodenaufschlüsse (Bohrungen, Rammsondierungen) und die eingeholten Bodengutachten eingesehen werden.

Die Schmalwand entspricht der Dichtigkeitsklasse DWK 3 (lt. ÖNORM B 4452).

Die maßgebenden Kennwerte, das Probenalter, die Prüfdauer und die Mindestanforderungen sind in der ÖNORM B 4452 angegeben.

Die vom Auftraggeber geforderte Dichtheit und Festigkeit muss erreicht werden, wobei nachstehende Festlegungen getroffen werden.

Schmalwand-Mischung Anforderungen:

- K-Wert nach 56 Tagen: Gleich oder kleiner 0,000001 mm/sec bei $i = 30$
- Druckfestigkeit nach 28 Tagen: Gleich oder größer 0,8 N/mm²
- Erosionsbeständigkeit: $i = 100$.

Die Schmalwandmischung hat den Anforderungen gemäß ÖNORM B 4452 zu genügen.

Vorschlag für Zusammensetzung der Schmalwandmischung für 1000 l (dm³):

- 660 l Wasser,
- 170 kg Zement FAZ,
- 35 kg Aktiv-Bentonit B-I,
- 730 kg Kalksteinmehl.

Vor Inangriffnahme der Arbeiten hat der AN auf seine Kosten eine Eignungsprüfung laut ÖNORM B 4452 bei einer staatlich akkreditierten und vom AG anerkannten Prüfstelle durchzuführen.

Der AN hat auf seine Kosten Kontrollprüfungen gemäß ÖNORM B 4452 durchzuführen.

Die Abnahmeprüfungen sind auf Kosten des AN von einer staatlich akkreditierten und vom AG anerkannten, vom Dichtwandhersteller unabhängigen Prüfstelle gemäß in Prüfumfang und Prüfhäufigkeit gemäß ÖNORM B 4452 durchzuführen.

Prüfstelle:

Der AN muss sich über die Lage aller Einbauten, wie Rohre, Kabel etc., die im Zuge des Baugeschehens berührt werden können, bei den Grundeigentümern, Behörden, Ämtern etc. informieren. Bei Beschädigung von Einbauten sind sofort die Bauleitung und die betroffene Institution zu verständigen. Die Kosten für die Wiederherstellung gehen zu Lasten des AN. Zur Wahrung der notwendigen Sorgfalt sind Aufwendungen für eventuell erforderliche einzelne Vorschlitze zum genauen Auffinden von Einbauten in die Einheitspreise einzurechnen. Die Mischanlagen sind hochwasserfrei aufzustellen, Angaben zur Höhenlage erfolgen durch den AG. Nach längeren Arbeitspausen bei Hochwasser oder über Anordnung der Bauleitung ist der Anschluss an die bereits fertiggestellte und erhärtete Schmalwand besonders sorgfältig auszuführen, wo bei z.B. eine gabelartige Einfassung der bestehenden Wand notwendig ist und nach entsprechender Position vergütet wird. Die Mischanlagen sind so auszustatten, dass eine einwandfreie Mischung gewährleistet ist und die Einwiege- und Waagen Genauigkeit der ÖNORM B 3307 entspricht. Die Einwaagen müssen leicht ersichtlich sein, ein Datenausdruck wird dringend empfohlen (eventuell statistische Auswertungen, festzulegen in Vereinbarung mit o.a. Prüfstelle).

Reservegeräte sind in ausreichender Anzahl vorzusehen und in die entsprechenden Positionen des Leistungsverzeichnisses einzurechnen. Die jeweilige Mindesttagesleistung muss, entsprechend der vorgesehenen Bauzeit, in jedem Fall erreicht werden.

Die Dosiereinrichtung muss so ausgestattet sein, dass für jede Komponente eine eigene Waage mit einem ausreichenden Wiegebereich pro Mischung vorhanden ist. Die Steuerungsautomatik der Waagen muss gegenseitig so verriegelt sein, dass Zweiteinwiegungen bzw. Leerwiegungen den Ablauf unterbrechen. Die Wassermenge ist über Durchlaufzähler zu messen. Alle Wiege- und Messeinrichtungen müssen auf der Baustelle zu eichen sein. Die vorgesehene Transportart (Pumpen, LKW etc.) des Injektionsgutes ist anzugeben.

Das Mischungsverhältnis des Injektionsgutes ist so zu wählen und nötigenfalls anzupassen, dass einerseits ein Austreten des Injektionsgutes

aus dem Verdichtungsbereich aufgrund zu dünner Mischung vermieden wird und andererseits auch bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen die geforderte Dichtheit und Festigkeit erreicht wird, was durch Nachweise zu belegen ist.

Bereiche in denen unüberwindbare Rammhindernisse festgestellt werden, die ein unplanmäßiges Schmalwandfenster zum Tertiär hervorrufen, sind dauerhaft zu markieren und einzumessen. Sämtliche diesbezügliche Kosten sind einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.

Wasserspiegeldifferenzen (z.B. im Grundwasser infolge erhöhten Abflusses in der Mur) entbinden den AN nicht aus der Haftung für die Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Ausführung der Schmalwand.

01.15.09.020 Z Schmalwandarbeiten

Herstellen einer Untergrundabdichtung (Dichtwand) als Schmalwand im Stauraumbereich sowie die Anbindung an die Baugrubenumschließung vom vorzubereitenden Planum aus. Die maximale Tiefe der Schmalwand beträgt 25,0 m (von OK Schmalwand bis 1,0 m unter OK Tertiär). Der Aufbau der Durchörterungszonen in Form von Bodenaufschlüssen können beim AG eingesehen werden.

Rechtsufrig verläuft die Schmalwand von ca. Mur-km 172,036 bis zum Wehranschluss bei Mur-km 170,090. Die Schmalwandoberkante liegt 0,5 m über dem Stauziel des (im direkten Krafthausbereich 330,80 müNN), die planmäßige dichte Einbindung der Schmalwand ins Tertiär beträgt 1,0 m (Schmalwand UK).

Rechtsufrig befindet sich im Bereich ca. Mur-km 171,623 bis ca. Mur-km 171,928 ein Schmalwandfenster. Die Unterkante der Schmalwand liegt in diesem Bereich rd. 5,0 Meter über OK Tertiär.

Linksufrig verläuft die Schmalwand von ca. Mur-km 171,122 bis zum Krafthausanschluss bei Mur-km 170,090. Die Schmalwandoberkante liegt in diesem Bereich zwischen 0,5 m und 1,0 m über dem Bestands Gelände. Die Schmalwand bindet planmäßig 1,0 m ins Tertiär (dichte Einbindung) ein (Schmalwand UK).

Der mittlere Grundwasserspiegel kann den Unterlagen entnommen werden.

Alle Materialien und Maßnahmen zur fix und fertigen Herstellung der Schmalwand, wie z.B. alle hierzu erforderlichen Vor- und Erdarbeiten, das Herstellen sowie ein allfällig erforderlicher Rückbau des Planums und des Leitgrabens, das Auf- und Umstellen an jedem Ansatzpunkt so wie das Herstellen der dichten Eckanschlüsse an Betonbauwerke und die Bohrpfehlwand und alle Nebenarbeiten sind eingerechnet. Der AN hat zur Überwachung der Ausführung neben den in der ÖNORM B 4452 Pkt. 6.4 (Überwachung der Ausführung) angegebenen zu dokumentierenden und nachzuweisenden Daten auch die Energieaufnahme des Rüttlers zu dokumentieren.

Als Obergrenze der Höhe für die Abrechnung gilt das Planmaß. Verrechnung nach m² fertiger Schmalwand.

LO €.....

SO €.....

50.580,00 m² EP €..... PP €.....

01.15.09.030 Z Aufz. Schmalwandanschluss

Auf die Pos. 01.15.09.020 für eine gabelartige Einfassung der bestehenden Wand nach vom Auftraggeber angeordneten Arbeitsunterbrechungen bzw. zur Erzielung eines dichten Anschlusses an Bauwerke, Flügelmauern udgl. Für besondere Maßnahmen bedingt durch Abgänge der Belegschaft und dgl. die der Auftragnehmer zu vertreten hat erfolgt keine Vergütung.

LO €.....

SO €.....

4,00 ST EP €..... PP €.....

01.15.09.040 Z Vorräusbohrungen (Eventualposition)

Lotrechte Vorbohrung mittels Hammerbohrung oder Endlosbohrschnecke im Quartär (sandige Kiese mit Steinen und Blöcken) zur Verbesserung der Rüttelbarkeit vor der Schmalwandherstellung bis max. 25,0 m Tiefe nach Anordnung AG.

Durchmesser entsprechend der vom AN verwendeten Rüttelbohle bzw. nach Wahl des AN.

Die Bohrlochabstände sind im Einvernehmen mit dem AG festzulegen.

Sämtliche Kosten für das Vorhalten des Bohrgerätes während der gesamten Schmalwandherstellung sind einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.

Vergütet wird die tatsächliche abgeteufte Bohrung ab OK Bohrplanum bis Unterkante der ausgeführten Bohrung.

Bohrsystem:

Bohrdurchmesser:

LO €

SO €

7.050,00 m EP € PP NICHT AUSWERFEN

A.2 Kalkulation – Schmalwände MKW Gössendorf

Die folgenden Seiten beinhalten die Kalkulation der Gerätekosten mit den K6E-Blättern, sowie die Detailkalkulation mit den K7-Blättern.

A.2.1 Kalkulation der Gerätekosten

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN				i B B W INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT		Formblatt K6E				
Bau:	Schmalwand			Firma:		TU Graz		Datum: 31.08.2018 Seite 1		
Angebot Nr.:	1			Gerät:		Rüttleinheit				
A ÖBGL-Nr.:				Masse:		mittl. NW:				
Nutzi. Ln =										
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Kalkulation nach ÖBGL</div>										
						A+V		Reparatur		
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	kW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€	
1	J.0.00.0028	Kombiniertes Ramm- und Bohrergerät LRB 255	670,00	85,43	1.782.300,00	2,60	46.297,00	2,60	46.349,00	
1	J.3.11.1800	Vibrationsbär, hyd., var.		6,00	191.500,00	3,21	6.150,00	3,21	6.150,00	
1	J.3.12.1600	Einfachklemmzange		0,80	25.700,00	3,19	820,00	3,19	820,00	
2		Rüttelbohle HEB 800 25 m		15,00	28.000,00	5,00	1.400,00	5,00	1.400,00	
C Summe :			670,00	107,2 to	2.027.500,0		54.667,0		54.719,0	
D GHP - Index			92,80%		1.881.520,0		50.731,0		50.779,2	
E Abminderung A+V und REP			60,00%	80,00%			30.438,6		40.623,4	
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							40,00%	60,00%		
Kostenentwicklung je Einheit						LohnStd	Lohn S	Stoff S	Gerät S	
F Beistellkosten je Monat							16.249,4	24.374,0	30.438,6	
G Beistellkosten je Stunde					173,2 h/mon		93,82	140,73	175,74	
H Bedienung					incl. Wartung	1,10				
I Betriebsstoffe					0,21 €/l	1,15		194,17		
J Sonstige Kosten, Verschleißteile								2,50		
K Mittellohnkosten					37,5 €/Std					
L Gerätekosten je Stunde					Summe: F bis J	1,15	41,25	93,82	337,39	175,74
M Gerätekosten je Verrechnungseinheit					40 LN		1,03	2,35	8,43	4,39
							GZ Lohn	GZ Stoff	GZ Gerät	
N Werte aus K3 - Blatt							10,00%	10,00%	10,00%	
O Gerätepreis je Stunde						45,38	103,20	371,13	193,32	
P Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde						148,58		564,45		
Q Preis pro Stunde						713,02				
R Preis pro Einheit						17,83				

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN				i B B W <small>INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT</small>		Formblatt K6E				
Bau:	Schmalwand			Firma:	TU Graz		Datum:	31.08.2018	Seite	1
Angebot Nr.:	1			Gerät:	Mischanlage			Preisbasis:		
A ÖBGL-Nr.:				Nutzl.: Ln =				Masse:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; color: red;">Kalkulation nach ÖBGL</div>										
					A+V		Reparatur			
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	kW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€	
1	J.6.22.0020	Mischanlage	22,00	2,50	95.500,00	2,50	2.390,00	1,40	1.340,00	
1	B.0.01.0010	Materialsilo mit Förder. 10 m3		1,30	6.000,00	2,80	168,00	1,40	84,00	
1	B.0.01.0030	Materialsilo mit Förder. 30 m3		3,80	18.000,00	2,80	504,00	1,40	252,00	
2	B.0.01.0050	Materialsilo mit Förder. 50 m3		6,30	30.000,00	2,80	840,00	1,40	420,00	
C Summe :			22,00	13,9 to	149.500,0		3.902,0		2.096,0	
D GHP - Index			92,80%		138.736,0		3.621,1		1.945,1	
E Abminderung A+V und REP			60,00%	80,00%			2.172,6		1.556,1	
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							40,00%	60,00%		
Kostenentwicklung je Einheit					LohnStd	Lohn S	Stoff S	Gerät S		
F Beistellkosten je Monat						622,4	933,6	2.172,6		
G Beistellkosten je Stunde					173,2 h/mon	3,59	5,39	12,54		
H Bedienung										
I Betriebsstoffe										
J Sonstige Kosten, Verschleißteile										
K Mittellohnkosten										
L Gerätekosten je Stunde										
M Gerätekosten je Verrechnungseinheit										
N Werte aus K3 - Blatt										
O Gerätepreis je Stunde										
P Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde										
Q Preis pro Stunde										
R Preis pro Einheit										

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN				i B B W INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT		Formblatt K6E					
Bau:	Schmalwand			Firma:		TU Graz		Datum:	31.08.2018	Seite	1
Angebot Nr.:	1			Gerät:		Verpresseinheit					
A ÖBGL-Nr.:				Masse:				mittl. NW:			
Nutzl.: Ln =											
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Kalkulation nach ÖBGL</div>											
					A+V		Reparatur				
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	kW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€		
1	J.6.04.0030	Suspensionspumpe	30,00	1,81	35.600,00	3,99	1.420,00	2,30	820,00		
1	J.6.23.1000	Vorratsbehälter inkl.Rührwer	4,00	2,50	19.100,00	2,50	478,00	1,40	267,00		
1		Schlauchleitung 500 m			10.000,00	5,00	500,00	4,00	400,00		
C Summe :			34,00	4,3 to	64.700,0		2.398,0		1.487,0		
D GHP - Index			92,80%		60.041,6		2.225,3		1.379,9		
E Abminderung A+V und REP			60,00%	80,00%			1.335,2		1.103,9		
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							40,00%	60,00%			
Kostenentwicklung je Einheit						LohnStd	Lohn S	Stoff S	Gerät S		
F Beistellkosten je Monat							441,6	662,4	1.335,2		
G Beistellkosten je Stunde						173,2 h/mon	2,55	3,82	7,71		
H Bedienung											
I Betriebsstoffe											
J Sonstige Kosten, Verschleißteile											
K Mittellohnkosten											
L Gerätekosten je Stunde											
M Gerätekosten je Verrechnungseinheit											
N Werte aus K3 - Blatt											
O Gerätepreis je Stunde											
P Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde											
Q Preis pro Stunde											
R Preis pro Einheit											

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN			i B B W INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT			Formblatt K6E			
Bau:	Schmalwand					Datum:	31.08.2018	Seite	
Angebot Nr.:	1		Firma:	TU Graz		Preisbasis:	1		
A ÖBGL-Nr.:			Gerät:	Bagger klein					
Nutzl.: Ln =			Masse:			mittl. NW:			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; color: red;">Kalkulation nach ÖBGL</div>									
						A+V		Reparatur	
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	kW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€
1	D.1.00.0030	Hydraulikbagger mit Raupen	30,00	4,00	64.400,00	2,30	1.480,00	1,80	1.160,00
1	D.1.40.0030	Monoblockausleger mit Hy.		0,45	12.100,00	2,30	278,00	1,80	218,00
1	D.1.43.0030	Stiel mit Hydraulikzylindern		0,21	5.350,00	2,30	123,00	1,80	96,50
1	D.1.60.0150	Tieföffel		0,16	1.860,00	2,28	42,50	3,49	65,00
1	D.1.61.0100	Grabenräumlöffel		0,10	1.520,00	2,30	35,00	3,49	53,00
C Summe :			30,00	4,91 to	85.230,0		1.958,5	12,4	1592,5
D GHP - Index			97,00%		82.673,1		1.899,7		1.544,7
E Abminderung A+V und REP			60,00%	80,00%			1.139,8		1.235,8
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							40,00%	60,00%	
Kostenentwicklung je Einheit						LohnStd	Lohn S	Stoff S	Gerät S
F	Beistellkosten je Monat						494,3	741,5	1.139,8
G	Beistellkosten je Stunde		173,2	h/mon			2,85	4,28	6,58
H	Bedienung			incl. Wartung		1,10			
I	Betriebsstoffe		0,18	€/l.	1,15			7,45	
J	Sonstige Kosten, Verschleißteile							1,80	
K	Mittellohncosten		37,5	€/Std					
L	Gerätekosten je Stunde		Summe: F bis J		1,15	41,25	2,85	13,53	6,58
M	Gerätekosten je Verrechnungseinheit		5	LN		8,25	0,57	2,71	1,32
						GZ Lohn	GZ Stoff	GZ Gerät	
N	Werte aus K3 - Blatt					10,00%	10,00%	10,00%	
O	Gerätepreis je Stunde					45,38	3,14	14,89	7,24
P	Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde					48,51		22,13	
Q	Preis pro Stunde						70,64		
R	Preis pro Einheit						14,13		

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN					i B B W INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT		Formblatt K6E			
Bau:	Schmalwand				Firma:		Datum:	31.08.2018	Seite	
Angebot Nr.:	1				TU Graz		Preisbasis:	1		
A ÖBGL-Nr.:					Gerät:	Bagger groß				
Nutzl.: Ln =					Masse:			mittl. NW:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Kalkulation nach ÖBGL</div>										
					A+V		Reparatur			
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	kW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€	
1	D.1.00.0060	Hydraulikbagger mit Raupé	60,00	12,50	135.500,00	2,00	2.710,00	1,60	2.170,00	
1	D.1.40.0060	Monoblockausleger mit Hy.		0,68	20.600,00	2,00	411,00	1,60	329,00	
1	D.1.43.0060	Stiel mit Hydraulikzylindern		0,56	8.050,00	2,00	161,00	1,59	128,00	
1	D.1.60.0500	Tieföffel		0,50	3.830,00	2,00	76,50	2,00	76,50	
1	D.1.61.0600	Grabenräumlöffel		0,60	6.800,00	2,00	136,00	2,00	136,00	
C Summe :			60,00	14,84 to	174.780,0		3.494,5	8,8	2839,5	
D GHP - Index			97,00%		169.536,6		3.389,7		2.754,3	
E Abminderung A+V und REP			60,00%	80,00%			2.033,8		2.203,5	
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							40,00%	60,00%		
Kostenentwicklung je Einheit						LohnStd	Lohn S	Stoff S	Gerät S	
F Beistellkosten je Monat							881,4	1.322,1	2.033,8	
G Beistellkosten je Stunde					173,2	h/mon	5,09	7,63	11,74	
H Bedienung						incl. Wartung	1,10			
I Betriebsstoffe					0,18	€/l:		14,90		
J Sonstige Kosten, Verschleißteile								1,80		
K Mittellohnkosten					37,5	€/Std				
L Gerätekosten je Stunde					Summe: F bis J	1,15	41,25	5,09	24,34	11,74
M Gerätekosten je Verrechnungseinheit					10	LN	4,13	0,51	2,43	1,17
							GZ Lohn	GZ Stoff	GZ Gerät	
N Werte aus K3 - Blatt							10,00%	10,00%	10,00%	
O Gerätepreis je Stunde							45,38	5,60	26,77	12,92
P Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde							50,97		39,69	
Q Preis pro Stunde							90,66			
R Preis pro Einheit							9,07			

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN					i B B W INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT		Formblatt K6E			
Bau:	Schmalwand				Datum:	31.08.2018		Seite		
Angebot Nr.:	1				Firma:	TU Graz		Preisbasis: 1		
A ÖBGL-Nr.:					Gerät:	Bohreinheit				
Nutzl.: Ln =					Masse:			mittl. NW:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; color: red;">Kalkulation nach ÖBGL</div>										
					A+V		Reparatur			
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	kW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€	
1	J.0.00.0028	Kombiniertes Ramm- und Bohrergerät LRB 255	670,00	85,43	1.782.300,00	2,60	46.297,00	2,60	46.349,00	
1	K.2.02.0250	Doppel-Kraftdrehkopf		10,00	385.500,00	2,80	10.800,00	2,59	10.000,00	
1	K.7.00.0400	Bohrschnecke 25 m		4,42	29.640,00	4,39	1.300,00	4,08	1.209,00	
C Summe :			670,00	99,8 to	2.197.440,0		58.397,0		57.558,0	
D GHP - Index			89,10%		1.957.919,0		52.031,7		51.284,2	
E Abminderung A+V und REP			60,00%	80,00%			31.219,0		41.027,3	
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							40,00%	60,00%		
Kostenentwicklung je Einheit					LohnStd	Lohn S	Stoff S	Gerät S		
F Beistellkosten je Monat						16.410,9	24.616,4	31.219,0		
G Beistellkosten je Stunde					173,2 h/mon	94,75	142,13	180,25		
H Bedienung					incl. Wartung	1,10				
I Betriebsstoffe					0,21 €/l		194,17			
J Sonstige Kosten, Verschleißteile							2,50			
K Mittellohnkosten					37,5 €/Std					
L Gerätekosten je Stunde					Summe: F bis J	1,15	41,25	94,75	338,79	180,25
M Gerätekosten je Verrechnungseinheit					17 LN	2,43	5,57	19,93	10,60	
N Werte aus K3 - Blatt							GZ Lohn	GZ Stoff	GZ Gerät	
						10,00%	10,00%	10,00%		
O Gerätepreis je Stunde						45,38	104,23	372,67	198,27	
P Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde						149,60	570,95			
Q Preis pro Stunde						720,55				
R Preis pro Einheit						42,39				

A.2.2 Detailkalkulation

Preisermittlung		i B B W INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT		Formblatt K7	
Bau: Schmalwand		Angebot Nr.: 1	Währung: €	Seite: 1	
Pos.Nr.	Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je EH	Std/EH	Lohn	Sonstiges	
01.15.01.01A	Z Geräte für Schmalwände PA				
1) Unterkünfte/Container					
Auf- und Abladen, Transport von 3 Containern					
	⇒ Aufwandwert 2,5 Std/Container				
	3 Container x 1 Std/h x 2,5 Std/Container x 90 €/Std (Sub)				675,00 €
	zusätzlicher Helfer 0,3 Std/Container x 3 Container	0,9			
Aufbau der Container					
	⇒ Aufwandwert 1,5 Std/Container				
	3 Container x 1,5 Std/Container	4,5			
	Pauschale diverse Materialien				400,00 €
Anschlüsse Installation und Einrichten					
	⇒ Aufwandwert 1,0 Std/Container				
	⇒ 3 Container x 1,0 Std/Container	3,0			
	Pauschale diverse Materialien				100,00 €
Abbau der Container					
	⇒ Aufwandwert 1,5 Std/Container				
	3 Container x 1,5 Std/Container	4,5			
2) Anschlussgebühren (Wasser, Strom)					
	Strom 875 €				875,00 €
	Wasser 770 €				770,00 €
	⇒ Aufwand 1 AT, 2 Arbeiter				
	⇒ 2Std/h x 8 h	16,0			
	Pauschale Material				50,00 €
3) An- und Abtransport					
2 Raupenbagger mit Tieflader groß					
	Zeitaufwand: Aufladen, Abladen und Transport				
	3 h ⇒ 3h x 120 €/h (Sub) x 2 (An-Ab)				720,00 €
	Helfer für 1h				
	1 h x 1Std/h x 2 (An-Ab)	2,0			
Rüttleinheit mit 2 Tieflader (1 x klein, 1x groß)					
	Zeitaufwand: Aufladen, Abladen und Transport				
	Anbauteile 3 h ⇒ 3h x 90 €/h (Sub) x 2 (An-Ab)				540,00 €
	Rammgerät 5 h ⇒ 5h x 120 €/h (Sub) x 2 (An-Ab)				1.200,00 €
	Helfer für 3h (1h Anbauteile, 2h Rammgerät)				

Preisermittlung		i B B W INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT		Formblatt K7	
Bau: Schmalwand		Angebot Nr.: 1	Währung: €	Seite: 2	
Pos.Nr.	Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je EH	Std/EH	Lohn	Sonstiges	
	3 h x 1Std/h x 2 (An-Ab)	6,0			
Suspensionpumpe, Mischer, Behälter mit Rührwerk, Leitungen					
LKW mit HIAB ex. Fahrer 45 €/h (Lo 20 €, So 25 €)					
	Lo: 20 €/h x 3 h/Fahrt x 2 Fahrten(An-Ab)		120,00 €		
	So: 25 €/h x 3 h/Fahrt x 2 Fahrten (An-Ab)			150,00 €	
	Fahrer LKW mit Wartung 3 h x 1,1 x 2 (An-Ab)	6,6			
	Helfer für Auf- und Abladen 1 h/Fahrt				
	1h/Fahrt x 2 Fahrten (An-Ab)	2,0			
Silos (10 m3, 30 m3, 2x 50 m3)					
3 Fahrten (LKW mit HIAB) ⇒ 3 h je Fahrt (Hin- und Retour, Abl.)					
	Lo: 20 €/h x 3 h/Fahrt x 3 Fahrten x 2 (An-Ab)		360,00 €		
	So: 25 €/h x 3 h/Fahrt x 3 Fahrten x 2 (An-Ab)			450,00 €	
	Fahrer LKW mit Wartung 3 h x 1,1 x 2 (An-Ab)	6,6			
	Helfer für Auf- und Abladen 1 h/Fahrt				
	1h/Fahrt x 3 Fahrten x 2 (An-Ab)	6,0			
4)Umstellen der Geräte					
Raupenbagger und Rüttleinheit von einer Murseite zur anderen					
Raupenbagger mit Tieflader klein					
Zeitaufwand: Aufladen, Abladen und Transport					
	2 h ⇒ 2h x 90 €/h (Sub)			180,00 €	
Rüttleinheit mit 2 Tieflader (1 x klein, 1x groß)					
Zeitaufwand: Aufladen, Abladen und Transport					
	Anbauteile 2 h ⇒ 2h x 90 €/h (Sub)			180,00 €	
	Trägergerät 3 h ⇒ 3h x 120 €/h (Sub)			360,00 €	
Mischanlage + Silos 2 x umstellen					
	⇒ 1 x von einer Murseite zur anderen				
	⇒ 1 x rechtsufrig				
Suspensionpumpe, Mischer, Behälter mit Rührwerk, Leitungen					
LKW mit HIAB ex. Fahrer 45 €/h (Lo 20 €, So 25 €)					
	Lo: 20 €/h x 3 h/Fahrt x 2 Fahrten		120,00 €		
	So: 25 €/h x 3 h/Fahrt x 2 Fahrten			150,00 €	
	Fahrer LKW mit Wartung 3 h x 1,1 x 2	6,6			
Silos (10 m3, 30 m3, 2x 50 m3)					
3 Fahrten (LKW mit HIAB) ⇒ 3 h je Fahrt (inkl. Hin- und Retour)					
	Lo: 20 €/h x 3 h/Fahrt x 3 Fahrten x 2		360,00 €		
	So: 25 €/h x 3 h/Fahrt x 3 Fahrten x 2			450,00 €	

Preisermittlung		i B B W INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT		Formblatt K7	
Bau: Schmalwand		Angebot Nr.: 1	Währung: €	Seite: 3	
Pos.Nr.	Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je EH	Std/EH	Lohn	Sonstiges	
	Fahrer LKW mit Wartung 3 h x 1,1 x 2	6,6			
5)	Herstellung Arbeitsplanum linksufrig				
	benötigtes Aufschüttmaterial				
	⇒ 5 m x 1032 m x 0,75 = 3.870 m ³ (kostenlos von anderer Ba				
	Leistungsansatz Bagger inkl. Glattziehen = 10 m ³ /h				
	Vorhalten = 3.870 m ³ / 10 m ³ /h / 10 h/AT = 38,7 AT = 2,23 Mo				
	Bagger aus K6E (Lo 881,4 €/Mo, So 3.355,9 €/Mo)				
	⇒ 881,4 €/Mo x 2,23 Mo =		1.969,41 €		
	⇒ 3.355,9 €/Mo x 2,23 Mo =		7.498,46 €		
	⇒ Betriebsstoffe 14,90 € x 38,7 AT x 10h/AT			5.766,30 €	
	⇒ Verschleißteile 1,80 € x 38,7 AT x 10h/AT			696,60 €	
	Geräteleiter Bagger = 1,1 Std/h x 10 h/AT x 38,7 AT x 37,5 €/Std		15.963,75 €		
	Helfer/Einweiser = 1 Std/h x 10 h/AT x 38,7 AT x 37,5 €/Std		14.512,50 €		
6)	Herstellung Arbeitsplanum rechtsufrig				
	Arbeitsplanum auf vorhandenen Gelände				
	Einebenen im gleichen Schritt mit Vortlaufgrabenherstellung				
7)	Vorhalten der Geräte				
	⇒ Leistungsansatz 400 m ² /AT bei 10h/AT = 40 m ² /h				
	50.580 m ² /400m ² /AT = 126,45 AT + 2 AT (BE/BR) +				
	1 AT (Anschlüsse) = 129,45 AT = 32,36 Wo = 7,47 Mo				
	Vorhalten Rüttleinheit				
	⇒ aus K6E (Lo 16.249,40 €/Mo, So 54.812,60 €/Mo)				
	⇒ 16.249,40 €/Mo x 7,47 Mo =		121.448,32 €		
	⇒ 54.812,60 €/Mo x 7,47 Mo =			409.670,39 €	
	Vorhalten Bagger				
	⇒ aus K6E (Lo 494,30 €/Mo, So 1.881,30 €/Mo)				
	⇒ 494,30 €/Mo x 7,47 Mo =		3.694,41 €		
	⇒ 1.881,30 €/Mo x 7,47 Mo =			14.060,87 €	
	Vorhalten Mischanlage				
	⇒ aus K6E (Lo 622,40 €/Mo, So 3.106,20 €/Mo)				
	⇒ 622,40 €/Mo x 7,47 Mo =		4.651,83 €		
	⇒ 3.106,20 €/Mo x 7,47 Mo =			23.215,80 €	
	Vorhalten Verpresseinheit				
	⇒ aus K6E (Lo 441,60 €/Mo, So 1.997,60 €/Mo)				
	⇒ 441,60 €/Mo x 7,47 Mo =		3.300,53 €		
	⇒ 1.997,60 €/Mo x 7,47 Mo =			14.930,10 €	

Preisermittlung		i B B W INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT		Formblatt K7			
Bau: Schmalwand		Angebot Nr.: 1		Währung: € Seite: 5			
Pos.Nr.	Menge	Einheit	Positionsstichwort	Kostenentwicklung je EH	Std/EH	Lohn	Sonstiges
01.15.09.020	Z	Schmalwandarbeiten	50.580 m ²				
1)Gerät							
Rüttleinheit							
	⇒	Betriebsstoffe	194,17 €/h (K6E) / 40 m ² /h =				4,85 €/m ²
	⇒	Verschleißteile	2,50 €/h (K6E) / 40 m ² /h =				0,06 €/m ²
Bagger							
	⇒	Betriebsstoffe	7,45 €/h (K6E) / 40 m ² /h =				0,19 €/m ²
	⇒	Verschleißteile	1,80 €/h (K6E) / 40 m ² /h =				0,05 €/m ²
Mischanlage, Pumpe, Rührwerk insg. 56 kWh							
	⇒	Energie	56 kWh x 0,20 €/kWh / 40 m ² /h =				0,28 €/m ²
2)Personal							
		Geräteleiter	Rüttleinheit inkl. Wartung = 1,1 Std/h / 40 m ² /h		0,028		
		Hilfspolier/Einweiser	Rüttleinheit = 1,0 Std/h / 40 m ² /h		0,025		
		Geräteleiter	Bagger = 1,1 Std/h / 40 m ² /h		0,028		
		Abrechnungstechniker	3.500 €/Mo				
	⇒		3.500 €/Mo x 7,47 Mo / 50.580 m ²			0,52 €/m ²	
		Mischanlagenwärter	= 1,0 Std/h / 40 m ² /h		0,025		
		Schlosser	= 1,0 Std/h / 40 m ² /h		0,025		
3)Material							
		Suspension	50.580 m ² x 200 l/m ² = 10.116.000 l = 10.116 m ³				
		Zusammensetzung Suspension pro m ³ :					
		660 l Wasser, 170 kg Zement, 35 kg Bentonit, 730 kg Kalksteinmehl					
	⇒	Wasser:	660 l/m ³ x 0,0035 €/l x 0,2 m ³ /m ² =				0,46 €/m ²
	⇒	Zement FAZ inkl. Trans.:	0,17 t/m ³ x 129,5 €/t x 0,2 m ³ /m ² =				4,40 €/m ²
	⇒	Aktiv- Bentonit inkl. T.:	0,035 t/m ³ x 450 €/t x 0,2 m ³ /m ² =				3,15 €/m ²
	⇒	Kalksteinmehl inkl. T.:	730 kg/m ³ x 0,058 €/kg x 0,2 m ³ /m ² =				8,47 €/m ²
4)Laborprüfungen							
		1 x Eignungsprüfung	= 1.000 € / 50.580 m ² =				0,02 €/m ²
		50.580m ² / 3.000m ² (ÖNORM B 4452)	= 16,86 Abnahmeprüfungen				
		17 Prüfungen x 500 €/Prüfung	/ 50.580 m ² =				0,17 €/m ²
		Kontrollprüfungen von Mischanlagenwärter					
				0,130		0,52 €/m ²	22,10 €/m ²
		Mittelohnkosten:	37,50 €/Std				
			37,5 €/Std x 0,130 Std/m ²			4,88 €/m ²	
						5,39 €/m ²	22,10 €/m ²

Preisermittlung		i B B W		Formblatt K7			
Bau: Schmalwand		Angebot Nr.: 1	Währung: €	Seite: 7			
Pos.Nr.	Menge	Einheit	Positionsstichwort	Kostenentwicklung je EH	Std/EH	Lohn	Sonstiges
01.15.09.030	Z Aufz.	Schmalwandanschluss	4 Stk.				
	1 Stk.	= 4 Stiche mit durchsch. Tiefe von 17 m					
	1 Stich	= 17 m x 0,8 m = 13,6 m ² /Stich					
	AZ pro Stk.	Anschluss = 13,6 m ² /Stich x 4 Stiche / 40 m ² /h = 1,36 h					
	⇒	gewählt 2 h pro Anschluss					
	⇒	Leistung für Anschlüsse = 54,4 m ² / 2 = 27,2 m ² /h =					
1)Gerät							
Rüttleinheit							
	⇒	Betriebsstoffe 194,17 €/h (K6E) / 27,2 m ² /h x 54,4 m ² /Stk.					388,34 €/Stk
	⇒	Verschleißteile 2,50 €/h (K6E) / 27,2 m ² /h x 54,4 m ² /Stk.					5,00 €/Stk
Bagger							
	⇒	Betriebsstoffe 7,45 €/h (K6E) / 27,2 m ² /h x 54,4 m ² /Stk					14,90 €/Stk
	⇒	Verschleißteile 1,80 €/h (K6E) / 27,2 m ² /h x 54,4 m ² /Stk					3,60 €/Stk
Mischanlage, Pumpe, Rührwerk insg. 56 kWh							
	⇒	Energie 56 kWh x 0,20 €/kWh / 27,2 m ² /h x 54,4 m ² /Stk. =					22,40 €/Stk
2)Personal							
	Geräteführer	Rüttleinheit inkl. Wartung = 1,1 Std/h / 27,2 m ² /h x 54,4		2,20			
	Hilfspolier/Einweiser	Rüttleinheit = 1,0 Std/h / 27,2 m ² /h x 54,4 m ² /Stk		2,00			
	Geräteführer	Bagger = 1,1 Std/h / 27,2 m ² /h x 54,4 m ² /Stk		2,20			
	Mischanlagenwärter	= 1,0 Std/h / 27,2 m ² /h x 54,4 m ² /Stk		2,00			
	Schlosser	= 1,0 Std/h / 27,2 m ² /h x 54,4 m ² /Stk		2,00			
3)Material							
	Suspension	217,6 m ² x 200 l/m ² = 43.520 l = 43,52 m ³					
	Zusammensetzung Suspension pro m ³ :						
	660 l Wasser,	170 kg Zement,	35 kg Bentonit,	730 kg Kalksteinmehl			
	⇒	Wasser: 660 l/m ³ x 0,0035 €/l x 0,2 m ³ /m ² x 54,4 m ² /Stk. =					25,13 €/Stk
	⇒	Zement inkl. Trans.: 0,17 t/m ³ x 129,5 €/t x 0,2 m ³ /m ² x 54,4 =					239,52 €/Stk
	⇒	Aktiv- Bentonit inkl. T.: 0,035 t/m ³ x 450 €/t x 0,2 m ³ /m ² x 54,4 =					171,36 €/Stk
	⇒	Kalksteinmehl inkl. T.: 0,73 t/m ³ x 58 €/t x 0,2 m ³ /m ² x 54,4 =					460,66 €/Stk
				10,40			1.330,92 €/Stk
	Mittellohnkosten:	37,50 €/Std					
	37,5 €/Std x 10,40 Std					390,00 €/Stk	
						390,00 €/Stk	1.330,92 €/Stk
	Gesamtzuschlag 10 %					39,00 €/Stk	133,09 €/Stk
						429,00 €/Stk	1.464,01 €/Stk

Preisermittlung		i B B W INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT		Formblatt K7	
Bau: Schmalwand		Angebot Nr.: 1	Währung: €	Seite: 9	
Pos.Nr.	Menge , Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je EH	Std/EH	Lohn	Sonstiges	
01.15.09.040 Z	Vorrausbohrungen 7.050 m (Eventualposition)				
1)An- und Abtransport					
Bohreinheit mit 2 Tiefflader (groß)					
Zeitaufwand: Aufladen, Abladen und Transport					
	5 h ⇒ 5h x 120 €/h (Sub) x 2 (An-Ab) x 2 / 7050 m				0,34 €/m
Helfer für 2h					
	2 h x 1Std/h x 2 (An-Ab) x 2 / 7050 m	0,0011			
2)Umstellen des Bohreinheit					
Zeitaufwand: Aufladen, Abladen und Transport (2 Tiefflader)					
	4 h ⇒ 4h x 120 €/h (Sub) x 2 (An-Ab) x 2 / 7050 m				0,27 €/m
3)Vorhalten der Bohreinheit für 7,47 Mo					
	⇒ aus K6E (Lo 16.410,90 €/Mo, So 55.835,40 €/Mo)				
	⇒ 16.410,90 €/Mo x 7,47 Mo / 7.050 m		17,40 €/m		
	⇒ 55.835,40 €/Mo x 7,47 Mo / 7.050 m				59,19 €/m
4)Betriebsstoffe/Verschleißteile Bohreinheit					
	⇒ durchschn. Leistungsansatz = 1h/Bohrung = ca. 17 m/h				
	⇒ Betriebsstoffe 194,17 €/h (K6E) / 17m/h =				11,42 €/m
	⇒ Verschleißteile 2,50 €/h (K6E) / 17m/h =				0,15 €/m
5)Bedienpersonal					
	Geräteleiter Bohreinheit inkl. Wartung = 1,1 Std/h / 17m/h	0,0647			
	Helfer Bohreinheit= 1,0 Std/h / 17m/h	0,0588			
		0,125	17,40 €/m		71,38 €/m
Mittelohnkosten: 37,50 €/Std					
	37,5 €/Std x 0,125 Std/m		4,67 €/m		
			22,07 €/m		71,38 €/m
Gesamtzuschlag 10 %					
			2,21 €/m		7,14 €/m
			24,28 €/m		78,51 €/m
			Lo: 24,28 €/m		
			So: 78,51 €/m		
			EP: 102,79 €/m		
	7.050 m		PP: 724.689,32 €		

A.2.3 probabilistische Kalkulation mit StifOs – Berechnungstabellen

1. Baustelleneinrichtung/-räumung							
Lfd. Nr.	Berechnungsparameter	Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung	
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Kosten Unterkünfte/Container	K _{U,C}	€	1.492,88	1.658,75	1.824,63	1.658,75
2	Kosten Anschlussgebühren	K _{AG}	€	2.065,50	2.295,00	2.524,50	2.295,00
3	Kosten An-/Abtransport der Geräte	K _{Gerät,T}	€	4.171,50	4.635,00	5.098,50	4.635,00
4	Kosten Umstellen der Geräte	K _{Gerät,U}	€	2.065,50	2.295,00	2.524,50	2.295,00
5	Kosten An-/Abtransport der Bohreinheit	K _{Bohr,T}	€	2.430,00	2.700,00	2.970,00	2.700,00
6	Kosten Umstellen der Bohreinheit	K _{Bohr,U}	€	1.728,00	1.920,00	2.112,00	1.920,00
7	Kosten Baustelleneinrichtung/-räumung	K_{BEIBR}	€				15.503,75
8	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	10,00	-	10,00
9	Preis Baustelleneinrichtung/-räumung	P_{BEIBR}	€				17.054,13

2. Baustellengemeinkosten							
Lfd. Nr.	Berechnungsparameter	Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung	
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Kosten – Abrechnungstechniker pro Monat	K _{AT,Mo}	€/Mo	-	3.500,00	-	3.500,00
2	Baustellengemeinkosten pro Monat	K_{BGK,Mo}	€/Mo				3.500,00
3	Bauzeit	BZ _{SW}	Mo				7,47
4	Baustellengemeinkosten	K_{BGK}	€				26.159,06
5	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	0,00	-	0,00
6	Preis Baustellengemeinkosten	P_{BGK}	€				26.159,06

3. Geräte							
Lfd. Nr.	Berechnungsparameter	Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung	
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Kosten pro Monat – Vorhalten der Rütteleinheit	K _{Rüttel,Vo,Mo}	€/Mo	-	40.594,45	-	40.594,45
2	Kosten pro Monat – Vorhalten Bagger klein	K _{kl.Bagger,Vo,Mo}	€/Mo	-	1.448,75	-	1.448,75
3	Kosten pro Monat – Vorhalten Mischanlage	K _{Misch,Vo,Mo}	€/Mo	-	2.561,60	-	2.561,60
4	Kosten pro Monat – Vorhalten Verpresseinheit	K _{Verp,Vo,Mo}	€/Mo	-	1.611,20	-	1.611,20
5	Kosten pro Monat – Vorhalten der Bohreinheit	K _{Bohr,Vo,Mo}	€/Mo	-	41.475,83	-	41.475,83
6	Bauzeit	BZ _{SW}	Mo				7,47
7	Kosten pro Monat – Vorhalten Bagger groß	K _{gr.Bagger,Vo,Mo}	€/Mo	-	2.584,68	-	2.584,68
8	Bauzeit Arbeitsplanum	BZ _{AP}	Mo	2,01	2,23	2,46	2,23
9	Kosten Geräte	K_{Gerät,Vo}	€				661.185,55
10	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	0,00	-	0,00
11	Preis Geräte	P_{Gerät,Vo}	€				661.185,55

4. Personal							
Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Personalkosten Schmalwandarbeiten pro Stunde	$k_{\text{Personal,SW,h}}$	€/h	-	195,00	-	195,00
2	stündliche Schmalwandleistung	$L_{\text{SW,h}}$	m ² /h	30,00	40,00	50,00	40,00
3	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ²	45.522,00	50.580,00	55.638,00	50.580,00
4	stündlicher Zeitaufwand pro Anschluss	Z_{An}	h/Stk	1,50	2,00	2,50	2,00
5	Anzahl Anschlüsse	A_{Stk}	Stk	3,00	4,00	5,00	4,00
6	Personalkosten Bohreinheit je Stunde	$k_{\text{Personal,Bohr,h}}$	€/h	-	78,75	-	78,75
7	stündliche Leistung Bohreinheit	$L_{\text{Bohr,h}}$	lfm/h	15,00	17,00	19,00	17,00
8	Menge – Vorrasbohrungen	m_{Bohr}	lfm	5.992,50	7.050,00	8.107,50	7.050,00
9	Personalkosten Arbeitsplanum je Stunde	$k_{\text{Personal,AP,h}}$	€/h	-	78,75	-	78,75
10	stündliche Leistung Bagger, Arbeitsplanum	$L_{\text{Bagger,AP}}$	m ³ /h	9,00	10,00	11,00	10,00
11	Menge – Erdmaterial Arbeitsplanum	m_{AP}	m ³	3.483,00	3.870,00	4.257,00	3.870,00
12	Kosten Personal	K_{Personal}	€				311.271,84
13	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	0,00	-	0,00
14	Preis Personal	P_{Personal}	€				311.271,84

5. Leistung							
Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Kosten Verschleißteile Rüttleinheit pro Stunde	$k_{\text{Rüttel,VT}}$	€/h	461,31	512,56	563,82	512,56
2	Kosten Betriebsstoffe Rüttleinheit pro Stunde	$k_{\text{Rüttel,BS}}$	€/h	5,94	6,60	7,26	6,60
3	Kosten Verschleißteile Bagger klein pro Stunde	$k_{\text{kl,Bagger,VT}}$	€/h	17,70	19,67	21,63	19,67
4	Kosten Betriebsstoffe Bagger klein pro Stunde	$k_{\text{kl,Bagger,BS}}$	€/h	4,28	4,75	5,23	4,75
5	stündliche Schmalwandleistung	$L_{\text{SW,h}}$	m ² /h	30,00	40,00	50,00	40,00
6	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ²	45.522,00	50.580,00	55.638,00	50.580,00
7	stündlicher Zeitaufwand pro Anschluss	Z_{An}	h/Stk	1,50	2,00	2,50	2,00
8	Anzahl Anschlüsse	A_{Stk}	Stk	3,00	4,00	5,00	4,00
9	Kosten Verschleißteile Bagger groß pro Stunde	$k_{\text{gr,Bagger,VT}}$	€/h	35,40	39,33	43,27	39,33
10	Kosten Betriebsstoffe Bagger groß pro Stunde	$k_{\text{gr,Bagger,BS}}$	€/h	4,28	4,75	5,23	4,75
11	stündliche Leistung Bagger, Arbeitsplanum	$L_{\text{Bagger,AP}}$	m ³ /h	9,00	10,00	11,00	10,00
12	Menge – Erdmaterial Arbeitsplanum	m_{AP}	m ³	3.483,00	3.870,00	4.257,00	3.870,00
13	Kosten Verschleißteile Bohreinheit pro Stunde	$k_{\text{Bohr,VT}}$	€/h	461,31	512,56	563,82	512,56
14	Kosten Betriebsstoffe Bohreinheit pro Stunde	$k_{\text{Bohr,BS}}$	€/h	5,94	6,60	7,26	6,60
15	stündliche Leistung Bohreinheit	$L_{\text{Bohr,h}}$	lfm/h	15,00	17,00	19,00	17,00
16	Menge – Vorrasbohrungen	m_{Bohr}	lfm	5.992,50	7.050,00	8.107,50	7.050,00
17	Kosten Leistung	K_{Leistung}	€				924.064,35
18	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	10,00	-	10,00
19	Preis Leistung	P_{Leistung}	€				1.016.470,79

6. Material							
Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Kosten Wasser	k_{Wasser}	€/m ³	-	3,50	-	3,50
2	Wasserverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Wasser}	m ³ /m ³	0,59	0,66	0,73	0,66
3	Kosten Zement inkl. Transport	k_{Zement}	€/t	-	129,50	-	129,50
4	Zementverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Zement}	t/m ³	0,15	0,17	0,19	0,17
5	Kosten Aktiv-Bentonit inkl. Transport	k_{Bentonit}	€/t	-	450,00	-	450,00
6	Bentonitverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Bentonit}	t/m ³	0,03	0,04	0,04	0,04
7	Kosten Kalksteinmehl inkl. Transport	k_{Kalk}	€/t	-	58,00	-	58,00
8	Kalksteinmehlverbrauch pro m ³ Schmalwandsuspension	m_{Kalk}	t/m ³	0,66	0,73	0,80	0,73
9	Materialkosten pro m³ Schmalwandsuspension	$k_{\text{Material,SWS}}$	€/m³				82,42
10	Suspensionsverbrauch pro m ² Schmalwand	$V_{\text{Suspension}}$	m ³ /m ²	0,18	0,20	0,22	0,20
11	Materialkosten pro m² Schmalwand	$k_{\text{Material,SW}}$	€/m²				16,48
12	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ²	45.522,00	50.580,00	55.638,00	50.580,00
13	Menge – m ² pro Schmalwandwandanschluss	m_{An}	m ² /Stk	48,96	54,40	59,84	54,40
14	Anzahl Anschlüsse	A_{Stk}	Stk	3,00	4,00	5,00	4,00
15	Menge – m ² Schmalwand, Gesamt	$m_{\text{SW-G}}$	m ²	45.668,88	50.797,60	55.937,20	50.801,23
16	Materialkosten	$K_{\text{Material,SW}}$	€				837.356,62
17	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	10,00	-	10,00
18	Materialpreis	P_{Material}	€				921.092,28

7. Sonderleistungen							
Lfd. Nr.	Berechnungsparameter		Einheit	MIN	ERW	MAX	Verteilung
0	A	B	C	D	E	F	G
1	Leistung Mischanlage, Pumpe, Rührwerk	$L_{\text{Misch,Pu,Rühr}}$	kW	50,40	56,00	61,60	56,00
2	Kosten Energie pro kWh	$k_{\text{Energie,kWh}}$	€/kWh	0,18	0,20	0,22	0,20
3	stündliche Schmalwandleistung	$L_{\text{SW,h}}$	m ² /h	30,00	40,00	50,00	40,00
4	Menge – m ² Schmalwand	m_{SW}	m ²	45.522,00	50.580,00	55.638,00	50.580,00
5	stündlicher Zeitaufwand pro Anschluss	ZA_{An}	h/Stk	1,50	2,00	2,50	2,00
6	Anzahl Anschlüsse	A_{Stk}	Stk	3,00	4,00	5,00	4,00
7	Kosten für Laborprüfungen	K_{LP}	€	-	9.500,00	-	9.500,00
8	Kosten Sonderleistungen	K_{sonder}	€				23.752,00
9	Gesamtzuschlag	GZ	%	-	10,00	-	10,00
10	Preis Sonderleistungen	P_{sonder}	€				26.127,20

Literaturverzeichnis

<https://www.mathebibel.de/varianz>. Datum des Zugriffs: 07. Jänner 2019.

<https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/85/median>. Datum des Zugriffs: 10. Oktober 2018.

<https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/80/lageparameter>. Datum des Zugriffs: 10. Oktober 2018.

<http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/kalkulationsverfahren/kalkulationsverfahren.htm>. Datum des Zugriffs: 8. August 2018.

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/4359/kalkulation-v8.html>. Datum des Zugriffs: 5. August 2018.

<http://www.kellergrundbau.at/de/baugrunderkundung.asp>. Datum des Zugriffs: 14. September 2018.

<http://www.bentonit.de/anwendungen/abdichtung/herstellung-einer-abdichtung-mit-aktivbentonit.php>. Datum des Zugriffs: 29. August 2018.

<https://www.haeny.at/misch-und-injektionstechnik/anwendungen>. Datum des Zugriffs: 30. August 2018.

<https://www.ifmu.de/baugrund/erkundung/sondierungen>. Datum des Zugriffs: 13. September 2018.

www.google.maps.at. Datum des Zugriffs: 20. September 2018.

BLECKENWEGNER, K.: Eindämmung spekulativer Preisbildung durch die Anwendung zeitgebundener und leistungsbezogener Vergütung (STILFOS) mit geringer Sensitivität. Diplomarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2003.

BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: BGBl. I-65. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabe-gesetz 2018 – BVergG 2018.

BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH: Schwellenwerteverordnung 2012.

BUNDESINNUNG BAU: Leitlinie für die Vergabe von Ingenieurleistungen. https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/Vergabeleitlinie_Ingenieurleistungen_2014_FINAL.pdf. Datum des Zugriffs: 07. Jänner 2019.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: DIN 1961:VOB/B - Allgemeine Vertragsbedingungen für Bauleistungen . Berlin. Deutsches Institut für Normung, 2016.

ENERGIE STEIERMARK AG: Wasserkraftwerke Gössendorf und Kalsdorf – fachübergreifender Maßnahmenkatalog. <https://www.e-steiermark.com>. Datum des Zugriffs: 20. September 2018.

GAREIS, R.; HALPIN, W. D.: Planung und Kontrolle von Bauproduktionsprozessen. Berlin. Springer-Verlag, 1976.

GESCHÄFTSSTELLE BAU DER WKÖ: ÖBGL Baugeräteliste 2015. Gütersloh. Bauverlag BV GmbH, 2015.

GIRMSCHEID, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumachinen und Bauprozesse. Berlin. Springer-Verlag, 2010.

HARRER SCHNEIDER RECHTSANWÄLTE GMBH: Vergaberecht. Vorlesungsfolien. Graz. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz, 2017.

HOFSTADLER, C.: Grundlagen – Bauablaufplanung und Logistik. Vorlesungsfolien. Graz. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz, 2017.

HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Berlin. Springer-Verlag, 2007.

HOFSTADLER, C.: Schularbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. Berlin. Springer-Verlag, 2008.

HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb – Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. Berlin. Springer-Verlag, 2014.

HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Berlin. Springer-Verlag, 2017.

HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Grundlagen der Monte-Carlo-Simulation – Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Vorlesungsfolien. Graz. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz, 2017.

HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Anwendung von Monte-Carlo-Simulationen – Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Vorlesungsfolien. Graz. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz, 2017.

HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr. Ing. Christoph Motzko. In: Das Dilemma der Preisbildung im Spiegelbild des Chancen- und Risikoverhältnisses. Hrsg.: FENNER, J.: Darmstadt. Technische Universität Darmstadt, 2017.

IMPLENIA: Schlitz-, Dicht- und Schmalwände. <https://spezialtiefbau.implenia.com>. Datum des Zugriffs: 4. September 2018.

KOCHENDÖRFER, B.; LIEBCHEN, J. H.; VIERING, M. G.: Bau-Projekt-Management 4.Auflage. Berlin. Vieweg+Teubner-Verlag, 2010.

KUMMER, M.: Aggregierte Berücksichtigung von Produktivitätsverlusten bei der Ermittlung von Baukosten und Bauzeiten – Deterministische und

probabilistische Betrachtung. Dissertation. Graz. Technische Universität Graz, 2015.

LIEBHERR: Spezialtiefbau – Kompendium Verfahrenstechnik und Geräteauswahl. Nenzing. Ernst und Sohn-Verlag, 2008.

LIEBHERR: Technische Daten Ramm- und Bohrgerät LRB 255. www.liebherr.com. Datum des Zugriffs: 30. August 2018.

ÖBV: Richtlinie – Schmalwände. Richtlinie. Wien. Österreichische Bautechnik Vereinigung, 2017.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4419:2006 – Geotechnik – Besondere Rammsondierverfahren. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2006.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 4452:1998 – Erd- und Grundbau – Dichwände im Untergrund. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 1998.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM EN ISO 22476-1:2013 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchung – Teil 1: Drucksondierung mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2013.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM EN ISO 22476-2:2012 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchung – Teil 2: Rammsondierungen. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2012.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 2110:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2013.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM A 2050:2006 – Vergabe von Aufträgen über Leistungen. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2006.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 2061:1999 – Preisermittlung für Bauleistungen. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 1999.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGINSTITUT: ÖNORM B 2118:2013 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2006.

RACKY, P.; NATALIE, S.: Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr. Ing. Christoph Motzko. In: Anreizorientierte Vergütungsmodelle für Bauleistungen - Ergebnisse einer diesbezüglichen empirischen Studie zu Relevanz und Forschungsbedarf. Hrsg.: FENNER, J.: Darmstadt. Technische Universität Darmstadt, 2017.

SAKAL, M. W.: Project Alliancing: A Relational Contracting Mechanism for Dynamic Projects. <https://www.leanconstruction.org>. Datum des Zugriffs: 20. August 2018.

SCHLABACH, C.: Untersuchung zum Transfer der australischen Projektabwicklungsform Project Alliancing auf den deutschen Hochbaumarkt. Dissertation. Kassel. Universität Kassel, 2013.

SCHROLL W., K. H.: Schmalwandherstellung und Einsatz der Rammsonde SRS 200. In: Baumaschinen und Bautechnik, 05/1981.

STADLER, G.: Ansatz für eine flexible Leistungsvergütung bei Verträgen zur Herstellung von unvollkommen beschriebener Leistung . Graz. Technische Universität Graz, 2009.

STADLER, G.; REINSICH, A.: Kalkulatorische Vergütung von zeit- und leistungsbezogenen Vergütungselementen für Bauleistungen. In: Wirtschaftsingenieur, 41/1998.

STAHL-BAU-HANDEL: Gewicht HEB-Reihe. www.stahl-bau-handel.de. Datum des Zugriffs: 12. September 2018.

STURM, M.: Studien zu zeitgebundenen und leistungsbezogenen Vergütungen von Bauleistungen (STILFOS). Diplomarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2003.

TRIANAFYLLIDIS, T.: Planung und Bauausführung im Spezialtiefbau – Teil 1: Schlitzwand- und Dichtwandtechnik. Berlin. Ernst und Sohn-Verlag, 2004.

WERKL, M.: Analyse von Vertrags- und Vergütungsmodellen im Spezialtiefbau unter besonderer Berücksichtigung der zeit- und leistungsbezogenen Vergütung (StilfOs) am Beispiel von Injektionen. Diplomarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2004.

WERKL, M.: Zur Bewältigung des Unvollkommenen - ein Ansatz mit zeit- und leistungsbezogener Vergütung. In: Bauaktuell, 05/2010.

WITT, K. J.: Grundbau Taschenbuch. Berlin. Ernst und Sohn-Verlag, 2009.