

MASTERARBEIT



BAUWIRTSCHAFTLICHE ANALYSE WESENTLICHER BAUVERFAHREN BEI GENERALSANIERUNGEN IM VERKEHRSWEGEBAU

Dipl.-Ing. Christian Assinger

Mat.Nr. 0630560

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Projektentwicklung und Projektmanagement

Betreuer
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck

Mitbetreuender Assistent
Dipl.-Ing. Dr. BM Dieter Schlagbauer

Graz am 09.Jänner 2013

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 09.Jänner 2013



Christian Assinger

STATUARY 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, 9th January 2013



Christian Assinger


Danksagung

Besonderer Dank gebührt Herrn Dipl.-Ing. Werner Holzfeind, Bereichsleiter der Firma Kostmann, der das Thema dieser Arbeit vorgeschlagen und dank aufschluss- sowie hilfreichen Besprechungen, einen wesentlichen Anteil am Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat. Außerdem möchte ich mich herzlich beim Bauleitungsteam der Firma Kostmann für die ständige Unterstützung mit Rat und Tat während der Baustellenbeobachtungen sowie während der Erstellung meiner Masterarbeit bedanken.

Des Weiteren bedanke ich mich bei meinem Betreuer und Begutachter Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck, der das vorgebrachte Thema akzeptiert und eine Unterstützung seitens des Instituts zugesichert hat bzw. die rasche Abhandlung der Arbeit ermöglichte. Dank Herrn Dipl.-Ing. Dr. BM Dieter Schlagbauer war eine ständige Begleitung während der Masterarbeit gegeben. Er stand mir bei Fragen immer zur Verfügung und gab hilfreiche Anregungen bei der Auswertung der Daten. An dieser Stelle möchte ich mich auch bei den Bachelor- und MasterstudentInnen bedanken, die mich bei der Datenerhebung tatkräftig unterstützten.

Abschließend möchte ich meiner Frau Julia für ihre Geduld und aufbauenden Worte, sowie meiner Familie danken, die mich, trotz abgeschlossenem Masterstudium, bei meinem Vorhaben zum zweiten Abschluss weiterhin unterstützten.

Graz, am 07.01.2013



Christian Assinger

Kurzfassung

Die Instandsetzungsarbeiten bilden jährlich einen wesentlichen Anteil der Bauvorhaben im Bauprogramm des hochrangigen Straßennetzbetreibers ASFINAG, um ständig die Anforderungen an die Verkehrssicherheit und den Fahrkomfort sicher zu stellen. Aus diesem Grund stellen Sanierungstätigkeiten insbesondere in der Zukunft eine große Herausforderung für die ausführenden Firmen dar. In dieser Masterarbeit werden am Beispiel der Generalsanierung des Autobahnabschnittes A9 zwischen Lebring und Leibnitz, in Kooperation mit der Firma Kostmann, wesentliche Bauverfahren im Verkehrswegebau dargestellt, die auch in zukünftigen Projekten zu erwarten sind. Des Weiteren erfolgt eine bauwirtschaftliche Analyse des Betondeckenabtrags, der Stabilisierung der oberen Tragschicht, der Herstellung des bituminösen Aufbaus und der Sanierungstätigkeiten an Brückenobjekten. Dazu werden grundlegende Vertragsbestimmungen sowie in den Unterkapiteln „Baubetriebliche Verfahrensanalyse“ generelle Bauverfahrensabläufe aus Literaturrecherchen erarbeitet und mit Erkenntnissen aus den Feldbeobachtungen erweitert. Anhand von empirischen Zeiterfassungen werden bauwirtschaftliche Kennwerte, wie Leistungs- oder Aufwandswerte, statistisch für zukünftige Projekte errechnet und störende Einflüsse auf den Bauverfahrensablauf analysiert. Mit den tatsächlich entstandenen Kosten bzw. den erreichten Kennwerten erfolgt im Rahmen einer technischen Nachkalkulation eine Gegenüberstellung mit den Ansätzen der Urkalkulation.

Abstract

Annually remediation of highways yields a substantial portion of construction projects. The reason for this is to provide the required level of traffic safety and driving comfort. Therefore remediation activities will be a great challenge and opportunity for the companies in the future. This thesis shows significant construction methods in infrastructure projects. The renewal of the A9 highway section between Lebring and Leibnitz is analyzed in cooperation with the construction company "Kostmann". Specific analyses were performed for the concrete roadway demolitions, the stabilization of the base course, the production of asphalt and remedial actions on bridges. Analyses include basic contract terms and general construction administration processes developed from literature and extended with insights from the field observations. With empirical time evaluation additional parameters, such as performance or effort characteristic values, are calculated for future projects. Equally, disturbing influences are analyzed for the construction administration process. Achieved costs and characteristic values were compared in a recalculation with the values of the original calculation.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Veranlassung und Zielsetzung der Arbeit.....	1
1.2	Vorgehensweise	2
2	Grundlagen	5
2.1	Beschreibung der Baustelle	5
2.2	Grundlagen der Kalkulation	8
2.2.1	Vorkalkulation	8
2.2.2	Nachkalkulation	9
2.3	Produktivität.....	10
2.3.1	Leistungswert	11
2.3.2	Aufwandswert	11
2.4	Statistische Kennwerte	12
2.4.1	Kennwerte der statistischen Datenauswertung	12
2.4.2	Stichprobenuntersuchung	13
3	Betondeckenabtrag	16
3.1	Theoretische Grundlagen	16
3.1.1	Bauverfahren	16
3.1.2	Vertragliche und rechtliche Grundlagen	17
3.3	Baubetriebliche Verfahrensanalyse.....	21
3.3.1	Entspannen	21
3.3.2	Abtrag und Laden	24
3.3.3	Verfuhr	31
3.3.4	Aufbereitung	33
3.3.5	Alternative Verfahren	38
3.4	Auswertung und Datenanalyse	41
3.4.1	Eingesetzte Geräte	42
3.4.2	Ergebnisse und Interpretation	42
3.5	Nachkalkulation	57
3.5.1	Entspannen	57
3.5.2	Abtrag und Laden der Betondecke.....	58
3.5.3	Verfuhr	59
3.5.4	Aufbereitung	60
3.6	Fazit	61
4	Hydraulisch gebundene Tragschicht	64
4.1	Theoretische Grundlagen	64
4.1.1	Änderungen des ursprünglich geplanten Verfahrens.....	64
4.1.2	Bauverfahren	65
4.1.3	Vertragliche und rechtliche Grundlagen	66
4.2	Baubetriebliche Verfahrensanalyse.....	73
4.2.1	Homogenisierungsfräsen	73
4.2.2	Zusatzmaterial liefern und einbauen	80
4.2.3	Zementstabilisierung.....	82
4.2.4	Einflussfaktoren	88
4.2.5	Alternative Verfahren	89
4.3	Auswertung und Datenanalyse	91
4.3.1	Eingesetzte Geräte	92
4.3.2	Ergebnisse und Interpretation	92

4.4	Nachkalkulation	98
4.4.1	Homogenisierungsfräsen	98
4.4.2	Zusatzmaterial RB I 0/45	99
4.4.3	Zementstabilisierte Tragschicht	100
4.4.4	Abstreuen Verdunstungsschutz	101
4.5	Fazit	102
5	Einbau von bituminösen Schichten	104
5.1	Theoretische Grundlagen	104
5.1.1	Bauverfahren	104
5.1.3	Vertragliche und rechtliche Grundlagen	106
5.1.4	RVS 11.03.21 - Prüfung, Abrechnung, Abnahme	111
5.2	Baubetriebliche Verfahrensablauf	113
5.2.1	Mischgutherstellung	113
5.2.2	Asphaltschichteneinbau	115
5.2.3	Einflussfaktoren	126
5.2.4	Alternative Verfahren	129
5.3	Auswertung und Datenanalyse	131
5.3.1	Eingesetzte Geräte	131
5.3.2	Ergebnisse und Interpretation	131
5.4	Nachkalkulation	139
5.4.1	HD Reinigung	139
5.4.2	Vorspritzen mit polymermodifiziertem Bitumen	139
5.4.3	AC22 Binderschicht 7,0 cm	140
5.4.4	AC22 Binderschicht 6,5 cm	141
5.4.5	SMA11 S3 Deckschicht 3,5 cm	142
5.5	Fazit	143
6	Betonbau	145
6.1	Auswahl der wesentlichen Verfahren	145
6.2	Instandsetzung von schadhafte Beton	147
6.2.1	Theoretische Grundlagen	147
6.2.2	Verfahrensablauf	152
6.2.3	Auswertung und Datenanalyse	161
6.2.4	Nachkalkulation	167
6.2.5	Fazit	170
6.3	Randbalkenerneuerung	172
6.3.1	Theoretische Grundlagen	172
6.3.2	Verfahrensablauf	174
6.3.3	Auswertung und Datenanalyse	177
6.3.4	Nachkalkulation	179
6.3.6	Fazit	183
7	Zusammenfassung	185
7.1	Betondeckenabtrag	185
7.1.1	Ergebnisse	186
7.1.2	Erkenntnisse	186
7.2	Zementstabilisierte Tragschicht	187
7.2.1	Ergebnisse	188
7.2.2	Erkenntnisse	188
7.3	Einbau von bituminösen Schichten	189
7.3.1	Ergebnisse	189
7.3.2	Erkenntnisse	190

7.4	Betonbau – Sanierung von schadhaften Beton	191
7.4.1	Ergebnisse	191
7.4.2	Erkenntnisse.....	192
7.5	Betonbau - Randbalkenerneuerung	192
7.5.1	Ergebnisse	193
7.5.2	Erkenntnisse.....	193
7.6	Nachkalkulation	193
7.7	Ausblick	194
A.1	Objekte und Störstellen	195
A.2	Anhang Betondeckenabtrag	196
A.2.1	Anpassung der Ladeleistung.....	196
A.2.2	Ermittlung der erforderlichen Gerätekette	204
A.2.3	Leistungsermittlung der Transportfahrzeuge	205
A.3	Anhang Betonbau	208
A.3.1	Bereich A der ABC-Analyse.....	208
A.4	Nachkalkulation	209
A.4.1	Betondeckenabtrag - Nachkalkulationen.....	210
A.4.2	Zementstabilisierte Tragschicht - Nachkalkulationen.....	214
A.4.3	Einbau der bituminösen Schichten - Nachkalkulationen	218
A.4.4	Instandsetzung von schadhaften Beton	223
	Literaturverzeichnis	228

Abbildungsverzeichnis

Bild 2.1: Regelquerschnitt der betrachteten Bauphase	6
Bild 2.2: Baustelleneinrichtung Zwischenlagerplatz	6
Bild 2.3: Übersichtsplan der Generalsanierung Lebring - Leibnitz (modifiziert).....	7
Bild 2.4: Kalkulationsphasen bei öffentlichen Aufträgen (modifiziert).....	8
Bild 2.5: Boxplot	13
Bild 3.1: Arbeitsschritte des Betondeckenabtrags.....	17
Bild 3.2: Arbeitsprinzip Betonzertrümmerer	21
Bild 3.3: Fallbeil.....	22
Bild 3.4: Schematische Skizze der Klopflwege	22
Bild 3.5: Betonzerstörer (links mit Seilzug; rechts mit Hubkolben)	23
Bild 3.6: Vorgänge bei Abtrag und Ladetätigkeiten	25
Bild 3.7: Herkömmlicher und modifizierter Reißzahn	25
Bild 3.8: Löffel mit verlängerter Schneide	26
Bild 3.9: Abstand zwischen Lade- und Reißbagger	27
Bild 3.10: Schneiden der herausragenden Anker.....	28
Bild 3.11: Reißen bei eingeschränkter Höhe.....	29
Bild 3.12: Abbruch der Autobahnabfahrt Leibnitz.....	30
Bild 3.13: Rampenherstellung und Entladung an Abwurfkante	32
Bild 3.14: Funktionsschema einer zweistufigen Aufbereitungsanlage.....	34
Bild 3.15: Zweistufige Aufbereitung (Abbildung modifiziert)	35
Bild 3.16: Aufbereitungseinheit	37
Bild 3.17:Krafteinleitung der Polygonalbandage ³⁵	38
Bild 3.18: Betonplatten schneiden.....	39
Bild 3.19: Abtrag der Betonfahrbahn auf einer Brücke	39
Bild 3.20: Fräsen einer Betonfahrbahn ³⁹	41
Bild 3.21: Stundenleistungen aus Stichproben– Reißen	44
Bild 3.22: Stundenleistungen aus Stichproben - Laden	45
Bild 3.23: Stundenleistungswerte aus Stichproben bei der Abtragstätigkeit	46
Bild 3.24: Instationärer Zustand im Wartebetrieb - Kreisverkehr.....	47
Bild 3.25: Zykluszeiten der Beobachtungen.....	47
Bild 3.26: Zykluszeit in Abhängigkeit vom Weg.....	48
Bild 3.27: Geschwindigkeiten auf Betonstraße und Anteile Altasphalt	49
Bild 3.28: Veränderung der Geschwindigkeit	50
Bild 3.29: Dauer der Be- und Entladezeiten.....	50
Bild 3.30: Anteile der Umlaufzeit	52
Bild 3.31: Abschätzung der Anzahl der Transportgeräte nach Streckenabschnitt	54
Bild 4.1: Verfahren gemäß Ausschreibung	64
Bild 4.2: Verfahren nach Ausführungsvorschlag des Auftragnehmers	65

Bild 4.3: Arbeitsschritte zur Herstellung einer hydraulisch stabilisierten Tragschicht.....	65
Bild 4.4: Densitometer-Verfahren zur Ermittlung des Verdichtungsgrades	71
Bild 4.5: Korrelationsbildung zwischen E_{v1} -Werten und dem dynamischen Messwert	72
Bild 4.6: Vorgänge beim Homogenisierungsfräsen	74
Bild 4.7: Arbeitsprinzip des Homogenisierungsfräsens	75
Bild 4.8: Auswirkungen von Fehlstellen auf die Ausgabe des Spurplots	78
Bild 4.9: Anzeigedisplay in der Fahrerkabine (Flächenplot)	78
Bild 4.10: Fräsarbeiten im Bereich der Ausfahrt.....	79
Bild 4.11: Vorgänge zur Lieferung und Einbau des Zusatzmaterials.....	80
Bild 4.12: Einweisen des LKWs beim Vorlagern des Zusatzmaterials	81
Bild 4.13: Feinplanieren des Zusatzmaterials mit 3D-gesteuerter Grader.....	82
Bild 4.14: Vorgänge bei der Tragschichtstabilisierung mit Zement	83
Bild 4.15: Zementstreuwagen	84
Bild 4.16: Prinzip der Bodenstabilisierungsfräse	85
Bild 4.17: STZ-Fräse mit Erdbauwalzenzug.....	86
Bild 4.18: Verdunstungsschutz aufbringen und abstreuen	87
Bild 4.19: Anwendung der Kalkarten je nach Bodenart ⁶³	90
Bild 4.20: Tagesleistungen Homogenisierungsfräsen	93
Bild 4.21: Tagesleistungen der STZ-Fräse	96
Bild 5.1: Arbeitsschritte zur Herstellung der bituminösen Schichten	105
Bild 5.2: Bauteile einer Asphaltmischanlage	113
Bild 5.3: Asphaltmischanlage Weitendorf.....	115
Bild 5.4: Vorgänge beim Einbau von bituminösen Schichten.....	116
Bild 5.5: Ausbildung einer Quernaht	117
Bild 5.6: Übersicht der Mischguttransportlängen.....	119
Bild 5.7: Bauteile des Einbaufertigers	121
Bild 5.8: Verdichtungsbohle	122
Bild 5.9: Beschickung des Großfertigers.....	123
Bild 5.10: Walzen zur Herstellung der Deckschicht.....	124
Bild 5.11: In-Line Pave Einbauzug ⁸⁶	130
Bild 5.12: Funktionsprinzip eines Beschickers	130
Bild 5.13: Leistungsansätze für reinen Asphalteinbau mit Fertiger	132
Bild 5.14: Leistungsansätze des Asphalteinbaus je nach Tätigkeit.....	133
Bild 5.15: Vorgangsdauern bei der Be- und Entladung von Asphalt	135
Bild 5.16: Ansatz für die Transportgeschwindigkeiten aus den Beobachtungen	136
Bild 5.17: Vergleich der Umlaufzeiten zur Urkalkulation	137
Bild 5.18: Umlaufzeiten der Mischguttransporte (mit Herstellung von Aus- und Auffahrten).....	138
Bild 6.1: ABC-Analyse der Betonbauarbeiten	146

Bild 6.2: Maßnahmen bei Sanierung von schadhafte Beton (modifiziert).....	148
Bild 6.3: Abrechnungsgrundlage für den Betonabtrag bei vorhandenen Schadstellen.....	149
Bild 6.4: Freilegen der Bewehrung.....	154
Bild 6.5: Freistimmen um die Bewehrung	154
Bild 6.6: Reinigen der Bewehrung mit festen Strahlmittel	156
Bild 6.7: Vorsatzschale für fließfähigen Instandsetzungsmörtel	159
Bild 6.8: Aufwandswerte für die Instandsetzung (Untersicht) ohne Profilierung	163
Bild 6.9: Aufwandswerte für die Instandsetzung (Untersicht) mit Profilierung	164
Bild 6.10: Aufwandswerte für die Instandsetzung von schadhafte Beton	165
Bild 6.11: mittlere Aufwandswerte für Vorarbeiten von Instandsetzungen	166
Bild 6.12: Auftragen von Instandsetzungsmörtel an der Untersicht in Bezug auf Referenzflächen	166
Bild 6.13: Verfahrensablauf Randbalkenerneuerung	172
Bild 6.14: Abbrechen Randbalken im Nacheinsatz	174
Bild 6.15: Gesimsbühne (System Doka)	175
Bild 6.16: Ausbildung des Schutzgerüsts mit dichtem Boden	176
Bild 6.17: Betonieren des Randbalkens	177
Bild Anhang 1: Spielzeitermittlung in Abhängigkeit von Löffelinhalt und Bodenklasse	197

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Sicherheitsfaktor gemäß der Eintrittswahrscheinlichkeit	14
Tabelle 3.1: Mengenschwelle der verschiedenen Stoffgruppen ²¹	20
Tabelle 3.2: Technische Daten von Betonzerstörern ¹¹	23
Tabelle 3.3: Vergleich der Prall- und Backenbrecher (abgeänderte Tabelle)	36
Tabelle 3.4: Geräteeinsatz beim Abtrag der Betonfahrbahn	42
Tabelle 3.5: Tätigkeiten Betonzertrümmern	43
Tabelle 3.6: Ermittlung der mittleren Wartezeit	52
Tabelle 3.7: Fuhrenliste	53
Tabelle 3.8: Fahrstreckenaufteilung der Verfuhr	54
Tabelle 3.9: Leistungsansätze Aufbereitung	56
Tabelle 3.10: Leistungsermittlung beim Abtrag von Überfahrten des öffentlichen Verkehrs	57
Tabelle 3.11: Nachkalkulation Entspannen	58
Tabelle 3.12:Gegenüberstellung der Ergebnisse	58
Tabelle 3.13: Nachkalkulation Abtrag und Laden.....	59
Tabelle 3.14: Nachkalkulation Verfuhr Betondecke	60
Tabelle 3.15: Nachkalkulation der Aufbereitung	61
Tabelle 3.16: Kostenübersicht Betondeckenabtrag.....	63
Tabelle 4.1: Geräte zur Herstellung einer hydraulisch gebundenen Tragschicht	92
Tabelle 4.2: Leistungsansatz Grader - Planieren des Fräsguts	94
Tabelle 4.3: Leistungsansatz Grader - Einbau des Zusatzmaterials	94
Tabelle 4.4: Leistungsansatz - FDVK Walzen.....	95
Tabelle 4.5: Leistungsansatz Gummiradwalze - Verdichtung des Zusatzmaterials ..	95
Tabelle 4.6: STZ-Leistungsansätze laut Beobachtungen.....	96
Tabelle 4.7: STZ Geräte -Leistungsansätze gemäß Lieferschein	97
Tabelle 4.8: Nachkalkulation Homogenisierungsfräsen	98
Tabelle 4.9: Nachkalkulation Zusatzmaterial	100
Tabelle 4.10: Nachkalkulation ST-Z	101
Tabelle 4.11: Nachkalkulation Abstreuen.....	101
Tabelle 4.12: Kosten zur Herstellung der Zementstabilisierung	103
Tabelle 5.1: Asphaltschichtenaufbau der sanierten Richtungsfahrbahn	104
Tabelle 5.2: Asphaltschichtenaufbau des Mittelstreifens	104
Tabelle 5.3: Anforderungen an die Asphaltarten	111
Tabelle 5.4: Transportstreckenermittlung für den Bindereinbau	120
Tabelle 5.5: Transportstreckenermittlung für den Deckschichteneinbau.....	120
Tabelle 5.6:Eingesetzte Geräte zur Herstellung der bituminösen Schichten	131
Tabelle 5.7: Aufteilung der Umlaufzeiten - Binderschicht.....	136
Tabelle 5.8: Aufteilung der Umlaufzeiten - Deckschicht.....	137
Tabelle 5.9: Nachkalkulation HD-Reinigung	139

Tabelle 5.10: Nachkalkulation Vorspritzen pmB.....	140
Tabelle 5.11: Nachkalkulation AC22binder 7cm	141
Tabelle 5.12: Nachkalkulation AC22binder 6,5cm	142
Tabelle 5.13:Nachkalkulation SMA11 Deckschicht 3,5 cm	142
Tabelle 5.14: Nachkalkulationsergebnisse bei der Herstellung der bituminösen Schichten.....	144
Tabelle 6.1: Gliederung der ABC-Analyse	146
Tabelle 6.2: Einsatzbereiche von Instandsetzungsmörtel und -beton.....	152
Tabelle 6.3: Reinheitsgrade gemäß ÖN EN 12944-4.....	155
Tabelle 6.4: Nachkalkulation Instandsetzungsarbeiten Objekt E29	168
Tabelle 6.5: Nachkalkulation der Instandsetzungsarbeiten Objekt E28	169
Tabelle 6.6: Nachkalkulation der Instandsetzungsarbeiten Objekt E27	170
Tabelle 6.7: Nachkalkulationsergebnisse der Betoninstandsetzung	171
Tabelle 6.8: mittlere Ansätze zur Herstellung eines Randbalkens	178
Tabelle 6.9: Nachkalkulation Randbalkenerneuerung E22a	181
Tabelle 6.10: Nachkalkulation Randbalkenerneuerung E28	182
Tabelle 6.11: Nachkalkulationsergebnisse bei der Randbalkenerneuerung	184
Tabelle 7.1: Baubetriebliche Richtwerte - Betondeckenabtrag	186
Tabelle 7.2: Baubetriebliche Richtwerte - Zementstabilisierung	188
Tabelle 7.3: Baubetriebliche Richtwerte - Asphalteinbau.....	190
Tabelle 7.4: Baubetriebliche Richtwerte – Instandsetzung von schadhafte Beton	191
Tabelle 7.5: Baubetriebliche Richtwerte – Randbalkenerneuerung	193
Tabelle 7.6: Nachkalkulationsergebnisse.....	194
Tabelle Anhang 1: Objekte und Störstellen im Baulos	195
Tabelle Anhang 2: Füllfaktor für Tieflöffel nach Bodenart	198
Tabelle Anhang 3: Lösefaktor in Abhängigkeit von den Bodenklassen.....	199
Tabelle Anhang 4: Bedienungsfaktoren	199
Tabelle Anhang 5: Betriebsfaktoren.....	200
Tabelle Anhang 6: optimale Wandhöhe	200
Tabelle Anhang 7: Abbau- und Grabtieffaktor ¹¹⁸	201
Tabelle Anhang 8: Einflussfaktor des Schwenkwinkels	201
Tabelle Anhang 9: Entleerungseinflussfaktor.....	202
Tabelle Anhang 10: Schneiden- und Zahnzustandsfaktor	202
Tabelle Anhang 11: Gerätezustandsfaktor nach Betriebsstunden	203
Tabelle Anhang 12: Geräteausnutzung in Bezug auf Umweltbedingungen	203
Tabelle Anhang 13: Leistungsermittlung für einen Hydraulikbagger (25 t).....	204
Tabelle Anhang 14:Aufteilung der Transportstrecke	205
Tabelle Anhang 15: Füllfaktor von Transportgeräten	206
Tabelle Anhang 16: Bereich A der ABC-Analyse.....	208
Tabelle Anhang 17: Entspannen - Nachkalkulation	210

Tabelle Anhang 18: Betondecke Abtragen und Laden - Nachkalkulation	211
Tabelle Anhang 19: Verfuhr Betondecke - Nachkalkulation	212
Tabelle Anhang 20: Aufbereiten - Nachkalkulation	213
Tabelle Anhang 21: Homogenisieren - Nachkalkulation	214
Tabelle Anhang 22: Zusatzmaterial Einbau - Nachkalkulation	215
Tabelle Anhang 23: STZ 30cm Herstellung - Nachkalkulation	216
Tabelle Anhang 24: Abstreuen STZ - Nachkalkulation	217
Tabelle Anhang 25: Spezialreinigen Hochdruckwasser - Nachkalkulation.....	218
Tabelle Anhang 26: Vorspritzen pmB - Nachkalkulation	219
Tabelle Anhang 27: AC22 Binder 7cm Einbau - Nachkalkulation	220
Tabelle Anhang 28: AC22binder 6,5cm Einbau - Nachkalkulation.....	221
Tabelle Anhang 29: SMA11 3,5cm Einbau Nachkalkulation	222
Tabelle Anhang 30: Instandsetzung von schadhafte Beton E28 - Nachkalkulation	223
Tabelle Anhang 31: Instandsetzen von schadhafte Beton E27 - Nachkalkulation	224
Tabelle Anhang 32: Instandsetzung von schadhafte Beton E29 - Nachkalkulation	225
Tabelle Anhang 33: Randbalkenerneuerung E22a - Nachkalkulation.....	226
Tabelle Anhang 34: Randbalkenerneuerung E28 - Nachkalkulation.....	227

Abkürzungsverzeichnis

ABM	Autobahnmeisterei
AC	Asphaltbeton
AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
ArbK	Arbeitskalkulation
ASFINAG	Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft
AST	Anschlussstelle einer Autobahn
ATG	Anteilige Großfläche des Bauloses (97 %)
ATK	Anteilige Kleinfläche des Bauloses (3 %)
AW	Aufwandswert
BLE	Baulosende
BMV	Baumischverfahren
CMV	compactometer value (dynamischer Verdichtungswert)
EP	Einheitspreis
EWK	Eintrittswahrscheinlichkeit
FDVK	Flächendeckende, dynamische Verdichtungskontrolle
LB-VI	Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur
LP	Leistungsposition
LW	Leistungswert
ÖN B	Österreichische Norm für Bauwesen
RB/RC	Recycelter Beton
RVS	Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen
SMA	Splittmastixasphalt
ST-Z	Zementstabilisierte Tragschicht
UMLZ	Umlaufzeit
URK	Urkalkulation
W/B	Wasser/Bindemittel-Gehalt
ZGK	Zeitgebundene Kosten

1 Einleitung

Österreichweit beträgt die Gesamtlänge des hochrangigen Straßennetzes 2.178 km. Auf Grund der ständigen Verkehrsbelastung der Straßen findet alle fünf Jahre eine Zustandserfassung der Fahrbahn statt. Dabei werden die Griffigkeit, Risse und Oberflächenschäden festgestellt und bewertet. Die Erhaltungsziele der Verkehrssicherheit, des Fahrkomforts und der Erhaltung der Substanz bestimmen den Ist-Zustand des Straßennetzes. Aus den erfassten Daten werden erforderliche Straßeninstandsetzungsprojekte abgeleitet und bilden einen wesentlichen Anteil an den jährlichen Investitionen des Straßennetzbetreibers.¹

1.1 Veranlassung und Zielsetzung der Arbeit

Um die Anforderung an den Verkehrskomfort und die Verkehrssicherheit am hochrangigen Straßennetz sicher zu stellen, sind jetzt, wie auch in Zukunft, Sanierungsbauprojekte von großer Bedeutung. Im Zuge der Generalsanierung auf dem Autobahnabschnitt zwischen Lebring und Leibnitz der A9 wurden in Kooperation mit der Firma Kostmann typische Bauverfahren bei einem solchen Instandsetzungsprojekt ermittelt.

Das gegenständliche Bauvorhaben umfasst die Fahrbahnsanierung beider Richtungsfahrbahnen. Dabei erfolgen der Abtrag der bestehenden, schadhafte Betonfahrbahn, eine Stabilisierung der oberen ungebundenen Tragschicht und ein Neuaufbau der Fahrbahn mit einer Asphaltkonstruktion. Der Begriff Generalsanierung beinhaltet außerdem die Instandsetzung der im Baufeld bestehenden Brückenobjekte.

Ziel dieser Masterarbeit ist es eine Arbeitsunterlage zu schaffen, die typische, wiederkehrende Bauverfahren detailliert beschreibt und baubetriebliche sowie bauwirtschaftliche Zusammenhänge darstellt. Aus den durchgeführten Analysen der Baustellenbeobachtungen und der Erfassung von kostenrelevanten Einflüssen können das Verständnis für Abweichungen der Ansätze und Erkenntnisse für zukünftige Projekte abgeleitet werden. Durch Beobachtungen der Bauverfahren ist es möglich Aussagen über Leistungsansätze, Aufwandswerte sowie mittlere Zeitansätze zu treffen. Außerdem erfolgt mit den erfassten Daten die Ermittlung der Einheitspreise in der technischen Nachkalkulation, die in der Folge mit den Ansätzen der Urkalkulation verglichen werden.

¹ <http://www.asfinag.at/strassennetz>. Datum des Zugriffs: 12.12.2012 um 20:23 Uhr

1.2 Vorgehensweise

Die ausgewählten Bauverfahren dieser Masterarbeit werden in Kapiteln gegliedert und analysiert. Dabei wird in weiterer Folge der Aufbau der Kapitel und die Vorgehensweise zur Bearbeitung dieser Verfahren beschrieben.

Der theoretische Hintergrund und die wesentlichen Punkte der vertraglichen Bestimmungen stellen mit Hilfe der Baustellenaufnahmen und den Dokumentationen des ausgeführten Bauablaufs eine Verknüpfung zur Praxis her. Es ist anzumerken, dass die Auswahl der Arbeitsgeräte bzw. der Ablauf des Bauverfahrens aufgrund der vorliegenden Baustellenbedingungen zukünftiger Projekte von den beschriebenen Bauverfahren dieser spezifischen Baustellensituation abweichen können.

Die betrachteten Leistungspositionen entstammen der Urkalkulation und entsprechen den Positionen der standardisierten Leistungsbeschreibung für Verkehr und Infrastruktur (LBVI, Version 2, 2010)². Die Leistungspositionsnummern werden zusätzlich mit zwei vertraglich definierten Kennzahlen erweitert. Als Beispiel wird die Leistungsposition Entspannen der Betondecke den Bauarbeiten der Straße zugeordnet und ist mit der folgenden LV-Nummer gekennzeichnet: 02 01 031710A. Dabei steht die erste Zahl „02“ für die Bauarbeiten des Bauvertrags und die Zweite für die Zuordnung zur Straße „01“, Brücke „02“ oder Lärmschutz „03“.

Geräteintensive Bauverfahren sind durch einen hohen Anteil an Maschinen gekennzeichnet und werden mittels Leistungswertansätzen beurteilt. Es erfolgt eine Aufnahme aller vorhandenen Geräte, die am Bauverfahren direkt beteiligt sind und somit verursachungsgerecht einer Leistungsposition zugeordnet werden. Zusätzlich werden bei den Beobachtungen der einzelnen Verfahren leistungsmindernde Einflüsse erörtert und dokumentiert. Auswirkungen von Produktivitätsverlusten können durch gezielte Zeiterfassungen bestimmt und unbeeinflussten Bereichen gegenübergestellt werden. Anschließend werden die Aufzeichnungen in der Bauverfahrensbeschreibung sowie in der Analyse der erhobenen Daten festgehalten.

Lohnintensive Verfahren werden mittels Bautagesberichten und Zeiterfassungen einzelner Tätigkeiten vor Ort erhoben. Diese Verfahren treten insbesondere bei Betonbauarbeiten auf und bestimmen maßgebend den Einheitspreis einer Leistungsposition. Um aussagekräftige Ergebnisse in der Masterarbeit zu erreichen, werden mittels

² ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LB-VI), Version 2. S.

einer ABC-Analyse aus dem Leistungsverzeichnis der Urkalkulation A-Positionen ermittelt, die den größten Kostenanteil an der Auftragssumme besitzen. Aus zusammengehörigen Leistungspositionen ergaben sich zwei wesentliche Bauverfahren, die in dieser Arbeit näher erläutert werden. Daraus abgeleitet werden einzelne Tätigkeitsvorgänge beobachtet und anhand einer Auswertung der aufgenommenen Daten zugeordnete Aufwandswerte ermittelt.

Bei der Auswertung erfolgt eine Prüfung der erfassten Daten auf Vollständigkeit und Richtigkeit, wobei fehlerhafte Datenaufzeichnungen aus der Datenreihe eliminiert werden. Aus einer statistischen Analyse erfolgt in der Folge eine Bestimmung der Aufwandswerte mit einer definierten Eintrittswahrscheinlichkeit.

Zur Analyse wesentlicher Einflussparameter der betrachteten Verfahren ist es erforderlich, aus der Urkalkulation Ansätze heraus zu filtern. Dabei wird das Verfahren mit den zugehörigen Leistungspositionen untersucht. Wesentliche Leistungs- sowie Aufwandswertansätze aus den K7-Blättern dienen anschließend als Basis für den Vergleich der Baustellenauswertungen. Des Weiteren werden aus dieser Arbeitsgrundlage erforderliche Beobachtungen und Aufnahmen der Geräte sowie Arbeitskräfte abgeleitet.

Anhand von Baustellenaufnahmen, Bautagesberichten, Plänen, Aufmaßblättern sowie Lieferscheinen werden Gesamtstunden bzw. Leistungsmengen zusammengefasst und in einer Nachkalkulation der jeweiligen Bauverfahren bzw. Leistungspositionen, den Ansätzen der Urkalkulation monetär gegenübergestellt.

In der Nachkalkulation werden Leistungsmengen der Ausschreibung für zwei Richtungsfahrbahnen angegeben. Die Beobachtungen finden in der Hauptbauzeit statt, in der anteilige Kleinflächen (ATK) im Ausmaß von 3 % der Ausschreibungsmenge, schon hergestellt sind. Im Rahmen der Masterarbeit werden demnach Tätigkeiten der anteiligen Großfläche (ATG=97%) beobachtet. Innerhalb des Beobachtungszeitraums wird eine Richtungsfahrbahn erneuert, was einer Ausführungsmenge von ca. 50 % der anteiligen Großfläche entspricht. Aufgrund dessen werden ebenso als Vergleichsbasis die Einheitspreise auf den betrachteten Großflächenanteil angepasst.

Die Leistungsermittlung der Nachkalkulation spiegelt kostenrelevante Teile der Leistungspositionen wider und wird aus vorhandenen Gesamtstunden bzw. Gesamtmengen ermittelt. Die Einheitspreise der Nachkalkulation entsprechen den ausgeführten Maschinen- und Lohnstunden und werden den Verfahren verursachungsgerecht zugeordnet. Daraus bildet sich ein IST-Einheitspreis, der den Einheitspreis der Urkalkulation gegenübergestellt wird. Lohn- und Gerätestunden von Nebenarbeiten werden aufgrund der Vollständigkeit direkt

zugeordnet, wobei diese teils über zeitgebundene Kosten abgerechnet und bei der Ermittlung der Einheitspreise nicht berücksichtigt werden.

Auf Basis der ausgeführten Gesamtmengen und den angesetzten Preisen der Urkalkulation wird der Erlös von Leistungspositionen bzw. den zusammenhängenden Tätigkeiten errechnet. Dem gegenüber steht der tatsächlich ermittelte Aufwand der ausgeführten Arbeiten. Aus dem Vergleich kann anschließend der Gewinn oder Verlust der jeweiligen Betrachtung aufgezeigt werden.

In der Arbeit wird die vertraglich vereinbarte Preisgleitung veränderlicher Löhne, Materialkosten und dergleichen nicht berücksichtigt. Dadurch werden in der Nachkalkulation nicht letztgültige Ergebnisse dargestellt.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden grundlegende Informationen zum betrachteten Großbaulos dargestellt. Außerdem erfolgt eine allgemeine Beschreibung wichtiger Begriffe und Berechnungen aus Bereichen dieser Masterarbeit.

2.1 Beschreibung der Baustelle

Das Generalsanierungsbaulos befindet sich auf der Autobahn A9 in Steiermark zwischen dem Autobahnkilometer 206,194 und 214,900. Im Bauabschnitt befinden sich fünf Brücken, die über die Autobahn führen sowie vier Unterführungen. Die Länge des Bauloses beträgt ca. 8,6 km und besitzt im Bestand eine Breite von ca. 11,50 m je Richtungsfahrbahn. Das Bauauftragsvolumen der Generalerneuerung beträgt ca. 15,8 Mio € (netto).³

Der bestehende Straßenaufbau im Sanierungsabschnitt besteht aus einer ca. 22 cm starken Betondecke und einer darunterliegenden Asphaltenschicht, die eine Stärke von ca. 18 cm aufweist.

In der Ausschreibung ist es vorgesehen die Betondecke abzutragen und den darunterliegenden Asphalt abzufräsen. Von diesem Abtragsniveau bei – 40 cm ist geplant zusätzlich 7 cm der ungebundenen Tragschicht auf die Höhe von – 47 cm abzutragen und ein Zwischenplanum herzustellen. Der restliche Frostkoffer bis zum Unterbauplanum bleibt bei dieser Ausführung erhalten. Anschließend erfolgt der Aufbau einer zementstabilisierten Tragschicht aus vorgelagertem Zusatzmaterial mit der Stärke von 30 cm und darauf aufgebaut zwei Lagen Asphaltbinder sowie eine Lage Splittmastixasphalt mit einer Gesamtstärke von 17 cm (siehe Bild 2.1). Zudem erfolgt eine Anpassung der Querneigung auf den Stand der Technik von 2,0 % auf 2,5 %, der Mindestanforderung gemäß RVS 03.03.23 (Straßenplanung, Linienführung und Querschnittsgestaltung).

³ ASFINAG: B.2 Baubeschreibung/Pläne/Gutachten. Ausschreibungsunterlagen. S. 4

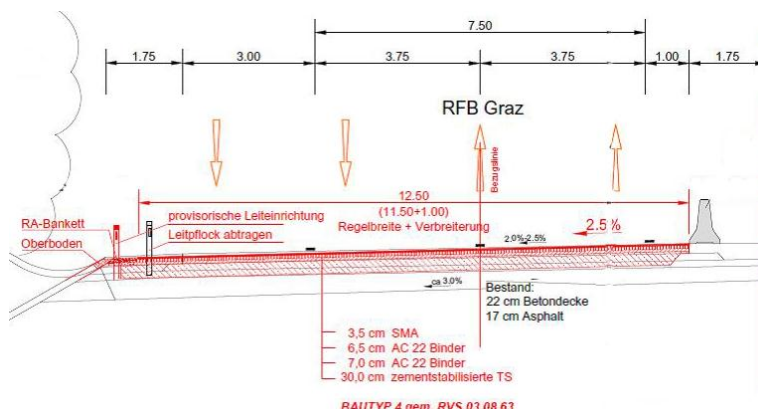


Bild 2.1: Regelquerschnitt der betrachteten Bauphase⁴

Gemäß den vertraglichen Bestimmungen ist während sämtlicher Bauphasen die Anschlussstelle Lebring und Leibnitz sowie die Zu- und Abfahrten des Rastplatzes Gralla in beiden Fahrtrichtungen ständig aufrecht zu erhalten.

Im Baufeld befindet sich eine Auf- und Ausfahrt zur Autobahnmeisterei Lebring (ABM). An diese Betriebsumkehr angeschlossen, wurde im Zuge der Baustelleneinrichtung eine Rampe errichtet, die eine Zufahrt zum hergestellten Zwischenlagerplatz über nicht öffentliche Verkehrswege ermöglicht. Auf diesem Zwischenlagerplatz wird die Aufbereitung des Betonabbruchs vorgenommen. Zusätzlich befinden auf der angemieteten Fläche die Baucontainer der Erdbaupartie (siehe Bild 2.2).



Bild 2.2: Baustelleneinrichtung Zwischenlagerplatz⁵

⁴ ASFINAG: Ausführungsplan Nr. A09_30112013_AF_0073_01_RQ-00050_beide

⁵ <https://maps.google.at/maps?hl=de&tab=wl>; letzter Zugriff am: 17.12.2012; um 19:12 Uhr

In der folgenden Grafik ist eine Übersicht der gesamten Strecke dargestellt.



Bild 2.3: Übersichtsplan der Generalsanierung Lebring - Leibnitz (modifiziert)⁶

Im Anhang A 1 werden vorhandene Störstellen und Objekte im Baulos mit Profilbezeichnung und Autobahnkilometer festgehalten.

⁶ ASFINAG: Generalerneuerung Lebring-Leibnitz. <http://www.asfinag.at/strassennetz/steiermark>. Datum des Zugriffs: 12.12.2012

2.2 Grundlagen der Kalkulation

Die Kalkulation gliedert sich in verschiedene Phasen und Detaillierungsstufen, wobei grundsätzlich die Kalkulation vor und nach der Auftragsphase unterschieden werden kann.⁷

In der folgenden Abbildung wird eine Übersicht der unterschiedlichen Kalkulationsarten bzw. –phasen aufgezeigt, wobei diese auf öffentliche Aufträge (z.B. ASFINAG) abgestimmt sind.

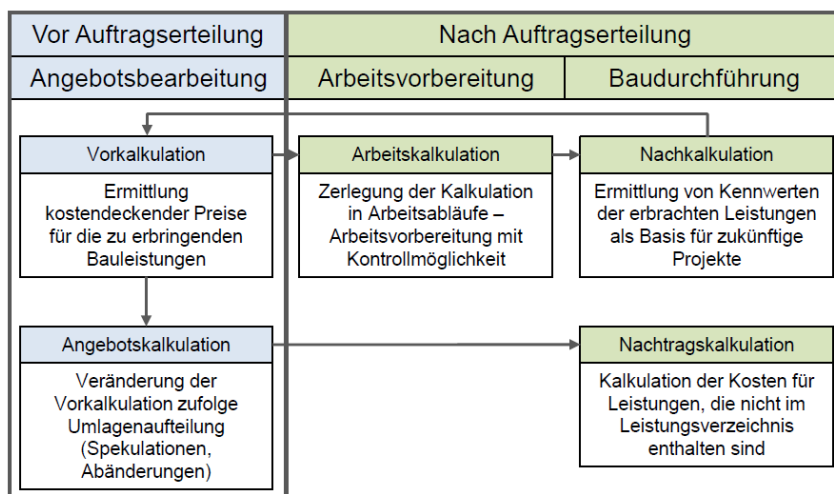


Bild 2.4: Kalkulationsphasen bei öffentlichen Aufträgen (modifiziert)⁸

2.2.1 Vorkalkulation

Die Vorkalkulation, auch als Urkalkulation bezeichnet, basiert auf den Ausschreibungsunterlagen des Auftraggebers, die im Verkehrswegebau in der Regel aus der standardisierten Leistungsbeschreibung für Verkehr und Infrastruktur (LBVI) erstellt werden. Darin werden Teilleistungen in Leistungspositionen aufgeteilt. Zur Ermittlung der Vorkalkulation ist ein grober Bauablaufplan erforderlich, der vertraglich festgesetzte Bauzeiten beinhaltet und somit auf den erforderlichen Ressourceneinsatz zurückschließen lässt. In Österreich erfolgt die Preisermittlung von Bauleistungen gemäß der ÖN B 2061, um die Angebote vergleichbar und prüfbar zu machen.⁷

In der Angebotskalkulation werden anhand des Leistungsverzeichnisses die Kosten von Bauleistungen zur Erstellung des Angebots ermittelt. In der Angebotsphase sind diese aufgrund der Tiefe der vorliegenden Ausschreibungsunterlagen und der ungewissen Baustellenbedingungen nicht exakt kalkulierbar. Jedoch ist schon in der Angebotsphase zu

⁷ TU GRAZ - INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT: Baubetriebslehre Skriptum. S. 200 ff

⁸ HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 200

erkennen, welche Bauverfahren und Systeme für die Durchführung der Bauleistung nicht geeignet sind.⁹

Die Arbeitskalkulation erfolgt nach Auftragserteilung und wird in der operativen Arbeitsvorbereitung eines Projektes bearbeitet. Diese Kalkulation beinhaltet die Vergabe der Leistungen an Subunternehmer, die Planung der Baustelleneinrichtung, Bauablauf, Logistik und der optimalen Verfahren. Basierend auf der Arbeitskalkulation werden Soll-Ist Vergleiche durchgeführt.⁹

Während der Bauausführung bedingen nicht vertraglich vereinbarte Änderungen der Bauleistung einer Nachtragskalkulation, der sogenannten Mehr- oder Minderkostenforderung. Die Preise richten gemäß den Anforderungen der ÖN B 2118 (Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten – Werkvertragsnorm; 2009) nach vergleichbare Positionen, wobei sich die tatsächlichen Kosten in der Regel erst bei der Ausführung ergeben und oftmals nur nach der Leistungserbringung ermittelt werden können.¹⁰

2.2.2 Nachkalkulation

Die technische Nachkalkulation ermittelt die gesamten Lohnstunden, die Gesamtstunden der eingesetzten Geräte, zugeordnet auf die einzelnen Teilleistungen, die Leistungsmengen bzw. die Mengen der eingebauten Baustoffe. Davon abgeleitet werden bauwirtschaftliche Kennwerte errechnet, die in weiterer Folge für folgende Bereiche von Bedeutung sind¹¹:

- Überprüfung der Vorgaben aus der Arbeitskalkulation (Vergleich der Lohn- und Gerätestunden)
- Ermittlung der Ist-Einheitspreise
- Sammlung von Erfahrungswerten und zur Bearbeitung zukünftiger Projekte

Dabei werden die konkreten Positionen des Leistungsverzeichnisses analysiert und die einzelnen Kostenartenanteile miteinander verglichen. Daraus abgeleitet können Ursachen für die Abweichungen des Einheitspreises im Detail betrachtet und erkannt werden. Die Nachkalkulation wird meist in monatlichen Abständen oder als Kontrollinstrument mit geringeren Abständen während des laufenden

⁹ HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 201

¹⁰ TU GRAZ - INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT: Baubetriebslehre Skriptum. S. 220

¹¹ TU GRAZ - INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT: Baubetriebslehre Skriptum. S. 225

Bauverfahrens durchgeführt. Erforderliche Unterlagen bzw. Voraussetzung einer verursachungsgerechten Nachkalkulation sind¹²:

- Bautages- bzw. Wochenberichte mit den anteiligen Stunden an der betrachteten Tätigkeit
- Betriebsmittelstunden (Lieferscheine zur Ermittlung der Geräteeinsatzstunden)
- Betriebsstoffverbrauch und Mietkosten der Betriebsstoffe

2.3 Produktivität

Nach Hofstadler et al.¹³ gibt die Produktivität Aufschluss über die Ergiebigkeit einzelner Arbeiten bzw. Tätigkeitsvorgänge. In der Folge wirkt sich die Produktivität auf die Kosten bzw. dem wirtschaftlichen Erfolg einer Baustelle aus. Es ist daher von großer Bedeutung Einflüsse auf die Produktivität zu bestimmen, um Änderungen der Preise zu steuern. Generell bestimmt die Arbeitsproduktivität eine Kennzahl aus dem Arbeitseinsatz, unter Berücksichtigung der Anzahl an Arbeitskräften, und den geleisteten Arbeitsstunden. Dahingegen wird die Betriebsmittelproduktivität aus der Anzahl der eingesetzten Geräte in Bezug auf die Ausbringungsmenge errechnet.

Messgrößen der Produktivität sind Aufwandswerte und Leistungswerte, die aufgrund von unterschiedlichen Arbeitsbedingungen nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreten und in Bandbreiten dargestellt werden.

Aufwands- und Leistungswerte stellen in der Angebotsphase eine wesentliche Grundlage für Kosten- und Zeitberechnung. Sie bestimmen in der Phase der Arbeitsvorbereitung die erforderliche Dauer der einzelnen Vorgänge und in der Folge bei Vernetzung der Arbeitsabläufe die Gesamtdauer des Fertigungsablaufs und den Ressourceneinsatz (Anzahl der AK bzw. Anzahl der Geräte). Die ermittelten Werte sind von den Arbeitsbedingungen beeinflusst. Dazu zählen Einflüsse aus Witterung, Verkehrssituation, Erfahrung mit den Verfahren und beispielsweise die Betriebsbedingungen. In dieser Arbeit werden Leistungswerte und Aufwandswerte anhand von empirischen Daten der Bauausführung im Zuge einer Auswertung sowie in der Nachkalkulation über eine Gesamtbetrachtung bestimmt und mit den vorhandenen Ansätzen der Urkalkulation verglichen.

¹² BAUER, H.: Baubetrieb. S. 689

¹³ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 16 ff

2.3.1 Leistungswert

Gemäß der bauwirtschaftlichen Definition entspricht der Leistungswert (LW) der Verrechnungseinheit (VE) in Bezug auf eine ausgewählte Zeiteinheit (ZEH).¹⁴

$$LW = \frac{VE}{ZEH} = \text{z.B.} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

Typische Produktionsmengen im Verkehrswegebau sind beispielsweise beim Abbruch der Betonfahrbahndecke „m³“, bei der Herstellung einer bituminösen Deckschicht „m²“ oder bei der Herstellung von Arbeitsgerüsten „m“. Als Zeiteinheit werden im Infrastrukturbereich aufgrund der erforderlichen Dauer einzelner Vorgänge am Baulos in der Regel Stunden oder Tage herangezogen. In der Masterarbeit werden Leistungswerte für geräteintensive Bauverfahren bestimmt, um eine Bewertung der Bauverfahren mit den dafür erforderlichen Baukosten zu erstellen.

2.3.2 Aufwandswert

Der Aufwandswert (AW) bestimmt in der Regel die Produktivität der lohnintensiven Tätigkeiten und errechnet sich aus dem Quotient der Summe der erforderlichen Lohnstunden (ΣL_{Std}) und der Verrechnungseinheit (VE). Die Lohnstunden errechnen sich aus der Multiplikation der Anzahl an Arbeitskräften ($AK = \text{Std}/h$) mit den Zeitstunden (h).

$$AW = \frac{\Sigma L_{\text{Std}}}{VE} = \text{z.B.} \left[\frac{\text{Std}}{\text{m}^3} \right]$$

Die Erfassung der Aufwandswerte kann mit direkten Beobachtungen und Erfassungen der gesamten Arbeitsabläufe bestimmt werden, wobei hier zwei Methoden zur Verfügung stehen:¹⁵

- Beim Zeitmessverfahren werden mit einer durchlaufenden Stoppuhr sowohl die Dauer als auch die einzelnen Arbeitsvorgänge aufgezeichnet. Diese Methode wird für die Aufnahmen auf der Baustelle herangezogen, um die exakte Dauer der einzelnen Tätigkeiten festzuhalten.
- Das Multimomentverfahren erfasst in definierten Zeitabständen die Art der Tätigkeit, woraus eine Häufigkeitsverteilung der einzelnen Tätigkeit am Bauverfahren ausgewertet werden kann.

¹⁴ TU GRAZ - INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT: Baubetriebslehre Skriptum. S. 235

¹⁵ TU GRAZ - INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT: Baubetriebslehre Skriptum. S. 237

2.4 Statistische Kennwerte

Im Zuge der Beobachtungen auf der Baustelle werden Stichproben aufgenommen, die über den Tag verteilt Mittelwerte von Leistungen oder Zeitspannen ergeben. Um die Aussagekraft der Auswertungsergebnisse zu verstärken, werden statistische Schätztest zur Stichprobenanalyse durchgeführt. In diesem Unterkapitel werden die grundlegenden Formeln und deren Anwendung kurz erläutert.

2.4.1 Kennwerte der statistischen Datenauswertung

Der Stichprobenumfang folgt einer Häufigkeitsverteilung, die durch folgende Werte beschrieben werden kann.

Das arithmetische Mittel bzw. der Mittelwert ist die Summe aller Messwerte dividiert durch die Anzahl der Stichproben n:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i = Merkmalswerte

n = Stichprobenumfang

Der Mittelwert ist sensibel auf extreme Werte oder Ausreißer, wodurch das Ergebnis der Auswertung erheblich verändert werden kann. Jedoch dient dieser als Schätzwert für den Mittelwert einer Population bei einer zufälligen Tätigkeitsaufnahme.

Der Median hingegen ist der Mittelpunkt der aufgenommenen Stichprobenwerte, wenn sie aufsteigend sortiert sind. Der Medianwert gibt denjenigen beobachteten Wert an, der die Merkmalsverteilung in zwei gleich große Hälften teilt. Der Median ist ein robustes Lagemaß und wird nicht von extremen Beobachtung oder Ausreißern beeinflusst.

$$\text{Med} = \begin{cases} \frac{x_{\frac{n+1}{2}}}{2} & \text{w enn ungerade} \\ \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2} & \text{w enn gerade} \end{cases}$$

Die Auskunft über Streuung bzw. Variabilität der Werte wird durch die Varianz bzw. die Standardabweichung bestimmt.

Die Quadratabweichung vom Mittelpunkt (Varianz) einer Stichprobe wird nach folgender Formel berechnet:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$$

Die Standardabweichung lässt sich durch die Wurzel der Varianz errechnen.

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$$

Die Varianz und die Standardabweichung ist nur bei metrischen Daten (Zeit, Weg,...) berechnet werden. Diese Werte sind ebenso empfindlich auf sprunghafte Werte, wodurch eine weitere Methode zur Darstellung der Streuung erforderlich wird.

Der graphische Vergleich von Stichproben lässt sich durch die Bestimmung der Variationsbereiche in einem Box Plot darstellen.

Ein Box Plot zeigt die Lage und die Streuung einer Verteilung an. Dabei bilden die Quantilen die Anfangs- und Endpunkte.

Ein Quantil Q_p ist ein Lagemaß, wobei deren prozentuelle Variable p einen Anteil aller Beobachtungspunkte der Stichproben beschreibt. Das untere Quantil beschreibt die 25% Grenze und wird auch als 1. Quartil bezeichnet hingegen bildet das 3. Quartil die 75% Grenze der gesamten Stichproben. Die Whiskers erstrecken sich über diese Grenzen bis mit einer Länge von $W = Q_{25} - 1,5 \cdot (Q_{75} - Q_{25})$ oder bis zum Minimum. Darüber hinaus können Ausreißer dargestellt werden, die nicht zum Umfang der statistischen Datenauswertung zählen.

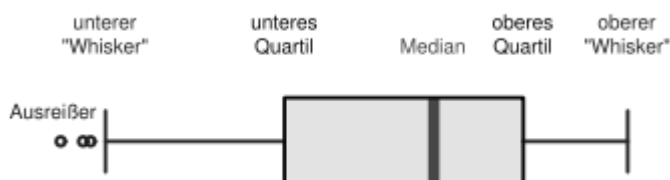


Bild 2.5: Boxplot

2.4.2 Stichprobenuntersuchung

Die Stichprobenerhebung erspart aus praktischen Gründen einen hohen Kosten- und Zeitaufwand, da nur ein bestimmter Anteil von n Elementen einer Grundgesamtheit N aller Elemente (spezifische Baustelle) zur Informationsbeschaffung hinsichtlich Eigenschaften der Grundgesamtheit betrachtet wird. Um eine statistische Gültigkeit für das Untersuchungsergebnis zu erhalten, sind repräsentative Verhältnisse der Gesamtheit zu betrachten. Das Ergebnis der Stichprobenanalyse kann auf die Grundgesamtheit mit einer bestimmten Irrtumswahrscheinlichkeit umgelegt werden.

Bei einer Zufallsstichprobe mit dem Umfang n wird eine Wahrscheinlichkeit P im Vorfeld definiert. Der Umfang spielt eine maßgebende Rolle an der Größe des Stichprobenfehlers. Wird nur eine geringe Fehlergrenze akzeptiert, muss der Stichprobenumfang dementsprechend groß

sein. Im Zuge dieser Arbeit wird eine Aussage mit 95 % Eintrittswahrscheinlichkeit (EWK) angestrebt.

Der Stichprobenumfang zur Erzielung von realistischen Ergebnissen kann nach folgender Formel berechnet werden:¹⁶

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

n = Umfang der Stichprobe

z = Sicherheitsfaktor aus dem Student-t Test (für Freiheitsgrad f=n-1)

p = Anteil der Stichprobe, die bestimmte Merkmalsausprägung aufweist

q = (1-p) Anteil der Stichprobe, die Merkmalsausprägung nicht besitzt

e = Fehlertoleranz (prozentuelle Abweichung vom Mittelwert)

Der Zusammenhang zwischen dem Sicherheitsfaktor z und der Aussagewahrscheinlichkeit eines Ergebnisses kann aus der nachfolgenden Tabelle des Student-t Tests entnommen werden. Bei einer unendlichen Anzahl an Freiheitsgraden der Stichprobe ergeben sich folgende Sicherheitsfaktoren:

Tabelle 2.1: Sicherheitsfaktor gemäß der Eintrittswahrscheinlichkeit¹⁷

Sicherheitsfaktor	Wahrscheinlichkeit	Irrtumswahrscheinlichkeit
+/- 1,00	68,27 %	31,70 %
+/- 1,50	86,60 %	13,40 %
+/- 1,64	90,00 %	10,00 %
+/- 1,96	95,00 %	5,00 %
+/- 2,00	95,50 %	4,50 %
+/- 2,58	99,00 %	1,00 %
+/- 3,00	99,70 %	0,30 %
+/- 3,29	99,90 %	0,10 %
+/- 3,80	99,99 %	0,01 %

Da der Stichprobenumfang der Baustellenbeobachtung nicht absehbar ist, kann erst nach der Aufnahme der Fehlerbereich bei einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit berechnet werden.

$$e = \pm z \cdot \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}$$

¹⁶ AUBECK, H. J.: Wirtschaftsmathematik für Schule und Ausbildung. S. 319

¹⁷ AUBECK, H. J.: Wirtschaftsmathematik für Schule und Ausbildung. S. 320

Bei Beobachtungen, bei denen beispielsweise der Mittelwert aus einer bestimmten Zeitmessvorgängen einer Tätigkeit errechnet wird, kann zur Ermittlung des Fehlerbereichs e folgende Formel herangezogen werden. Bei einem Stichprobenumfang kleiner als 30, muss zusätzlich die Normalverteilung der Grundgesamtheit nachgewiesen werden.¹⁸

$$e = \pm z \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

s = Standardabweichung der Stichproben

z = Sicherheitsfaktor bei definierter Eintrittswahrscheinlichkeit

n = Anzahl der Stichproben

Standardfehler wird durch folgende Formel definiert:

$$\hat{s} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

¹⁸ http://www.orghandbuch.de/cln_351/nn_414926/OrganisationsHandbuch/DE/5__Personalbedarfsermittlung/51__Grundlagen/514__Stichprobe/Fehlerberechnung. Datum des Zugriffs: 10.11.2012

3 Betondeckenabtrag

Im nachfolgenden Kapitel wird das Verfahren des Betondeckenabtrags betrachtet. Dabei werden vertragliche Grundlagen und im Unterkapitel „Baubetriebliche Verfahrensanalyse“ das Bauverfahren näher erläutert. In der Nachkalkulation werden die Ansätze der Urkalkulation den ermittelten Ergebnissen der Beobachtungen gegenübergestellt.

3.1 Theoretische Grundlagen

In diesem Unterkapitel werden theoretische Grundlagen zum Verständnis des Bauverfahrens und dessen vertraglichen Punkte aufgezeigt.

3.1.1 Bauverfahren

Die Arbeitsschritte des Betondeckenabtrags bis zur Aufbereitung können in vier Bereiche gegliedert werden. Diese sind in Anlehnung an die Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LBVI) gewählt:

1. Entspannen der Betondecke
2. Abtrag und Laden
3. Verfuhr im Baustellenbereich
4. Aufbereitung

Im folgenden Ablaufdiagramm werden die einzelnen Arbeitsschritte zum Abtrag der Betonfahrbahn aufgezeigt.

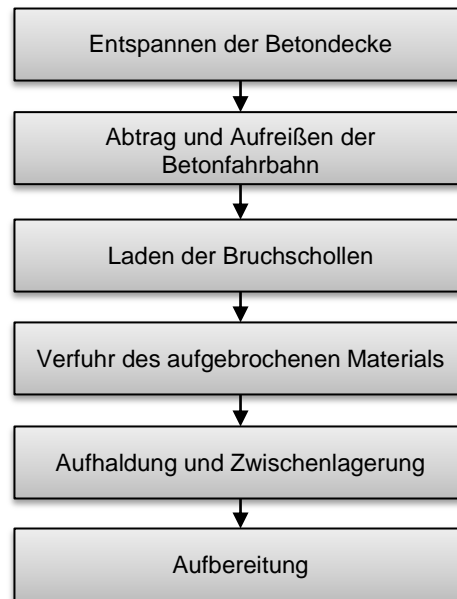


Bild 3.1: Arbeitsschritte des Betondeckenabtrags

3.1.2 Vertragliche und rechtliche Grundlagen

In den vertraglichen Grundlagen werden wesentliche Punkte des erforderlichen Leistungsumfangs und den geltenden Richtlinien sowie Regelwerken der einzelnen Tätigkeiten beschrieben.

3.1.2.1 Leistungsverzeichnis

In der Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LB-VI) sind die erforderlichen Unterleistungsgruppen dieses Verfahrens in der Leistungsgruppe 03 (Vor-, Abtrags- und Erdarbeiten) zu finden.

Unter den ständigen Vorbemerkungen sind folgende Punkte für das betrachtete Bauverfahren relevant:¹⁹

- Ad Pkt. 2: Die Begriffsdefinition von „bewehrtem, gering bewehrtem und unbewehrtem“ Stahlbeton sind gemäß der ÖN EN 1992-1-1 zu verstehen. Unter „unbewehrtem oder gering bewehrtem“ Beton wird Beton ohne Bewehrung oder mit geringerer Bewehrung als die erforderliche Mindestbewehrung verstanden.
- Ad Pkt. 4: Mehr oder Minderdicken werden im Verhältnis zur ausgeschriebenen Stärke umgerechnet und unter Beibehaltung des Einheitspreises abgerechnet.

¹⁹ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LB-VI), Version 2. S. 40

- Ad Pkt. 6: Hier werden Nebenleistungen, die im Einheitspreis zu berücksichtigen sind, aufgelistet:
 - Kosten für händischen Abtrag bei Abtragsarbeiten mit Maschineneinsatz.
 - Reinigung von angrenzenden Flächen und Schächten, die beim Abbruch verunreinigt wurden.
- Ad Pkt. 9: Bei den Abtragsarbeiten ist eine Trennung der Materialien nach der Baurestmassentrennverordnung erforderlich.
- Ad Pkt. 10: Auf Verlangen des Auftraggebers ist ein Abtragskonzept vom Auftragnehmer zu erarbeiten und vorzulegen.
- Ad Pkt. 12: Anteilige Stehzeiten von Transportfahrzeugen beim Beladen sowie beim Abladen sind im kalkulierten Einheitspreis einzurechnen.

In den ständigen Vorbemerkungen der Unterleistungsgruppe 0317 „Abtrag Betondecken, Unterlagsbeton“ wird ebenso auf die Trennung der Materialien hingewiesen. Dabei entstehende Kosten (z.B. Altlastensanierungs-Beitrag) sind in der Kalkulation ebenfalls zu berücksichtigen. Eine Verwertung des anfallenden Materials durch Verkauf von Recycling-Material kann, sofern nicht anders definiert, vom Auftragnehmer angeboten werden.

Die „Materialverwertung“, die Aufbereitung des Betonabbruchs, wird gesondert in der Leistungsgruppe 25²⁰ angeführt. Dabei sind die entstehenden Baustellengemeinkosten und die Vorbereitung des Lagerplatzes gesondert vergütet, jedoch in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet. Die Unterleistungsgruppe 2503 „Material aufbereiten für Verwertung“ definiert die Anforderungen des Baustoffes durch Verweis auf die Richtlinie für Recycling-Baustoffe. Erforderliche Prüfungen zur Ermittlung der Qualität des aufbereiteten Materials sind vom Betreiber der Anlage durchzuführen. Mit den Einheitspreisen ist die Aufbereitung von Bruchstücken kleiner als 80x80x30 abgegolten. Die im Zusammenhang mit einer mobilen Aufbereitungsanlage notwendigen Genehmigungen (z.B. Zwischenlagerplatz) sind, sofern nicht anders vereinbart, vom Auftragnehmer beizubringen.

²⁰ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LB-VI), Version 2. S. 945

3.1.2.2 Leistungspositionen

Das Verfahren gliedert sich in folgende Leistungspositionen, bei denen zusätzliche Anmerkungen der LB-VI zu berücksichtigen sind.

- 031710A Entspannen von unbewehrten Betondecken mit Fallgewicht.

Im Einheitspreis sind Erschwernisse durch Dübel oder Anker bzw. das Laden und Wegschaffen des anfallenden losen Materials zu berücksichtigen.

- 031701E Betondecke unbewehrt >20cm abtragen+laden

In diese Leistung sind alle Erschwernisse bei Objekten oder Einbauten (z.B. Schächten) einzukalkulieren.

- 031702B Betondecke unbewehrt Verfuhr im Baustellenbereich
- 250303I Aufbereitung Betonabbruch mit mobiler Brechereinheit RB I 0/45 (aufgrund der Körnung eine Zusatzposition)

Das Ausgangsmaterial ist nach geforderter Güteklasse mit einem mobilen Brecher aufzubereiten und zu lagern. Dabei entstehende Lade- und Abladearbeiten, wie auch die Trennung von unbrauchbarem Material, sind im Einheitspreis zu berücksichtigen. Lediglich die Entsorgung des unbrauchbaren Materials wird gesondert vergütet.

3.1.2.3 Baurestmassenverordnung

Die Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien schreibt die getrennte Sammlung und Verwertung der verwertbaren Baurestmassen in den jeweiligen Stoffgruppen vor, sofern die festgelegten Grenzwerte überschritten werden.

Die Trennung erfolgt entweder am Ort des Entstehens oder in Behandlungsanlagen, jedoch sind gefährliche und nicht gefährliche Materialien jedenfalls bei den Abbrucharbeiten zu trennen. Die Trennung in die einzelnen Stoffgruppen ist vorzunehmen, um eine weitere Verwertung zu ermöglichen.²¹

Die vorgeschriebenen Mengenschwellen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

²¹ ROSENBERGER, R.: Baurestmassentrennung auf der BaustelleS. 8-9

Tabelle 3.1: Mengenschwelle der verschiedenen Stoffgruppen²¹

Stoffgruppe	Mengenschwelle
Bodenaushub	20 t
Betonabbruch	20 t
Asphaltaufruch	5 t
Holzabfälle	5 t
Metallabfälle	2 t
Kunststoffabfälle	2 t
Baustellenabfälle	10 t
mineralischer Bauschutt	40 t

3.1.2.4 Richtlinie für Recyclingbaustoffe

Die aufzubereitenden Baurestmassen stammen aus verschiedenen Bereichen des Bauwesens, im Bereich des Straßenbaus fallen vorwiegend folgende Abbruchmaterialien an:

- Ungebundene Baustoffe wie Baustoffe zur Dammherstellung, Schüttmaterial, Bodenaushub, oder Tragschicht
- Hydraulisch gebundene Baustoffe wie z.B. Fahrbahndecken, Platten, Bordsteinen, Rohren, Mauerwerk, Schwellen, Beton oder Stahlbeton
- Bituminös gebundene Baustoffe wie z.B. Tragschicht, Deckschicht

Die aufzubereitenden Baurestmassen sollten frei von Fremdstoffen (dauerelastische Fugenmassen) oder gefährlichen Abfällen (Asbest, teerhaltige Baustoffe) sein. Jedoch darf bei der geforderten Güteklasse I ein Fremdanteil von weniger als 5 M-% enthalten sein. Generell ist eine selektive Vorgangsweise zur sortenreinen Gewinnung nach ÖNORM B 2251 und dem Leitfaden „Verwertungsorientierter Rückbau“ anzustreben.²²

²² ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFF RECYCLING-VERBAND: Richtlinie für Recycling-Baustoffe - 8. Auflage. S. 8-9

3.3 Baubetriebliche Verfahrensanalyse

Die einzelnen Vorgänge zum Abtrag der Betondecke und deren Einflüsse werden in weiterer Folge erläutert.

3.3.1 Entspannen

Beim Entspannen der Fahrbahndecke wird eine lineare Schlagbelastung auf die Betonoberfläche ausgeübt, die den zweiten Spannungszustand von Beton überschreitet. Durch die auftretenden Spaltzugkräfte werden Risse im Beton erzeugt und das bestehende Gefüge zerstört. Die einwirkende Kraft wird mit dem Fallgewicht eines Betonzertrümmerers erzeugt. Da diese Geräte aus sicherheitstechnischen Gründen nicht mehr erzeugt werden dürfen, gibt es nur wenige Firmen, die im Besitz eines solchen Betonzertrümmerers sind.

Das Fallbeil wird entweder durch Seilzug oder Hubkolben bis zur gewünschten Fallhöhe angehoben und ausgeklinkt. Dieser Zyklus wiederholt sich bei kontinuierlicher Vorwärtsbewegung der Maschine.

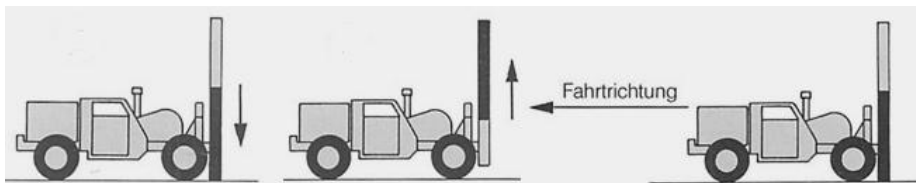


Bild 3.2: Arbeitsprinzip Betonzertrümmerer ²³

Bei den Geräten kann durch die Einstellung des Vorschubs pro Zyklus der Schlagabstand und somit die entstehende Größe der Bruchschollen variiert werden. Die Schlagkraft wird über die Fallhöhe des Fallbeils gesteuert und beträgt eine maximale Höhe von 3,40 m. Eine ausreichende Schlagkraft wurde erreicht, wenn in der Fahrbahndecke Längs- sowie Querrisse erkennbar sind. In der folgenden Abbildung (Bild 3.3) ist ersichtlich, dass am Fallbeil, auch Guillotine genannt, am unteren Ende vier Keile aufgeschweißt sind, um die ausgeübte Schlagkraft konzentriert in die Betonplatte einzubringen.

Ein nachträgliches Zerstören kann bei unerwarteter Mehrstärke der Betonfahrbahn erforderlich sein. Aufgrund der Führungsräder aus Metall ist es problematisch auf bereits geklopften Bereichen, ohne vorherige Säuberung der Oberfläche, ein weiteres Mal zu bearbeiten.

²³Fa. Kutter; <http://www.kutter.de/fahrbahnsanierung/sonstige/betonzertruemmerer/>. Datum des Zugriffs: 27.09.2012; um 14:17 Uhr



Bild 3.3: Fallbeil

In der Regel wird bei einer Fahrbahnstärke von 25 cm ein Schlagabstand zwischen 40 und 60 cm gewählt. Bei einem Schlagabstand von 60 cm schafft der Hubkolben ca. 15 Hübe pro Minute, woraus sich bei kontinuierlichem Antrieb eine Geschwindigkeit von 9,0 m/min errechnet. Bei einem Abstand von 40 cm und 15 Hübe pro Minute wird eine Geschwindigkeit von ca. 6,0 m/min erreicht, wodurch der Aufwand des Subunternehmers erhöht wird und der Einheitspreis steigt.

Bei der betrachteten Baustelle teilt sich die Fahrbahn in drei Betonplattenbreiten mit je einer Länge von ca. 5,0 m. Der Pannestreifen besitzt eine Breite von 3,90 m, der erste Fahrstreifen 3,20 m und der zweite Fahrstreifen 4,70 m. Um eine ausreichende Zerstörung der Betonplatten zu erreichen wird jede Platte mindestens zweimal versetzt mit dem Zertrümmerer befahren. Bei Verbreiterungen, wie Beschleunigungsstreifen, erhöht sich die Anzahl der erforderlichen Befahrung. Die Länge eines Abschnittes in dem die gesamte Breite bearbeitet wird, beträgt ca. 700 m, ist jedoch vom Maschinisten und den Baustellenbedingungen, wie Aus- und Auffahrten der Autobahn für den öffentlichen Verkehr, abhängig.

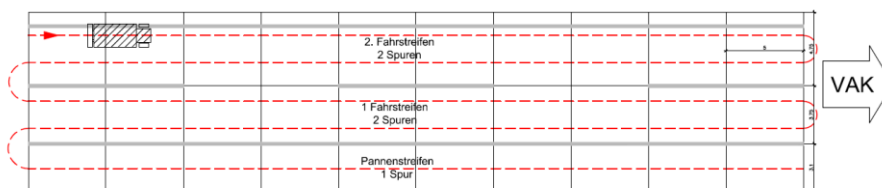


Bild 3.4: Schematische Skizze der Klopfwege

Die tägliche Arbeitsleistung bei einer Betonstärke von ca. 25 cm und einem Schlagabstand von 60 cm kann mit ca. 7500 m² bzw. bei 40 cm mit ca. 5000 m² angenommen werden. Im Bauablauf ist eine ausreichende Vorlaufzeit des Betonzerstörers vorzusehen, um die nachfolgenden Abtragsarbeiten nicht zu behindern.

Die technischen Details von drei Betonzerstörern werden in der Tabelle 3.2 festgehalten.

Tabelle 3.2: Technische Daten von Betonzerstörern^{24; 25; 26}

	KUTTER BTZ 7000 [10]	KAB [11]	Goldberger Hamburg [12]
Hebeart	Seilzug	Hubkolben	Hubkolben
Fallgewicht (kg)	7000	7000	6200
Aufschlagsbreite (m)	1,7	1,7	1,6
Max. Fallhöhe (m)	3,4	1,4	1,6
Betriebsgewicht (t)	19,6	19,6	20,9
Leistungsansatz (m ² /h)	750 (a=60cm)	750 (a=60cm)	25000 -3500



Bild 3.5: Betonzerstörer (links mit Seilzug; rechts mit Hubkolben)

3.3.1.1 Einflussfaktoren

Bauart des Betonzerstörers

Das Fallbeil übt auf den Untergrund eine starke Erschütterung aus. Aus diesem Grund wird in Bereichen mit enger Bebauung (z.B. Tunnel), bei querenden Leitungen oder im Nahbereich von Brückenobjekten (Schleppplatte) dieses Verfahren nicht eingesetzt. Hier kommen erschütterungsarme Alternativen, wie z.B. Schneiden (siehe 3.3.5.2), zur Anwendung, bei denen keine vertikalen Belastungen auf den Untergrund einwirken.

Ein weiterer Einfluss auf dieses Verfahren bildet die Bauart des Betonzertrümmerers und die vorliegende Untergrundbeschaffenheit. Wird im Bereich eines felsigen Untergrundes gearbeitet, kann durch das Rückfedern des Fallbeils eine außergewöhnliche Belastung auf die Aufhängung des Hubzylinders ausgeübt werden. Im Falle eines Bruches muss der Zylinder ausgetauscht werden, was wiederum einen Ausfall

²⁴ Fa. Kutter; <http://www.kutter.de/fahrbahnsanierung/sonstige/betonzertruemmerer/>. Datum des Zugriffs: 27.09.2012; um 14:17 Uhr

²⁵ Fa. KAB; <http://www.kab.at/>. Datum des Zugriffs: 27.09.2012; um 14:31 Uhr

²⁶ Fa. Goldberger; <http://www.gogo-hammer.com/index.php?key=technik>. Datum des Zugriffs: 28.09.2012; um 18:51 Uhr

des Geräts von mindestens einem Tag bedeutet. Aus dieser Sicht ist ein Gerät mit Seilzug wirtschaftlicher, da ein mögliches Abreißen der Seile schnell behoben werden kann. Maschinen mit Seilzug erreichen jedoch eine größere Fallhöhe, was bei Brückenobjekten oder querenden Hochspannungsleitungen problematisch eine Einschränkung darstellt. Auf der betrachteten Baustelle wurden die Bereiche unter Brücken oder Hochspannungsleitungen vom Maschinisten dieser Maschine nicht bearbeitet.

Überfahrten des öffentlichen Verkehrs

Da die Aus- und Auffahrten der Autobahn ständig aufrecht zu halten sind, quert der öffentliche Verkehr das Baufeld. In diesem Bereich ist es nicht möglich ungestört eine Entspannung des Betons mit dem Betonzerstörer durchzuführen. Aufgrund dessen werden die Überfahrten des öffentlichen Verkehrs nachträglich oder kontinuierlich durch temporäre Verkehrsumlegung zertrümmert. Beim nachträglichen Klopfen der Flächen ist jedoch anzumerken, dass eine Überstellung des Gerätes innerhalb der Baustelle erforderlich und je nach Subunternehmer mit Kosten verbunden ist.

3.3.2 Abtrag und Laden

Wie aus dem Ablaufdiagramm (Bild 3.6) ersichtlich, folgt dem Entspannen bzw. Zerstören der Betondecke zur Vereinfachung der Verladung das Aufreißen der zertrümmerten Betonfahrbahn. Anschließend wurde das Material mit Transportgeräten zum Zwischenlagerplatz gebracht, auf dem die Aufbereitung zur Verwertung erfolgt.

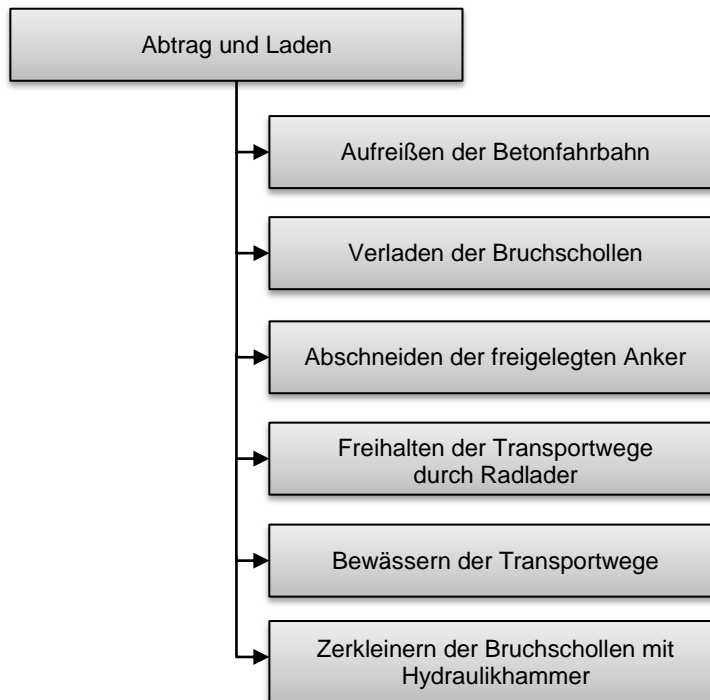


Bild 3.6: Vorgänge bei Abtrag und Ladetätigkeiten

Das Aufreißen wird auf der betrachteten Baustelle mit einem 46 t schweren Hydraulikbagger mit Kettenfahrwerk bewerkstelligt, der meist einem modifizierten Reißzahn als Anbaugerät arbeitete. Dabei wurde auf den herkömmlichen Reißzahn eine Metallplatte geschweißt, um das Trennen der Betondecke vom darunter liegenden Asphalt zu erleichtern. Der herkömmliche Reißzahn erzeugt im Vergleich zum Modifizierten kleinere Bruchschollen, jedoch kann die darunterliegende Asphaltsschicht dadurch aufgerissen oder sogar abgelöst werden.



Bild 3.7: Herkömmlicher und modifizierter Reißzahn

Der vorangehende Schlagabstand des Betonzertümmerers ist entscheidend für die Größe der entstehenden Betonbruchschollen, die der Reißbagger erzeugt. Die Bruchstücke sollten, aufgrund der einfacheren Beladung, geringerem Hohlraumgehalt bei der Verfuhr und dem vorgegebenen Aufgabemaß der Brechereinheit, eine Größe von 80x80 cm nicht überschreiten. Ebenso kann durch kleinere

Bruchschollen die Notwendigkeit einer nachträglichen Zerkleinerung durch einen Hydraulikhammer minimiert werden.

Für einen ungestörten Ladevorgang ist eine Vorlaufzeit des Reißbaggers vorzusehen. Auf dieser Baustelle wurde ein 46 t schwerer Hydraulikbagger für die Verladetätigkeiten eingesetzt, dessen Schaufelinhalt ca. 3 m³ fasst. Hierbei handelt es sich um einen Tieflöffel, an dem seitlich zusätzliche Stahlplatten angeschweißt wurden, um das Ladevolumen zu vergrößern. Wie aus folgendem Bild erkennbar, ist es zusätzlich von Vorteil, wenn der eingesetzte Tieflöffel des Ladebaggers mit einer verlängerten Schneide ausgestattet ist. Dadurch wird das Aufnehmen der Betonschollen erleichtert und die bituminöse Schicht unter der Betonfahrbahn nicht beschädigt.



Bild 3.8: Löffel mit verlängerter Schneide

Bei der Beladung der Transportfahrzeuge befindet sich der Bagger mit dem Kettenfahrwerk auf dem aufgebrochenen Material. Die Beladung der Transportgeräte erfolgt mit einem Schwenkwinkel von ca. 90 ° zum Beladeort. Entstehende Wartezeiten aufgrund des Transports werden vom Bagger zur Zerkleinerung durch Überfahren oder Schlagen des Tieflöffels auf größere Betonschollen genutzt, um die anschließende Beladung zu erleichtern.

In der Regel wurde im Vorlauf ein Fahrbahnabschnitt mit dem Pannen- und der ersten Fahrspur auf einer durchschnittlichen Länge von ca. 200 m aufgerissen. Erst nach Verladung des aufgebrochenen Materials und ausreichendem Abstand für den Wendevorgang der Transportgeräte wurden die Betonplatten des zweiten Fahrstreifens in Angriff genommen. Im nachfolgenden Bild ist diese Situation am Baulosende gut ersichtlich.



Bild 3.9: Abstand zwischen Lade- und Reißbagger

Um ständig eine Baustraße frei von Betonabbruchmaterial zu halten, ist ein weiteres Ladegerät erforderlich. Auf der betrachteten Baustelle reinigt ein Radlader mit seiner Ladeschaufel die bestehende Betonfahrbahn neben dem Reißbagger. Außerdem ebnet dieser im Anschluss an die Ladetätigkeit die Baustraße. Zusätzlich wurde der Radlader für Ladetätigkeiten an Überfahrten des öffentlichen Verkehrs herangezogen, um die Überstellzeit des schweren Kettenbaggers gering zu halten. Die Beladung des Dumpers mit dem Radlader erfordert aufgrund der eingeschränkten Manövrierfähigkeit und den großen Bruchschollen ein hohes Geschick des Maschinisten und in der Regel eine Beladehilfe durch einen Mobilbagger.

In beengten Bereichen mit angrenzender Betonleitwand muss der Reißbagger Ausweichmöglichkeiten für die Transportfahrzeuge in der ersten Fahrspur vorsehen, um lange Wartezeiten des Baggers, aber auch Störstellen der Verfuhr zu vermeiden. Auf der zweiten Fahrspur hingegen erzeugt der Radlader, nach dem Aufreißen der Betondecke, durch Aufhaltung des aufgebrochenen Materials Wende- bzw. Ausweichbereiche in regelmäßigen Abständen. Außerdem sorgt der Radlader für die Aufrechterhaltung des gesamten Baustellenverkehrs. Es wurden Rampen zwischen erster, schon verladener, und zweiter Fahrspur angeschüttet, um das Wenden der an der Verfuhr beteiligten 4-Achs LKWs sowie das Passieren des allfälligen Baustellenverkehrs jederzeit zu ermöglichen.

Das Wenden des Dumpers erfolgte im Bereich des schon verladenen Materials. Dabei überfahren die Maschinisten den Versatz der bestehenden Betonplatten bzw. die herausstehenden Anker. Um Ausfälle der Geräte bzw. Behinderungen auf der Baustraße durch eine Panne eines Dumpers aufgrund eines Reifendefektes zu vermeiden, werden vorsorglich herausragende Anker und Dübel der Betonplatten mit einem Schneidgerät von einem zusätzlichen Arbeiter abgeschnitten. Diese Arbeitskraft dient außerdem als Einweiser des Ladebaggers bei querenden Hochspannungsleitungen oder Brückenobjekten.



Bild 3.10: Schneiden der herausragenden Anker

Staub und Verschmutzung kann trotz vorbeugender Benetzung mit Wasser bei Abbrucharbeiten mit Großgeräten in die Umwelt freigesetzt werden. Diese können sich auf angrenzende Objekte absetzen und Verschmutzungen verursachen. Emissionen der Stäube sollte an der Quelle zurückgehalten werden.²⁷ Dies ist bei einer 8,6 km langen Baustelle nur durch mobile Bewässerungsgeräte möglich. Dafür ist ein Traktor mit Wasserfass (5.000 l Inhalt) vorgesehen, der die Transportstrecke bewässert. Insbesondere ist eine regelmäßige Benetzung der Baustraße mit Wasser an heißen Sommertagen erforderlich, um die Staubbildung zu verringern.

Die Aufgabegröße des mobilen Brechers ist mit 80x80x30 cm festgelegt, wodurch nach dem Transport unter Umständen eine Zerkleinerung von zu großen Bruchschollen am Lagerplatz erforderlich war. Aus diesem Grund befindet sich am Zwischenlagerplatz ein 25 t Hydraulikbagger, der diese Bruchschollen zerkleinert. Dazu wurde ein Hydraulikhammer oder eine Betonschere (Betonpulverisierer) als Anbaugerät herangezogen. Durch den hydraulischen Druck des Trägergerätes wird kinetische Energie über einen Stahlmeißel auf den Beton übertragen und diese zum Bruch gebracht. Der Betonpulverisierer ermöglicht sogar eine Zerkleinerung von bewehrten Betonteilen. Zusätzlich erfolgte Tätigkeiten dieses Baggers werden im Kapitel der Verfuhr beschrieben.

²⁷ GORENZ, H.: Maschinelle Abbrucharbeiten. S. 25-27

3.3.2.1 Einflussfaktoren

Entspannen

Die Arbeitsleistung hängt vorwiegend von den Vorleistungen des Betonzertrümmers ab. Durch einen geringen Schlagabstand werden die nachkommenden Arbeiten erheblich erleichtert. Der Bagger mit dem Reißzahn kann die Bruchstücke in kleinere Bruchschollen zerkleinern. In der Folge wird ebenso das Verladen erleichtert. Ebenso ist die Anzahl der Schlagspuren pro Betonplatte entscheidend für die entstehende Belastung des Reißbaggers. Teilweise musste die 4,70 m breite Betonplatte des zweiten Fahrstreifens mit dem Betonzertrümmer ein drittes Mal bearbeitet werden, um das Reißen der Betonplatten zu ermöglichen.

Höheneinschränkung

Einen weiteren Einfluss bilden Objekte oder Hochspannungsleitungen mit geringer Durchfahrtshöhe im Bereich des Abtrags. Durch die geringe Arbeitshöhe ist die Manövrierfähigkeit des Auslegers stark eingeschränkt. Auf der betrachteten Baustelle musste der Reißbagger unter Brückenobjekten die Betonplatten durch Ziehen des Reißzahnes infolge einer Rückwärtsbewegung des Baggers zerkleinern. Nach Aufbruch des Betons räumte der Radlader den Bereich unter den Brücken frei, um die Verladetätigkeit des nachfolgenden Ladebaggers zu vermeiden.



Bild 3.11: Reißen bei eingeschränkter Höhe

Bei der Beladung unter Hochspannungsleitungen war ein größerer Abstand der Transportfahrzeuge zum Hydraulikbagger notwendig, da der Ausleger in der Höhe eingeschränkt wurde. Aufgrund dessen wird eine Verringerung der Leistung im Einflussbereich der Hochspannungsleitung erwartet. Außerdem konnte das Passieren der leeren Dumper nicht ermöglicht werden, was zu Wartezeiten der ankommenden Transportgeräte führte.

Überfahrten für den öffentlichen Verkehr

Durch die geforderte Aufrechterhaltung des öffentlichen Verkehrs haben Aus- und Auffahrten ebenso einen Einfluss auf den kontinuierlichen Fortschritt der Abtragsarbeiten. Die Überfahrten für den öffentlichen Verkehr wurden auf der betrachteten Baustelle bei ausreichender Vorlauftätigkeit des Reißbaggers hinterher in Angriff genommen. Während der Ladebagger unabhängig davon das zerkleinerte Material auf die Transportgeräte laden konnte, übernahm der Radlader die Ladetätigkeit des anfallenden Abbruchmaterials an den Überfahrten. Beim Abtrag der Aus- und Auffahrten müssen provisorische Rampen im schon abgetragenen bzw. verladenen Bereich zur temporären Verkehrsumlegung hergestellt werden. Der Verkehr wird dann auf der darunterliegenden Altasphaltschicht geführt. Beim Abtrag der Überfahrten sind zusätzliche Arbeitsgeräte und Arbeitskräfte zur Herstellung der temporären Verkehrsführung erforderlich.

Das erforderliche Material zur Herstellung der Rampen wird mit einem 4-Achs Lastkraftwagen antransportiert. Es wurde Betonbruchmaterial mit einer Körnung von 0/32 und als Deckschicht Asphaltgranulat verwendet. Ein Mobilbagger mit Schwenklöffel ist zur Verteilung des Materials der Rampen im Einsatz. Der Bagger dient außerdem als Beladehilfe des Radladers, um die großen Betonschollen zu verladen. Die Verdichtung der Rampe erfolgte mit einer Walze (ca. 2-3 t). Des Weiteren sind zwei Arbeitskräfte für die händischen Nebenarbeiten, wie Verkehrsführung und Freihalten der Verkehrsflächen von Betonabbruchmaterial eingeteilt. Für die Sicherheit und Überwachung der korrekten Verkehrsführung waren ebenso zwei Arbeitskräfte der Autobahnmeisterei am Abtrag der Aus- und Auffahrten beteiligt.



Bild 3.12: Abbruch der Autobahnabfahrt Leibnitz

Einschränkungen des Arbeitsraums

Parallele Tätigkeiten zu den Arbeiten des Abtrags und der Verladung ist generell zu vermeiden. Insbesondere wenn der Reißbagger auf dem zweiten Fahrstreifen in der Nähe des Ladebaggers auf dem ersten Fahrstreifen arbeitet, kann es zu gegenseitiger Behinderung kommen. Deshalb ist darauf zu achten, dass genügend Abstand zwischen den Geräten eingehalten wird.

3.3.3 Verfuhr

Bei der Verfuhr kommt es auf einen raschen Abtransport des aufgebrochenen Materials an. Das gegenständige Baulos bietet die Möglichkeit das Abbruchmaterial mit, nicht für den öffentlichen Verkehr zugelassenen, Transportfahrzeugen direkt auf den Zwischenlagerplatz zu bringen. Dafür werden knickgelenkte Dumpermulden mit einem möglichen, gehäuften Muldeninhalt zwischen 15 und 17,5 m³ eingesetzt.

Für Baustellen bei denen das Zwischenlager nur über öffentliche Wege erreichbar ist, müssen 4-Achs LKWs oder Sattelschlepper für die Verfuhr herangezogen werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Kipperwände aus Stahl sind, um eine Beschädigung durch das transportierte Material zu verhindern. Im Vergleich beträgt das gehäufte Fassungsvermögen eines Vierachs-LKWs ca. 12 m³.

Bei der Baustellenbeobachtung wurden neben den Dumper als Ersatz- bzw. Aushilfsgeräte 4-Achs LKWs eingesetzt. Auffällig war das Kippverhalten der unterschiedlichen Transportgeräte. Die Mulde des Dumpers lässt sich rascher entleeren als der Kipper des LKWs.

Im Bauablauf war vorgesehen, das Material in zwei Abtragspuren zu verladen. Dabei wurden der Pannestreifen mit der ersten Fahrspur und die zweite Fahrspur als eigener Abschnitt abgetragen. Bei dieser Methode ist es möglich in der ersten Phase des Abtrags die zweite Fahrspur aus der bestehenden Betonfahrbahn als Baustraße zu nutzen. Hingegen müssen bei der Verladung der zweiten Fahrspur die Transportfahrzeuge auf der bestehenden bituminösen Schicht unter der abgetragenen Betonfahrbahndecke fahren.

In der Regel fuhrn die Dumper am Ladebagger vorbei und wendeten auf den bereits verladenen Bereichen. Auf Grund der Anzahl an Geräten kommt es auch zu Begegnungen im Bereich der Ladetätigkeit. Je nach Breite des abzutragenden Autobahnstreckenabschnitts war es durch Mitnutzung des Mittelstreifens möglich, an dem zu beladenen Dumper vorbei zu fahren und anschließend zu wenden. Dies war im Bereich zwischen Baulosende und Abfahrt zur Raststation möglich. Im zweiten Abschnitt bis zum Baulosbeginn mussten Ausweichen, mit einer Länge von ca. 20 m auf der ersten Fahrspur, für die Begegnungen vorgesehen werden.

Bei der Entladung ist es erforderlich einen Kippeinweiser vorzusehen, der die Entladestelle des Materials am Zwischenlagerplatz bestimmt. Bei der gegenständigen Baustelle wurde dies vom Maschinisten des 25 t Baggers übernommen. Der Maschinenführer war für die Einweisung der ankommenden Fahrzeuge per Funk oder Signalzeichen (Hupen) am Zwischenlagerplatz verantwortlich. Somit wurde die Form und Größe des Abbruchlagers gesteuert. Für die Entladung eines Transportgerätes ist eine Abwurfkante erforderlich, um das Material am Lagerplatz platzsparend als Haufen zu lagern. Der ebene Zwischenlagerplatz

erfordert eine Aufhaltung des Abbruchmaterials mit nochmaliger Manipulation des transportierten Materials. Der Bagger schafft mit dem antransportierten Material ein Plateau, welches mit einer Rampe erreichbar ist. Diese Ebene bildet in der Folge, wie auch in der Abbildung ersichtlich, eine Abwurfkante für die ankommenden Transportgeräte. Die Auffahrt auf das Plateau wurde mit aufbereitetem Material hergestellt, um das Befahren zu ermöglichen.



Bild 3.13: Rampenherstellung und Entladung an Abwurfkante

Das erzeugte Zwischenlager mit Betonabbruchmaterial wurde kontinuierlich aufbereitet. Jedoch war die Menge des antransportierten Materials größer als die tägliche Aufbereitungsleistung. Aufgrund dessen wurde sowohl der Haufen vergrößert und als auch die Beschickung des Brechers aufrechterhalten.

3.3.3.1 Einflussfaktoren

Begegnungen von Baustellenfahrzeugen

Bei der Verfuhr des Abbruchmaterials kam es zu betriebsbedingten Wartezeiten, da das Passieren der zu beladenen Dumper durch die geringe Breite der Baustraße nicht möglich war. Wie schon erwähnt mussten Ausweichen errichtet werden, um lange Wartezeiten zu vermeiden.

Das ungehinderte Durchfahren des gesamten Bauloses ist möglich, wenn parallele Tätigkeiten im Bereich des Betondeckenabtrags vermieden werden. Lässt sich dies nicht verhindern muss für eine, wenn auch beengte, ständige Durchfahrtsmöglichkeit gesorgt werden.

Art der Transportgeräte

Ein entscheidender Einfluss der Verfuhr bildet die Wahl der Transportgeräte. Im Gegensatz zu Aluminiumwände bieten Stahlmulden den erforderlichen Widerstand gegen Beschädigung für den vorgesehenen Einsatz, zur Verfuhr von Betonbruchschollen, bei der Be- bzw. Entladung.

Bei Abtrag der Betonfahrbahn entsteht ein Sprung an der Abtragskante zwischen erster und zweiter Fahrspur. Ein Vorteil der knickgelenkten

Dumper besteht durch das mögliche Überfahren dieser Abtragskante bzw. der herausragenden Ankern sowie Dübeln. Im Vergleich dazu sind temporäre Rampen für das Überfahren mit herkömmlichen LKWs erforderlich.

Ein weiterer Vorteil beim Einsatz von Dumpfern als Transportgeräte besteht in der erforderlichen Entladezeit. Baustellenbeobachtungen haben gezeigt, dass der Entladevorgang eines 4-Achs LKWs ca. 60 % länger dauert, als die Entladung mittels Dumpfern.

Überfahrten für den öffentlichen Verkehr

Bei starkem Verkehrsaufkommen auf den Auffahrten der Autobahn, meist in den Morgenstunden, staute sich der querende öffentliche Verkehr auf der Baustraße. Dadurch entstanden Wartezeiten der kreuzenden Transportfahrzeuge bei der Verfuhr. Besonders für Auffahrten auf die Autobahn ist es erforderlich, insbesondere bei starken Verkehrsaufkommen, Verkehrslotsen einzusetzen. Bei Näherung eines Dumpfers hielten diese den öffentlichen Verkehr an und ermöglichen somit eine ungehinderte Durchfahrt des Baustellenverkehrs. Dadurch können lange Wartezeiten der Transportgeräte sowie zeitintensive Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen vermieden werden.

Anker und Dübel

Zu Beginn der Hauptbauzeit kam es beim Betondeckenabtrag zu einem Ausfall eines Dumpfers sowie des Radladers durch einen Reifendefekt. Um für die gesamte Zeit des Abtrags weitere Ausfälle zu vermeiden, wurde ein Arbeiter bereitgestellt, der nach Beladung des Pannestreifens und der ersten Fahrspur die herausragenden Dübel und Anker abtrennte.

3.3.4 Aufbereitung

Die Aufbereitung des Betonabbruchs wurde auf dem Zwischenlagerplatz unabhängig von den Abtragsarbeiten durchgeführt.

Art und Umfang der Baustoff-Recyclinganlage wird in erster Linie von der Weiterverwendung des aufbereiteten Materials bestimmt. Die Qualitätsanforderungen bestimmen die Komplexität der Aufbereitung. Beispielsweise kann sich die Aufbereitung bei Produkten mit minderer Qualität (Tragschichtenmaterial für untergeordneten Straßenbau) auf das Zerkleinern mit einem einstufigen Brechersystem und das Abscheiden von Dübel und Anker beschränken. Dahingegen ist bei der Verwendung als Betonzuschlagstoff eine aufwändige Aufbereitungstechnik mit definierter Kornverteilungskurve notwendig.²⁸

²⁸ GEWIESE, A.; GLADITZ-FUNK, I.; SCHENK, B.: Recycling von Baurestoffen. S. 57

Prinzipiell kann zwischen mobilen und stationären Anlagen unterschieden werden, wobei für den Einsatz auf Baustellen die mobilen Anlagen geeignet sind. Die einzelnen Komponenten der Aufbereitungsanlage (Absiebung, Zerkleinerung und Eisenseparation) werden in einer Transporteinheit zusammengefasst und ermöglichen mit einem selbstfahrenden Raupenfahrwerk einen raschen Standortwechsel. Die Anwendung von mobilen Anlagen ist aufgrund der Staub- und Lärmemission in der Nähe von Wohngebieten problematisch. Daher sind die eingesetzten Brecher mit einer Wasserbenetzung und lärmarmen Motoren auszustatten.²⁹ In der folgenden Abbildung wird das Funktionsschema einer zweistufigen, mobilen Anlage aufgezeigt, da diese bei der gegenständigen Baustelle zur Anwendung kam.

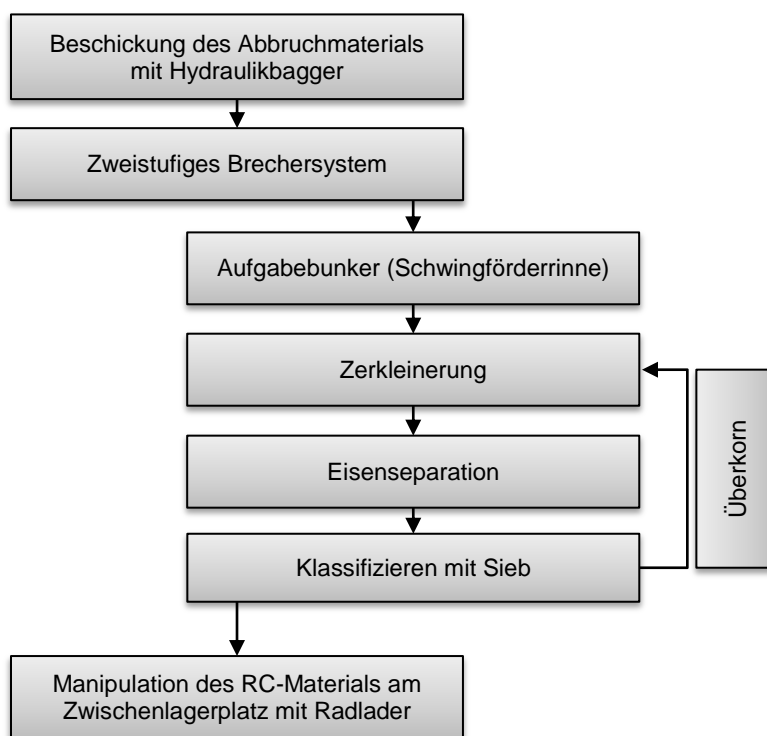


Bild 3.14: Funktionsschema einer zweistufigen Aufbereitungsanlage

Die betrachtete Aufbereitungseinheit der betrachteten Großbaustelle besteht aus einem 25 t Hydraulikbagger zur Beschickung, einem zweistufigen Brechersystem und einem Radlader. Der 25 t Bagger arbeitet auf einem Plateau, um die Aufgaberinne des Brechers leichter zu erreichen. Die ankommenden Fahrzeuge entladen das Abbruchmaterial über eine Abwurfkante in den Schwenkbereich des Baggers. Der Bagger sortiert Betonschollen aus, die größer als die möglichen

²⁹ GEWIESE, A.; GLADITZ-FUNK, I.; SCHENK, B.: Recycling von Baurestoffen. S. 60

Aufgabeausmaße sind. Dadurch werden Ausfälle der Brechereinheit bzw. sogenannte „Stopfer“ vermieden. Die Aufgabegröße hängt vom jeweiligen Hersteller und verwendeten Brechertyp ab. Die Tagesleistung wird maßgebend vom Beschickungsbagger bestimmt, da dieser mit dem Sortieren und Beschicken gleichzeitig eine geringere Tagesleistungsmenge aufgeben kann, als der Brecher an Durchsatzmenge schaffen könnte.

Als Zerkleinerungsaggregat kommt je nach Verwertung auf einer Straßenbaustelle meist ein zweistufiges System mit Backen- und nachgeschaltetem Prallbrecher zur Anwendung. Beim Backenbrecher erfolgt die Zerkleinerung durch Druck zwischen einer festen und einer beweglichen Brecherbacke. Der Backenbrecher wird hauptsächlich als Vorzerkleinerungsaggregat in Aufbereitungssystemen mit zweistufigen Brecheranlagen eingesetzt.³⁰ Die Größe des Aufgabegutes beträgt je nach Maulweite bis etwa 1.200 mm, die Endkorngröße 300 mm. Backenbrecher sind für hartes, abrasives Aufgabegut geeignet. Neben dem Einschwingenbackenbrecher gibt es den Doppelschwingenbackenbrecher, der aufgrund der Geometrie und den wirkenden Hebelkräften eine geringere Beanspruchung der Maschinenteile bewirkt. Außerdem drücken die einwirkenden Kräfte das Gestein zusätzlich nach unten.

Als Nachbrecher kam ein Prallbrecher zum Einsatz, der eine Zerkleinerung des vorgebrochenen Materials mit kontinuierlich rotierende Schlagleisten und Schleudern der Bruchstücke gegen die Prallflächen erreicht. Der Arbeitsbereich liegt zwischen maximal 1000 mm Aufgabegutgröße und minimal 25 mm Endkorngröße. Der Brecher ist für mittelhartes Aufgabegut geeignet.³¹

Das zweistufige Brechersystem wird in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt.

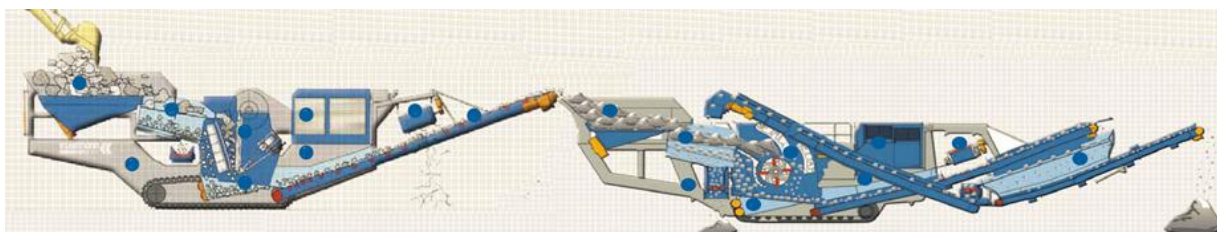


Bild 3.15: Zweistufige Aufbereitung (Abbildung modifiziert)³²

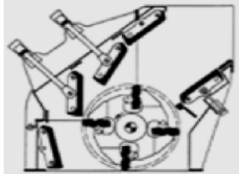
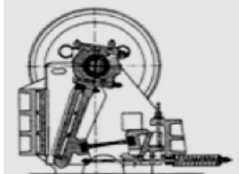
In der Tabelle 3.3 werden die Eigenschaften der eingesetzten Zerkleinerungsaggregate angeführt und gegenübergestellt.

³⁰ BILITEWSKI, B.; HÄRDLE, G.; MAREK, K.: Abfallwirtschaft: Handbuch für Praxis und Lehre. S. 403

³¹ GESTRATA - GESELLSCHAFT ZUR PFLEGE DER STRAßENBAUTECHNIK MIT ASPHALT: Asphalt - Handbuch. S. 83

³² KLEEMANN WIRTGEN GROUP: Mobicat - Raupenmobile Backenbrecher. http://www.kleemann.info/de/products/download-center_1.html. Datum des Zugriffs: 19.10.2012

Tabelle 3.3: Vergleich der Prall- und Backenbrecher (abgeänderte Tabelle)^{33; 34}

Parameter	Zerkleinerungsaggregat	
	Prallbrecher	Backenbrecher
Funktionsprinzip		
Beanspruchung	Prallbrecher	Druck
Zerkleinerungsverhältnis	1:20 (ohne Mahlbahn)	1:6
Festigkeit der Aufgabematerialien [N/mm ²]	300	500
Einsatzempfehlung	einstufig: bei hoher Produktanforderung	einstufig: bei geringer Produktanforderung
	zweistufig: als Vor- und Nachbrecher	zweistufig: als Vorbrecher
Vorteile	geringe Masse	wenig störungsanfällig
	geringe Investkosten	geringer Energiebedarf
	gute Kubizität der Endprodukte, rißfrei, geringer Überkornanteil	geringe Kubizität, Kornform ist plattig und fischig
	Entstaubung bzw. Bedüsung erforderlich	lange Standzeiten der Verschleißelemente bei Einsatz als Vorbrecher
Nachteil	empfindlich bei nicht zerkleinerbare Gegenstände (Stahl)	zT problematisch bei Asphaltaufbereitung
	hohe Verschleiß- und Betriebskosten	geringe Staubentwicklung
		große Masse

Aus den Vor- und Nachteilen lässt sich der wirtschaftliche Einsatz eines zweistufigen Systems erkennen. Der Backenbrecher als Vorbrecher zerkleinert das Material und sortiert Dübel und Anker mit dem Magnetabscheider aus. Das Auswurfband mit dem vorgebrochenen Material beschickt direkt den Aufgabetrichter des Prallbrechers. Der Prallbrecher erreicht durch die Zerkleinerung ein kubisches Material mit einer geeigneten Kornverteilung zur gewünschten Weiterverwendung als Vorlagerungsmaterial. Je nach gewünschter Körnung wird auf das Hauptförderband ein Sieb installiert, der das Überkorn aussortiert und mittels Förderband wieder zurück in den Aufgabetrichter des Prallbrechers befördert. Auf der betrachteten Baustelle wurde das Recyclingmaterial mit den Kornklassen 0/22, 0/32, 0/45 und 0/63 für weitere Verwendungen hergestellt.

³³ BILITEWSKI, B.; HÄRDLE, G.; MAREK, K.: Abfallwirtschaft: Handbuch für Praxis und Lehre. S. 403

³⁴ ZIBULSKI, H.: Anlagentechnik zur Aufbereitung von Baureststoffen. In: Tiefbau, 1/2005. S. 13



Bild 3.16: Aufbereitungseinheit

Der Hydraulikbagger am Zwischenlagerplatz ist neben dem Aufhalten und der Koordination des ankommenden Abbruchmaterials als Puffergerät der Brechereinheit erforderlich. Wenn die Aufbereitungsanlage durch zu große Betonbruchschollen verstopft, kann es zu einem Ausfall kommen. Die Ausfallzeit hängt von der Art der Verstopfung ab, bei dem es auch zu einem Ausbau von Maschinenteilen des Brechers kommen kann, um den „Stopfer“ zu entfernen. In der Zwischenzeit muss das zugelieferte Abbruchmaterial zwischengelagert werden, um die Verfuhr des Betondeckenabtrages nicht zu stören. Des Weiteren ermöglicht dieser Bagger eine Umlagerung des aufgehaldeten Materials in den Schwenkbereich des Beschickungsbaggers. Größere Betonbruchschollen werden mit dem Pulverisierer oder dem Hydraulikmeißel auf die gewünschte Aufgabegröße zerkleinert.

Der Radlader ist für den Abtransport des aufbereiteten Materials in der Kette der Aufbereitung notwendig. Die Lagerung erfolgt ebenso durch Aufhaltung des Recyclingmaterials in die verschiedenen Körnungsklassen.

3.3.4.1 Einflussfaktoren

Verstopfung des Brechermauls

Es kann durch Bruchschollen bei zu großer Aufgabegröße zur Verstopfung des Brechermauls kommen. Dies erfordert maschinentechnische Vorkehrungen, die vom Hersteller berücksichtigt werden:

- Einen automatisch abschaltbaren Vibrationsaufgeber, um die Beschickung des Brechers zu stoppen.
- Ein reversibler Brecherantrieb kann Verstopfungen des Brechermauls schnell und unkompliziert beheben.
- Eine hohe Brechgeschwindigkeit hilft, Verstopfungen zu minimieren bzw. zu beseitigen.

3.3.5 Alternative Verfahren

In den folgenden Punkten werden alternative Methoden der erforderlichen Tätigkeiten beim Abtrag der Betondecke aufgezeigt.

3.3.5.1 Polygonalwalze

Eine Alternative zum Betonzerstörer bildet eine Vibrationswalze mit Polygonalbandagen der Fa. Bomag. Der Bandagekörper besteht aus drei axial nebeneinanderliegenden achteckigen Elementen, welche zueinander versetzt angeordnet sind. Dadurch entsteht, im Gegensatz zu herkömmlichen Glattwalzen, eine ständige Veränderung der Krafteinleitrichtung. Wie im nachfolgenden Bild ersichtlich werden durch Keile des Bandagekörpers beim Überrollen Spaltzugkräfte in den Beton eingeleitet.³⁵

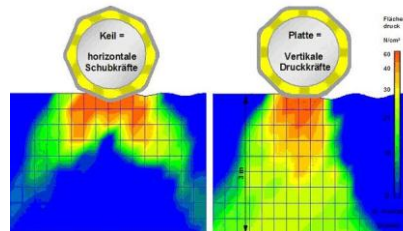


Bild 3.17:Krafteinleitung der Polygonalbandage³⁵

Als Voraussetzung gelten eine gering bewehrte Betonfahrbahn und eine maximale Arbeitsgeschwindigkeit von 1,5 km/h. Ebenso sind ein stabiler Untergrund und ein Betriebsgewicht der Walze von 26 t gefordert, um eine Betonfahrbahn bis 25 cm mit 2-3 Überfahrten zu zerstören.

3.3.5.2 Schneiden

Zu erschütterungsarmen Verfahren zählt das Schneiden von Betonplatten. Diese Methode vermeidet eine vertikale Krafteinwirkung auf darunterliegende Brückenobjekte bzw. kommt bei beengten Verhältnissen zum Einsatz. Dabei werden ausreichend kleine Betonschollen erzeugt, um das Verladen sowie die definierte Aufgabegröße zur Aufbereitung zu ermöglichen. Bei größeren Flächen muss eine optimale Schollengröße zur Vereinfachung der nachkommenden Vorgänge gewählt werden. Die Größe der endgültig, ausgebrochenen Schollen spielt bei der Verladung sowie der Verfuhr und in der Folge bei der Aufbereitung eine große Rolle.

³⁵ FA. BOMAG: Walzenzüge mit Polygonbandage erobern den Erdbau. www.bomag.com/media/Polygon-Internet.pdf. Datum des Zugriffs: 28.09.2012; um 20:20 Uhr S. 3-6

Im folgenden Bild wird die Anwendung eines Schneidgerätes bei einer Landebahnsanierung gezeigt.



Bild 3.18: Betonplatten schneiden³⁶

3.3.5.3 Hydraulikhammer

In der Regel kommt der Hydromeißel bei Sanierungen von kleinflächigen Schadstellen in der Betonfahrbahn zur Anwendung. Bei Einsatz auf Brückenobjekten muss die abzutragende Fahrbahn zuerst geschnitten und anschließend mit dem Reißzahn aufgerissen werden. Bei zu großen Bruchstücken dient der Hydraulikhammer zur nachträglichen Zerkleinerung.

Wie im Bild 3.19 ersichtlich, wird ein Hydraulikhammer als Anbaugerät eines Mobilbaggers montiert und zerkleinert die ausgebrochenen Betonschollen des Reißbaggers vor der Verladung.



Bild 3.19: Abtrag der Betonfahrbahn auf einer Brücke³⁷

Der Hydraulikhammer wiegt je nach Anwendung und Bagger zwischen 1,5 und 100 t, wodurch auch die Schlagenergie dementsprechend zwischen 150 J und 6400 J streut.³⁸ Der Abtrag größerer Betonflächen

³⁶ <http://www.eapforum.ch/showthread.php?1917-Pistensanierung>. Datum des Zugriffs: 30.09.2012; um 10:24 Uhr

³⁷ Fa. Kostmann; Generalsanierung Packabschnitt Autobahn A2; 2008

³⁸ KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb. S. 341

mit einem Hydraulikmeißel findet bei beengten Verhältnissen Anwendung, wie z.B. beim Abtrag von Fahrbahnen in Tunnels.

3.3.5.4 Fräsen

Eine kombinierte Alternative sowohl zum Entspannen, Abtrag und Laden als auch zur Aufbereitung bietet das Fräsen der Betondecke. Nach einem Baustellenbericht der Fa. Kutter wurde im Jahr 2011 die 25-30 cm starke Betonfahrbahn, der A5 in Deutschland zwischen Seeheim-Jugenheim und Zwingenberg, auf einer Länge von 7,2 km abgefräst. Dieses Verfahren wurde zum Abtrag der Betondecke gewählt, um die darunter liegenden versiegelten, pechhaltigen Tragschichten nicht zu beschädigen.³⁹

Die Betondecke wurde inklusive vorhandener Anker und Dübel in zwei Lagen maschinell abgetragen. Mit fünf Großfräsen, die je eine Arbeitsbreite von 2,2 m besitzen, wurde im ersten Durchlauf eine 7-8 cm Betonschicht abgefräst. Im zweiten Durchlauf wurde die restliche Schichtstärke inklusive Dübel und Anker abgetragen. Es ist hierbei notwendig, Mehrkosten für den Verschleiß der Maschinen einzurechnen.

Durch die Fräsen kann jedoch das Betongranulat direkt auf Transportgeräte verladen und weiter verwendet werden. Im Gegensatz zum beschriebenen Verfahren sind Arbeitsschritte zur Entspannung der Fahrbahn, zur Verladung des Materials sowie zur Aufbereitung nicht erforderlich.

Aus dem Baustellenbericht ist zu entnehmen, dass 85.000 m² Betondecke mit bis zu fünf Maschinen in knapp drei Wochen abgetragen wurden. Bei einer angenommenen Stärke von 27,5 cm errechnet sich eine Kubatur von ca. 23.500 m³. Daraus lässt sich, bei einer Annahme von fünf Arbeitstagen pro Woche mit je zehn Arbeitsstunden pro Tag, eine Leistung von ca. 31 m³/h pro Fräse ableiten.

³⁹ FA. KUTTER: Kutter fräst Betondecke mit Dübeln und Ankern.
http://www.kutter.de/fahrbahnsanierung/service/pressemitteilungen/?pr_id=5. Datum des Zugriffs: 28.09.2012; um 20:41 Uhr



Bild 3.20: Fräsen einer Betonfahrbahn³⁹

Ebenso kam dieses Verfahren auf der Autobahn A27 zwischen Achim-Ost und Verden-Nord bei Bremen zur Anwendung. Dabei wurden vier Fräsen auf dem 4,8 km langen Streckenabschnitt die oberen 11 cm der Betonfahrbahn abgetragen. Die Betonfahrbahn mit einer Fläche von 55.000 m² (entspricht 6050 m³) konnte in einer Arbeitszeit von drei Tagen mit vier Maschinen bewältigt werden. Bei einer Annahme von zehn Arbeitsstunden pro Tag fräst jede Maschine ca. 50 m³/h.

3.4 Auswertung und Datenanalyse

Bei der Analyse der Leistungspositionen für den Betondeckenabbruch werden die maschinenintensiven Arbeiten betrachtet.

Die Ermittlung der Leistungsansätze für das Entspannen der Betondecke erfolgte aufgrund der diskontinuierlichen Arbeitsweise (Ausfall, nachträgliche Bearbeitung,...) über die vorhandenen Lieferscheine der Subunternehmer.

In der Leistungsposition Abtragen und Laden werden Leistungswerte mit Hilfe eines Tagesprotokolls aufgezeichnet und errechnet. Eine stichprobenartige Stundenleistung wird über Beobachtungszeiträume und den Profilen ermittelt, um eine Gegenüberstellung der Leistungswerte bei verschiedenen Arbeitsbedingungen zu ermitteln. Für den gesamten Abtrag können Tagesdurchschnittswerte anhand der Lieferscheine und Aufmaßblätter errechnet werden. Dabei werden Ausfallszeiten der leistungsbestimmenden Geräte gesondert betrachtet.

Insbesondere bei der Verfuhr des Betonabbruchs kann mit Hilfe der Tagesleistungen des Ladebaggers und der dokumentierten Anzahl an Fuhren pro Fahrzeug die Menge des abtransportierten Materials pro Fuhr errechnet werden. Des Weiteren wurden die Umlaufzeiten der einzelnen Transportgeräte beobachtet, woraus sich Be- und Entladezeiten im Detail ableiten lassen bzw. kann eine durchschnittliche Geschwindigkeit der Dumper errechnen werden.

Bei der Aufbereitung dienten vorhandene Lieferscheine als Basis für die ermittelten Tagesleistungen.

3.4.1 Eingesetzte Geräte

In der folgenden Tabelle sind die eingesetzten Geräte der betrachteten Baustelle für den Betondeckenabtrag, Verfuhr und Aufbereitung aufgezeigt.

Tabelle 3.4: Geräteeinsatz beim Abtrag der Betonfahrbahn

Entspannen						
Gerät	Marke	Typenbez.	Betriebsge.	Motorleistung (ISO 9249)	Arbeitsmerkmal	Gewicht
Betonzertrümmerer	Wirtgen	BTZ 7000	19,6 t	125 kW	Fallbeil	7,0 t

Laden und Abtragen						
Gerät	Marke	Typenbez.	Betriebsge.	Motorleistung (ISO 9249)	Arbeitsmerkmal	Volumen
Ladebagger	Kobelco	SK460 LC-IV	45,8 t	239 kW	Löffel	3,0 m³
Reißbagger	Kobelco	SK460 LC-IV	45,8 t	239 kW	Reisszahn	
Radlader	Liebherr	L 566	22,5 t	190 kW	Löffel	5,0 m³
Bagger zum Aufhäufen	Komatsu	PC240-LC8	25,5 t	124 kW	Löffel	1,9 m³
Traktor mit Wasserfass	Steyr	8130	4,0 t	84 kW	Wasserfass	5,0 m³
Mobilbagger	Liebherr	A311	12,1 t	69 kW	Löffel	0,5 m³
Erdbauwalze	Hamm	3412	12,2 t	100 kW	Walze	-

Verfuhr						
Gerät	Marke	Typenbez.	Leerge.	Nutzlast	Motorleistung (ISO 9249)	Volumen gehäuft
Dumper	Volvo	A30D	23,1 t	28,0 t	242 kW	17,5 m³
Dumper	Volvo	A30C	21,5 t	27,0 t	232 kW	17,2 m³
Dumper	Volvo	A25F	21,9 t	24,0 t	234 kW	15,0 m³
Dumper	Bell	B30D	18,7 t	27,3 t	232 kW	17,5 m³
Dumper	Moxy	MT26 mit Heckklappe	22,0 t	23,5 t	230 kW	14,8 m³
4-Achs LKW	Volvo	Annahme	15,0 t	20,0 t	300 kW	12,0 m³

Aufbereitung						
Gerät	Marke	Typenbez.	Betriebsge.	max. Aufgabegröße	max. Aufgabegröße	Durchsatzleistung nach Hersteller
Backenbrecher	Sandvik	Extec C12 QJ340	46,4 t	1200x750 mm	600 mm	400 t/h
Prallbrecher mit Siebbox	Rockster	R1100	37,3 t	1100x720 mm	600 mm	260 t/h
Gerät	Marke	Typenbez.	Betriebsge.	Motorleistung (ISO 9249)	Arbeitsmerkmal	Volumen
Radlader	Volvo	L150F	24,8 t	209 kW	Schaufel	4,0 m³
Beschickungsbagger	Komatsu	PC 228 USLC-8	23,0 t	116 kW	Löffel	1,5 m³

3.4.2 Ergebnisse und Interpretation

Die Daten werden in Stichprobenaufnahmen und Auswertungen aus Lieferscheinen gegliedert. Bei der nachfolgenden Analyse der Daten werden die Tätigkeiten in folgende Bereiche untergliedert:

- Entspannen
- Reißen
- Laden
- Verfuhr
- Aufbereitung



3.4.2.1 Entspannen

Beim Entspannen der Betondecke wurde über Lieferscheine der gesamte Leistungsumfang betrachtet. Die Gesamtfläche der ermittelten Betonfahrbahn beträgt 93.351 m². Mit der mittleren Betonfahrbahnstärke von 22 cm errechnet sich eine Gesamtkubatur von 20.500 m³, die zertrümmert werden musste. Durch einen Maschinenausfall am Beginn der Tätigkeiten kam ein zweiter Betonzertrümmerer zum Einsatz. Nach Reparatur der ursprünglichen Maschine wurde daher 2,5 Tage lang mit zwei Geräten gearbeitet.

Die Arbeitstätigkeit der Geräte erstreckte sich im Zeitraum zwischen dem 07.07.2012, aufgrund des zweitägigen Vorlaufs gegenüber dem Abtrag, und dem 26.07.2012. Die Maschinenleistung wurde anhand der Aufzeichnungen aus den Aufmaßblättern und den Bautagesberichten errechnet. In der folgenden Tabelle befindet sich die Auflistung der gesamten Tätigkeiten.

Tabelle 3.5: Tätigkeiten Betonzertrümmern

Tätigkeit	Datum		Teilung cm	Profile		Fläche m ²	Fahrspur	Spuren [-]	Nachklopfen zusätz. Tätigkeiten
	von	bis		von	bis				
KAB	07.07.2012	07.07.2012	80	BLE	344	696,44	PA+1.Fsp	1+2	
KAB	07.07.2012	08.07.2012	60	BLE	344	482,93	2.Fsp	2	
KAB			60	344	332	3685,60	ges. Breite	1+2+2	
KUTTER			60	330	323	2030,46	ges. Breite	1+2+2	
KUTTER	14.07.2012	16.07.2012	60	320	221	29226,64	ges. Breite	1+2+2	6. Spur auf 2. Fsp
KUTTER	17.07.2012	17.07.2012	60	219	190	9203,67	ges. Breite	1+2+2	6. Spur auf 2. Fsp
KAB	16.07.2012	17.07.2012	60	190	162	8182,06	ges. Breite	1+2+2	6. Spur auf 2. Fsp
KAB			50	157	140	5107,25	ges. Breite	1+2+2	6. Spur auf 2. Fsp
KAB			50	136	107	8349,45	ges. Breite	1+2+2	6. Spur auf 2. Fsp
KAB	18.07.2012	19.07.2012	50	105	92	3768,84	ges. Breite	1+2+2	6. Spur auf 2. Fsp
KAB			50	92	65	7945,65	ges. Breite	1+2+2	6. Spur auf 2. Fsp
KAB	23.07.2012	26.07.2012	50	65	14	14672,03	ges. Breite	1+2+2	6. Spur auf 2. Fsp
Wochentage gesamt		19,5 d				93351,03 m ²	Gesamtfläche		
Ausfall		-5,0 d				0,22 m	Betonstärke		
2xMaschinenleistung		2,5 d				20537,23 m ³	Kubatur		
Wochenende		-2,0 d				1369 m ² /d	Tagesleistung		
gesamte Arbeitstage		15,0 d				6223 m ² /d			

Die durchschnittliche Tagesleistung wird aus den vorhandenen Werten auf ca. 6.000 m² geschätzt.

3.4.2.2 Abtrag und Laden

Aus den Aufzeichnungen der Beobachtungstage wurden Leistungswerte für den Reißbagger ermittelt, die über den Beobachtungszeitraum eine starke Streuung aufweisen. Aus dem nachfolgenden Diagramm sind die errechneten Leistungswerte dargestellt.

Auffallend ist die Leistungsabweichung am 24.07.2012 mit ca. 40% vom Mittelwert. Der Grund für diese Abweichung war eine unerwartete Betonstärke von ca. 34 cm der Betonfahrbahn im Bereich der Ausfahrt der Raststation Gralla. Dieser Bereich wurde mit Hilfe des Betonzertrümmerer und einer Teilung von 40 cm nachgeklopft. Außerdem wurde an diesem Tag an die Ab- sowie Ausfahrt der Raststation hinzugearbeitet, was eine zusätzliche Leistungsminderung erwarten lässt.

Die Tage mit einem hohen Leistungswert hingegen lassen sich aufgrund einer geringeren Betonstärke erklären, die bei der gewählten Teilung von 60 cm des Betonzerstörers eine wirkungsvollere Zertrümmerung des Betons und in der Folge des Reißen darstellt.

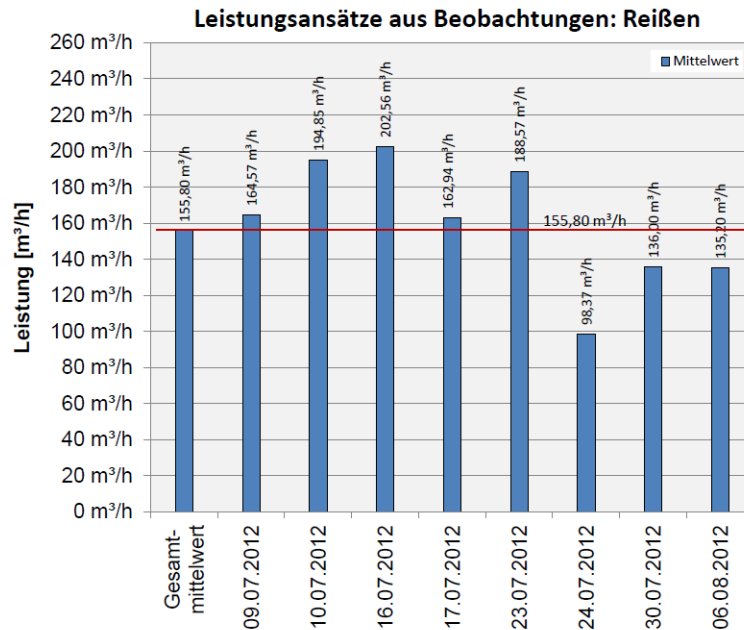


Bild 3.21: Stundenleistungen aus Stichproben– Reißen

Aus den vorhandenen Baustellenaufzeichnungen kann ein Mittelwert von $155,8 \text{ m}^3/\text{h}$ für den tatsächlichen Leistungsansatz ohne Unterbrechungen errechnet werden. An Tagen, die aufgrund der Feldbeobachtungen mit Profilen und Fahrspur erfasst wurden, kann mit 95 % Eintrittswahrscheinlichkeit ein Leistungsansatz von $129,8 \text{ m}^3/\text{h} \pm 15,7 \text{ m}^3/\text{h}$ errechnet werden. Der Grund für die Abweichung ergibt sich aus den bauablaufbedingten Unterbrechungen, den erforderlichen Nebenarbeiten und den Überstellzeiten des Baggers.

Die Ermittlung der Tages- bzw. Stundenleistungen über den gesamten Leistungsumfang erfolgt anhand von Bautagesberichten bzw. Lieferscheine und ergibt mit Berücksichtigung der Ausfallszeiten einen Mittelwert von ca. $125 \text{ m}^3/\text{h}$. In der Nachkalkulation müssen die Ausfallszeiten im Ausmaß von 6 h berücksichtigt werden, wodurch sich ein tatsächlicher, mittlerer Leistungswert von ca. $120 \text{ m}^3/\text{h}$ errechnet.

Bei der Ladetätigkeit konnte ein Leistungswert mit geringer Streuung aus den Beobachtungen ermittelt werden. Aus dem folgenden Diagramm der Tagesauswertungen lässt sich erkennen, dass es zu Beginn einen Einarbeitungseffekt gab und ohne erkennbare Behinderungen ein geringer Leistungswert erreicht wurde. Die Ladetätigkeit unter einer Hochspannungsleitung konnte bei Profil 327/328 beobachtet werden. Dabei war zu erkennen, dass sich die Leistung in einem Betrachtungszeitraum von 2 Stunden auf ca. $90 \text{ m}^3/\text{h}$ verringerte. Dieser

Leistungsabfall wurde durch vorzeitiges Entfernen oder nachträgliches Verladen des Materials mittels Radlader unter Hindernissen, während der restlichen Abtragsarbeiten am Baulos vermieden.

Am letzten Beobachtungstag wurde der Bereich vor der Abfahrt zum Zwischenlagerplatz mit einer Fläche von ca. 200 m² ohne vorzeitiges Aufreißen durch den Reißbagger abgetragen, was zu einem geringen Abfall des mittleren Tagesleistungswerts führte.

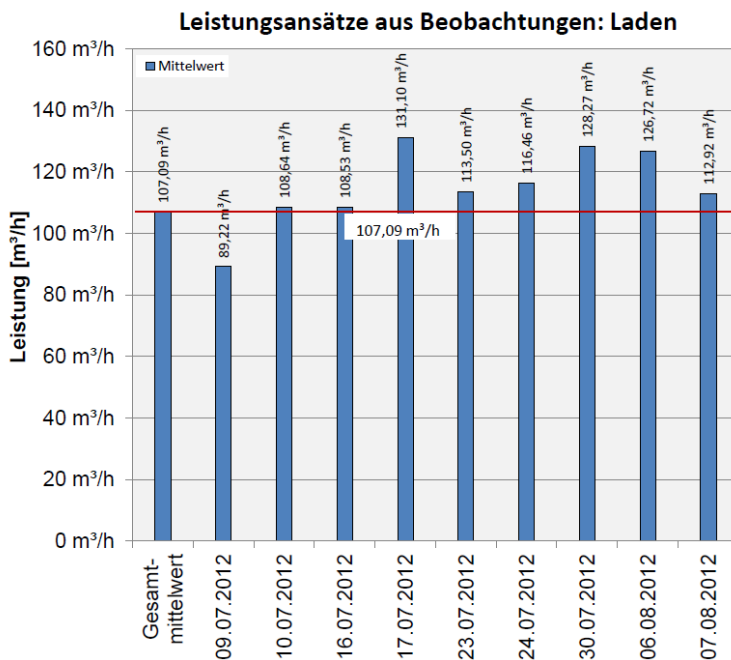


Bild 3.22: Stundenleistungen aus Stichproben - Laden

Aus der Betrachtung der vorhandenen Tagesleistungen und den dazugehörigen Lieferscheinen wird ein Leistungswert von 109,5 m³/h ± 16,6 m³/h mit 95% Eintrittswahrscheinlichkeit ermittelt. Dieser Wert besitzt nur eine geringe Abweichung zum ermittelten Stichprobenergebnis mit ca. 107 m³/h, was auf eine geringe Streuung und geringe Unterbrechungen zurückzuführen ist.

Aus der Ermittlung der Gesamtkubatur und der Gesamtstunden wurde bei der Ladetätigkeit der Richtungsfahrbahn Voralpenkreuz ein Mittelwert von 110 m³/h errechnet.

Als Vergleich werden die Bandbreiten die Stundenleistungen der Reiß- und Ladetätigkeit aus den Stichprobenaufnahmen als Box-Plot gegenübergestellt.

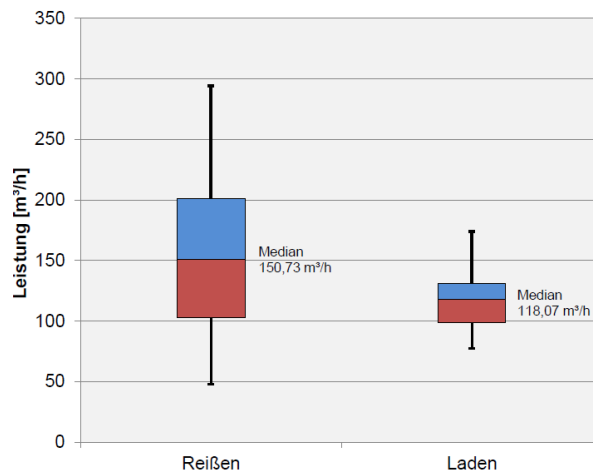


Bild 3.23: Stundenleistungswerte aus Stichproben bei der Abtragstätigkeit

Dabei lässt sich die hohe Streuung des Reißbaggers im Vergleich zum Ladebagger erkennen, was beim Reißbagger auf die unterschiedlichen Stärken des Abbruchmaterials zurückzuführen ist. Hingegen kann für die Tätigkeit des Ladebaggers ständig durch die Vorarbeiten des Reißbaggers mit annähernd gleichen Verhältnissen gerechnet werden.

3.4.2.3 Verfuhr

Die Leistungsposition Verfuhr wurde auf der anteiligen Großfläche mit Knickgelenk-Dumper bewerkstelligt. Dabei wurde die Anzahl der Mulden an die erwarteten Zykluszeiten angepasst. Die Zykluszeiten setzen sich, bei im Kreisverkehr geführten Transporten, aus folgenden Einzelzeiten zusammen:

- Beladezeit
- Fahrzeit
- Entladezeit
- Wartezeit/Wagenwechselzeit/Wendezeit

Durch die Baustellenbeobachtungen wurden die Einzelzeiten dieser Anteile ermittelt und können durch die jeweilige Einzelzeitauswertung analysiert werden. Aufgrund eines festen Standpunktes bei den Beobachtungen der Beladetätigkeit erfolgte die Ermittlung der Fahrzeit für die Last- und Leerlastfahrzeit zusammengefasst. Die Entladezeit wurde dabei über einen gemittelten Tageswert festgelegt und abgezogen.

Der Transport wird im Kreisverkehr geführt, jedoch müssen ankommende Fahrzeuge warten, um an dem Beladeort vorbeizufahren und anschließend für die Beladung wenden.

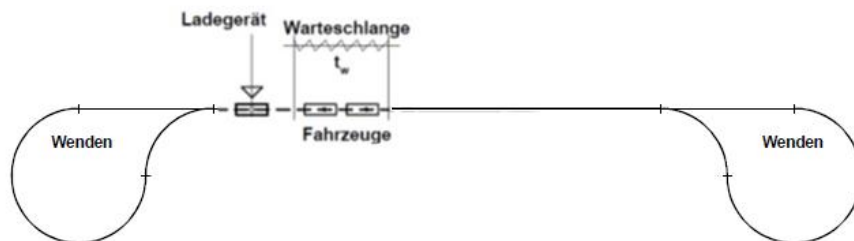


Bild 3.24: Instationärer Zustand im Wartebetrieb - Kreisverkehr⁴⁰

Werden die Zykluszeiten der gesamten Beobachtungsreihe auf einer Zeitachse aufgetragen, entsteht die nachfolgende Abbildung. Eine Trendlinie der Zykluszeit wird generiert, um Aussagen über die Veränderung zu treffen. Bei der Fahrzeit wurden Ausreißer bei vorhandener Unterbrechung an die tatsächliche Fahrzeit angeglichen, in dem die Differenz zwischen Zeitpunkt der Beladung und Ankunft auf der Warteposition herangezogen wurde.

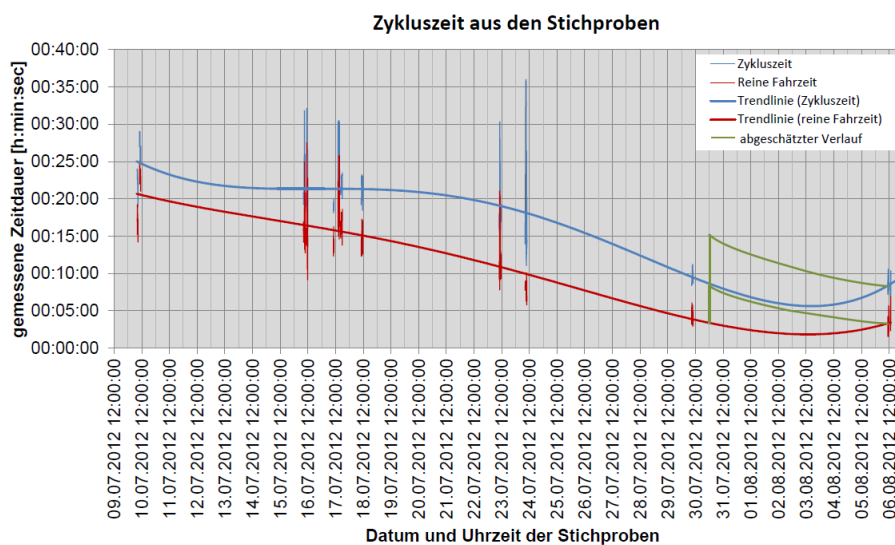


Bild 3.25: Zykluszeiten der Beobachtungen

Die Zykluszeiten weisen am 17.07.2012 sowie am 23. und 24.07.2012 Schwankungen auf. Am 17.07.2012 erfolgte die Beladung des aufgehaldeten Materials der Überfahrten des öffentlichen Verkehrs an der Anschlussstelle Leibnitz. Dabei entstanden verminderte Leitungswerte sowie erforderliche Überstellzeiten des Ladebaggers und daraus abgeleitet Wartezeiten der Transportgeräte.

Am 23. Und 24.07.2012 erfolgte die Beladung des Abbruchmaterials zwischen der Ab- und Ausfahrt der Raststation Gralla, dies führte zur

⁴⁰ GRIMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. S. 267

Verminderung der Leistungswerte aufgrund der Zuarbeiten an die Überfahrten des öffentlichen Verkehrs. und zu erhöhten Wartezeiten der Transportfahrzeuge. Außerdem erfolgte an diesem Tag eine Unterbrechung aufgrund der Betankung der gesamten Geräteketten. Es erforderte eine Dauer von 17 min für den Bagger und jeweils 10 min für die eingesetzten Dumper.

Ab der Ausfahrt zum Zwischenlagerplatz wurde der Abtrag unterbrochen, am Baulosanfang wieder aufgenommen. Dadurch erfolgte ab 31.07.2012 ein Anstieg der Fahrzeit, wobei der Verlauf aufgrund der fehlenden Aufzeichnungen, wie im Diagramm dargestellt, abgeschätzt wird.

Der Vergleich der Zykluszeit bzw. Fahrzeit zur Länge der Transportstrecke zeigt einen kontinuierlichen Abfall der Trendlinie in der folgenden Abbildung.

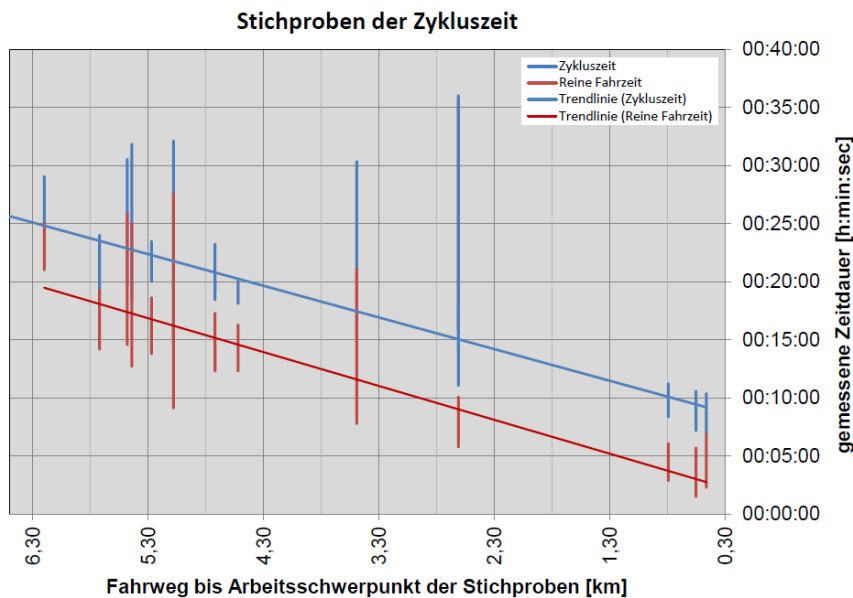


Bild 3.26: Zykluszeit in Abhängigkeit vom Weg

Die Ermittlung der Geschwindigkeit erfolgt über die vorhandene Fahrzeit. Dabei wird eine Gliederung zwischen den Durchschnittsgeschwindigkeiten auf reiner Betonfahrbahn und Auswertungen für Bereiche des Abtrags mit anteiliger Baustraße aus Altasphalt getroffen. Die Länge des Altasphalts variiert in den Beobachtungen zwischen 225 und 116 m, woraus ein Mittelwert von 175 m als Kennwert in der Darstellung gewählt wurde. Aus der Grafik ist ersichtlich, dass die Medianwerte der Geschwindigkeit aufgrund der unterschiedlichen Baustraßenbeschaffenheit, um ca. 10 % variieren.

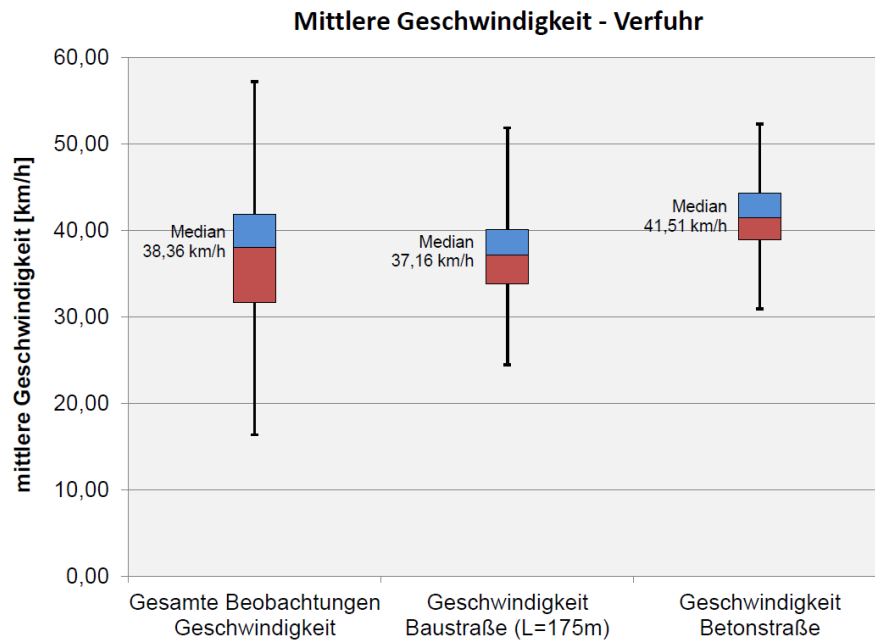


Bild 3.27: Geschwindigkeiten auf Betonstraße und Anteile Altasphalt

Unter Voraussetzung der vorliegenden Baustellenbedingungen wurde mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 95 % eine mittlere Geschwindigkeit von $36,8 \text{ km/h} \pm 1,0 \text{ km/h}$ erreicht. Aufgrund der Schiefe der Normalverteilung weicht dieser Wert vom ermittelten Medianwert mit $38,4 \text{ km/h}$ ab.

Aus den Beobachtungen wurde ebenso die Veränderung der Geschwindigkeit in Bezug auf die Einzelzeitaufnahme ermittelt. Aus der erstellten Grafik lässt sich eine niedrige Geschwindigkeit zu Beginn der Beobachtungen erkennen, der aufgrund des Einarbeitungseffektes und der fehlenden Verkehrsregelung an der Ausfahrt Leibnitz zurückzuführen ist. Mit verringerter Zykluszeit lässt sich ebenso an der Aufnahme vom 30.07.2012 ein abnehmender Trend erkennen, der auf die ablaufbedingten Tätigkeiten im Bereich der Ausfahrt zum Zwischenlagerplatz zurückzuführen ist.

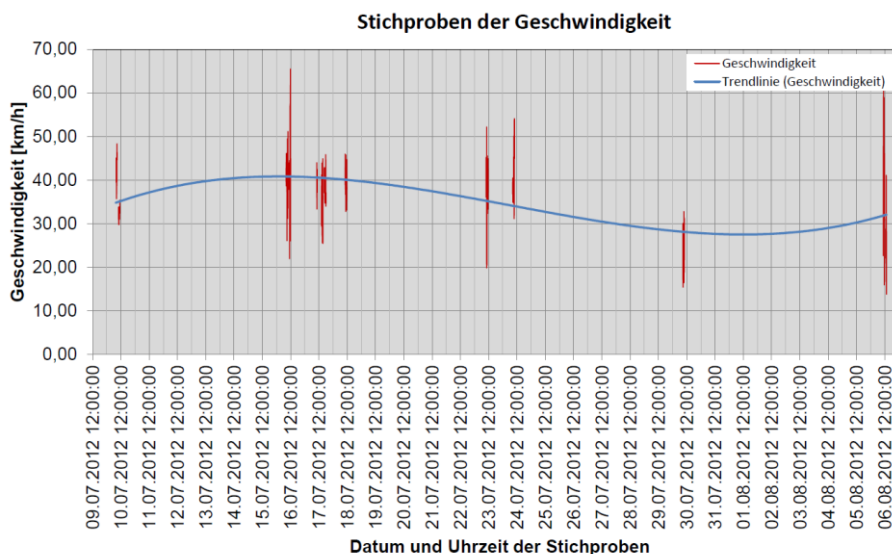


Bild 3.28: Veränderung der Geschwindigkeit

Die Be- und Entladezeit der Transportgeräte wurde getrennt voneinander betrachtet. In der folgenden Abbildung wurden die ermittelten Medianwerte der Beladezeit aus den Beobachtungen aufgetragen, wobei eine zusätzliche Betrachtung der Beladung unter Hindernissen analysiert wurde. Dabei ist ersichtlich, dass der Medianwert bei der Beladung unter Hochspannungsleitungen um 14 % von der Gesamtbetrachtung abweicht, jedoch eine große Streuung aufweist.

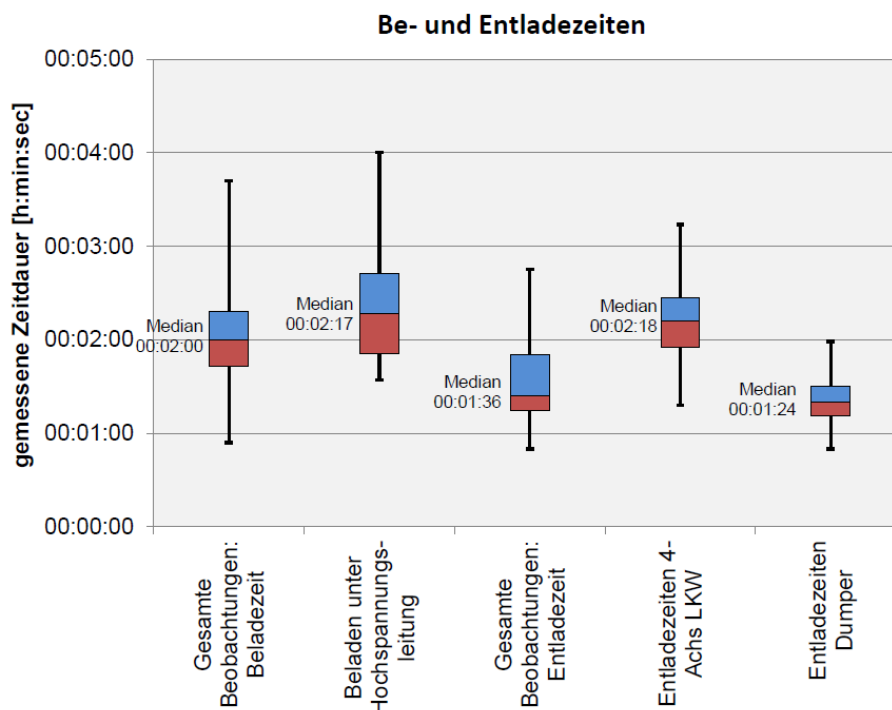


Bild 3.29: Dauer der Be- und Entladezeiten

Aus der statistischen Auswertung und aufgrund der hohen Anzahl an Beobachtungen beträgt der Mittelwert der Beladezeit mit 95% Eintrittswahrscheinlichkeit 02:04 min \pm 00:04 min. Dabei weicht der Mittelwert vom errechneten Medianwert nur gering ab.

Der Medianwert der gesamten Entladetätigkeiten wurde in der angeführten Grafik aufgezeigt, wobei eine zusätzliche Gliederung in die eingesetzten Fahrzeugtypen erfolgte. Daraus ist zu erkennen, dass die 4-Achs LKW um ca. 60 % länger für die Entladetätigkeit benötigt als die knickgelenkten Dumper. Die Entladezeit der 4-Achs LKW beträgt mit einer 95% Eintrittswahrscheinlichkeit am vorhandenen Zwischenlagerplatz 02:18 min \pm 00:08 min. Wohingegen der Mittelwert der Entladezeit eines Dumpers 01:24 min \pm 00:03 min beträgt. Bei dieser Betrachtung stimmen die errechneten Mittelwerte aufgrund der Normalverteilung der Stichproben mit den Medianwerten zusammen.

Um einen Vergleich zur Umlaufzeit der Urkalkulation anstellen zu können, ist die durchschnittliche Dauer für Warte- und Wendezeit ebenso zu berücksichtigen. Für die Ermittlung dieser Zeitdauer muss eine Gesamtbetrachtung der Umlaufzeiten durchgeführt werden. Es wurde mit Hilfe der Gesamtanzahl der Fahren und den geleisteten Gesamtstunden die mittlere Umlaufzeit errechnet. Bei dieser Betrachtung wurde die Anzahl der Fahren der 4-Achs LKWs um 30 % (von 12 m³ auf 17 m³) abgemindert, um die Anzahl der Fahren auf den durchschnittlichen Muldeninhalt eines eingesetzten Dumpers umzurechnen. Die Umlaufzeit ergibt, wie aus Tabelle 3.6 ersichtlich, bei der Betrachtung des gesamten Abtrags einen Wert von 0,30 h/Dumperfuhr. Umgerechnet auf die transportierte Menge beträgt der Aufwand der Verfuhr 0,039 h/m³.

Aus der mittleren Umlaufzeit wird die durchschnittliche Dauer für die Wartezeit ermittelt. Diese wird für zukünftige Projekte zur Dauer der Beladezeit hinzugezählt. Per Definition setzt sich die Beladezeit von 9,3 min aus der effektiven Beladedauer von 2 min, der Wendezeit von durchschnittlich 1 min, der Wagenwechselzeit von 0,6 min und der ermittelten Wartezeit von 5,6 min zusammen. Darin sind Einflüsse aus Hindernissen, Überfahrten für den öffentlichen Verkehr und bauablaufbedingten Unterbrechungen des gegenständigen Bauloses berücksichtigt.

Tabelle 3.6: Ermittlung der mittleren Wartezeit

Gesamtbetrachtung Umlaufzeit			
Fuhren (D+4A)	2946,5 F	22704,33 m ³	
Gesamstunden	879,50	879,50	
UMLZ	0,30 h/Fuhr	0,039 h/m ³	
Beladung	0,033 h	2,0 min	9,3 min
Wartezeiten	0,094 h	5,7 min	
Wendezeit	0,017 h	1,0 min	
Wagenwechselzeit lt. Lit	0,010 h	0,6 min	
Entladung	0,025 h	1,5 min	
Fahrzeit pro Richtung	0,060 h	3,6 min	3,6 min
Fahrstrecke bis zum Abtragsschwerpunkt			2,19 km
mittlere Geschwindigkeit (Stichpr)			36,8 km/h

Aus den einzelnen Bestandteilen der Umlaufzeit kann eine Übersicht dargestellt werden.

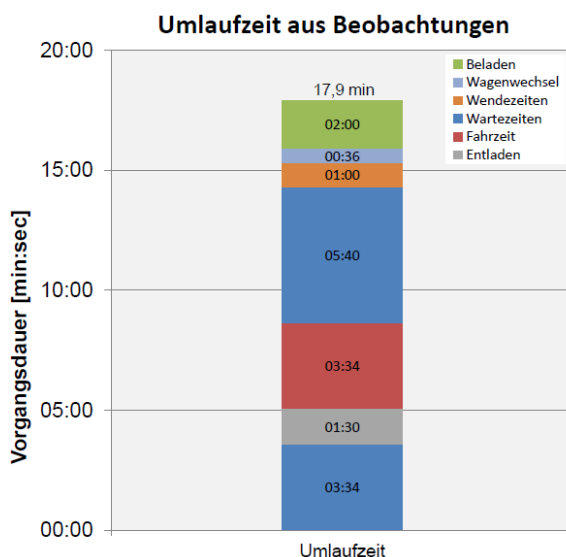


Bild 3.30: Anteile der Umlaufzeit

Aus den Aufzeichnungen des Poliers und den Lieferscheinen lässt sich die Anzahl der Fahrten und die daraus resultierende Menge pro Fuhr errechnen. Die Gesamtmenge des Betondeckenabtrags und der abgetragenen, transportierten Lärmschutzwände beträgt 22.704 m³. Aus der folgenden Auflistung der Fuhren lässt sich ein Gesamtmittelwert von 7,7 m³ festes Material pro Fuhr errechnen. Aufgrund des theoretischen Muldeninhalts bzw. der mittleren Nutzlast errechnet sich ein Ladefaktor von 0,70 bzw. ein Auflockerungsfaktor von 1,42 m³_{lose}/m³_{fest}

Anhand der Analysen der einzelnen Beobachtungstage (letzte Spalte der Tabelle 3.7) transportierten die Dumper und LKWs, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%, 7,1 m³/Fuhr ±0,6 m³/Fuhr festes Abbruchmaterial.

Tabelle 3.7: Fuhrenliste

Gesamtbetrachtung Verfuhr						
AT	Datum	Dumper 17 m³	4-Achs LKW 12 m³	Umrechnung =x*12/17	Kubatur [m³]	Kubatur /Fuhr [m³/Fuhr]
1	09.07.2012	60	38	26,82	706,33	8,14
2	10.07.2012	97	43	30,35	921,99	7,24
3	16.07.2012	90	41	28,94	1.212,38	10,19
4	17.07.2012	111	62	43,76	947,76	6,12
5	18.07.2012	144	8	5,65		
6	19.07.2012	170	36	25,41		
7	20.07.2012	175				
8	23.07.2012	190			1.320,91	6,95
9	24.07.2012	180			1.298,23	7,21
10	25.07.2012	181				
11	26.07.2012	177				
12	27.07.2012	174				
13	30.07.2012	236			1.669,30	7,07
14	31.07.2012	186			968,75	5,21
15	01.08.2012	200			1.279,66	6,40
16	02.08.2012	187			1.389,74	7,43
17	03.08.2012	159				
18	06.08.2012	44	18	12,71		
19	07.08.2012	9	4	2,82		
20	08.08.2012					
Summe		2770	250	176,47		
Umrechnung auf 17m³		2770,0	176,5		Mittelwert	7,2 m³/Fuhr
Fuhren			2946,5		Standardabw	1,3 m³/Fuhr
Gesamtkub			22704,33 m³		Median	7,1 m³/Fuhr
Gesamtmittel						
Gesamtmittel			7,7 m³/Fuhr			
Gesamtmittel (2,4 t/m³)			18,49 to/Fuhr			
Ladefaktor über mittlere Nutzlast (26,3 t)			0,70			
Auflockerungsfaktor (1/fl)			1,42			
Gesamtmittel (loses Material)			11,0 m³/Fuhr			
Errechneter Ausnutzungsgrad			64,5%			

Mit einem geschätzten Ladefaktor von 0,70 wird das vorhandene Ladevolumen zu ca. 65 % ausgenützt. Dieser errechnete Wert kann auf die großen Betonschollen und das entstehende Haufwerk bei der Beladung der Mulden zurückzuführen sein.

3.4.2.4 Kontrolle der Ansätze in der Urkalkulation

Die Ermittlung der Nutzleistungen wird im Anhang näher erläutert:

- Transportgeräte: 105,0 m³/h
- Randbedingungen:
 - Dumper 17,5 m³ mit einer Nutzlast von 27 t
 - 3 Transportgeräte (im Schwerpunkt sind 2,3 Geräte erforderlich)
 - Transportstrecke bis Schwerpunkt des Betondeckenabtrags (2,19 km)
 - Umlaufzeit 17,9 min

Die Leistung der Transportgeräte ist auf den Arbeitsschwerpunkt bezogen, wobei gemäß dem Abtragsfortschritt die Anzahl der Geräte variiert. Zur Ermittlung der optimalen Transportgeräteanzahl wird in der folgenden Abbildung die erforderliche Anzahl in Abhängigkeit von der vorhandenen Streckenlänge dargestellt. Die Streckenaufteilung wird in der folgenden Tabelle dargestellt. Für die Berechnung der Fahrzeit

werden die Länge der Wendeschleife und die Strecke des Zwischenlagerplatzes nicht berücksichtigt, da diese zu der Wendezeit bzw. Entladezeit zählen.

Tabelle 3.8: Fahrstreckenaufteilung der Verfuhr

Arbeitsschwerpunkt	Streckenlänge	Anteil
Strecke Baustraße (P185+12,5m - P110)	1,89 km	1,69 km
		0,20 km
Abfahrt bis zur Entladung	0,30 km	0,30 km
gesamte Fahrstrecke	2,19 km	
Zusätzliche Wegstrecken (in Wendezeit und Entladezeit)		
Wendeschleife	0,10 km	0,10 km
Zwischenlagerplatz	0,15 km	0,15 km
gesamte Fahrstrecke	2,44 km	

Die erforderlichen Werte des Transports werden anhand der Annahmen aus Beobachtungen abgeleitet. Die Anzahl der Fahrzeuge errechnet sich aus dem Quotienten der Umlaufzeit und der Engpasszeit (längste Dauer der Umlaufzeit). Die Grundstrecke besteht aus der Abfahrt bis zum Zwischenlagerplatz mit einer Länge von 300 m. Die längste Distanz beträgt ca. 5.980 m und ergibt zwischen der Betriebsumkehr der Autobahnmeisterei und dem Baulosende.

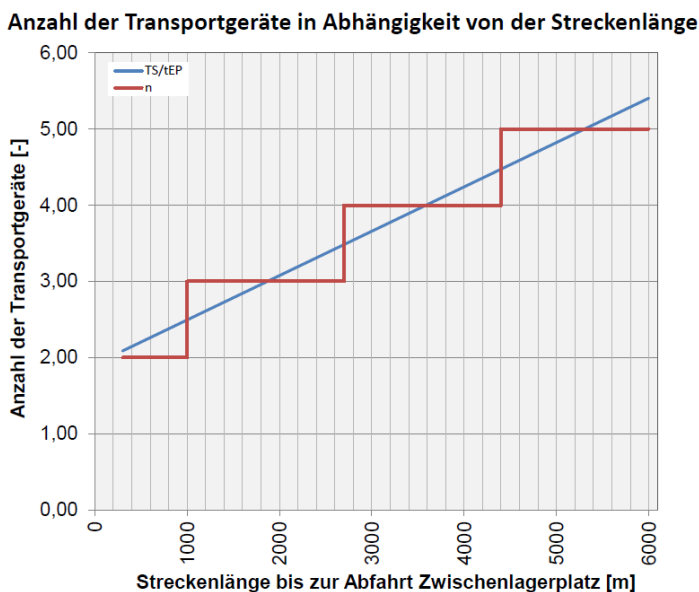


Bild 3.31: Abschätzung der Anzahl der Transportgeräte nach Streckenabschnitt

Aus diesem Diagramm lässt sich ein konstanter Verlauf des theoretischen Bedarfs erkennen, davon abgeleitet wird der erforderliche Bedarf mit der gewählten Anzahl an Transportgeräten ausgeglichen. Abgeleitet von der erforderlichen Zykluszeit sind zu Beginn 5 Dumper mit einem Transportvolumen von 27 t erforderlich. In Abständen von ca. 1,8 km kann je ein Fahrzeug reduziert werden. Die Strecke von der Abfahrt bis zum Zwischenlagerplatz beträgt 300 m, wodurch immer 2 Fahrzeuge im Einsatz sind.

Bei einer Gegenüberstellung mit der theoretischen Nutzleistung des Ladebaggers ist ersichtlich, dass der eingesetzte Ladebagger mit ca. 110 m³/h (Ermittlung siehe A 2.1) eine höhere Leistung besitzt. Die daraus entstehende Wartezeit des Hydraulikbaggers wurde für das Zerkleinern der Betonschollen und das Umsetzen des Ladebaggers vorgesehen.

Die Berechnung der Gesamtdauer für den Betondeckenabtrag wird mit folgenden Annahmen durchgeführt:

- Tägliche Arbeitszeit beträgt 10 h
- Ausgeschriebene Gesamtmenge des Betondeckenabtrags 43.000 m³ - davon 97% Großflächenanteil

Die Gesamtdauer für den Abtrag einer Richtungsfahrbahn errechnet sich mit dem ermittelten Leistungsansatz der Transportgeräte.

$$t_{\text{Gesamt}} = \frac{V_{\text{RFB}}}{Q_{\text{N,Verfuhr}}} = \frac{43.000 \cdot 0,97 \cdot 0,50}{105,0} = 199 \text{ h}$$

Die Gesamtdauer für die betrachtete Richtungsfahrbahn (Fahrtrichtung VAK) beträgt 199 h. Mit einer täglichen Arbeitszeit von 10 Stunden ergibt sich eine Dauer des Abtrags von ca. 20 Arbeitstagen.

Die erforderliche Anzahl an Fahrten für die abzutragende Richtungsfahrbahn wird, mit den angesetzten Dumpfern und einem Muldeninhalt von 11,25 m³ festes Material, über folgende Formel⁴¹ errechnet.

$$n_{\text{Fahrten}} = \frac{V_{\text{RFB}}}{V_{\text{FSAE}} \cdot \alpha \cdot \varphi} = \frac{43.000 \cdot 0,97 \cdot 0,50}{(27/2,4) \cdot 0,70 \cdot 1,10} \approx 2410$$

n_{Fahrten} = Anzahl der erforderlichen Fahren

V_{RFB} = Großflächenanteil der ausgeschriebene Gesamtkubatur je Richtungsfahrbahn

V_{FSAE} = Muldeninhalt des Transportfahrzeuges begrenzt durch Gewicht des Materials (27 t Nutzlast)

α = Lösefaktor

φ = Füllfaktor der Mulde

Bei Gegenüberstellung des theoretischen Bedarfs und der tatsächlichen Anzahl an Fahren ist der Unterschied auf die höhere Transportmenge bzw. die unterschiedlichen Transportgeräte zurückzuführen. Aufgrund der höheren Tagesarbeitszeit während der Ausführungsphase wurde jedoch der Ansatz von 20 Arbeitstagen erreicht.

⁴¹ GRIMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. S. 98

3.4.2.5 Aufbereitung

Die Aufbereitung wurde, wie oben beschrieben, mit einer zweistufigen Brechereinheit bewerkstelligt. Bei der Lagerung des aufbereiteten Materials wurden anhand einer Wägung mit dem Radlader die Tagesmengen ermittelt. Davon abgeleitet wurden Leistungsansätze für die verschiedenen Kornklassen mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 95 % ermittelt.

Tabelle 3.9: Leistungsansätze Aufbereitung

Leistungswerte - Aufbereitung			
0/32	0/45	0/63	
168,9 t/h	174,1 t/h	184,5 t/h	Mittelwert
70,4 m ³ /h	72,5 m ³ /h	76,9 m ³ /h	Mittelwert (2,4 t/m ³)
13,4 t/h	7,1 t/h	13,3 t/h	Standardabw.
3,3 t/h	3,6 t/h	3,1 t/h	Standardfehler
16	4	18	Anzahl der Beobachtungen
95 %	95 %	95 %	Eintrittswahrscheinlichkeit
+/- 6,56 t/h	+/- 6,97 t/h	+/- 6,17 t/h	Erwartungsfehler

Aus den Ergebnissen der Tabelle 3.9 ist ersichtlich, dass die Stundenleistungen mit dem Anstieg der Endkörnungsklasse korreliert.

3.4.2.6 Überfahrten für den öffentlichen Verkehr

Aufgrund des querenden Verkehrs wurden die Überfahrten des öffentlichen Verkehrs im Nachhinein abgetragen und verladen. Im Zuge der Baustellenbeobachtungen erfolgte die Aufnahme des Abtrags an vier Überfahrten. An den Überfahrten für den öffentlichen Verkehr der Anschlussstelle Leibnitz zerstörte der Reißbagger das Gefüge. Anschließend wurde das Material mit dem Radlader bzw. Mobilbagger auf einen Haufen geschuttet. Am darauffolgenden Tag beschickte der Ladebagger die Transportgeräte mit dem aufgehaldeten Material. Mit der beobachteten Gesamtdauer des Abtrags, der Beladung des Materials und der provisorischen Herstellung der Rampen an den Überfahrten errechnet sich ein mittlerer Leistungswert von 28,10 m³/h.

Im Gegensatz dazu erfolgte der Abtrag an den Aus- und Auffahrten der Raststation und der Anschlussstelle Lebring mit dem Reißbagger und dem Radlader. Um eine Unterbrechung der Abtragstätigkeiten bzw. Wartezeiten der Transportkette zu verhindern, wurde das Material mit dem Radlader direkt auf die Transportgeräte verladen. Trotz der geringeren Ladeleistung beträgt der mittlere Leistungswert bei dieser Methode 26,06 m³/h. Der Grund dafür kann auf die verringerte Manipulation des Abtragmaterials zurückzuführen sein.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Aufzeichnungen des Abtrags der Aus- und Auffahrten dargestellt.

Tabelle 3.10: Leistungsermittlung beim Abtrag von Überfahrten des öffentlichen Verkehrs

Tätigkeit	Datum	AZ	Kubatur	Leistung	Mittelwert	Gesamt MW
			[m ³]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	
Abfahrt Leibnitz	16.07.2012	04:30	182,4	40,54 m ³ /h	27,37 m ³ /h	28,10 m ³ /h
Laden+Verfuhr Abfahrt Leib	17.07.2012	02:10	182,4	84,21 m ³ /h		
Ausfahrt Leibnitz	18.07.2012	06:00	245,0	40,84 m ³ /h	28,83 m ³ /h	
Laden+Verfuhr Ausfahrt Leib	19.07.2012	02:30	245,0	98,01 m ³ /h		
Ausfahrt Raststation gesamt	07.08.2012	04:00	111,9	27,97 m ³ /h	27,97 m ³ /h	26,06 m ³ /h
Ausfahrt Lebring gesamt	07.08.2012	02:00	48,3	24,15 m ³ /h	24,15 m ³ /h	

3.5 Nachkalkulation

Die Nachkalkulation dieses Bauverfahrens wird in den folgenden Unterkapiteln in vier Leistungspositionen erfasst. In diesem Kapitel werden nur die Ergebnisse der Gegenüberstellung präsentiert, wobei die gesamte Nachkalkulation im Anhang zu finden ist.

3.5.1 Entspannen

Beim Entspannen der Betondecke wird vom ursprünglich vorgesehenen Schlagabstand mit 80 cm abgewichen. Außerdem wurden die Kosten für den An- und Abtransport in der Urkalkulation nicht berücksichtigt. Bei den durchgeführten Tätigkeiten auf der Baustelle wurde im Bauablauf eine Teilung von 60 cm mit einer fünfmaligen Befahrung des Querschnitts festgelegt, um eine ausreichende Zerstörung des Betons zu erreichen. Durch die auftretenden Schwierigkeiten beim Reißen musste der Betonzerstörer teils schon geklopfte Bereiche nachträglich bearbeiten, wobei eine Überstellung der Maschine im Baufeld erforderlich war. Ebenso wurden die Aus- und Auffahrten des öffentlichen Verkehrs bei der Anschlussstelle Leibnitz mit Regiestunden und zusätzlichem Zwischentransport verrechnet. Aus diesem Grund besteht auch eine Abweichung der Leistungsmenge zur Gesamtmenge der Abtragsposition.

Aus der Nachkalkulation lässt sich erkennen, dass durch die Abweichung der ursprünglichen Teilung von 80 auf 60 cm bzw. einem anderen beauftragten Subunternehmer der kalkulierte Einheitspreis von 1,06 €/m³ nicht erreicht wurde. Aufgrund dessen kam es zu einer Abweichung von 26,2 % vom ursprünglich geplanten Einheitspreis der Urkalkulation.

Tabelle 3.11: Nachkalkulation Entspannen

Nachkalkulation - Entspannen		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Entspannen Betondecke unbew. m. Fallgewicht	0201031710A	25.235,44 m ³
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	1,06 €/m ³	26.749,57 €
Nachkalkulation (IST)	1,34 €/m ³	33.761,92 €
Delta	-26,2%	-7.012,35 €

3.5.2 Abtrag und Laden der Betondecke

Diese Leistungsposition beinhaltet das Zerkleinern und Lösen der unbewehrten Betonfahrbahn sowie das Verladen auf die Transportgeräte.

Der errechnete Gesamtmittelwert des Reißbaggers beträgt 116,6 m³/h und weicht von der Annahme mit 130 m³/h um 15 m³/h ab.

Für die Ladetätigkeit wurde ein 25 t Bagger mit einer Leistung von 70 m³/h vorgesehen. Jedoch wurde ein 46 t Bagger zum Beladen der Transportfahrzeuge herangezogen, wodurch sich die Leistung auf 117 m³/h (siehe A 2.1) erhöht. Die erforderlichen Faktoren zur Berechnung der Nutzleistung eines Hydraulikbaggers gemäß Literatur werden mit der kalkulierten Leistung des 25 t Baggers abgestimmt. Die ausführliche Berechnung der einzelnen Faktoren wird im Anhang erläutert. In der nachfolgenden Tabelle sind die einzelnen Faktoren aufgelistet und als Vergleich gegenübergestellt.

Tabelle 3.12: Gegenüberstellung der Ergebnisse

Nutzleistung für Hydraulikbagger		Hydraulikbagger mit Tieföffel	
		Komatsu PC240	Kobelco SK460
		25 t	46 t
Nenninhalt des Grabgefäßes	V _{SAE}	1,90 m ³	3,00 m ³
Spielzeit	t _s	22 sec	20 sec
Lösefaktor	α	0,70 fm ³ /lm ³	0,70 fm ³ /lm ³
Füllfaktor	φ	0,80	0,80
Bedienungsfaktor	η ₁	0,93	0,93
Betriebsfaktor	η ₂	0,95	0,95
Graftiefenfaktor	f ₁	0,80	0,80
Schwenkwinkelfaktor	f ₂	1,00	1,00
Entleerungsgenauigkeit	f ₃	1,00	1,00
Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor	f ₄	0,90	0,90
Verfügbarkeits- Gerätezustand	f ₅	0,85	0,80
Geräteausnutzung	η _G	0,75	0,75
Nutzleistung (festes Mat)		Q_{N,F}	70,61 m³/h 115,42 m³/h

$$Q_{N,Bagger} = \frac{V_{SAE}}{t_s} \cdot 3600 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \eta_G$$

$$k_1 = \alpha \cdot \varphi$$

$$k_2 = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$$

$$k_3 = \eta_1 \cdot \eta_2$$

In der Gegenüberstellung der theoretischen Nutzleistung des Ladebaggers mit den Ansätzen der Urkalkulation von 115,40 m³/h und

der errechneten mittleren Leistung aus der Gesamtbetrachtung mit einem Leistungswert von 110 m³/h errechnet sich eine Abweichung von ca. 5 %.

Ein vorgesehener 21 t Bagger wurde in der Kalkulation für das nachträgliche Zerkleinern des Betonabbruchs mit einem Hydromeißel im Ausmaß von 40 % der gesamten Abtragsdauer vorgesehen. Bei der Bauausführung hingegen wurde ein 25 t Bagger für die gesamte Dauer des Materialtransports eingesetzt, um das Material aufzuhalden und gegebenenfalls zu zerkleinern.

Beim Abtrag wird zusätzlich ein kleiner Radlader, eine Arbeitskraft, der den Radlader bedient, und ein Traktor mit Wasserfass berücksichtigt. Im Gegensatz dazu wurde ein großer Radlader eingesetzt, der für die vorgesehenen Tätigkeiten erforderlich war.

Bei den Beobachtungen wurde festgestellt, dass zur Verkehrsregelung, Versetzen der Verkehrsleitsysteme beim Abtrag der Aus- und Auffahrten bzw. zum Schneiden der Anker weitere Arbeitskräfte erforderlich waren.

Durch die Abweichung der Leistungsansätze, den fehlenden Anteil des Baggers zum Aufhalden und den höheren Bedarfs zur Benetzung der Baustraße mit Wasser wird eine Differenz von 29,3% zum kalkulierten Einheitspreis errechnet. Umgerechnet ergibt dies einen Verlust von ca. 24.000 €.

Tabelle 3.13: Nachkalkulation Abtrag und Laden

Nachkalkulation - Abtrag und Laden		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Betondecke unbew. >20cm abtragen und laden	0201031701E	22.221,43 m ³
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	3,68 €/m ³	81.685,98 €
Nachkalkulation (IST)	4,75 €/m ³	105.585,09 €
Delta	-29,3%	-23.899,12 €

3.5.3 Verfuhr

Die Leistungsermittlung der Transportgeräte erfolgt eine Gliederung in Dumper und in 4-Achs LKWs, um den Leistungsansatz zu vergleichen. Dieser überschreitet den angesetzten Wert um ca. 4 % und ergibt sich aus der geringeren Transportmenge, jedoch einer geringeren Umlaufzeit.

In der Urkalkulation setzt sich die Umlaufzeit, mit einem Ausmaß von 40,8 min (0,68 h/Fuhr) im Durchschnitt bei einer Länge von 2,5 km, aus folgenden Anteilen zusammen:

- Ladezeit 15 min
- Fahrzeit je Richtung im Mittel ca. 9 min, diese setzt sich aus der Länge bis zum Arbeitsschwerpunkt mit 2,5 km und einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 16 km/h zusammen.
- Entladezeit 7 min



Durch die Auswertungen kann die Umlaufzeit im Mittel (95 % Eintrittswahrscheinlichkeit) mit folgenden Werten angenommen werden:

- Beladezeit 9,3 min mit Beladung durch 46 t Bagger und allfälliger Warte- und Wendezeit
- Fahrgeschwindigkeit 36,8 km/h
- Entladezeit 1,5 min für die Entladung mit einem Dumper

Bei einer durchschnittlichen Länge von 2,5 km (Vergleich zur Urkalkulation) errechnet sich eine mittlere Umlaufzeit von 18,0 min (0,30 h/Fuhr). Daraus zeigt sich eine Abweichung von 22,8 min, wodurch eine höhere Anzahl an Fahrten pro Tag erreicht wurde.

Für den Großflächenabtrag beträgt die kalkulierte Menge pro Fuhr in der Urkalkulation 18 m³. Aus den Aufzeichnungen lässt sich jedoch errechnen, dass pro Fuhr im Durchschnitt 7,7 m³ festes Material transportiert wurde.

Trotz der hohen Annahme des möglichen Transportvolumens kann bei der Betrachtung der anteiligen Großfläche, aufgrund der durchschnittlich kürzeren Umlaufzeiten, ein geringer Verlust von 2.190 €/m³ bzw. eine Abweichung von 2,6 % erwirtschaftet werden.

Tabelle 3.14: Nachkalkulation Verfuhr Betondecke

Nachkalkulation - Verfuhr		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Betondecke unbew. Verfuhr	0201031702B	22.221,43 m ³
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	3,77 €/m ³	83.752,57 €
Nachkalkulation (IST)	3,87 €/m ³	85.942,25 €
Delta	-2,6%	-2.189,68 €

3.5.4 Aufbereitung

Die Brechereinheit zur Herstellung der geforderten Kornklasse RB I 0/45 wurde mit einer Stundenleistung von 100 t/h kalkuliert. Die kalkulierte Einheit setzt sich aus einem mobilen Brecher mit einer Leistung von 100 t/h, einem Hydraulikbagger mit einem Einsatzgewicht von 21 t und einem Radlader mit 28 t zusammen. Ein zusätzlicher Hilfsarbeiter wird während der Aufbereitungsdauer als Kippeinweiser und zur Koordination der ankommenden Fahrzeuge kalkuliert. Dieser konnte aufgrund des Hydraulikbaggers für die Aufhaldung eingespart werden. Die Gesamtmenge wurde anhand des Gewichts des aufbereitenden Materials von 65.000 t mit einer Dichte von 2,4 t/m³ auf eine Gesamtmenge von 27.100 m³ umgerechnet. Die Abweichung zu den Gesamtmengen der Verfuhr ist auf die Aufbereitung von anderen Abbruchmaterial der Baustelle und einer generell höheren Ausschreibungsmenge zurückzuführen.

Da die Brechereinheit von einem Subunternehmer betrieben wurde, werden die anfallenden Kosten pro Tonne aufbereitetem Material dem kalkulierten Einheitspreis gegenübergestellt. Im Vergleich von Aufwand und Erlös wurde eine Abweichung von 4,4 % errechnet.

Tabelle 3.15: Nachkalkulation der Aufbereitung

Nachkalkulation - Aufbereitung		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Aufber. Betonabbruch mob. RB I 0/45	0201250303I	27.083,05 m ³
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	6,23 €/m ³	168.727,40 €
Nachkalkulation (IST)	6,50 €/m ³	176.172,38 €
Delta	-4,4%	-7.444,98 €

3.6 Fazit

Der Abtrag der Betondecke hängt maßgebend von der Vorarbeit des Betonzertrümmerers ab. Es ist wesentlich einen geringen Schlagabstand zu wählen, da die nachfolgenden Arbeitsschritte erleichtert werden. Die Anzahl der zu geschlagenen Spuren ist ebenso von großer Bedeutung. Bei einem Schlagabstand von 60 cm und einer fünffachen Befahrung des Querschnitts wurde eine Tagesleistung von ca. 6000 m² erreicht. Wird schon zu Beginn ein Schlagabstand weniger als 50 cm und eine sechsfache Befahrung des Querschnittes vorgesehen, können folgende Auswirkungen auf den Abtrag erreicht werden:

- Die entstehenden Kosten durch nachträgliches Entspannen werden schon im Voraus verhindert.
- Eine höhere Leistung des Reißbaggers wird erreicht, bzw. ist der Einsatz eines Hydraulikbaggers mit geringerem Eigengewicht möglich.
- Der Ladebagger kann durch kleinere Bruchstücke bzw. einen höheren Ladefaktor eine höhere Leistung erzielen.
- Die Menge des transportierten Materials kann pro Fuhr erhöht werden.
- Ein Ausfall der Brechereinheit kann durch kleinere Aufgabegrößen verhindert werden. In der Folge werden entstehende Kosten aufgrund der Ausfallszeit der Brechereinheit vermieden.
- Die Anzahl der Maschinenstunden für das nachträgliche Zerkleinern mit dem Hydraulikmeißel wird verringert.
- Das Ablösen des Altasphalts mit den Bruchschollen war bei einem Schlagabstand von 80 cm am Baulosende häufiger zu erkennen.

Aus der Analyse der Lieferscheine und täglichen Leistungsmengen wurde für das Laden mit einem 46 t Bagger ein Mittelwert von ca.

110 m³/h und für das Reißen mit einem 46 t Bagger ein mittlerer Leistungswert von ca. 130 m³/h erreicht.

In Bereichen von Hindernissen sollte der Radlader das aufgerissene Material aufhalten, um eine Beladung unter den Hindernissen und einen daraus resultierenden Produktivitätsverlust zu vermeiden.

In schmalen Abschnitten des Bauloses sind Ausweichstellen auf der ersten Fahrspur durch den Reißbagger freizuhalten, um eine Begegnung der Transportfahrzeuge zu ermöglichen und Wartezeiten zu verhindern. In der Gesamtbetrachtung der Verfuhr erreichten die eingesetzten Dumper mit einem mittleren Muldeninhalt von 17 m³ ein Transportvolumen von 7,7 m³/Fuhr festes Material. Deren Durchschnittsgeschwindigkeit am Baulos lag bei ca. 37 km/h. Die Auswertung der Zeitaufzeichnungen ergab einen Mittelwert von ca. 8,5 Minuten für die Beladung des Dumpers inklusive allfälliger Wartezeiten durch Unterbrechungen sowie Wendezeiten. Die Entladezeit hingegen beträgt bei den Dumpern ca. 1,5 Minuten. Im Gegensatz dazu beträgt die Entladezeit eines 4-Achs LKWs ca. 2,5 Minuten.

Bei den Baustellenaufnahmen des Abtrags wurde an den Überfahrten des öffentlichen Verkehrs eine Leistung von 26 m³/h erreicht, wenn der Radlader das aufgerissene Material direkt auf die LKWs verladen hat. Aufgrund des Vergleichs mit der Beladung durch den Ladebagger ist die Variante mit dem Radlader zu empfehlen, da sie unabhängig vom eigentlichen Abtrag stattfinden kann.

Aufgrund der fehlenden Absturzkante am Zwischenlagerplatz des Betonabbruchs war für die gesamte Dauer der Verfuhr ein Hydraulikbagger zum Aufhalten vorzusehen. Dieser übernimmt außerdem noch weitere wesentliche Funktionen die in den folgenden Punkten aufgezeigt werden:

- Aufhaltung und Erzeugung von Absturzkanten für die Transportgeräte bei flachen Zwischenlagerplätzen.
- Koordination und Einweisung der ankommenden Transportgeräte
- Bei Ausfall der Brechereinheit wird das Material zur Gänze von diesem Bagger übernommen und zwischengelagert
- Bei großen Betonbruchschollen kann mittels Hydraulikmeißel oder Betonpulverisierer die geforderte Aufgabegröße erreicht werden.

Eine Betankung der Geräte ist während der Abtragsarbeiten zu vermeiden. Wenn möglich sollte eine Betankung insbesondere des Ladebaggers und der Transportgeräte zu Beginn oder am Ende der täglichen Arbeitszeit vorgesehen werden. Dadurch können entstehende Wartezeiten der gesamten Geräteketten vermieden werden.

Aus der folgenden Zusammenstellung ist ersichtlich, dass beim Abtrag der Betonfahrbahn ein Verlust von ca. 40.500 € erwirtschaftet wurde.

Tabelle 3.16: Kostenübersicht Betondeckenabtrag

Gesamtbetrachtung	Betondeckenabtrag		
Leistungsposition	Aufwand	Erlös	Delta
Entspannen Betondecke unbew. m. Fallgewicht	33.761,92 €	26.749,57 €	- 7.012,35 €
Betondecke unbew. >20cm abtragen und laden	105.585,09 €	81.685,98 €	- 23.899,12 €
Betondecke unbew. Verfuhr	85.942,25 €	83.752,57 €	- 2.189,68 €
Aufber. Betonabbruch mob. RB I 0/45	176.172,38 €	168.727,40 €	- 7.444,98 €
Summe	401.461,64 €	360.915,51 €	- 40.546,12 €
	Summe Gewinn/Verlust		- 11,2 %

Dieser Unterschied lässt sich insbesondere auf die höheren Lohn- bzw. Gerätestunden beim Abtrag bzw. der Verladung der Betondecke erklären.

4 Hydraulisch gebundene Tragschicht

Im nachfolgenden Kapitel wird das Verfahren zur Herstellung einer hydraulisch gebundenen Tragschicht analysiert.

4.1 Theoretische Grundlagen

Bei diesem Verfahren war in der Ausschreibung ein Abtrag bis zur ungebundenen Tragschicht geplant. Jedoch kam im Zuge der Bauabwicklung ein Ausführungsvorschlag des Auftragnehmers zur Anwendung.

4.1.1 Änderungen des ursprünglich geplanten Verfahrens

In der Ausschreibung des Auftraggebers sind ein Abtrag aller gebundenen und ein Teil der ungebundenen Schichten des Straßenaufbaus erforderlich (siehe Bild 4.1). Durch Abtragsfräsen mit einer Stärke von 18+7 cm werden der Altasphalt und ein Teil der bestehenden ungebundenen sowie die gebundene Tragschicht unter der abgetragenen Betondecke entfernt. Der aufbereitete Ausbauasphalt war zur Herstellung des Banketts im gesamten Baulos vorgesehen. Die zementstabilisierte Tragschicht kam nach Vorlagerung von 30 cm RC I 0/45 Material gemäß dem Auftraggeberentwurf auf einer Höhenlage von 5 cm über dem ursprünglichen Niveau zu liegen. Dabei wird zusätzlich die bestehende Querneigung von ca. 2 % auf 2,5 % an den Stand der Technik angepasst. Gemäß den Anforderungen muss die Verdichtung am Unterbauplanum 35 MN/m² ($E_{V1,UP}$ – RVS 08.03.01) nachgewiesen werden.

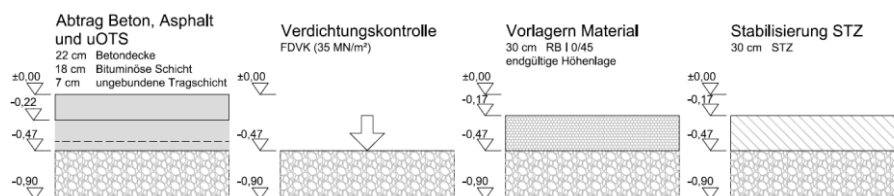


Bild 4.1: Verfahren gemäß Ausschreibung

Im Ausführungsvorschlag des Auftragnehmers wird der Altasphalt und die darunterliegende Tragschicht mit einer Stärke von 25 cm homogenisiert und verdichtet (siehe Bild 4.2). Es ist ein Zwischenplanum herzustellen, damit die Querneigungslage dem neuen Deckenbuch entspricht. Auf diesem Planum wird, zum Nachweis des erforderlichen Verdichtungswertes, eine flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle (FDVK) durchgeführt. Auf Versuchsfeldern wurde der erforderliche dynamische Verdichtungskennwert CMV der FDVK-Walze mit 45 festgelegt, um den geforderten Verdichtungswert des Unterbauplanums auf dem Zwischenplanum des gefrästen Materials

(UP+68 cm) zu bestimmen. Anschließend wird RC I 0/32 mit einer Stärke von 5 cm vorlagert, verdichtet und mit dem Grader planiert. Auf diesem Planum wird die stabilisierte Tragschicht hergestellt.

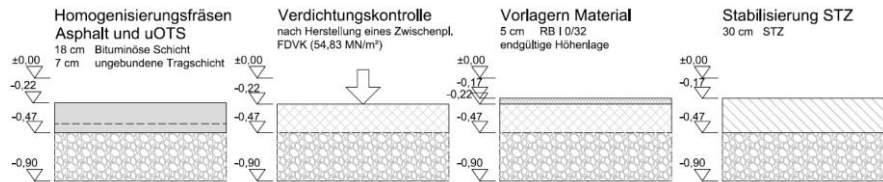


Bild 4.2: Verfahren nach Ausführungsvorschlag des Auftragnehmers

4.1.2 Bauverfahren

Im folgenden Ablaufdiagramm ist der grundsätzliche Ablauf zur Herstellung einer hydraulisch stabilisierten Tragschicht zu erkennen.

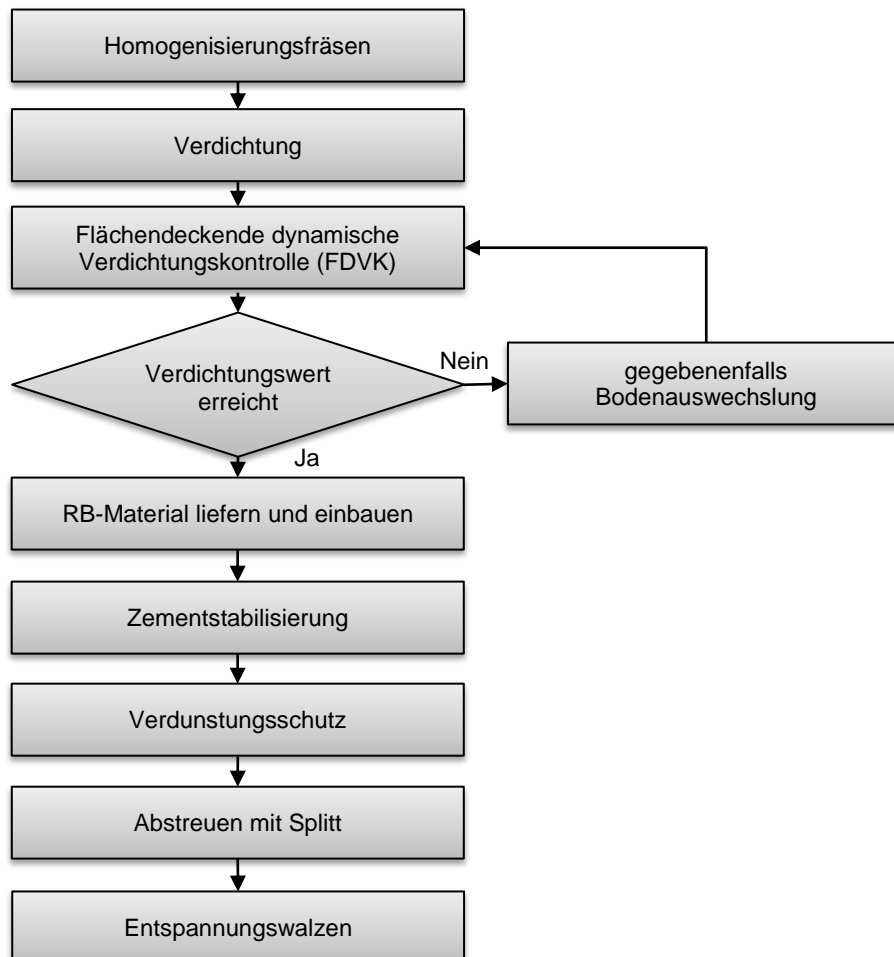


Bild 4.3: Arbeitsschritte zur Herstellung einer hydraulisch stabilisierten Tragschicht

4.1.3 Vertragliche und rechtliche Grundlagen

Das Leistungsverzeichnis sowie technische Regelwerke und Richtlinien dienen als Vertragsbasis zur Herstellung dieses Verfahrens.

4.1.3.1 Leistungsverzeichnis

Nach einer Homogenisierungsfräsung des Altasphalts sowie einem Teil der darunterliegenden Tragschicht und ausreichender Verdichtung wird eine flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle durchgeführt. Dies dient für den Nachweis des geforderten Verdichtungswerts am Unterbauplanum und zur Erkennung eventueller Schwachstellen. Dabei hat gemäß der LBVI die Beistellung einer Messwalze, Messsystem und eines geschulten Walzenfahrers zu erfolgen. Die Kalibrierung und Probeverdichtung hat auf einem, vom Auftragnehmer bereitgestellten, Prüffeld innerhalb des Baustellenbereichs, unter Aufsicht des Auftraggebers, zu erfolgen.

In der Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LB-VI) sind die erforderlichen Unterleistungsgruppen in der Leistungsgruppe 17 (Betondecken, zementstabil. Tragschichten) festgehalten. Unter den ständigen Vorbemerkungen wird auf die technischen Vertragsbedingungen der RVS 08.17.02 für Deckenherstellung und auf die Qualitätssicherung gem. ÖNORM B 4710-1 verwiesen.⁴²

In der Unterleistungsgruppe 1702 werden ständige Vorbemerkungen für die Leistungspositionen der zementstabilisierten Tragschicht erläutert. Bei der Herstellung sind die rechtlichen Vertragsbedingungen der RVS 08.17.01 „Mit Bindemittel stabilisierte Tragschicht“ einzuhalten.⁴²

Die Leistungsposition 170201 beschreibt die Leistungen einer mit Zement stabilisierten Tragschicht, die im Baumischverfahren (BMV) mit einer definierten Stärke im verdichteten Zustand hergestellt werden. Der anstehende oder aufgebrauchte Grundstoff ist mit Wasser und Bindemittel gründlich zu durchmischen und anschließend zu verdichten. Die Leistung beinhaltet ebenso das Aufbringen eines Verdunstungsschutzes mit Bitumenemulsion (Bindemittelgehalt $\geq 0,4 \text{ kg/m}^2$) bzw. das Aufbringen eines allfälligen Zusatzmittels, sofern dies durch die Eignungsprüfung gefordert ist. Nach Aufbringen des Verdunstungsschutzes wird das Abstreuen des Verdunstungsschutzes in der Aufzahlungsposition 170225 gesondert betrachtet, welche eine Befahrung des frisch aufgebrauchten Verdunstungsschutzes ermöglicht. Gemäß den Anforderungen der RVS wird das Entspannungswalzen 24-48 Stunden nach Herstellung der STZ durchgeführt und als eigene

⁴² ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LB-VI), Version 2. S. 704

Leistungsposition betrachtet. Gesondert vergütet werden auch die erforderliche Bindemittelmenge zur Stabilisierung gemäß Eignungsprüfung und das Liefern des Zusatzmaterials. Aufgrund dessen wird der Leistungsinhalt zur Lieferung des Bindemittels in der Leistungsposition 170220A beschrieben.

Nach Beauftragung des Ausführungsvorschlags des Auftragnehmers wurde eine Arbeitskalkulation für das Liefern und den Einbau des Zusatzmaterials RB I 0/45 mit einer Stärke von nun mehr 5 cm erstellt. Verrechnet werden in diesen Positionen jeweils die tatsächlich eingebauten Mengen, jedoch maximal die durch Eignung erforderliche Menge.⁴³

4.1.3.2 RVS 08.17.01 – Mit Bindemitteln stabilisierte Tragschichten

Die Stabilisierung dient zur Verbesserung der Trag- und Widerstandsfähigkeit des Straßenoberbaus. Diese Richtlinie bildet die technische Grundlage zur Herstellung einer bindemittelstabilisierten Tragschicht. Entsprechend dem verwendeten Bindemittel werden folgende Ausführungstypen unterschieden.⁴⁴

- Zement stabilisierte Tragschichten (ST-Z)
- Tragschichtbinder stabilisierte Tragschicht (ST-T)
- Bitumen (Bitumenemulsion oder Schaumbitumen) stabilisierte Tragschicht (ST-B)
- Bitumen und Zement stabilisierte Tragschichten (ST-BZ)

Die Bodenverbesserung und –verfestigung wird im Gegensatz zur Bodenstabilisierung zur Verbesserung der Baugrundeigenschaften im Straßenunterbau angewandt. Die Bodenverfestigung und Bodenverbesserung mit Kalk wird in der RVS 11.02.45 erläutert.

Die vorausgehenden Ergebnisse der Eignungsprüfung sind vom Auftraggeber zu bestätigen, bevor mit der Herstellung begonnen werden darf. Als Voraussetzung zur Herstellung der STZ gilt das Einhalten der profilgerechten Lage und erforderlichen Verdichtung des Unterbauplanums. Das ST-Z bzw. ST-T Verfahren erfordert eine Lufttemperatur von mind. + 5 °C. Des Weiteren sind bei unzulässiger Windverfrachtung des aufgetragenen Bindemittels oder einsetzendem Regen die Arbeiten einzustellen.

⁴³ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LB-VI), Version 2. S. 704ff

⁴⁴ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR: RVS 08.17.01: Technische Vertragsbestimmungen Betondecke: Mit Bindemittel stabilisierte Tragschichten. S. 1 ff

Das Mischgut kann im Zentralmischverfahren, in einer stationären Mischanlage, oder im Baumischverfahren mittels Bodenfräse, Stabilisierer oder Recycler hergestellt werden. Bis zu einer Stärke von 30 cm kann die Herstellung der Schichten einlagig erfolgen. Mit mehr als 50 % Anteil an Asphaltgranulat darf die Lagendicke von 25 cm nicht überschritten werden, da sonst die vorhandene Verdichtung nicht nachweisbar ist. Die stabilisierte Schicht ist um die Dicke der darüber liegenden Asphaltsschicht gemäß RVS 08.17.01 beidseitig zu verbreitern.

Aus der Empfehlung der Eignungsprüfung errechnet sich eine erforderliche Bindemittelmenge [kg/m²] bei ST-Z und ST-T im Baumischverfahren mit Berücksichtigung einer 1,1 fachen Nennschichtdicke. Der Mischwirkungsgrad wird gemäß RVS mit zehn Probenentnahmen des frischen Materials aus zehn verschiedenen Mischvorgängen überprüft. Dabei wird die 7-Tage-Druckfestigkeit aus der frisch entnommenen Probe mit einer neuerlich durchmischten Probe derselben Entnahmestelle verglichen. Der nachgewiesene Mischwirkungsgrad muss mindestens 85 % betragen. Dieser Wert kann durch Verlängerung der Mischdauer) erhöht werden, indem die Vorschubgeschwindigkeit des Mixers vermindert wird.

Der Verdunstungsschutz wird nach erfolgter Verdichtung mittels Bitumenemulsion hergestellt. Dabei ist eine wirksame Bindemittelmenge von mind. 0,4 kg/m² einzuhalten. Zuvor müssen bereits abgetrocknete Bereiche der verdichteten Schicht mit Wasser angefeuchtet werden. Bei Bauvorhaben der Lastklasse S bis IV ist die stabilisierte Tragschicht zusätzlich mit 6-8 kg/m² grober Gesteinskörnung bis 4/8 mm abzustreuen und einzuwalzen. Die stabilisierte Tragschicht darf gemäß der RVS erst befahren oder überbaut werden, wenn kein erkennbarer Schaden entsteht. Sofern innerhalb der ersten 7 Tage keine Befahrung erfolgt, darf auf das Absplitten verzichtet werden. Vor der Aufbringung einer weiteren Schicht des Straßenoberbaus ist loses Material abzukehren.

Bei einem Überbau der ST-Z oder ST-T mit Asphalt sind, zur kontrollierten Verteilung von Rissen und Verringerung der Rissweiten, Kerbfugen auszubilden oder die Schichten durch Rüttelwalzen zu entspannen. Das Entspannungswalzen ist 24-48 Stunden nach der Verdichtung mit mindestens zwei Übergängen einer schweren Vibrationswalze vollflächig durchzuführen. Dies kann durch Aufzeichnung der Arbeiten mit einem integrierten Messsystem zur flächendeckenden Verdichtungskontrolle dokumentiert werden.

Im Zuge der Herstellung der stabilisierten Tragschicht müssen verschiedene Prüfungen durchgeführt werden, die in den folgenden Unterpunkten kurz erläutert werden.

Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung ist vom Arbeitnehmer zu veranlassen und von einer akkreditierten Prüfstelle durchzuführen. Es wird die Eignung der vorgesehenen, aufgetragenen Grundstoffe geprüft. Der Prüfbericht ist dem AG spätestens eine Woche vor Beginn der Bauausführung vorzulegen. Dabei werden folgende Werte bestimmt:

- Zur Bestimmung der Kennwerte und der Vorbereitung der Grundstoffe sind angeführte Bodenuntersuchungen durchzuführen:
 - Korngrößenverteilung
 - Bei Gesteinskörnungen mit bis zu 20 M-% Recyclingmaterial und mehr als 20 M-% an Korngrößen < 0,063 mm ist der natürliche Wassergehalt bzw. bei Lastklassen von S, I und II die Atterbergschen Grenzen zu prüfen (Zustandsformen bindiger Böden mit unterschiedlichem Wassergehalt).
 - Bestimmung der organischen Bestandteile
 - Frostbeständigkeit des Mürbkorngehalts (Korngröße > 4 mm)
- Für ST-Z und ST-T sind der optimale Wassergehalt und die einfache Proctordichte zu ermitteln.
- Die Druck- und Spaltzugfestigkeit ist von Probekörpern mit unterschiedlichem Bindemittelgehalt zu bestimmen.
- Bruchdehnung und E-Modul.
- Frostbeständigkeit des Gemisches.
- Eluierbarkeit (Auslaugen von Bestandteilen von z.B. Beton bei Kontakt mit Wasser).
- Der Bindemittelgehalt ist zur Erfüllung der Anforderungen aus der Kontrollprüfung festzulegen.

Aus dem vorliegenden Prüfbericht wird ein Bindemittelgehalt von 104 kg/m³ empfohlen. Zusätzlich ist gemäß RVS eine Erhöhung des Bindemittelbedarfs um 10 % zu berücksichtigen.

Kontrollprüfung

Kontrollprüfungen sind während der Bauausführung vom Auftragnehmer durchzuführen, wobei deren Ergebnisse dem Auftraggeber laufend, zumindest wöchentlich, zu übergeben sind. Die Kosten der Kontrollprüfung sind vom Arbeitnehmer zu tragen. Dabei ist ein Prüflos mit der Tagesleistung definiert. Über 10.000 m² sind 2 Prüflose anzuordnen bzw. bei einer Tagesleistung geringer als 4.000 m² ist diese

dem angrenzenden Prüflos zuzuschlagen. Bei dieser Prüfung müssen folgende Kennwerte ermittelt werden:

- Ein Mischwirkungsgrad von 85% ist gefordert und bei Baubeginn zu ermitteln.
- Der optimale Wassergehalt und die Proctordichte des Gemisches sind bei Baubeginn zu ermitteln, um Bezugswerte für Wassergehalt und Trockendichte zu erhalten.
- Das Grundstoffgemisch ist je Prüflos an zwei Stellen zu ermitteln, wobei die Abweichung von Anteilen < 4 mm im Vergleich zur Eignungsprüfung weniger als 20 % betragen soll.
- Der Bindemittelgehalt ist wöchentlich zu überprüfen und soll von der Eignungsprüfung max. 10 % abweichen. Der errechnete tägliche Verbrauch sollte weniger als 3 % abweichen.
- Der optimale Wassergehalt ist je Prüflos an zwei Stellen bzw. laufend durch Augenschein (Handprobe) zu überprüfen.

Abnahmeprüfung

Die Abnahmeprüfung liegt in der Sphäre des Auftraggebers. Die Prüfung dient zur Feststellung der vertraglich festgelegten Güteeigenschaften der Grundstoffe bzw. der stabilisierten Tragschicht und bildet die Grundlage der Übernahme. Im Zuge der Prüfung werden folgende Kennwerte bestimmt, wobei die Größe des Prüfloses gemäß der Kontrollprüfung definiert ist.

- Optimaler Wassergehalt und Proctordichte ist je Prüflos zu bestimmen und mit den Bezugswerten der Eignungsprüfung zu vergleichen.
- Für die ST-Z und ST-T ist die Druckfestigkeit je Prüflos mit mindestens zwei Proben zu ermitteln. Dabei soll für die vorliegende Anwendung von CEM IIIA 32,5N ein Wert von $\geq 3,0 \text{ N/mm}^2$ erreicht werden.
- Die Trockendichte und der Verdichtungsgrad sind in jedem Prüflos mindestens an zwei Stellen zu überprüfen. Dabei muss an jeder Stelle ein Wert $\geq 97 \%$ und im Mittel $\geq 100 \%$ erreicht werden. Die Dichtemessung erfolgte während der Bauausführung mittels Densitometer-Verfahren (siehe Bild 4.4), für das ein Loch mit einer Tiefe von 6-8 cm ausgegraben wird und die ermittelte Dichte des Materials den Werten der Proctordichte gegenübergestellt.



Bild 4.4: Densitometer-Verfahren zur Ermittlung des Verdichtungsgrades

- Die Schichtdicke darf max. 10% abweichen und wird mindestens dreimal täglich bzw. mindestens alle 1000 m² geprüft.
- Ebenheit ist mit einer 4 m Latte nach Herstellung des Feinplanums und anschließender Verdichtung zu ermitteln. Deren Abweichung darf max. 15 mm betragen.
- Die Sollhöhe wird täglich überprüft und darf maximal eine Abweichung von 20 mm betragen. Dabei werden Mehrdicken bis 5 % der Soll Dicke, bzw. Minderdicken im vollen Ausmaß bei der Abrechnung berücksichtigt.

4.1.3.3 RVS 08.03.02 – Kontinuierlicher walzenintegrierter Verdichtungsnachweis

Mit der flächendeckenden dynamischen Verdichtungskontrolle (FDVK) ist es möglich, die geforderten Verdichtungswerte flächendeckend zu überprüfen und zu dokumentieren.⁴⁵

Durch die vertikale Anregung der Walzbandage wird anhand der dynamischen Wechselwirkung mit dem Boden der Verdichtungsgrad ermittelt. Ein Einsatz ist für die obere und untere Tragschicht, während der Herstellung der Mikrorisse einer hydraulisch gebundenen Tragschicht oder für Dammaufstandsflächen möglich. Dabei liefern Vibrationswalzenzüge mit Glattmantelbandagen aufgrund der konstanten Fahrgeschwindigkeit die besten Ergebnisse.

Aus der ersten Walzspur eines Probefeldes (100 m Abschnitt) wird mit definierten Versuchsanordnungen das Ergebnis mit einem Lastplattenversuch kalibriert. Um das „Springen“ der Bandage im Betriebszustand

⁴⁵ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßE UND VERKEHR: RVS 8S.02.6 (RVS 08.03.02): Technische Vertragsbedingungen - Erdarbeiten - Kontinuierlicher walzenintegrierter Verdichtungsnachweis. S. 1ff

der Walze zu vermeiden und die Messwerte nicht zu beeinflussen, wird eine kleine Amplitude oder eine höhere Fahrgeschwindigkeit empfohlen. Die Fahrgeschwindigkeit, die Amplitude und Frequenz des Erregers sind während der Messfahrt konstant zu halten. Die Abwalzgeschwindigkeit ist gemäß der RVS mit 2-6 km/h festzulegen. Die Amplitude bestimmt die Verdichtungswirkung und die Messtiefe.

Die Messtiefe hängt grundlegend von der statischen Linienlast der Bandage sowie dem anstehenden Boden ab. Bei einem lageweisen Kieseinbau kann gemäß RVS von folgenden Richtwerten ausgegangen werden:

- 2 t Walzen 0,4-0,6 m
- 10 t Walzen 0,6-1,0 m
- 12 t Walzen 0,8-1,5 m

Der tatsächliche Verdichtungsgrad wird anhand einer linearen Regressionsanalyse der aufgenommenen dynamischen Messwerte (CMV – compactometer value) ermittelt. Der Mindestwert (MIN) liegt bei 95 %, der Mittelwert (MW) bei 105 % des geforderten E_{V1} -Wertes (E-Modul). Die Grenzwerte sind mit 80 % bzw. 150 % des Mindestwertes festgelegt.

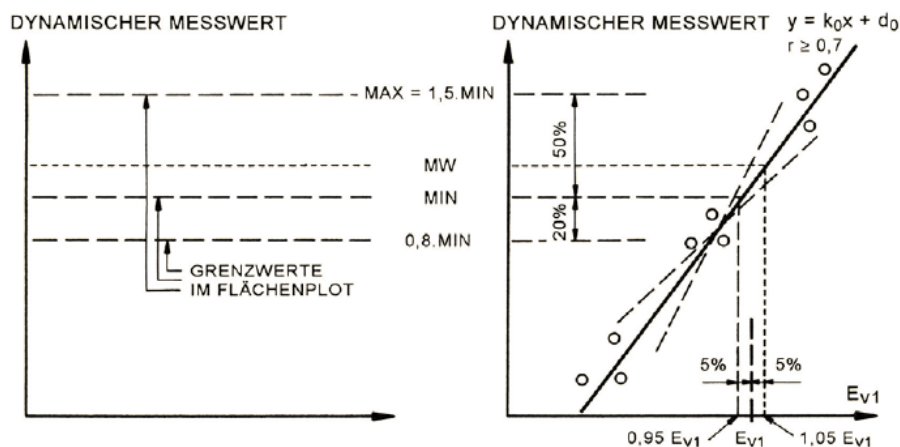


Bild 4.5: Korrelationsbildung zwischen E_{V1} -Werten und dem dynamischen Messwert⁴⁶

Die Prüffelder werden in baubetrieblich, sinnvolle Flächen eingeteilt, wobei Überschneidungen nicht zulässig sind. Auf einer Spur dieser Fläche sind im Vorwärtsgang Messfahrten durchzuführen, bei denen dynamische Messwerte dokumentiert werden. Hingegen haben die Rückwärtsfahrten in der Regel statisch zu erfolgen. Ist der Messvorgang einer Spur abgeschlossen, wird auf die Walze auf die nächste Spur umgesetzt.

⁴⁶ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßE UND VERKEHR: RVS 8S.02.6 (RVS 08.03.02): Technische Vertragsbedingungen - Erdarbeiten - Kontinuierlicher walzenintegrierter Verdichtungsnachweis. S. 6

Für die Abnahmeprüfung werden indirekte Prüfungen des Verdichtungszustandes während des Baubetriebs durchgeführt. Dabei müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:⁴⁷

- Der gemessene Mittelwert einer Messfahrt muss über dem festgelegten Mittelwert liegen.
- Der Mindestwert innerhalb einer Messfahrt muss gleich oder größer als dem festgelegten Mindestwert sein.
- Die gemessenen dynamischen Messwerte dürfen innerhalb einer Messfahrt den festgelegten Mindestwert maximal auf einer Länge von 10% der Spur unterschreiten, jedoch muss dieser innerhalb der definierten Grenze liegen.
- Die Abweichung des Mittelwerts einer Messfahrt muss kleiner als 5 % der vorangegangenen Messfahrt auf dieser Spur betragen. Ansonsten wird die Messfahrt solange fortgesetzt, bis die Zunahme des Mittelwertes zur vorherigen Messfahrt weniger als 5 % ist.

Zur Dokumentation werden dem Auftraggeber der Flächenplot auf Papier, in ausgedruckter Form, und der Spurplot der einzelnen Fahrten auf einem geeignetem Speichermedium übergeben.

4.2 Baubetriebliche Verfahrensanalyse

Die einzelnen Tätigkeiten werden in den nachfolgenden Unterkapiteln in vier übergeordnete Verfahren gegliedert:

1. Homogenisierungsfräsen und Kontrolle der Verdichtung
2. Zusatzmaterial Vorlagern und Einbauen
3. Zementstabilisation der oberen Tragschicht (STZ)
4. Entspannungswalzen

4.2.1 Homogenisierungsfräsen

Als Homogenisieren wird das gleichmäßige Vermischen verschiedener Materialien verstanden. Im vorliegenden Bauvorhaben wird der Altasphalt mit einer Stärke von ca. 17 cm und ca. 8 cm der darunterliegenden ungebundenen Tragschicht vermischt. Dieses Verfahren wurde durch die Beauftragung des Ausführungsvorschlags des Auftragnehmers erforderlich. Dabei können Schwachstellen des Unterbaus auf dem hergestellten Zwischenplanum mit Hilfe einer

⁴⁷ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSE UND VERKEHR: RVS 8S.02.6 (RVS 08.03.02): Technische Vertragsbedingungen - Erdarbeiten - Kontinuierlicher walzenintegrierter Verdichtungsnachweis. S. 7

flächendeckenden dynamischen Verdichtungskontrolle erkannt werden. Das Fräsen dient ebenso zur Herstellung des vorgeschriebenen geänderten Profils. Außerdem war dieses Verfahren erforderlich, da die Bodenstabilisierungsfräse, zur Herstellung der STZ, den Altasphalt nicht gleichzeitig in einem Durchgang fräsen kann.

In der Regel sind folgende Vorgänge beim Homogenisierungsfräsen durchzuführen:

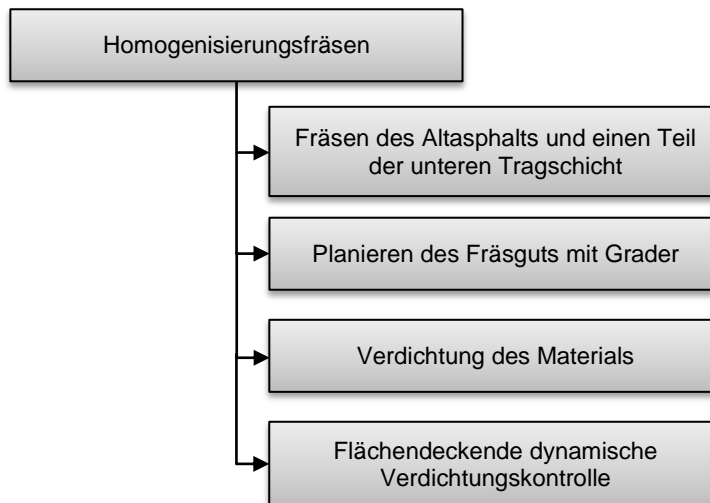


Bild 4.6: Vorgänge beim Homogenisierungsfräsen

Nach dem Betondeckenabtrag müssen etwaige Anker oder Dübel vom Straßenquerschnitt entfernt werden, um einen Ausfall der Fräsmaschine zu vermeiden. Als Homogenisierungsfräse kam in der gegenständigen Baustelle vorwiegend ein Kaltrecycler der Firma Wirtgen W220 zum Einsatz, deren Fräsbreite 2,20 m beträgt. Eine Abschnittslänge der Frästätigkeit wurde aus bautechnischen Gründen mit ca. 400 m Länge gewählt. Die Anzahl der erforderlichen Bahnen richten sich nach dem herzustellenden Querprofil bzw. der erforderlichen Straßenbreite. Durch Überlappung der Längsbahnen verringert die effektive Arbeitsbreite der Maschine, woraus bei dem geforderten Straßenquerschnitt mit einer Breite von $12,5 + 2 \cdot 0,17 = 12,84$ m (Asphaltbreite + doppelte Asphaltstärke) zwischen sechs und sieben Bahnen erforderlich sind.

Die Homogenisierungsfräse besitzt ein Fräsaggregat mit dem der anstehende Boden in einer Fräs- und Mischkammer durchmischt wird. Aufgrund des mangelnden Platzes entsteht ein hoher Verschleiß der Geräteteile und vermindert außerdem die Leistung der Maschine. Hingegen kann eine höhere Leistung erzielt werden, wenn das gefräste

Material über das Förderband der Maschine abgegeben wird. Die Vorschubgeschwindigkeit hängt von der erforderlichen Frästiefe ab.⁴⁸

Bei einer Frästiefe von 25 cm betrug die Vorschubgeschwindigkeit von 6 m/min.

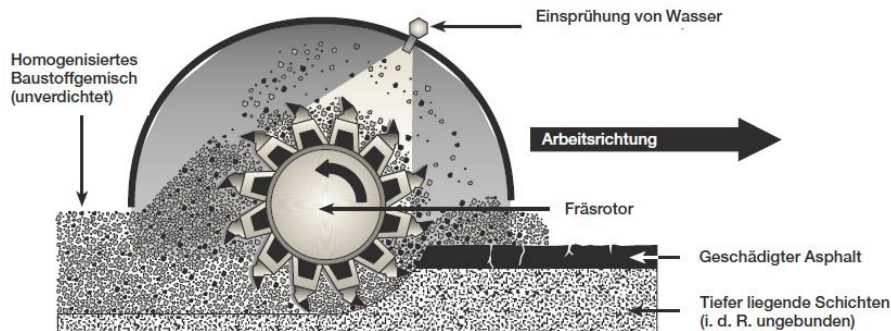


Bild 4.7: Arbeitsprinzip des Homogenisierfräsens⁴⁹

Wie aus der angeführten Abbildung ersichtlich, dreht sich das Fräsaggregat entgegen der Arbeitsrichtung und reißt das Material von unten auf. Der Fräsrotor ist mit Meißeln bestückt, die je nach Untergrund einem Verschleiß unterliegen. Bei den Beobachtungen war erkennbar, dass der Maschinist nach jeder Abschnittlänge verschlissene Meißel austauschen musste. Im Schnitt wurden ca. 150 Stück pro Tag ausgetauscht.

Zur Erreichung einer optimalen Verdichtung und zur Kühlung des Fräsrotors muss ein Wassertank bereitgestellt werden, der mit fortschreitender Arbeitslänge zyklisch überstellt wird. Je nach vorhandenem Wassergehalt im anstehenden Boden und Witterungsbedingungen verbraucht die Fräse ca. 3.500 Liter Wasser pro Stunde. Bei einem Fassungsvermögen des Wassertankanhängers mit 15.000 Liter ist im Mittel eine Befüllung alle 4 Stunden notwendig. Ein 4-Achs LKW mit Anhängervorrichtung muss den Wassertankanhänger an einer geeigneten Wasserstelle füllen. Dies erfolgt in der Regel zwei bis dreimal täglich. Wenn das Füllen des Anhängers an einem Hydranten erfolgt, ist für die erforderliche Manipulation eine zusätzliche Arbeitskraft anzunehmen. Auf der betrachteten Baustelle wurde der Tankwagen in einem Betonwerk gefüllt, wodurch kein weiterer Arbeiter erforderlich war.

Das homogenisierte Material wird mit einem Grader profiliert, um das Walzen zu ermöglichen und das Fräsgut für den Baustellenverkehr befahrbar zu erhalten. Die Genauigkeit beträgt bei diesem Vorgang ± 2 cm.

⁴⁸ WIRTGEN GMBH: Kaltfräse W220. http://www.wirtgen.de/de/produkte/kaltfraesen/w220/w220_download.html. Datum des Zugriffs: 13.11.2012, S. 5

⁴⁹ WIRTGEN GMBH: Kaltrecycling- Handbuch. S. 30

Im Anschluss wird das Material durch eine Vibrationswalze mit mehreren Übergängen verdichtet, bis der geforderte Verdichtungswert des Zwischenplanums erreicht wird. Der Straßenunterbau wird außerdem mittels FDVK auf Schadstellen und Gleichmäßigkeit der Verdichtung untersucht. Im selben Arbeitsschritt werden erreichte Verdichtungswerte dokumentiert.

Eine Benetzung des Fräsguts mit Wasser durch das Befahren mit einem Traktor und Wassereimer ist zur Erreichung einer optimalen Verdichtung bzw. zur Staubbindung erforderlich.

4.2.1.1 Flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle (FDVK)

Die gängigen Prüfmethode werden nach Prinz in drei Bereiche gegliedert.⁵⁰

- M 1: Prüfplan mit statistisch verteilten Stichproben
- M 2: Flächendeckende an einer Walze installierte Messverfahren
- M 3 : Überwachung des Arbeitsverfahrens (Wassergehalt, Schütthöhe, Übergänge oder auch Arbeitsgeschwindigkeit)

Die Methode M 2 ist auch als FDVK bekannt und ermöglicht eine Bestimmung der Tragfähigkeit des Erdkörpers, während der Verdichtung mit einer vibrierenden Walze. Die Walze dient also gleichzeitig als Mess- und Verdichtungsgerät. Die technischen Grundlagen der RVS wurden im Kapitel 4.1.3.3 näher erläutert.

Die Umsetzung dieser Methode wird auf der betrachteten Baustelle mit einer 25 t schweren Erdbauwalze durchgeführt. Durch Flächen- bzw. Spurplot kann eine flächendeckende Dokumentation des Verdichtungswertes am gesamten Baufeld erreicht werden. Die Ergebnisse werden zeitnah auf einem Anzeigebildschirm dargestellt, wobei ein GPS gekoppeltes System zur Positionsbestimmung vorhanden ist. Über die Wechselwirkung der Vibrationswalze und dem Untergrund kann eine Aussage über die Tragfähigkeit des Bodens getroffen werden. Dabei werden analog dem Lastplattenversuch das Verhältnis der E-Moduln aus Erstbelastung (E_{v1}) und Zweitbelastung (E_{v2}) ermittelt und dem geforderten Wert gegenübergestellt. Die Elastizitätsmoduln stellen lediglich das Verformungsverhalten der Unterlage zum Zeitpunkt der Prüfung dar und sind nicht als absolute Werte zu verstehen. Das

⁵⁰ PRINZ, H.; STRAUß, R.: Ingenieurgeologie. S. 324

Verformungsverhalten hängt je nach Bodenart vom Wassergehalt, der Schichtdicke und der Steifigkeit unter der zu verdichtenden Schicht ab.⁵¹

Die Bodenverdichtung ist außerdem von folgenden Maschinenparametern abhängig:⁵²

- Art der Unwucht (Vibration, Oszillation, Statisch)
- Frequenz und deren Amplitude
- Anzahl der Übergänge
- Maschinengewicht

Die Verdichtungstiefe hängt, wie schon erwähnt, unter anderem von der statischen Linienlast der Bandage ab. Bei einer Verdichtung mit einer 25 t Walze wird, abhängig der Bodenart, folgende Tiefenwirkung erreicht:⁵³

- Felsgestein 2,00 m
- Kies, Sand 1,50 m
- Mischboden 1,00 m
- Schluff, Ton 0,55 m

Gemäß RVS 08.03.02 ist die Messtiefe meist größer als die Verdichtungstiefe (siehe auch Bild 4.8).

Der Spurplot ist eine grafische Darstellung der aufgezeichneten, dynamischen Messwerte während der Verdichtung in Abhängigkeit zur gefahrenen Strecke. Wie aus der folgenden Abbildung ersichtlich, sind Schadstellen oder schlecht verdichtete Stellen durch Veränderung im Messwert im Spurplot erkennbar.

⁵¹ HAMM AG: Verdichtung im Asphalt- und Erdbau. S. 77

⁵² HAMM AG: Verdichtung im Asphalt- und Erdbau. S. 22

⁵³ BOMAG: Grundlagen der Boden- und Asphaltverdichtung. www.bomag.com/de/media/pdf/WM9701_0403_rdr.pdf. Datum des Zugriffs: 14.11.2012 S.34

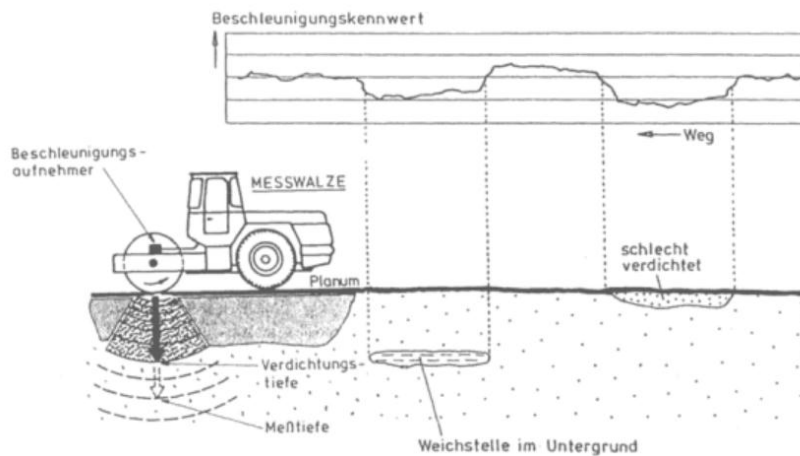


Bild 4.8: Auswirkungen von Fehlstellen auf die Ausgabe des Spurplots⁵⁴

Durch die sofortige Auswertung über den HCQ Indikator (Sensor mit gekoppelter Anzeige der Fa. Hamm) wird der Maschinist bei der Verdichtungstätigkeit unterstützt. Die Anzahl der Übergänge kann dadurch minimiert und eine Überverdichtung vermieden werden. Bei Verdichtung größerer Flächen ist, wie aus dem Bild 4.9 ersichtlich, in der Fahrerkabine ein zusätzlicher Monitor angebracht, welcher einen Übersichtsplan der bearbeiteten bzw. zu verdichtenden Abschnitte darstellt. Die Dokumentation der Anzahl an Überfahrten, Verdichtungsgraden und evt. Schadstellen erfolgt als flächige Darstellung mittels Flächenplot.



Bild 4.9: Anzeigedisplay in der Fahrerkabine (Flächenplot)

Die flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle wurde auf der Baustelle mit einer Fahrgeschwindigkeit von 2,5 km/h und einer Frequenz von 25 Hz durchgeführt.

⁵⁴ PRINZ, H.; STRAUß, R.: Ingenieurgeologie. S. 326

4.2.1.2 Einflussfaktoren

Überfahrten für den öffentlichen Verkehr

Die Überfahrten der Aus- und Auffahrten des öffentlichen Verkehrs bilden für große Geräte eine Arbeiterschwernis, da der querende Verkehr ständig aufrecht erhalten bleiben muss. Es sind daher zusätzliche Arbeitskräfte erforderlich, die eine temporäre Verkehrsregelung übernehmen. Dabei wird die bestehende Ausfahrt lokal in einem Bereich von 50 m versetzt. Der vollständige Anschluss der Homogenisierungsfräse an die Rampen findet in einer zweiten Phase versetzt statt (siehe Bild 4.10).



Bild 4.10: Fräsarbeiten im Bereich der Ausfahrt

Fehlstellen

Treten Fehlstellen des Unterbaus bei den laufenden Messreihen auf, wird dieser Bereich auf dem Flächen- bzw. Spurplot erkennbar. Als Ursache kann ein zu hoher Wassergehalt an dieser Stelle sein. Es kann nach Abtrocknen der Schicht eine nochmalige Verdichtung mit einer Gummiradwalze erfolgen, um das überschüssige Wasser zu verdrängen. Nach einer wiederholten Befahrung mit der FDVK-Walze wird der Bereich auf Verdichtung erneut geprüft. Wird in diesem Bereich wieder eine Schadstelle erkannt, muss gemäß der Ausschreibung eine Bodenauswechslung bis zu einer Tiefe von 50 cm unter das Zwischenplanum stattfinden. Dies kann zu Verzögerungen im Bauablauf führen, wenn mehrere aufwändige Sanierungen von Schadstellen erforderlich sind. Dadurch ist im Bauablauf ein ausreichender Vorlauf der Homogenisierungsfräse zum nachfolgenden Verfahren vorzusehen.

Wassertank

Die Überstellung und Füllung des Wassertankwagens ist während der gesamten Frästätigkeiten mit Hilfe eines LKWs kontinuierlich bereitzustellen. Unter Umständen können Wartezeiten der Fräse entstehen, wenn keine Geräte für diese Aufgaben vorgesehen sind. Alternativ kann zur Überstellung des Wassertankwagens eine Walze herangezogen werden, wenn diese mit einer Anhängerkupplung ausgestattet ist.

4.2.2 Zusatzmaterial liefern und einbauen

Um die geforderte Höhenlage Querprofile zu erreichen, muss 5 cm Zusatzmaterial im verdichteten Zustand aufgebracht werden. Bei der Lieferung und dem nachfolgendem Einbau werden folgende Tätigkeiten durchgeführt:

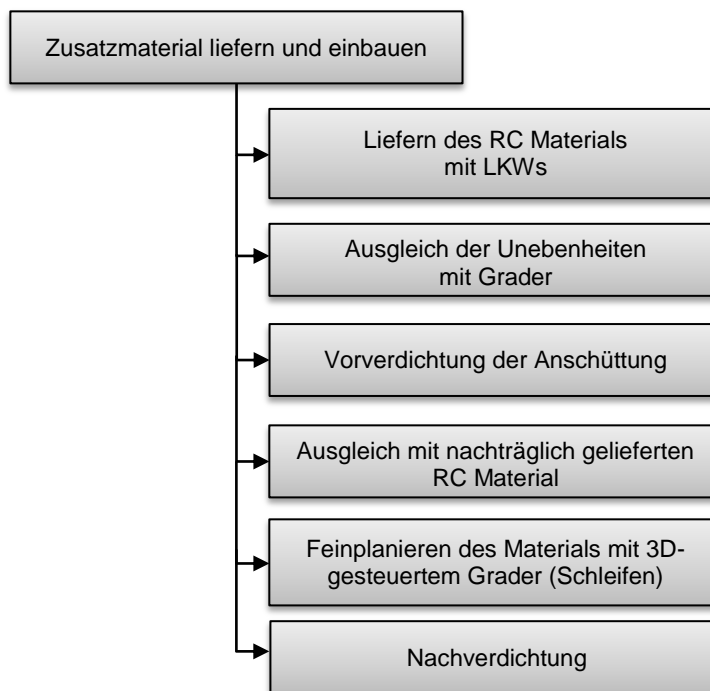


Bild 4.11: Vorgänge zur Lieferung und Einbau des Zusatzmaterials

Für die Anlieferung des Zusatzmaterials wurden auf der Baustelle 4-Achs Lastkraftwagen eingesetzt. Der aufbereitete Betonabbruch wird am Zwischenlagerplatz mit einem Radlader beladen und zum Einbauort transportiert. Es wird vom angebotenen RB I 0/45 abgewichen und eine geringere Korngröße von 0/32 in Abhängigkeit von der Schichtstärke gewählt. Für den Transport eignen sich nur 2 bis 4-Achs LKWs, da ein Sattelschlepper das gefräste Material beim Umdrehvorgang aufreißen und auflockern würde. Des Weiteren können keine Dumper für das Anschütten des Zusatzmaterials herangezogen werden, da eine Beladung mittels Radlader erschwert wird und im Vergleich zum 4-Achs LKW keine Kostenvorteile aus erhöhtem Massentransport entstehen. Außerdem entmischt sich bei der Entladung das aufbereitete Material durch die größere Fallhöhe. In der Folge werden Feinanteile verweht und eine optimale Verdichtung erschwert. Außerdem wird bei Einsatz von Dumpfern das hergestellte Zwischenplanum ebenso aufgerissen und aufgelockert. Des Weiteren kann durch die Muldenform das Material nicht in geringen Stärken vorgelagert werden, es entsteht beim Abkippen ein Haufen, der hinterher mit einem Grader nur schwer verteilt werden kann. Im Gegensatz dazu verfügen die Kippermulden der eingesetzten

4-Achser über eine Vorrichtung oder Ketten, die das Material dosiert in einer gleichmäßigen Schicht verteilen. Wie aus dem Bild 4.12 ersichtlich, ist dazu ein Kippeinweiser erforderlich, der dem Fahrer bei der Entladung Anweisungen gibt.



Bild 4.12: Einweisen des LKWs beim Vorlagern des Zusatzmaterials

Für den Transport des Zusatzmaterials wurden je nach Abstand zur Entladestelle bis zu drei LKWs eingesetzt. Im unverdichteten Zustand wird eine Schichtstärke von ca. 7 cm aufgebracht. Das innenliegende Schild des Graders, die Schar, ermöglicht die Einstellung der Querneigung und Höhenlage. Die Einstellungen können durch Abtastung mittels Sensoren angezeigt und bei Abweichungen vom Sollwert durch den Fahrer entsprechend korrigiert werden.

Nach dem Ausbreiten und Planieren erfolgt eine Vorverdichtung des aufgebrachten Materials mit einer Erdbauwalzen und einer Gummiradwalze. Sofern eine ausreichende Verdichtung des Materials erreicht ist, wird nochmals mit der Schar das Material fein planiert. Durch die Vorverdichtung kann es auch zum Absenken des Materials kommen, wodurch zusätzliches Material nachträglich angeschüttet und Unebenheiten ausgeglichen werden müssen.

Durch die hohe Anforderung an das herzustellende Planum bedient man sich einer Totalstation mit einem gekoppelten 3D Sensor an der Schar des Graders, der die Lage- und Höhendaten der Baustelle überträgt. Die Totalstation ermittelt die genaue Schildposition und ist mit einer Zielerfassung zur Verfolgung ausgestattet. Über Funk werden die ermittelten Positionen an die Steuereinheit im Grader gesendet, die einen Soll-Abgleich der Daten vornimmt. Bei möglicher Abweichung wird

die Schar automatisch korrigiert. Bei diesem System werden Genauigkeiten von ± 3 bis 5 mm erreicht.⁵⁵

Die Totalstation (siehe Bild 4.13) wurde vom Maschinisten des Graders mit Hilfe von Polygonpunkte entlang der Strecke abschnittsweise neu eingerichtet. Dieser Vorgang war alle 125 m erforderlich, da ab dieser Entfernung mit einer größeren Abweichung zu rechnen war. Das Versetzen und Neueinrichten des Gerätes erfordert eine Dauer von ca. 15 bis 20 Minuten.



Bild 4.13: Feinplanieren des Zusatzmaterials mit 3D-gesteuerter Grader

Nach dem Schleifen der Oberfläche erfolgt eine Nachverdichtung in der hergestellten Lage. Der große Aufwand der Verdichtung und das Annähern der endgültigen Lage sind von wesentlicher Bedeutung für die nachfolgenden Tätigkeiten. Nach der Stabilisierung wird ein weiteres Mal die Höhen- und Querprofillage überprüft und feinplaniert. Unter Umständen muss dabei das Planum korrigiert werden, wodurch zu wenig oder zu viel Material vorhanden sein kann. Im letzteren Fall wäre eine aufwändige Verfuhr des zuvor gelieferten Zusatzmaterials die Folge.

4.2.3 Zementstabilisierung

Um den bestehenden Straßenunterbau zu verbessern war im Zuge der Sanierung eine zementgebundene stabilisierte Schicht erforderlich. Ziel ist es eine ausreichende Tragfähigkeit zu erreichen und die Schicht gegenüber Umwelteinflüssen, wie Frost- Tauwechsel, widerstandsfähig aufzubauen. Je nach Art des Bindemittels können natürliche oder recycelte Mineralstoffe verarbeitet werden.

⁵⁵ KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb. S. 168



Bild 4.14: Vorgänge bei der Tragschichtstabilisierung mit Zement

Gesondert vergütet werden die Kosten für den Transport des geforderten Bindemittels, wobei die Transportlogistik bei dieser Position eine große Rolle spielt. Aufgrund der langen Anfahrtszeit von ca. 1,5 Stunden und der gesetzlich verordneten Ruhezeiten von Lastkraftwagenfahrer ist es erforderlich die Zementtransporte zu koordinieren. Es kommen Sattelschlepper mit einem Zementsilo zum Einsatz, die je ein Fassungsvermögen von 26-27 Tonnen besitzen. Der Aufnahmeort befindet sich ca. 55 km entfernt vom Einbauort in einem Zementwerk in Peggau/ Deutschfeistritz. Um das Ausfallsrisiko der Zementtransporte durch eine Autobahn- oder Tunnelsperre bzw. Unfälle auf der Strecke zu minimieren, werden zwei Silos am Zwischenlagerplatz aufgestellt. Dabei ist ein Silo mit Zement gefüllt und dient als Puffer, falls sich ein Antransport der Transportfahrzeuge verzögert. Ein leerer Silo hingegen dient zur möglichen Entladung eines ankommenden Zementsilowagens, wenn die Bodenstabilisierungsfräse aufgrund eines Defekts ausfällt. Im Transportzyklus wurden vier Sattelschlepper eingesetzt, wobei diese versetzt starten. Zwei volle Silowägen sind in der Nähe der Baustelle stationiert, die in der Früh mit dem Bindemittel auf die Baustelle fahren. Die anderen zwei Transporter beginnen den Arbeitstag im Zementwerk und befüllen den leeren Transportsilohänger.

Auf der Baustelle wird das antransportierte Bindemittel in zwei Anteilen von ca. 13 Tonnen dem Zementstreuwagen übergeben. Der Zementstreuwagen bringt die geforderte Bindemittelmenge auf das verdichtete Zusatzmaterial auf. Das Fahrzeug besitzt eine Austragsbreite von 2,50 m und arbeitet mit einem Schneckensystem, welches durch eine computer-gestützte Drehzahlregelung mit der Fahrgeschwindigkeit gekoppelt ist. Das Streuwerk besteht aus drei voneinander getrennt schaltbaren Dosierschleusen. Durch Verwendung eines Radargerätes wird eine schlupfunabhängige Erfassung der Fahrgeschwindigkeit sichergestellt. Dieses System ermöglicht jederzeit die korrekte Dosierung der geforderten Streumenge gemäß der Eignungsprüfung.



Bild 4.15: Zementstreuwagen

Auf der betrachteten Baustelle wurde eine Bindemittelmenge von $114,4 \text{ kg/m}^3$ vorgestreut, was bei einer Frästiefe von 30 cm eine Streumenge von $34,3 \text{ kg/m}^2$ ergibt. Täglich wurden 10 Fuhren Zement zu je ca. 26 Tonnen geliefert, woraus eine Tagesleistung von ca. 800 m^2 abgeleitet werden kann. Im Arbeitsablauf ist es erforderlich das Bindemittel mit genügend Vorlaufzeit aufzustreuen, um die Fräse nicht zu behindern. Jedoch sollte aufgrund des Witterungsrisikos kein zu großer Abstand gewählt werden, um die Tätigkeit bei eintretendem Regen oder Wind abbrechen zu können.

Die Arbeitslänge eines Abschnittes wurde aus baubetrieblichen Gründen zwischen 140 und 150 m festgelegt. Durch Leistungsabstimmung ist es möglich das Planieren und Walzen des gefrästen Materials ohne lange Wartezeiten zu bewältigen.

Während der Bodenstabilisierer mit dem rotierenden Fräs- und Mischrotor fährt, wird gleichzeitig aus einem Tankwagen, der mit einer Schleppstange am Stabilisierer fixiert ist, Wasser über einen Schlauch bezogen. Der Tankwagen wird dabei von der Bodenstabilisierungsfraße angeschoben. Um keine Unterbrechungen der Fräse zu erzeugen sind zwei Tankwagen des Subunternehmers im Einsatz und sorgen abwechselnd für die Zufuhr des erforderlichen Wassers. Die

Wassermengen wurden bei einem naheliegenden Betonwerk abgeholt. Die Restwassermenge zum optimalen Wassergehalt wird gleichmäßig über ein Pumpsystem abhängig von der Fahrgeschwindigkeit dosiert.⁵⁶ Durch Stichproben wurde für eine Fläche von ca. 800 m² eine Wassermenge von ca. 200 m³ errechnet. Daraus errechnet sich eine erforderliche Wassermenge von ca. 75 l/m³_{STZ}, um den optimalen Wassergehalt zu erreichen. Dieser variiert jedoch durch den vorhandenen Wassergehalt der Grundstoffe, sowie durch die Witterung.

Das Fräßgut durchmischt mittels Fräswalze das Wasser und das aufgestreute Bindemittel im Mischraum (siehe Bild 4.16). Der erforderliche Feuchtigkeitsgehalt, zum Erreichen hoher Verdichtungsgrade, wird laufend durch Handbeprobung des Maschinisten am frischen Fräßgut überprüft. Dabei wird versucht einen „Knödel“ zu formen, der bei optimalem Wassergehalt nicht zerfällt bzw. bei dem kein Material an der Handoberfläche haften bleibt.

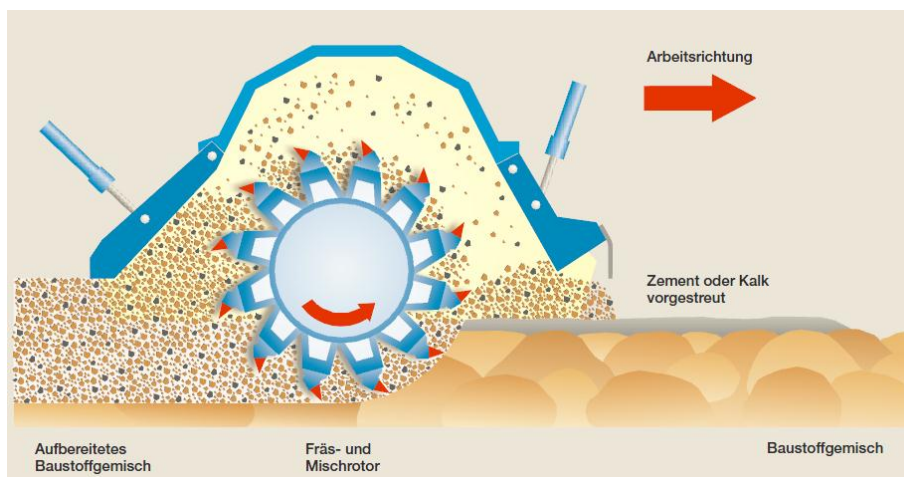


Bild 4.16: Prinzip der Bodenstabilisierungsfräse⁵⁷

Die Umgebungstemperatur bestimmt maßgebend den Hydratationsprozess des Baustoffgemisches. Je höher die Lufttemperatur ist, umso schneller nimmt die Festigkeit zu. Es bildet sich ein Verbund zwischen den Körnern der beim späteren Verdichtungsprozess teilweise wieder aufgelockert wird.⁵⁸ Gemäß der geltenden RVS muss die Verdichtung innerhalb einer halben Stunde nach dem Durchmischen erfolgen. Ansonsten muss das Material neuerlich durchgemischt werden. Die Zeitspanne zwischen Misch- und Einbauvorgang ist daher zu

⁵⁶ WIRTGEN GMBH: Kaltrecycling- Handbuch. S. 34

⁵⁷ WIRTGEN GMBH: Die Welt der Wirtgen Bodenstabilisierer und Kaltrecycler. <http://www.wirtgen.de/de/technologien/bodenstabilisierung/bodenstabilisierung.html>. Datum des Zugriffs: 14.11.2012 S 14

⁵⁸ WIRTGEN GMBH: Kaltrecycling- Handbuch. S. 66

minimieren, was insbesondere bei hoher Umgebungstemperatur zu beachten ist.

Beim Baumischverfahren ist auf Überlappungsbereiche zwischen den einzelnen Bahnen besonders zu achten. Überlappungsbereiche zwischen den einzelnen Arbeitsabschnitten wurden auf der betrachteten Baustelle mit einer Länge von 1-2 m ausgeführt. Der Straßenunterbau wird mit einer Breite von durchschnittlich 12,8 m hergestellt, für den die 2,0 m breite Fräse, aufgrund der Überlappungsbereiche, sieben Fräsbahnen benötigt. Der Umsetzungsvorgang nach der ersten Bahn erfolgt durch Rückwärtsschieben und gleichzeitigem Ziehen des Wassertankwagens. Am Beginn des Abschnittes wird die Fräse wieder ausgerichtet und mit Einhaltung einer Überlappungslänge angesetzt.

Die Verdichtung des Gemisches hat mit Vibrationswalzenzügen oder Rüttel- und Gummiradwalzen zu erfolgen bis die geforderte Trockendichte und eine geschossene Oberfläche erreicht werden. Die Verdichtung muss abgeschlossen sein, bevor das Gemisch erstarrt und nicht mehr verdichtungswillig ist.⁵⁹



Bild 4.17: STZ-Fräse mit Erdbauwalzenzug

Die ersten Übergänge sind mit einer schweren Walze und hohen Vibrationsamplitude zu bearbeiten, um genug Verdichtungsenergie auszuüben. Nach erfolgter Vorverdichtung durch zwei Erdbauwalzen wird mittels 3-D Grader nochmals die geforderte Höhen- und Querlage profiliert. Muss zum Erreichen der Sollhöhe zusätzliches Material aufgebracht werden, darf dies nur frisch auf frisch erfolgen. Anschließend wird mit einer leichteren Walze die obere Zone mit niedriger Amplitude bearbeitet.⁶⁰

Wie schon erwähnt muss überschüssiges Material abtransportiert werden. Dies wurde im betrachteten Beobachtungszeitraum mit einem Mobilbagger und einem Transportgerät bewerkstelligt. Der Mobilbagger

⁵⁹ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRASSE-SCHIENE-VERKEHR: RVS 08.17.01: Technische Vertragsbestimmungen Betondecke: Mit Bindemittel stabilisierte Tragschichten. S. 4

⁶⁰ WIRTGEN GMBH: Kaltrecycling- Handbuch. S. 100

dient außerdem mit einem erforderlichen Arbeiter zur Herstellung der Anschläge an Brückenobjekten bzw. an Rampen der Autobahn.

Als Verdunstungsschutz der hydraulisch stabilisierten Tragschicht wird gegen Ende des Arbeitstages Bitumenemulsion aufgespritzt. Bis zu diesem Zeitpunkt muss das Austrocknen und somit das Bilden von Schwindrissen durch Benetzen mit Wasser verhindert werden. Für das Besprühen der stabilisierten Oberfläche mit Bitumenemulsion kommen unter anderem Breitspritzgeräte zum Einsatz. Diese modifizierten LKWs bestehen aus einem Bindemitteltank und einem am Heck montierten Spritzbalken. Die Spritzbreite kann zwischen 1,5 und 5,0 m variieren. Die geforderte Menge beträgt gemäß den Vertragsbedingungen der Leistungsbeschreibung mind. $0,4 \text{ kg/m}^2$. Gemäß der geltenden RVS werden Straßen der Lastklasse S bis IV zusätzlich mit $6\text{-}8 \text{ kg/m}^2$ grober Gesteinskörnung bis $4/8$ abgestreut. Aus diesem Grund erfolgt anschließend an das Aufspritzen des Bitumens das Abstreuen mit einem Walzensplittstreuer der auf einem 4-Achs LKW fixiert wird. Der geladene Splitt wird dabei in den Streuer gekippt. Bei dieser Tätigkeit stehen zwei Arbeitskräfte auf dem Splittstreuer und weisen den Lastkraftwagenfahrer ein. Das Abstreuen erfolgt im Rückwärtsgang, um das Befahren der Reifen auf der frisch aufgetragenen Bitumenemulsion zu verhindern. Je nach Tagesleistung des Zementstabilisierers sind mehrere LKWs Splitt erforderlich. Um lange Wartezeiten der Subunternehmen zu vermeiden, muss der Beginn des Bitumenaufbringens, anhand der Leistung für das Aufbringen des Verdunstungsschutzes, mit der Fertigstellung der Tagesleistung der Stabilisierungstätigkeiten abgestimmt werden.



Bild 4.18: Verdunstungsschutz aufbringen und abstreuen

Nach 24-48 Stunden wird die hergestellte Tragschicht entspannt, um das Auftreten von Reflexionsrissen im darüber liegenden Asphalt zu minimieren. Diese wird gemäß der RVS 08.17.01 mit mindestens zwei Übergängen einer schweren Vibrationswalze abgewalzt. Auf der Baustelle wurde eine 25 t Walze für das Entspannungswalzen gewählt, die mit einer hohen Frequenz von 30 Hz und einer niedrigen Amplitude arbeitete. Bei der Entspannung der Tragschicht mit der 15 t Walze wurde die Fläche mit fünf bis sechs Überfahrten bearbeitet.

Vor der Herstellung eines weiteren Aufbaus ist eine Reinigung des losen Materials vorzusehen. Dazu eignen sich Kehrmaschinen, die den Großteil des losen Splitts aufnehmen und wegschaffen, um in der Folge die Verbundwirkung des aufgetragenen Bitumens mit dem Asphalt zu begünstigen.

4.2.4 Einflussfaktoren

Zementtransport

Durch Verkehrsbehinderung auf der langen Anfahrtstrecke werden zur Sicherung des Zementverbrauchs Puffersilos am Zwischenlagerplatz aufgestellt. Ebenso ist der Zementtransport von den anderen Fahrzeugen im Zementwerk abhängig, da eine Priorisierung eines Bauvorhabens an der Beladestation nicht möglich ist.

Wassertransport

Der kontinuierliche Wasserbedarf der Bodenstabilisierungsfräse ist ständig aufrecht zu erhalten. Bei der Herstellung der stabilisierten Tragschicht wurde auf der betrachteten Baustelle ein zusätzlicher Wassertankanhänger bereitgestellt, um den benötigten Wasserbedarf auch nach Öffnungszeiten des Betonwerks, um 18:00 Uhr, zu sichern.

Überfahrten für den öffentlichen Verkehr

Der Stabilisierungszug bestehend aus der Bodenfräse und dem Wassertankwagen besitzt eine Länge von ca. 20-25 m, wodurch eine temporäre Verkehrsumlegung nur bedingt möglich ist. Für diese Streckenabschnitte sind zusätzliche Arbeiter zur Verkehrsregelung und dem Überstellen der Verkehrsleiteinrichtungen erforderlich.

Endgültiges Planum

Durch das Fräsen wird das im Vorfeld verdichtete Zusatzmaterial wieder aufgelockert. Ebenso ist ein geringer Volumenzuwachs durch Beimengung von Zement und Wasser zu erwarten. Aufgrund dessen werden erfolgt eine rasche Vorverdichtung der hydraulisch stabilisierten Deckschicht und anschließend eine Nachprofilierung mit einem 3D-gesteuertem Grader. Überschüssiges Material wurde auf dieser Baustelle mit einem Mobilbagger auf LKWs geladen und zum Zwischenlager gebracht. Um unnötige Materialmanipulationen zu vermeiden wird der hohe Aufwand bei der Herstellung des Planums bei der Anschüttung des Zusatzmaterials in Kauf genommen.

4.2.5 Alternative Verfahren

In den folgenden Punkten werden alternative Verfahren zur Herstellung der Homogenisierungsfräsung bzw. der stabilisierten Tragschicht aufgezeigt.

4.2.5.1 Kaltrecycling in einer stationären Mischanlage

Homogenisieren kann ebenso in einer stationären Mischanlage außerhalb des Baustellenbereichs durchgeführt werden. Diese sogenannte „In plant“ Methode ist bei Betrachtung der entstehenden Stoffkosten durch erforderliche Transporte eine teure Variante. Die Anwendung einer „in-plant“ Methode kommt in Betracht, wenn das Material auch bei anderen Baumaßnahmen verwendet werden soll. Bei inhomogenem Material kann eine Aufbereitung in einer stationären Anlage sinnvoll sein, um ein definiertes Verhältnis des Endproduktes zu erreichen. Ein weiterer Vorteil besteht in der Qualität des Mischvorgangs, der individuell auf das Material abgestimmt werden kann. Diese Variante ermöglicht auch eine Entkoppelung des Misch- und Einbauvorgangs durch Zwischenlagerung des vorgemischten Produktes.⁶¹

4.2.5.2 Unterscheidung der verwendeten Bindemittel

Für die Herstellung einer stabilisierten Tragschicht können verschiedene Bindemitteln herangezogen werden, wobei die Anwendbarkeit abhängig von der Verkehrsbelastung eingeschränkt ist.

Die Herstellung von stabilisierten Tragschichten mit Tragschichtbinder (ST-T), mit Zement (ST-Z) oder mit Bitumen und Zement (ST-BZ) können aufgrund ihrer Materialeigenschaften für die Lastklassen S und I-IV, gemäß den Definitionen der RVS 08.03.63, zur Anwendung kommen. Hingegen sind stabilisierte Tragschichten mit reinem Bitumen (ST-B) sowie Stabilisierungen mit mehr als 50% Asphaltgranulat nur für Straßen der Lastklassen IV-VI zugelassen. ST-B dürfen bei einer maximalen Einbaudicken von 25 cm hergestellt werden, wobei ST-Z, ST-T und ST-BZ mit Schichtdicken von 30 cm zugelassen sind. Aufgrund der Materialeigenschaften von ST-B und ST-BZ ist kein Entspannen durch Kerben oder Rüttelwalzen erforderlich.⁶²

Eine Anwendung von Kalk, als nicht hydraulisches Bindemittel, erfolgt bei Bodenverbesserungen durch Reduktion des Wassergehalts. Je nach Art und Menge der Kalkzugabe wird der Wassergehalt von stark

⁶¹ WIRTGEN GMBH: Kaltrecycling- Handbuch. S. 29

⁶² ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR: RVS 08.17.01: Technische Vertragsbestimmungen Betondecke: Mit Bindemittel stabilisierte Tragschichten. S. 3

wasserhaltigen Böden auf ein optimales Maß zur Verdichtung unter Einhaltung der vorgeschriebenen Verdichtungswerten oder Verformungsmoduln gesenkt. Eine Bodenverfestigung mit Beimengung von Kalk tritt bei Langezeitreaktionen durch hydraulisches Erhärten des Kalk-Boden-Gemisches und Karbonatisierung ein. Wie aus der folgenden Abbildung ersichtlich kommt, je nach Bodenbeschaffenheit des Grundstoffes, Kalkhydrat oder hydraulischer Kalk zur Anwendung.⁶³

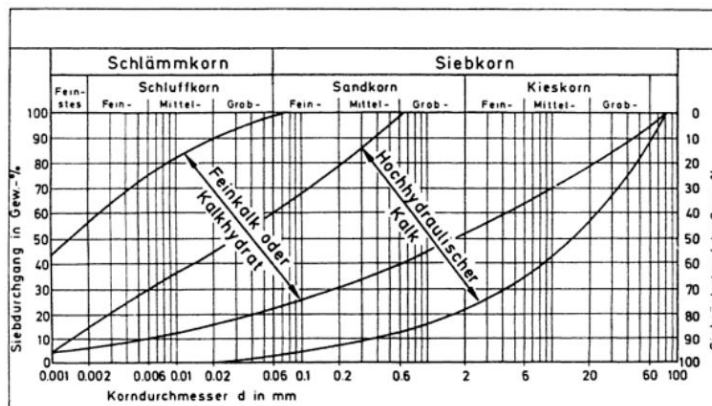


Bild 4.19: Anwendung der Kalkarten je nach Bodenart⁶³

Im Falle von niedrigen Temperaturen dürfen auch höhere Festigkeitsklassen des Zements gewählt werden, jedoch ohne den Bindemittelgehalt zu verändern.

Tragschichtenbinder eignen sich besonders als Schadstoffbinder, infolge einer speziellen Zusammensetzung, zur Bindung von Schadstoffen der Grundstoffe.⁶⁴

Die Verarbeitbarkeit von Bitumen wird mit verschiedenen Methoden gesteuert, wobei die Verwendung von Bitumenemulsionen und die Erzeugung von Schaumbitumen für das Stabilisieren geeignet sind.

Bitumenemulsion kann die Eigenschaften von Bitumen auch bei niedriger Temperatur nutzen und kalte Baustoffe binden. Der Brechvorgang des Bitumens beginnt in der Trocknungsphase und bildet einen zusammenhängenden Film, der sich um die Oberfläche der Mineralien legt. Bitumenemulsion wird in der Regel in Verbindung mit Zement eingesetzt (ST-BZ), der den Brechvorgang der Emulsion steuert. Zusätzlich wird die Anfangsfestigkeit der Schicht erhöht, was eine frühere Befahrung des Verkehrs ermöglicht.⁶⁵

⁶³ DACHROTH, W.: Handbuch der Baugologie und Geotechnik. S. 360

⁶⁴ GESTRATA - GESELLSCHAFT ZUR PFLEGE DER STRAßENBAUTECHNIK MIT ASPHALT: Asphalt - Handbuch. S. 132

⁶⁵ WIRTGEN GMBH: Kaltrecycling- Handbuch. S. 74

Zur Erzeugung von Schaumbitumen muss Straßenbaubitumen auf 160-180 °C in einer Expansionskammer erhitzt und mit 2-4 % zerstäuben Wasser aufgeschäumt werden. Wassermoleküle kommen mit dem heißen Bitumen in Verbindung und verändern schlagartig ihren Aggregatzustand, was zu dünnhäutigen dampfgefüllten Bitumenblasen führt. Aufgrund des großen Volumens und der niedrigen Viskosität kann unter Umgebungstemperatur ein homogenes Gemisch erzeugt werden. Im Vergleich zur Bitumenemulsion können geringere Kosten für Bindemittel und Transport erreicht werden. Nach der Verdichtung kann das Material sofort für den Verkehr freigegeben werden. Diese Methode ermöglicht eine Bearbeitung über längere Zeit auch bei ungünstigen Witterungsbedingungen.⁶⁶

4.2.5.3 Bodenstabilisierer mit Einbaubohle

Zur Stabilisierung der Tragschicht können auch Kaltrecycler mit Kettenfahrwerke zur Anwendung kommen, die eine angebaute Einbaubohle besitzen. Durch diese kann ein höhen- und profilgerechter Einbau des Gemisches im vorverdichteten Zustand hergestellt werden. Im Regelfall ist dadurch der Einsatz eines Graders bzw. einer zweiten Walze nicht erforderlich.

4.3 Auswertung und Datenanalyse

Bei der Beobachtung dieses Arbeitsverfahrens wurden einzelne Vorgänge der Maschinen zeitlich und örtlich erfasst. Außerdem erfolgten eine Betrachtung der aufeinanderfolgenden Tätigkeiten und deren Einflussfaktoren. Durch Analyse der Lieferscheine der Subunternehmer wurde auf Tagesleistungen bzw. Stundenleistungen geschlossen und erforderlichen Verbrauchsmengen ermittelt.

Bei den Verfahren der Zementstabilisation und der Homogenisierungsfräsung wurden Einzelzeitanalysen durchgeführt. Stundenleistungen von Walzen oder Grader wurden über die Bautagesberichte und Lieferscheine abgeleitet. Anteilige Flächen wurden den verschiedenen Tätigkeiten aus den Baustellenbeobachtungen zugewiesen. Annahmen für vorhandene Geräte, wie Traktor mit Wasserfass oder Radladerbeistellung zur Beladung des Vorlagerungsmaterials, wurden abgeschätzt und verursachungsgerecht zugeordnet.

⁶⁶ WIRTGEN GMBH: Kaltrecycling- Handbuch. S. 79

4.3.1 Eingesetzte Geräte

In der folgenden Tabelle werden die eingesetzten Geräte dargestellt und nach unterschiedlichen Tätigkeiten gegliedert.

Tabelle 4.1: Geräte zur Herstellung einer hydraulisch gebundenen Tragschicht

Fräsen						
Gerät	Marke	Typenbez.	Arbeitsbreite	Frästiefe	Einsatzgewicht	Motorleistung
Homogenisierungs-fräse (Fa. PETSCHL)	Wirtgen	W210	2,00 m	0-300 mm	28,2 t	500 kW
Homogenisierungs-fräse (Fa. ABF)	Wirtgen	W220i	2,20 m	0-350 mm	44,2 t	571 / 552 kW
Homogenisierungs-fräse (Fa. ABF)	Wirtgen	W1300 DC	1,30 m	0-300 mm	27,2 t	340 kW
Bodenstabilisierungs-fräse	Wirtgen	WR 2000	2,00 m	0-500 mm	25,2 t	315 kW

Grader						
Gerät	Marke	Typenbez.	Betriebsgewicht	Motorleistung (ISO 9249)	Geschwindigkeit	Scharbreite
Grader	New Holland	F 156.6 A	14,3 t	131 kW	37,4 km/h	2,60 m
Grader	New Holland	F 106.6 A	10,6 t	101 kW	37,8 km/h	2,35 m

Walzen						
Gerät	Marke	Typenbez.	Betriebsgewicht	Arbeitsbreite	Geschwindigkeit	Verdichtungs-art
FDVK Walze	Hamm	3625	24,8 t	2,22 m	0-12,0 km/h	Vibration
Erdbauwalze	Hamm	3412	12,2 t	2,14 m	0-14,0 km/h	Vibration
Erdbauwalze	Bomag	BW 213 D-4	12,5 t	2,13 m	0-11,0 km/h	Vibration
Gummiradwalze	Hamm	GRW 18	15,1 t	1,99 m	0-11,5 km/h	statisch

Transporte						
Gerät	Marke	Typenbez.	Leerge.	Nutzlast	Motorleistung (ISO 9249)	Volumen gehäuft
4-Achs LKW	Volvo	Annahme	15,0 t	20,0 t	300 kW	13,0 m ³
Gerät	Marke	Typenbez.	Nutzlast	Gesamtzuggewicht	Arbeitsbreite	
Streumaster	Wirtgen	SW 16 MC	15,0 t	-	2,50 m	
Zementsiloanhänger			27,0 t	40,0 t	-	
Gerät	Marke	Achsen	Behältervolumen			
Wassertankwagen	Mercedes	3-Achs	13.000 l			
Wassertankwagen	Mercedes	3-Achs	15.000 l			
Wassertankanhänger	-	2-Achs	15.000 l			

Beladung am Zwischenlagerplatz					
Gerät	Marke	Typenbez.	Betriebsge.	Motorleistung (ISO 9249)	Volumen
Radlader	Volvo	L150F	24,8 t	209 kW	4,0 m ³

Verladung bei überschüssigem Material					
Gerät	Marke	Typenbez.	Betriebsge.	Motorleistung (ISO 9249)	Volumen
Mobilbagger mit Schwenklöffel	Liebherr	A311	12,1 t	69 kW	0,5 m ³

4.3.2 Ergebnisse und Interpretation

Die Auswertungen wurden in drei Verfahren gegliedert, wobei die Tätigkeiten der jeweiligen Verfahren verursachungsgerecht dem Leistungszeitraum und den bearbeiteten Flächen zugeordnet werden.

4.3.2.1 Homogenisierungsverfahren

Beim Homogenisierungsfräsen wurden drei verschiedene Fräsen mit unterschiedlicher Fräsbreite eingesetzt, wodurch die Leistungen getrennt ausgewertet wurden.

Im erstellten Diagramm (Bild 4.20) sind die Tagesleistungen nach Fräsentyp aufgetragen. Die Beobachtungen erfolgten für das Homogenisierungsfräsen von 17 cm Asphalt und ca. 8 cm ungebundener Tragschicht. Aus den Auswertungen ist ersichtlich, dass über die gesamte Bauverfahrensdauer eine durchschnittliche Tagesleistung von ca. 5.000m² oder umgerechnet 1.250 m³ mit einer Fräse erreicht wurde.

Die mittlere Stundenleistung der Homogenisierungsfräse wurde anhand der täglichen Arbeitszeiten von 10 Stunden der beteiligten Geräte abgeschätzt. Daraus kann für den Kaltrecycler W220 bzw. W210 mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 95 % ein Mittelwert von ca. 125 m³/h \pm 3,0 m³/h angenommen werden.

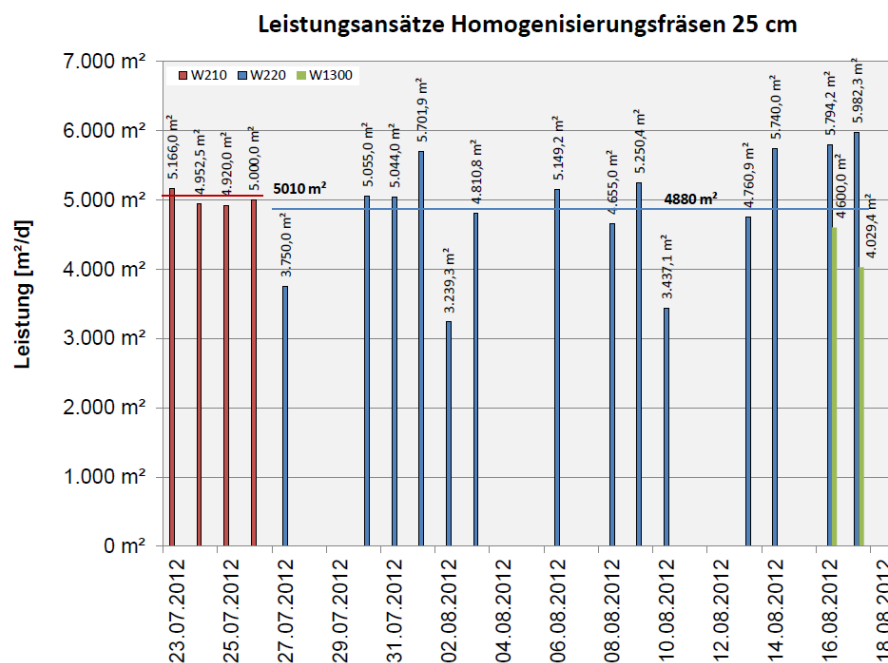


Bild 4.20: Tagesleistungen Homogenisierungsfräsen

Das homogenisierte Material wird anschließend vom Grader planiert, um den Baustellenverkehr aufrecht zu erhalten. In der Folge ist der Grader gleichzeitig für das Ausbreiten und Planieren des Zusatzmaterials erforderlich. Um eine Trennung der beiden Aufgabenbereiche zu erreichen, wurde angenommen, dass der zeitlich dokumentierte Anteil der 3D Steuerung nur bei der Bearbeitung des Feinplanums nach Anschüttung des Zusatzmaterials und die verbleibende Zeit für das Planieren hinter der Fräse benötigt wird. Die zeitliche Aufteilung aus den

Lieferscheinen ergab einen Mittelwert von ca. 70 % für das Vorlagern und ca. 30 % der Tagesgesamststunden für das Planieren hinter der Fräse. Mit dieser Aufteilung wurden die Gesamtstunden der jeweiligen Leistungspositionen für die Tage an denen die Homogenisierungsfräse tätig war, ermittelt. Eine Leistungsanpassung zwischen den beiden eingesetzten Gradern erfolgte vereinfacht mit einer Motorleistungsanpassung vom 11 t Grader auf den 15 t Grader mit einem Abzug von 30%. Die durchschnittliche Leistung eines 15 t Graders für das Planieren der gefrästen Fläche, mit der beschriebenen Herangehensweise, kann anhand der folgenden Tabelle aufgezeigt werden. Die ermittelten Werte können aus der Gesamtfläche und den anteiligen Gesamtstunden errechnet werden.

Tabelle 4.2: Leistungsansatz Grader - Planieren des Fräsguts

Grader hinter Homogenisierungsfräse [m ³ /h]	
76,5 h	F156.6A
13,0 h	F106.6A kW Anpassungsfaktor -30%
89,5 h	Gesamtstunden hinter Fräse
97037,97	Gesamtfläche Fräse Lieferscheine
1083,98	Leistung [m ² /h]
24259,49	Gesamtkubatur bei 25 cm Frästiefe [m ³]
271,00	Leistung [m³/h]

Der Grader wurde außerdem mit der 3D-Steereinheit zum Verteilen und Planieren des Zusatzmaterials eingesetzt. Die erforderliche Stärke der Anschüttung wurde im Durchschnitt mit 7,6 cm angenommen, da aufgrund von Unebenheiten nach der Homogenisierung, ein Mehrverbrauch von 20% zu erkennen war. Die geforderten 5 cm auf dem theoretischen Zwischenplanum wurden durch die nachfolgende Verdichtung auf 85 % der aufgetragenen Stärke erreicht. Die Herstellung des Feinplanums wurde auch als „Schleifen“ bezeichnet, wo gegebenenfalls eine Auffüllung von Unebenheiten nach einer Vorverdichtung erfolgte und das endgültige Planum vor der Stabilisierungsfräsung hergestellt wurde.

Tabelle 4.3: Leistungsansatz Grader - Einbau des Zusatzmaterials

Grader Anschütten und Schleifen [t/h]	
128,0 h	F156.6A
58,0 h	F106.6A kW Anpassungsfaktor -30%
186,0 h	Gesamtstunden Anschütten und Schleifen
103599,93	Gesamtfläche 8,068*12,5
556,90	Leistung [m ² /h]
12431,99	Gesamtmenge bei 6,0 (7,65) cm Anschüttung (f=0,85; Dichte=1,7t/m ³)
66,83	Leistung [t/h]

Die 25 t Walze für die flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle wurde zusätzlich zur Vorverdichtung des Fräsguts herangezogen. Aus diesem Grund kann über eine Gesamtbetrachtung nur ein Leistungsansatz für das Walzen und die kontinuierliche Verdichtungskontrolle errechnet werden.

Tabelle 4.4: Leistungsansatz - FDVK Walzen

FDVK Walzen [m ² /h]	
263,0 h	HAMM 3625 FDVK+Abwalzen
97037,97	Gesamtfläche Fräse Lieferscheine
368,97	Leistung [m ² /h]
24259,49	Gesamtkubatur bei 25 cm Frästiefe [m ³]
92,24	Leistung [m ³ /h]

Die Gesamtstunden sowie der daraus abgeleitete Leistungsansatz der Gummiradwalze wurden aus den Bautagesberichten und gemäß der Fotodokumentation abgeschätzt. Dabei wurde erkannt, dass diese Walze vorwiegend die Verdichtung des Recyclingbetons übernahm.

Tabelle 4.5: Leistungsansatz Gummiradwalze - Verdichtung des Zusatzmaterials

Gummiradwalze (Anschütten 25.07. - 20.08.2012)	
233,5 h	HAMM GRW 18
87500,00	Fläche von BLE - P 70 (7000 m*12,5 m)
374,73	Leistung [m ² /h]
10500,00	Gesamtmenge bei 6,0 (7,65) cm Anschüttung (f=0,85; Dichte=1,7t/m ³)
44,97	Leistung [t/h]

4.3.2.2 Herstellung der hydraulisch gebundenen Tragschicht

Zusatzmaterial liefern und einbauen

Der Zement wurde täglich mit zehn Sattelzugtransporten zu je 26 Tonnen angeliefert und dem Zementstreuwagen übergeben. Die Mindeststehzeit eines Zementsilotransporters auf der Baustelle zur Entladung beträgt im Durchschnitt ca. 45 min. In dieser Zeit erfolgte eine zweimalige Beladung zu je 13 Tonnen in den Zementstreuwagen. Bei einer Dauer von drei Stunden für Beladung im Zementwerk und der erforderlichen Fahrzeit sind, in einer Arbeitszeit von 10 Stunden, 2,5 Fahrten pro Tag und Sattelzug möglich. Aus diesem Grund werden vier Sattel zur Lieferung der Tagesmenge eingesetzt.

Herstellung der zementstabilisierten Tragschicht

Die angeführte Grafik zeigt die Tagesleistungen der STZ-Fräse gemäß den vorhandenen Lieferscheinen. Im Durchschnitt wurden 8270 m² stabilisierte Tragschicht pro Tag hergestellt. Aus den Aufzeichnungen des Bautagesberichtes oder Baustelleneinflüsse ist kein Einfluss für die geringere Tagesleistung vom 17.08.2012 zu erkennen. Jedoch besteht ein Zusammenhang mit der geringeren Anzahl von acht im Gegensatz zu den üblichen zehn Zementtransporten.

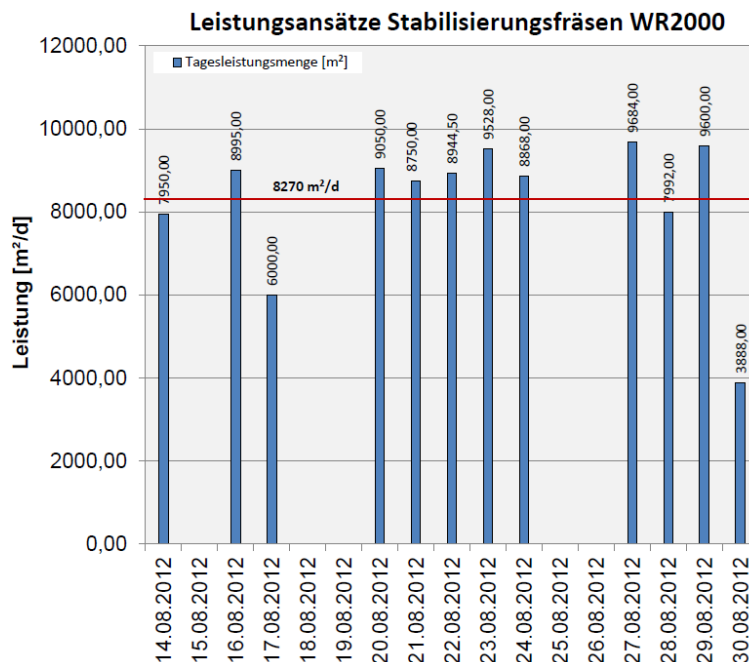


Bild 4.21: Tagesleistungen der STZ-Fräse

Aus den Detailbeobachtungen der einzelnen Geräte lassen sich folgende Leistungsansätze bestimmen.

Tabelle 4.6: STZ-Leistungsansätze laut Beobachtungen

Leistung laut Beobachtungen	
Zementstreuwagen (34,4 kg/m ²)	
820 m ² /h	durchschnittliche Leistung pro Stunde
STZ-Fräse	
1.002 m ² /h	durchschnittliche Leistung pro Stunde
3D-Grader	
1.110 m ² /h	durchschnittliche Leistung pro Stunde

Im Gegensatz dazu können diese Leistungsansätze auch über die geleisteten Gesamtstunden und hergestellten Flächen bestimmt werden. Aus der Tabelle 4.7 ist ersichtlich, dass die Leistungen der Baustellenbeobachtungen von den Gesamtleistungsansätzen abweichen. Der Grund dafür sind die auftretenden Nebenarbeiten, die in den stichprobenartigen Aufnahmen nur im geringen Maß aufgetreten sind. Diese Arbeiten sind beispielsweise der Wasserwagenwechsel, das Wenden des Stabilisierungszuges oder das Tauschen Fräsmeißel.

Die Leistung des Grader wurde gemäß dem tatsächlichen Ausmaß der 3D-Steuerung des Lieferscheins und dem Ausmaß der Gesamtstunden ermittelt. Hier ist ersichtlich, dass sich die Leistung über die Gesamtstunden mit der Leistung der Stabilisierungsfräse deckt. Jedoch wird bei Ermittlung der tatsächlichen Einsatzdauer der 3D-Steuerung zum Feinplanieren der stabilisierten Tragschicht eine bedingte Wartezeit des Graders durch den Leistungsunterschied zur Fräse erkannt. Auch bei den Baustellenaufnahmen wurde eine Wartezeit nach Fertigstellung

des Feinplanums aufgezeichnet. In der Regel wurde diese Zwischenzeit durch Herstellung des Übergangs zwischen den Arbeitsabschnitten oder zum Überstellen der Totalstation überbrückt.

Tabelle 4.7: STZ Geräte -Leistungsansätze gemäß Lieferschein

STZ - Leistung aus Lieferscheine	
8.271 m²/d	durchsch. Tagesleistung der STZ Fräse
99.249,5 m ²	Gesamtfläche Fräse Lieferscheine
12,0 d	Anzahl der Arbeitstage
11,5 h/d	Stunden pro Tag (Annahme 6:00 - 17:30 Uhr)
719 m²/h	durchschn. Leistung pro Stunde
3D Grader Feinplanum STZ	
76,0 h	3D Grader F156.6 (lt. 3D-Steuerung)
139,0 h	3D Grader F156.6 (Gesamtstunden)
99.249,5 m ²	Gesamtfläche Fräse Lieferscheine
714 m²/h	Leistung über Gesamtstunden [m ² /h]
1.306 m²/h	Leistung der 3D-Steuerung [m ² /h]
Walzen hinter STZ-Fräse	
280,5 h	HAMM 3412, BOMAG BW12, HAMM 3625
99.249,5 m ²	Gesamtfläche Fräse Lieferscheine
354 m²/h	Leistung [m ² /h]
Entspannen mit Walzen	
58,5 h	HAMM 3412, BOMAG BW12, HAMM 3625
99.249,5 m ²	Gesamtfläche Fräse Lieferscheine
1.697 m²/h	Leistung [m ² /h]
Bitumen vorspritzen und Absplitten	
60,0 h	Bitumenbreitspritzgerät (LKW)
99.249,5 m ²	Gesamtfläche Fräse Lieferscheine
1.654 m²/h	Leistung [m ² /h]

Bei der Ermittlung des Leistungswertes der Erdbauwalzen war keine verursachungsgerechte Trennung der einzelnen Walzen zu den geleisteten Flächen möglich. Dabei waren ständig zwei Walzen im Einsatz. Die Verdichtung wurde zu 223 Std von den 12 t Walzen und 57,5 Std durch die 25 t Walze hergestellt.

Der Leistungsansatz des Entspannungswalzens von ca. 1.700 m²/h wurde über die aufgezeichneten Stunden im Bautagesbericht ermittelt, da keine getrennten Vermerke auf den Lieferscheinen vorhanden waren.

Das Aufbringen des Verdunstungsschutzes erfolgte mit einem Breitspritzgerät und wurde als gemeinsame Tätigkeit mit dem Abstreuen zusammengefasst.

Nebenarbeiten zur Verladung und Verfuhr von überschüssigem Material wurden durch einen Mobilbagger, einem 4-Achs LKW und einem Arbeiter durchgeführt. Ebenso werden Anschlüsse an Brücken und Zufahrten nachträglich hergestellt. Auf dieser Baustelle waren für acht Brückenanschlüsse, sieben Auf- bzw. Abfahrten bzw. zur Verfuhr des überschüssigen Materials 76 Arbeitsstunden erforderlich. Umgerechnet kann ein Ansatz von 0,76 h/1000m² für diese Arbeiten angenommen werden.

4.4 Nachkalkulation

In der Nachkalkulation werden drei Leistungspositionen zur Herstellung der stabilisierten Tragschicht betrachtet.

4.4.1 Homogenisierungsfräsen

Das Homogenisierungsfräsen wurde aufgrund des Ausführungsvorschlags des Auftragnehmers in einer Arbeitskalkulation berechnet. Dabei sind die Fräsarbeiten aus einem Subangebot mit einem Kostensatz von 5,50 €/m³ kalkuliert. Außerdem wird ein Grader mit einer 3D-Steuerung und einem Leistungsansatz von 180 m³/h, zwei Erdbauwalzen mit je 90 m³/h und ein Hilfsarbeiter mit einem Anteil von 140 m³/h angesetzt.

Die Gesamtstunden des Graders in zwei Anteile gegliedert. Der Anteil mit 30% der Gesamtstunden (ohne 3D-Steuerung) wird dem Planieren hinter der Homogenisierungsfräse zugeordnet. Die Leistungsansätze des Graders F106.6 sind mit ca. 300 m³/h höher als die des Grader F156.6, da in den ersten drei Tagen des Bauverfahrens keine Anschüttung des Vorlagerungsmaterials stattgefunden hat und die geleisteten Stunden gänzlich dem Homogenisierungsfräsen zugeordnet wurden.

Das Verdichten des Fräsguts wurde in der Regel von der 25 t Walze übernommen, die im Anschluss die flächendeckende Verdichtungskontrolle durchführte. Zu Beginn des Bauverfahrens erfolgte die Verdichtung zusätzlich mit einer Gummiradwalze, die jedoch nach zwei Tagen zur Verdichtung des Zusatzmaterials abgezogen wurde.

Das Befüllen des Wassertankanhängers wird mit einem Ansatz von je einer Stunde pro Fahrt und täglich drei Fahrten eines 4-Achs LKWs angenommen, dabei ist keine zusätzliche Arbeitskraft zur Manipulation erforderlich. Es wurde ein Wasserpreis von 1 €/m³ verrechnet.

Die Gesamtstunden des Traktors mit dem Wasserfass werden zu 50% dem Homogenisierungsfräsen und zu 50% dem nachfolgenden Anschütten des Zusatzmaterials angerechnet.

In der folgenden Übersichtstabelle wird der IST-Einheitspreis ermittelt und dem Ansatz der Urkalkulation gegenübergestellt, dabei ist ersichtlich, dass ein Gewinn von ca. 9 % erwirtschaftet wurde.

Tabelle 4.8: Nachkalkulation Homogenisierungsfräsen

Nachkalkulation - Homogenisieren		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Homogenisierungsfräsen, gradern und einwalzen	03990301A	24.259,49 m ³
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	6,98 €/m ³	169.331,23 €
Nachkalkulation (IST)	6,33 €/m ³	153.657,98 €
Delta	9,3%	15.673,25 €

4.4.2 Zusatzmaterial RB I 0/45

Auf der gesamten Streckenlänge von 8,068 km, ausgenommen sind dabei die Längen der Brücken im Baufeld, und einer erforderlichen Breite von 12,84 m wird RB Material mit einer durchschnittlichen Stärke von 6 cm im verdichteten Zustand und einem Schüttgewicht von ca. 1,6 t/m³ angeschüttet. Der Auflockerungsfaktor des Materials wird mit 0,80 angenommen. Die ermittelte Ausführungsmenge ergibt sich aus folgender Berechnung:

$$M_{\text{ZM}} = \frac{8,068 \cdot 12,84 \cdot 0,06 \cdot 1,6}{0,80} = 12.431 \text{ t}$$

Der Stundenanteil des Grader wird aufgrund der erforderlichen 3D-Steuerung mit 70 % angesetzt. Auch in dieser Leistungsberechnung wurden die Flächenanteile den tatsächlichen Geräteeinsatz zugeordnet. Es wird angenommen, dass die Gummiradwalze ab Beginn der Anschüttung ausschließlich für diese Verdichtung des Vorlagerungsmaterials herangezogen wurde. Die Gesamtstunden der eingesetzten 4-Achs LKWs werden anhand der Bautagesberichte und Lieferscheine nachvollzogen. In weiterer Folge wurden die Gesamtstunden des Traktors mit Wasserfass auf das Homogenisierungsfräsen und das Anschütten des Zusatzmaterials mit jeweils der Hälfte der gesamten Einsatzzeit angenommen. Der Mobilbagger dient in diesem Verfahren zur Herstellung der Anschläge an Objekten und Aus- sowie Auffahrten. Der Radlader zur Beladung des Zusatzmaterials wurde vom Aufbereitungsunternehmen bereitgestellt. Bei der Annahme, dass innerhalb von 15 Minuten ein 4-Achs LKW mit einer Nutzlast von 20 t beladen wird, kann eine Leistung von ca. 85 t/h angenommen werden. Daraus abgeleitet errechnet sich für die Beladung des gesamten Zusatzmaterials eine Dauer von 141 Stunden.

Die zusätzliche Arbeitskraft dient bei Brückenobjekten und Hindernissen als Kippeinweiser der Transportfahrzeuge bzw. bei den Aus- und Auffahrten zur Verkehrsregelung sowie zum temporären Umstellen der Verkehrsleiteinrichtungen.

Die Kosten für das Material werden in der Leistungsposition 0201250303I der Aufbereitung vom Auftraggeber abgegolten. Der Auftraggeber hat dabei in der Ausschreibung die Weiterverwendung des Materials aus dem Betonabtrag vorgesehen.

Im Vergleich zur Urkalkulation konnte ein ca. 40 % höherer Leistungsansatz der Geräte zum Einbau des Zusatzmaterials erreicht werden. Der Transport des Materials wurde aus bautechnischen Gründen nur mit 4-Achs LKWs durchgeführt. Außerdem wurde das Ausmaß der Gesamtstunden des Radladers mit einer höheren Leistung angesetzt. In der Urkalkulation wird zum Einbau des Materials kein Traktor mit Wasserfass vorgesehen.

Aus der Gegenüberstellung der Einheitspreise lässt sich ein Gewinn von 30 % in dieser Position errechnen.

Tabelle 4.9: Nachkalkulation Zusatzmaterial

Nachkalkulation - Zusatzmaterial liefern und einbauen		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Zusatzmaterial RB I 0/45 5 cm	03990301B	12.431,17 t
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	10,65 €/t	132.392,01 €
Nachkalkulation (IST)	7,45 €/t	92.573,04 €
Delta	30,1%	39.818,97 €

4.4.3 Zementstabilisierte Tragschicht

Gemäß der Ausschreibung werden das Liefern des Zements und das Entspannungswalzen gesondert vergütet, wobei diese als getrennte LV-Positionen in einer Nachkalkulation mit der Zementstabilisation zusammengefasst werden.

Die Gesamtfläche aus den Lieferscheinen bildet die Grundlage zur Berechnung der Gesamtkosten der Subunternehmer-Leistungen. Hinzu kommt eine Pauschale von 1.750 € zur Einrichtung der Baustelle.

Bei diesem Verfahren sind ständig zwei 15 t Erdbauwalzen im Einsatz, wobei eine von der 25 t Walze während des Bauverfahrens abgelöst wurde. Dabei wurden anteilige Flächen der Geräte in der Leistungsberechnung berücksichtigt. Das Feinplanum wird mit dem Grader und der 3D-Steuerung hergestellt, wobei Anschlussarbeiten und Nebenarbeiten, wie Aufstellen der Totalstation ohne 3D-Steuerung stattfinden und somit getrennt verrechnet.

Der Wassertankanhänger wird bei den Fräsarbeiten täglich einmal mit einem LKW zur Füllstation gebracht. Für diese Tätigkeit wird eine Dauer von einer Stunde angenommen und wird zur Vollständigkeit angeführt.

Der Mobilbagger dient zur Herstellung der ST-Z von Anschlägen an Brückenobjekten und Aus- sowie Auffahrten. Des Weiteren dient dieser zur Beladung des überschüssigen Materials nach Herstellung des Feinplanums. Diese Tätigkeit wurde in der Ur- bzw. Nachkalkulation nicht berücksichtigt, da diese über die zeitgebundenen Kosten abgerechnet werden. Dabei wird zusätzlich ein Arbeiter für die händischen Nebenarbeiten erforderlich.

Gemäß den Lieferscheinen wurde eine Zementmenge von insgesamt 3.120 t geliefert, jedoch waren die tatsächlichen Kostenansatz um 1,50 €/t höher als in der UR-Kalkulation angesetzt.

Das Entspannungswalzen wurde in der Kalkulation mit einer Leistung von 400 m²/h angenommen, wobei die 25 t Walze aus den Aufzeichnungen der Bautagesberichte eine Leistung von 1.700 m²/h erreichte.

In der Gegenüberstellung der Einheitspreise zur Herstellung der Zementstabilisierung errechnet sich ein Delta von 5,3 %. Mit Berücksichtigung der dazugehörigen Positionen, wie Zementliefern und Entspannungswalzen wird ein Gewinn von insgesamt ca. 11.100 € erreicht.

Tabelle 4.10: Nachkalkulation ST-Z

Nachkalkulation - Zementstabilisierung		
Leistungsposition	LV-P.-Nummer	Gesamtmenge
Zementstab. Tragschicht ST-Z, 30 cm BMV	0201170201D	99.249,50 m ³
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	1,50 €/m ²	148.874,25 €
Nachkalkulation (IST)	1,42 €/m ²	140.932,99 €
Delta	5,3%	7.941,26
zusätzliche LV-Positionen	Summe lt. URK	Netto Aufwand
Zement CEM III B/ 32,5 N liefern	209.758,08 €	215.376,60 €
Entspannungswalzen	12.902,44 €	3.802,50 €
Gesamtsumme	371.534,77 €	360.453,49 €
Delta Gesamt	3,0%	11.081,28 €

4.4.4 Abstreuen Verdunstungsschutz

Zum Abstreuen des Verdunstungsschutzes mit Splitt wird die Gesamtmenge an Splitt 4/8 anhand der Lieferscheine der LKWs ermittelt. Das Abstreuen wird mit einem Splittstreugerät und zwei Arbeitskräften eines Subunternehmers durchgeführt. Der Leistungsansatz von 1.200 m²/h wurde dabei um 17 % überschritten.

Die Gesamtstunden der Kehrmaschine und die Leistungsmenge wurden über die vorhandenen Lieferscheine ermittelt und ergeben für das Abkehren des losen Materials eine Leistung von 930 m²/h. Davon abgeleitet, ergaben sich in der Arbeitskalkulation höhere Kosten für das Reinigen, als in der tatsächlichen Durchführung dieser Tätigkeit. Der Unterschied beträgt dabei ca. 0,10 €/m². Durch die Ausführungsvariante eines Nachunternehmers verringerte sich der Einheitspreis für das Abstreuen um 0,03 €/m². Hingegen war der Materialpreis höher als kalkuliert, was im Vergleich eine Differenz von 0,01 €/m² bedeutet.

Tabelle 4.11: Nachkalkulation Abstreuen

Nachkalkulation - Abstreuen		
Leistungsposition	LV-P.-Nummer	Gesamtmenge
Az ST abstreuen 8kg	03990101A	99.249,50 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	0,58 €/m ²	57.564,71 €
Nachkalkulation (IST)	0,50 €/m ²	49.193,61 €
Delta	14,5%	8.371,10 €

In der Gegenüberstellung wird bei dieser Leistungsposition ein Gewinn von ca. 15 % erwirtschaftet. Dieser kann vorwiegend auf die geringeren Kosten des Abkehrens zurückgeführt werden

4.5 Fazit

Bei der Herstellung der Homogenisierung ist es erforderlich kontinuierlich den Wasserbedarf der Fräse zu decken. Aus diesem Grund ist ein Wassertankwagen vorgesehen, der täglich bis zu dreimal gefüllt werden musste. Gegebenenfalls könnte eine Walze mit einer Anhängervorrichtung ausgestattet werden, um unabhängig vom eingesetzten LKW das Überstellen in den nächsten Abschnitt vorzunehmen. Aus der Gesamtbetrachtung der geleisteten Stunden und der Leistungsmenge gemäß Lieferschein wurde für das Homogenisierungsfräsen von 17 cm Asphalt und 8 cm ungebundener Tragschicht ein Leistungswert von durchschnittlich 5.000 m²/d erreicht.

Bei der Flächendeckenden dynamischen Verdichtungskontrolle werden Fehlstellen in den unteren Tragschichten erkannt. Bei den Baustellenbeobachtungen wurde mit einer 25 Tonnen Walze ein Leistungswert, für das Vorverdichten und der Verdichtungskontrolle, von ca. 90 m³/h erreicht. Schadstellen können bei zu starker Bewässerung durch einen zu hohen Wassergehalt erzeugt werden. Bevor diese Schwachstellen mittels Bodenauswechslung saniert werden, sollte versucht werden, die Schadstelle austrocknen zu lassen. Bei hohem Wassergehalt kann dies lokal durch den Aushub des feuchten Fräsguts erreicht werden, um das Austrocknen zu beschleunigen. Anschließend wird der Bereich wieder verfüllt und nach ausreichender Verdichtung eine erneute dynamische Verdichtungskontrolle durchgeführt.

Aufgrund der hohen Stundenleistung des Graders zur Herstellung des Zwischenplanums hinter der Fräse mit einem Wert von ca. 1.050 m²/h, ist eine Nebentätigkeit vorzusehen, um Warte- bzw. Stehzeiten zu vermeiden. In diesem Bauverfahren wird im Anschluss an die Frästätigkeit vom selben Grader das Vorlagerungsmaterial angeschüttet und planiert. Ein verzögerter Beginn der Planiertätigkeiten hinter der Fräse könnte dabei sinnvoll sein, um Stehzeiten zu vermeiden.

Die Anlieferung des Zusatzmaterials sollte mit 4-Achs LKW erfolgen, um eine gleichmäßige Verteilung und somit eine vereinfachte Herstellung des Planums ermöglicht wird. Im Vergleich dazu kann durch größere Transportgeräte das bereits verdichtete Zwischenplanum aufgerissen werden. Für das Anschütten und Schleifen des Vorlagerungsmaterials mit einer 3D-Steuerung wurde eine Leistung von ca. 65 t/h erreicht.

Die Zementtransporte sind aufgrund der langen Umlaufzeiten von ca. vier Stunden aufeinander abzustimmen, um ständig den Bedarf an Zement zu sichern und einen Ausfall zu vermeiden. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass in unmittelbarer Nähe Zementsilos aufgestellt werden, die als Puffer dienen. Dabei wird einer gefüllt und dient im Falle eines Transportausfalls als Puffer bzw. ist der Andere leer, um eine Entladung bei Ausfall der Fräse zu ermöglichen und den vorgegebenen Zyklus aufrecht zu erhalten. Die Wartezeit des Zementsilowagens auf

der Baustelle ist abhängig von der Entladedauer in den Zementstreuwagen. Aus den Beobachtungen ist mit Stehzeit des Sattelzugs von mindestens 45 Minuten zu rechnen. Um eine rasche Verdichtung der stabilisierten Tragschicht zu gewährleisten muss auf der Baustelle während des Bauverfahrens eine Reservewalze vorhanden sein, um bei Ausfall einer Walze ein erneutes Durchfräsen zu verhindern.

Die aufwändige Vorarbeit der Verdichtung beim Homogenisierungsfräsen, aber auch nach Vorlagerung des Materials ist für die nachfolgende Herstellung der zementstabilisierten Tragschicht von besonderer Bedeutung. Je dichter das Material vorgelagert wird, umso geringer ist die endgültige Abweichung von der Soll-Höhe nach erfolgter Stabilisierung und Verdichtung. Maßgebend dafür ist die Genauigkeit des Feinplanums vor der Herstellung der stabilisierten Tragschicht. Bei dichter Lagerung des Fräsguts bzw. des Vorlagerungsmaterials wird aufgrund der Auflockerung durch die Stabilisierungsfräse nur eine geringe Abweichung der Höhenlage erreicht.

Aus der Gesamtbetrachtung der Lieferscheine kann bei der Herstellung der STZ mit einer durchschnittlichen, täglichen Leistung von ca. 8.300 m²/d kalkuliert werden. Für die Herstellung des Feinplanums hinter der STZ-Fräse wurde ein Leistungswert von 720 m²/h, mit Berücksichtigung allfälliger Nebenarbeiten und Wartezeiten, erreicht.

Der geforderte Verdunstungsschutz und das Abstreuen werden am Ende eines Arbeitstages aufgebracht. Der Beginn der Tätigkeiten ist mit einer ausreichenden Vorlaufzeit der STZ Fräse zu ermitteln, um Wartezeiten der Subunternehmer zu vermeiden. Beim Vorspritzen und Abstreuen wurde anhand der Lieferscheine eine Leistung ca. 1650 m²/h errechnet.

Bei der erforderlichen Entspannung der zementstabilisierten Tragschicht nach 24 Stunden errechnet sich aus den gesamten Leistungsstunden der Bautagesberichte ein Leistungswert von ca. 1.700 m²/h.

In der nachfolgenden Zusammenstellung aller zugehörigen Positionen zur Herstellung der stabilisierten Tragschicht ist ein Gewinn von 10,3 % zu verzeichnen.

Tabelle 4.12: Kosten zur Herstellung der Zementstabilisierung

Zementstabilisierung			
Leistungsposition	Aufwand	Erlös	Delta
Homogenisierungsfräsen, gradern und einwalzen	153.657,98 €	169.331,23 €	15.673,25 €
Zusatzmaterial RB I 0/45 5 cm	92.573,04 €	132.392,01 €	39.818,97 €
Zementstab. Tragschicht ST-Z, 30 cm BMV	140.932,99 €	148.874,25 €	7.941,26 €
Zement CEM III B/ 32,5 N liefern	215.376,60 €	209.758,08 €	-5.618,52 €
Entspannungswalzen	3.802,50 €	12.902,44 €	9.099,94 €
Az ST abstreuen 8kg	49.193,61 €	57.564,71 €	8.371,10 €
Summe	655.536,71 €	730.822,71 €	75.286,00 €
		Summe Gewinn/Verlust	10,3 %

5 Einbau von bituminösen Schichten

In diesem Kapitel wird das Verfahren zur Herstellung der bituminösen Schichten beschrieben. Dabei werden in den ersten Unterkapiteln vertragliche Grundlagen und der Bauablauf näher erläutert. Anschließend wird unter dem Thema Nachkalkulation die Urkalkulation mit den Ergebnissen der Baustellenbeobachtungen gegenübergestellt.

5.1 Theoretische Grundlagen

Das grundlegende Herstellungsprinzip wird in der Folge beschrieben, um anschließend die dazugehörigen rechtlichen und vertraglichen Grundlagen zu ermitteln.

5.1.1 Bauverfahren

Das gegenständige Verfahren behandelt den Einbau der bituminösen Schichten auf dem betrachteten Bauabschnitt. Es wurde auf einer Strecke von ca. 8,5 km drei bituminösen Lagen eingebaut. Die Hauptfahrbahn wird mit einer Endbreite von 12,50 m hergestellt, wobei der Aufbau der Asphaltsschichten aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist:

Tabelle 5.1: Asphaltsschichtenaufbau der sanierten Richtungsfahrbahn

Hauptfahrbahn	
Aufbau	Asphaltsorte/ -typ
3,5 cm	SMA11 PmB45/80-65, S3, GS
6,5 cm	AC22binder, PmB45/80-65, H1, G4
7,0 cm	AC22binder, PmB45/80-65, H1, G4

Im Zuge des Deckschichteneinbaus wird gleichzeitig eine nahtlose Herstellung der Mittelstreifendeckschicht durchgeführt. Der Mittelstreifen ist aufgrund der auftretenden Lasten mit einem geringeren Schichtaufbau, wie folgt, hergestellt:

Tabelle 5.2: Asphaltsschichtenaufbau des Mittelstreifens

Mittelstreifen	
Aufbau	Asphaltsorte/ -typ
3,5 cm	SMA11 PmB45/80-65, S3, GS
6,5 cm	AC22binder, PmB45/80-65, H1, G4

Im folgenden Diagramm zur Herstellung der bituminösen Schichten wird der grundlegende Ablauf dargestellt.

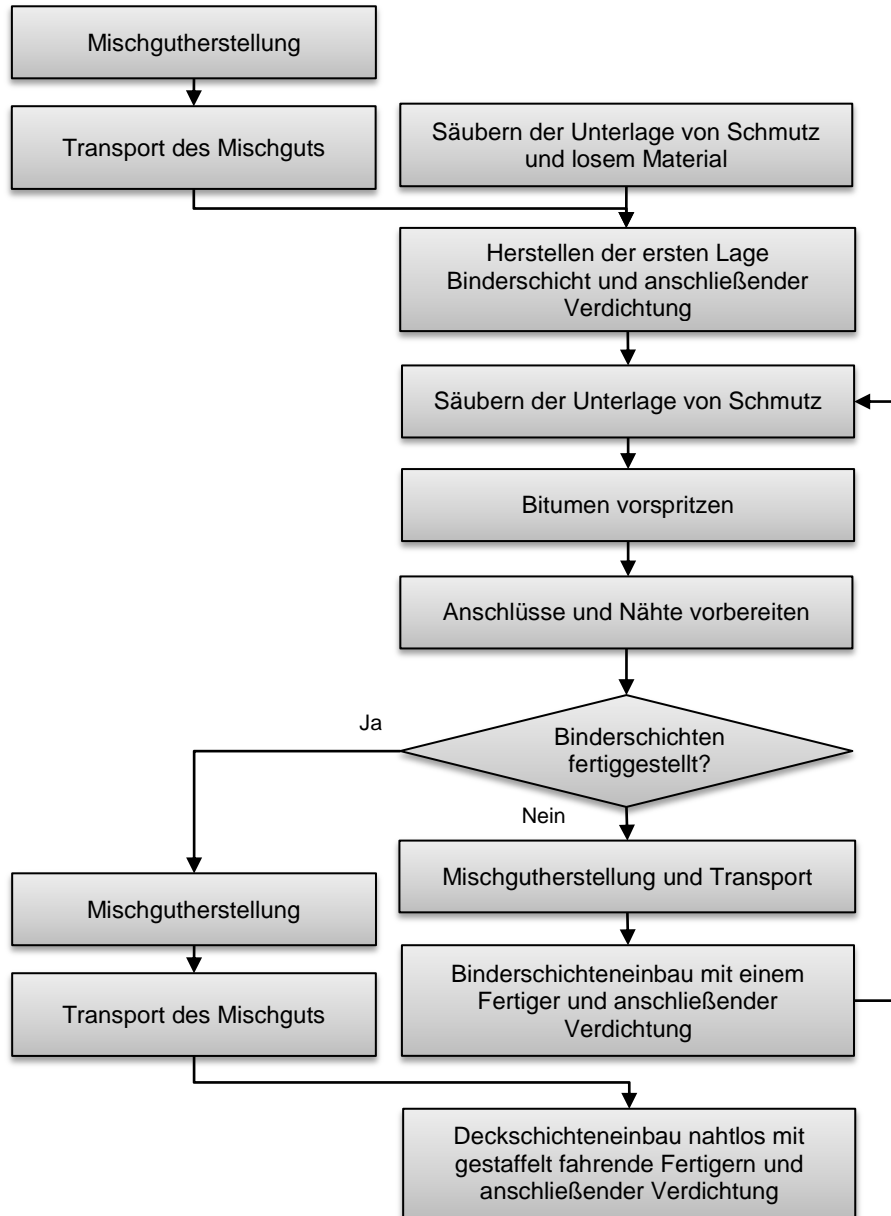


Bild 5.1: Arbeitsschritte zur Herstellung der bituminösen Schichten

5.1.3 Vertragliche und rechtliche Grundlagen

Leistungsverzeichnis, technische Regelwerke, Richtlinien und Arbeitspapiere der Arbeitsgruppen Asphalt bilden die rechtlichen und vertraglichen Bestimmungen.

5.1.3.1 Leistungsverzeichnis

In der Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LB-VI) werden die erforderlichen Unterleistungsgruppen zum Asphalteinbau in der Leistungsgruppe 16 „Bituminöse Trag- und Deckschichten“ angeführt. Darunter sind ständige Vorbemerkungen enthalten, die folgende wesentliche Punkte für den bituminösen Einbau vorschreiben:

- Mischguteinbau hat mittels Fertiger zu erfolgen, ausgenommen es ist aus Platzverhältnissen oder Flächenform nur mittels Handeinbau möglich.
- Beim Einbau von bituminösen Schichten sind die Kosten für Erschwernisse mit den Einheitspreisen abgegolten. Dazu zählen z.B. Behinderungen beim Einbau, Entfernen provisorischer Anrampungen, u.dgl.).
- Bei fehlenden Randeinfassungen ist ein stetiger Verlauf des Randes durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen.
- Bei Asphalteinbau auf Brücken ist auf die maximale thermische Beanspruchung der Abdichtung zu achten. Des Weiteren sind Verdichtungsgeräte mit geringer dynamischer Belastung einzusetzen.
- Findet ein Einbau mehrerer Schichten statt, wird bei fehlender Randeinfassung die festgestellte Breite an der Oberfläche bei der darunterliegenden Schicht um die doppelte Dicke vermehrt.
- Die technischen Vertragsbedingungen der RVS 08.16.01 und 08.97.05 sind einzuhalten.

Die Leistungen werden in verschiedene Bereiche untergliedert, wobei im betrachteten Leistungsverzeichnis die Vorarbeiten, die Ausbildung der Nähte, Fugen sowie der spezielle Einbau und die diversen bituminösen Schichten enthalten sind.

In der Unterleistungsgruppe der Vorarbeiten (1601) zählt insbesondere das in der Ausschreibung enthaltene Spezialreinigen mit Hochdruckwasser ≥ 300 bar. Wobei hier das Reinigen von gebundenen Schichten mittels Hochdruckwasserstrahl und speziellen Düsen über die gesamte Breite des Spritzbalkens verstanden wird. Die Wasseraufbringung hat bei einer Fahrgeschwindigkeit von maximal 1,5 km/h mit einem Abstand von max. 5 cm zu erfolgen. Der Abstand zwischen Absaugung und Wasserdüsen darf dabei max. 20 cm betragen.

Außerdem ist in den Vorarbeiten die Leistungsposition zum Vorspritzen mit Bitumenemulsion enthalten. Das Vorspritzen hat mit einer polymer-modifizierten Bitumenemulsion zu erfolgen, wobei eine gleichmäßige Verteilung im Spritzverfahren gefordert wird. Sichtflächen von Randeinfassungen, Leiteinrichtungen und Geländern sind bei der Aufbringung vor Verunreinigung zu schützen.

In der Unterleistungsgruppe „Nähte, Fugen, spezieller Einbau“ sind unter anderem die Ausbildung der Fugenanschlüsse angeführt. In der Ausschreibung sind selbstklebende Fugenanschlüsse sowie ein Voranstrich der Nahtflanken gefordert. Das selbstklebende Bitumen-Fugenband ist für Anschlüsse der Asphaltdeckschichten mit 5 mm Bandüberstand definiert. Der Voranstrich der Nahtflanken hingegen ist für Tagesnähte oder Bestandsanschlüsse von Asphaltsschichten mit einer Bitumenemulsion und einer wirksamen Bindemittelmenge von 3,0 bis 5,0 kg/m² auszuführen.

Die Aufzählungsposition mit der LPNr. 160204 „Az nahtlos Asphaltdeckschichten“ ist für die Herstellung der Deckschicht für eine nahtlose Oberflächenausbildung gefordert. Aufgrund dessen ist die Ausführung der Anschlüsse von unvermeidbaren Nähten mittels TOK-Band (selbstklebendes Bitumenfugenband) oder Voranstrich einer Bitumenemulsion anzustreben.

Eine weitere spezielle Ausführung ist die Ausbildung von bituminösen Rinnsale und Spitzgräben bei bituminöser Bauweise je Schicht und ausgeführter Fläche im vorgegebenen Querschnitt.

In den Vorbemerkungen zu den Positionen der bituminösen Schichten ist angeführt, dass die Reinigung von unter Verkehr stehenden Asphaltsschichten bzw. ein erforderliches Vorspritzen aufgrund der erforderlichen Sicherungsmaßnahmen gesondert vergütet wird.

Die einzubauenden, hochstandfesten und modifizierten bituminösen Tragschichten der Hauptfahrbahn wird mit einem Asphaltmischgut der Klasse AC22binder, PmB45/80-65, H1, G4 ausgeführt. Dabei werden die Einbautätigkeiten je nach geforderter Stärke mit 6,5 und 7,0 cm gegliedert. Dabei ist anzumerken, dass in der 2 Binderschichtlage der Mittelstreifen mit einer Breite von 1,8 m enthalten ist. Als Deckschicht ist über die gesamte Breite des Straßenquerschnitts ein lärmindernder Splittmastixasphalt einzubauen.

5.1.3.2 RVS 08.16.01 – Anforderungen an Asphaltsschichten

Eine wesentliche Richtlinie zur Herstellung der Asphaltsschichten ist die RVS 08.16.01⁶⁷, die vor allem den regelkonformen Einbau von Asphaltmischgut behandelt. Die RVS gilt für einzubauende Asphaltsschichten, die auf Verkehrsflächen mit öffentlichem Verkehr eingebaut werden. Dabei muss das Asphaltmischgut CE-gekennzeichnet sein und den Bestimmungen der RVS 08.97.05 (Anforderungen an Asphaltmischgut) und den spezifischen Normen entsprechen.

In der Regel hat der Einbau des Asphaltmischguts maschinell zu erfolgen. Bei örtlichen Profilierungen oder räumlichen Platzverhältnissen kann dieser auch händisch erfolgen. Im endverdichteten Zustand darf die Asphaltdeckschicht maximal eine Abweichung von 1,5 cm von der Soll-Lage aufweisen. Anderenfalls wird die Asphaltkonstruktion durch den Auftraggeber nicht übernommen. Außerdem sind Anschlüsse an starre Einbauten mit einer Überhöhung von 3-8 mm auszuführen.

Bei der Planung einer Asphaltbaustelle ist auf eine optimale Abstimmung zwischen den erforderlichen Transport, Einbau und Verdichtungsgeräten zu achten, um das Mischgut kontinuierlich und zügig einzubauen. Eine kontinuierliche Anlieferung ist durch ausreichende Transportkapazität sicher zu stellen. Je nach Anlieferungsgeschwindigkeit der Mischgutmenge muss die Fahrgeschwindigkeit des Straßenfertigers angepasst werden. Die Asphalttragschichten sind zur direkten Aufnahme des Verkehrs nicht geeignet, weshalb eine Überbauung so schnell wie möglich, innerhalb von sechs Monaten, zu erfolgen hat. Für die auszuführenden Nebenarbeiten ist das erforderliche Personal und Gerät über die gesamte Dauer des Einbaus vorzuhalten. Die Vorarbeiten für eine geeignete Unterlage bzw. zur Sicherstellung des Schichtverbundes sind rechtzeitig einzuplanen. Bei ungünstiger Witterung darf nur eingebaut werden, wenn eine ausreichende Verklebung der Schichten und Nähte gewährleistet ist.

Unterlage

Die Voraussetzungen der RVS fordern eine ausreichend standfeste, tragfähige, frostsichere, ebene und profilhgerechte Unterlage zur Herstellung einer Asphaltsschicht. Außerdem muss diese sauber und trocken sein. Der Einbau einer Asphaltsschicht ist durch die Oberflächentemperatur der Unterlage eingeschränkt. Bei Einsatz von Bitumen als Bindemittel muss die Oberfläche mindestens 5 °C, bei Verwendung von polymermodifiziertem Bitumen sogar 10 °C, aufweisen.

⁶⁷ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): RVS 08.16.01 - Anforderungen an Asphaltsschichten. S. 3ff

Um eine ausreichende Verklebung zu erreichen, ist ein Vorspritzmittel aufzutragen. Bei Bundesstraßen der Klasse A und S ist ausschließlich polymermodifiziertes Vorspritzmittel zu verwenden. Das Bitumen muss gleichmäßig mit einem Rampenspritzgerät aufgetragen werden. Bei kleinflächigem Einbau darf das Bindemittel auch mittels anderer Geräte bzw. händisch aufgetragen werden. Eine Befahrung ist nur durch unbedingt erforderlichen Baustellenverkehr, die zur Beschickung des Fertigers benötigt werden, erlaubt.⁶⁷

Transport

Das Mischgut muss gemäß RVS während des Transportes vor Nässe, Fahrtwind, Verschmutzung und unzulässiger Abkühlung geschützt werden, was in der Regel durch eine vollständige Abdeckung sichergestellt ist. Je nach Bindemittelqualität ist eine Mindesteinbautemperatur vorgegeben. Um die Qualität zu sichern wird die Transportweite bis zur Einbaustelle mit maximal 80 km begrenzt.⁶⁸

Einbau

Der maschinelle Einbau wird mit einem Straßenfertiger, der mit einer beheizbaren Vibrationsbohle ausgestattet ist, ausgeführt. Dabei müssen die Vorgaben der Mindesteinbautemperatur ständig eingehalten werden. Um den erhöhten Anforderungen für Bundesstraßen A und S gewährleisten zu können, muss der Einbau der obersten Binderschicht grundsätzlich mit einer elektronischen Abtasteinrichtung, beispielsweise Draht, GPS oder langem Einbauschuh, und vorzugsweise mit einem Kettenfertiger erfolgen.

Beim Einbau sind Nähte, Fugen und Anschlüsse gemäß den Anforderungen der Ausschreibungsunterlagen dicht auszubilden. Der Einbau der Deckschicht hat mit gestaffelt fahrenden Fertigern je Richtungsfahrbahn zu erfolgen, wobei die Längsnaht durch „heiß an heiß“ Einbau und ausreichender Verdichtung geschlossen hergestellt wird. Bei Arbeitsunterbrechungen (Tagesanschlüssen) hat ein Übergriff quer über die Fahrbahn mit mindestens 1,0 m über die gesamte Schichtdicke zu erfolgen.⁶⁸

Das eingebaute Mischgut ist mittels Walzen zu verdichten, wobei in Ausnahmefällen auch Rüttelplatten einzusetzen sind. Die Walzenart wird nach der Mischgutsorte, Schichtdicke und den Umgebungsbedingungen festgelegt. In der Regel werden mindestens zwei Walzen, mit einem Mindestgewicht von 2 t, pro Fertiger eingesetzt. Eine Erhöhung der

⁶⁸ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): RVS 08.16.01 - Anforderungen an Asphalttschichten. S. 5ff

Anzahl kann aufgrund eines erhöhten Anteils an Nähten, Anschlüssen oder kurzem Verdichtungszeitraum erforderlich sein.⁶⁹

Verkehrsfreigabe

Zur Vermeidung von Spurrinnen und oberflächlichen Mastixanreicherungen hat die Verkehrsfreigabe einvernehmlich zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer nach einer entsprechenden Abkühlphase zu erfolgen. Im Ausnahmefall kann nach einer entsprechenden Abkühlmaßnahme, beispielsweise Abschrecken der Oberfläche mit Wasser, frühestens jedoch, bei einer Oberflächentemperatur von max. 35 °C, die Asphaltfahrbahn für den Verkehr freigegeben werden.⁶⁹

Gewährleistung

Gemäß der RVS 10.01.11 (Besondere rechtliche Vertragsbedingungen für Bauleistungen an Straßen) beträgt die Gewährleistungsfrist 3 Jahre. Abweichende Sonderregelungen sind in der Ausschreibung bzw. schriftlich zu vereinbaren. Die Gewährleistung umfasst Grenzwerte für die entstehende Spurrinntiefe, eine maximale Gesamtlänge an Rissen auf der Deckschicht sowie ausreichende Griffigkeit der Oberfläche.⁶⁹

Vorgegebene Grenzwerte gemäß der RVS 08.16.01

Für die betrachtete Baustelle werden wesentliche Werte aus dieser Richtlinie in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Bei der Abrechnung ist mit einem Abzug zu rechnen, wenn der ermittelte Abnahmewert zwischen dem Soll-Wert und dem Grenzwert, an dem keine Übernahme stattfindet, liegt.⁶⁹

⁶⁹ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): RVS 08.16.01 - Anforderungen an Asphalttschichten. S. 7

Tabelle 5.3: Anforderungen an die Asphaltarten

Grenzwerte	EH	AC22binder, PmB45/80-65, H1, G4	SMA11 PmB45/80-65, S3, GS	Bemerkungen
Einbauverwendung		Binderschichten	Deckschicht	
Einbaudicke	[cm]	6,5 und 7,0	3,5	
Temperatur	[°C]	> 150	> 150	
Mindestschichtdicke (SOLL-WERT)	[EH]	≥ SD-10% aber max. ≥ SD-1,0 cm	≥ SD-15%	Bezogen auf Solldicke (SD)
Mindestschichtdicke (keine Übernahme)	[EH]	≥ SD-25% aber max. ≥ SD-2,5 cm	≥ SD-40%	Bezogen auf Solldicke (SD)
Hohlraumgehalt (SOLL-WERT)	[Vol-%]	3,0 - 7,0	6,0 - 12,0	bei händischem Einbau oder unter einer Einbaubreite von 2,50 m: Grenzwert+2,0 Vol-%
Hohlraumgehalt (keine Übernahme)	[Vol-%]	> 11,0	> 16,0	
Versichtungsgrad (SOLL-WERT)	[%]	≥ 98	≥ 98	
Versichtungsgrad (keine Übernahme)	[%]	< 94	< 94	
Schubfestigkeit (SOLL-WERT)	[N/mm ²]	≥ 1,2	≥ 1,2	Unter einer Solldicke von 3,0 cm Prüfung mittels Schubfestigkeit
Schubfestigkeit (keine Übernahme)	[N/mm ²]	< 0,6	< 0,6	
Haftzugfestigkeit (SOLL-WERT)	[N/mm ²]	≥ 1,5	≥ 1,5	Unter einer Solldicke von 3,0 cm Prüfung mittels Haftzugfestigkeit
Haftzugfestigkeit (keine Übernahme)	[N/mm ²]	< 0,8	< 0,8	
Ebenheit (SOLL-WERT)	[mm/4m]	≤ 6	≤ 4	Unter einer Solldicke von 3,0 cm Prüfung mittels Haftzugfestigkeit
Ebenheit (keine Übernahme)	[mm/4m]	> 18	> 12	

Für die Deckschicht sind noch weitere Anforderungen an die Rautiefe, dem Drainverhalten, dem Rollgeräusch bzw. dem Reibungswert festgelegt.

5.1.4 RVS 11.03.21 - Prüfung, Abrechnung, Abnahme

In dieser Richtlinie sind Regelungen und Grenzwerte für unterschiedliche Prüfungen enthalten, die in den folgenden Punkten kurz erläutert werden:

- Prüfung durch Asphaltmischguthersteller
 - Erstprüfung: Prüfung der Ausgangsstoffe, der Zusammensetzung und der Eigenschaften des Asphaltmischguts.
 - Konformitätsprüfungen: Die Ergebnisse sind auf Verlangen des Auftraggebers zu übergeben und sind in diesem Fall Teil der Abnahmeprüfung.

- Prüfung durch den Asphaltguteinbauer
 - Baustellenbezogene Kontrollprüfung des Asphaltmischguts und der Asphaltsschicht: Der Umfang und die Häufigkeit hängen von der Einbaumenge des Bauloses ab. Deren Ergebnisse sind binnen 4 Wochen nach Einbau dem Auftraggeber zu übergeben. Dabei müssen diese durch eindeutige Bezeichnungen auf den Prüfbericht der Baustelle zugeordnet werden können.
- Prüfungen durch den Arbeitgeber zur Abnahme: Die Lage und die Häufigkeit der Messstellen sind gemäß einer vorgegebenen Anordnung festgelegt.
 - Baustellenbezogene Abnahmeprüfung des Asphaltmischguts und der Asphaltsschichten: Die Durchführung erfolgt nach Veranlassung des Auftraggebers und werden durch eine akkreditierte Prüfssstelle durchgeführt. Die Abnahmeprüfung der Asphaltsschicht kann unmittelbar nach Abkühlung erfolgen. Hingegen kann die Bohrkernentnahme für die Prüfung des Schichtverbundes innerhalb von 4 Wochen nach Einbau durchgeführt werden. Der Prüfumfang und deren Häufigkeit werden je nach Baulosgröße bestimmt.
- Prüfungen nach Absprache zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer:
 - Eingrenzungsprüfung: AG und AN haben das Recht bei begründetem Zweifel, dass die Ergebnisse der Abnahmeprüfungen der durchschnittlichen Beschaffenheit entsprechen, eine erneute Prüfung zu veranlassen.
 - Ersatzprüfung: Der AN kann bei Unterschreiten der Sollvorgaben eine Ersatzprüfung veranlassen.
- Prüfung des Auftraggebers am Ende der Gewährleistungsfrist
 - Prüfung bestimmter Oberflächeneigenschaften: Am Ende der Gewährleistungsfrist werden Prüfungen zur Erfassung der Griffigkeit, Risse und Verformungen durchgeführt.

5.2 Baubetriebliche Verfahrensablauf

Die Arbeitsschritte werden in der nachfolgenden Beschreibung, in folgende Bereiche gegliedert:

1. Mischgutherstellung
2. Vorbereitende Arbeiten
3. Transport
4. Asphaltstichteneinbau

5.2.1 Mischgutherstellung

In der Regel erfolgt die Herstellung des Mischguts in einer stationären Mischanlage, wobei der Stand der Technik eine Wiederverwendung von Ausbausphaltes vorsieht. In der Ausschreibung der betrachteten Baustelle wird ebenso eine Zumischung des Ausbausphaltes gefordert. Im nachfolgenden Abschnitt werden der Ablauf und die Funktionsweise der eingesetzten Eigenmischanlage anhand der folgenden Abbildung kurz erläutert.

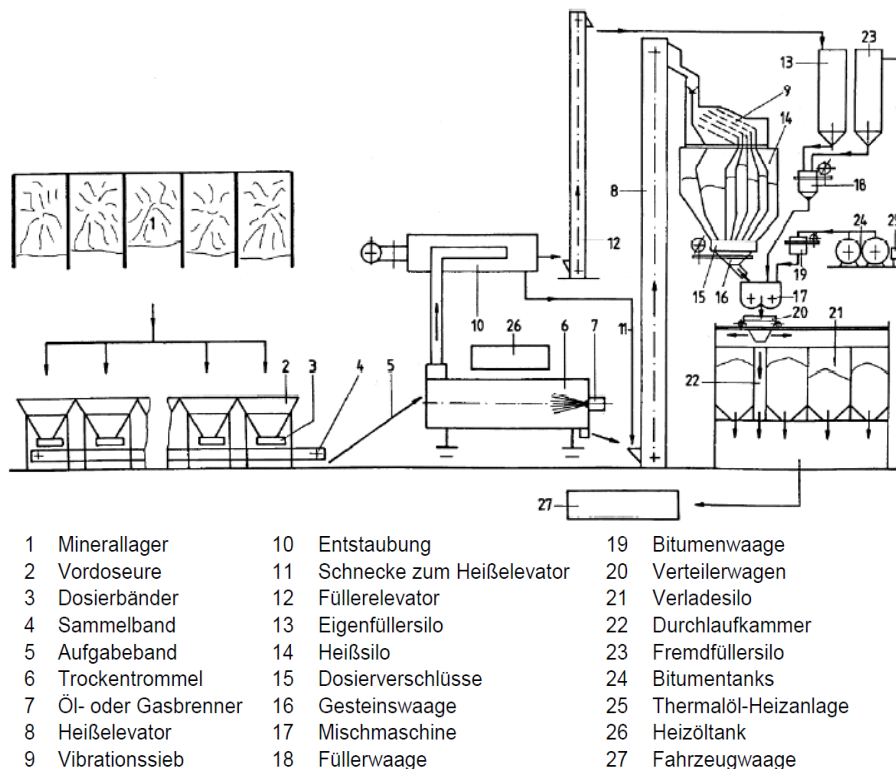


Bild 5.2: Bauteile einer Asphaltmischanlage⁷⁰

⁷⁰ KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb. S. 197

Im Gegensatz zu den herkömmlichen, offenen Minerallagern besitzt die eingesetzte Bauart eine Hochsiloplanlage mit einem Fassungsvermögen von 2.400 m³. Durch diese Methode werden die Ausgangsstoffe trocken nach Korngrößen in den einzelnen Silos gelagert, wodurch in der Folge die Brennstoffkosten für die Vorheizung der Materialien gesenkt werden können. Eine weitere Besonderheit zur Einhaltung der Emissionsauflagen ist die Einhausung des Aufgabe-Bunkers für die Entladung des angelieferten Grundstoffes.

Über Dosierbänder werden die Stoffe nach Rezeptur in der Mineralwaage der Silos eingewogen. Über das Aufgabeband wird das Material in die Trockentrommel transportiert. Dort werden die Mineralien mit einem Gasbrenner aufgeheizt. Die Gesteinskörnungen werden auf 220 °C erhitzt, da es durch Zugabe des nicht vorgeheizten Recyclingasphaltgranulats zu einer Abkühlung der Mineralien kommt. Die in der Trockentrommel entstehenden Stäube und Gase werden von der Entstaubungsanlage abgesaugt. Hierbei wird der Grobstaub vom Vorfilter wieder zurück in den Prozess ans Ende der Trockentrommel zum Heißelevator gebracht. Hingegen wird der anfallende feine Staub in ein Eigenfüllersilo gefördert. Das getrocknete Ausgangsmaterial gelangt über einen Heißelevator zu einem Vibrationssieb, der in Heißsilos verschiedene Fraktionen über dem Mischer zwischenlagert. Über Dosierverschlüsse werden die einzelnen Korngruppen nach Rezept präzise eingewogen. Ebenfalls wird das Asphaltgranulat mit einem Elevator auf die Höhe des Zwangsmischers gebracht, jedoch wird bei der vorliegenden Bauart keine Vorwärmung dieses Materials vorgesehen. Das Bitumen wird in vorgeheizten Tanks gelagert. Ebenso müssen auch die Leitungen doppelwandig ausgeführt und beheizbar sein, um eine kontinuierliche Förderung zu gewährleisten. Der Bitumen- und erforderliche Füllanteil wird jeweils für einen geplanten Mischvorgang gewogen und zwischengelagert. Anschließend wird der Doppelwellenzwangsmischer von oben mit den Ausgangsstoffen beschickt und in einer Mischzeit von ca. 25 Sekunden vermengt. Das Asphaltmischgut wird dann in eines von fünf vorhandenen Verladesilos abgeworfen. Das Gesamtvorhaltevolumen der Anlage beträgt 187 t. Von dort wird das Mischgut in die Transportfahrzeuge, die den Silo unterfahren, verladen.⁷¹

Die Zugabe des Füllers muss zur Erhöhung des Feinanteils erfolgen, wobei eine Zugabe von Fremdfüller (Steinmehl) bei zu geringer Eigenfüllermenge, aus der Entstaubung der Trockentrommel, erforderlich sein kann. Bei der beobachteten Mischgutherstellung kam es, aufgrund der verwendeten Ausgangsstoffe, zu einer sehr hohen Menge an Eigenfüller, was neben den Beladevorgängen kontinuierlich einen Abtransport des Füllers erforderte. Durch den Abtransport waren drei

⁷¹ KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb. S. 197

Vorhaltesilos verstellt und somit nicht unterfahrbar, wodurch diese nicht für die Beladung herangezogen werden konnten.

Das Recyclinggranulat wird mit Hilfe eines Radladers in einen Vordoseur verladen, von dem es mit einem Elevator zur Einwaage vor den Zwangsmischer geführt wird. Bei der Mischung des Asphaltmischgutes der Binderschichten kam es zur Beigabe von 10 M-% RA-Material. Die Kaltzugabe des Materials erfordert eine höhere Ausgangstemperatur der Gesteinskörnungen, da es durch den Wassergehalt und der Wärmeaufnahme des Kaltgranulats zu einer plötzlichen Wasserdampfbildung bei Zugabe in die Mischmaschine kommt. Aus diesem Grund verfügt die Anlage über eine wirksame Dampfabsaugung im Mischraum.

Die Leistungen von Asphaltmischanlagen hängen meist von der Mischerleistung bzw. von der Trockengutleistung ab. Bei der gegenständigen Anlage wird die Trockentrommelleistung in der Steuerzentrale ständig an den Wassergehalt der gelagerten Zuschläge angepasst. Die Mischerleistung beträgt bei der Herstellung des Mischguts für den Einbau in den Binderschichten durchschnittlich 188 t/h.



Bild 5.3: Asphaltmischanlage Weitendorf

5.2.2 Asphalt-schichteneinbau

Der Asphalteinbau erfordert einige Vorarbeiten, um einen fachgerechten Einbau zu ermöglichen, erst dann werden die bituminösen Schichten auf der vorbereiteten Unterlage eingebaut (Bild 5.4).

Nebenarbeiten

Um einen Verbund zwischen der hergestellten abgestreuten stabilisierten Tragschicht und der ersten Lage des Asphalts sicher zu stellen, muss loses Material und Schmutz von der Unterlage entfernt werden. Laub, loser Splitt oder Schmutz wird mit einer Kehrmaschine vor dem Einbau von der Unterlage entfernt. Eine Hochdruckreinigung ist vor dem Vorspritzen des Bitumens auf der ersten und zweiten Binderschicht

erforderlich. Bei den Baustellenbeobachtungen kam es beim Abkehren zu kleinflächigen Ablösungen der Verdunstungsschicht.

Anschlüsse an Brücken oder Auffahrtsrampen müssen eine gerade Kante aufweisen, da sonst kein fachgerechter Anschluss möglich ist. Gegebenenfalls muss ein gerader Abschluss mit einer Schnittkante nachträglich hergestellt werden. Vorhandene Einbauten sind in Lage und Höhe vor Beginn des Einbaus fertig zu stellen. Bei den vorhandenen Brückenobjekten im Baulos wird die bestehende Asphaltdeckschicht abgefräst und im Zuge des Deckschichteneinbaus neu hergestellt. Für den maschinellen Einbau ist es von Vorteil, wenn der bestehende Aufbau ca. 1,5 cm tiefer als die erste Binderschichtlage abgefräst wird. Ansonsten kann die Einbaubohle des Fertigers für den Einbau nicht angesetzt werden, wodurch ein händischer Einbau am Anschluss der Brücke mit einer Länge von ca. 1,0 m erforderlich ist.

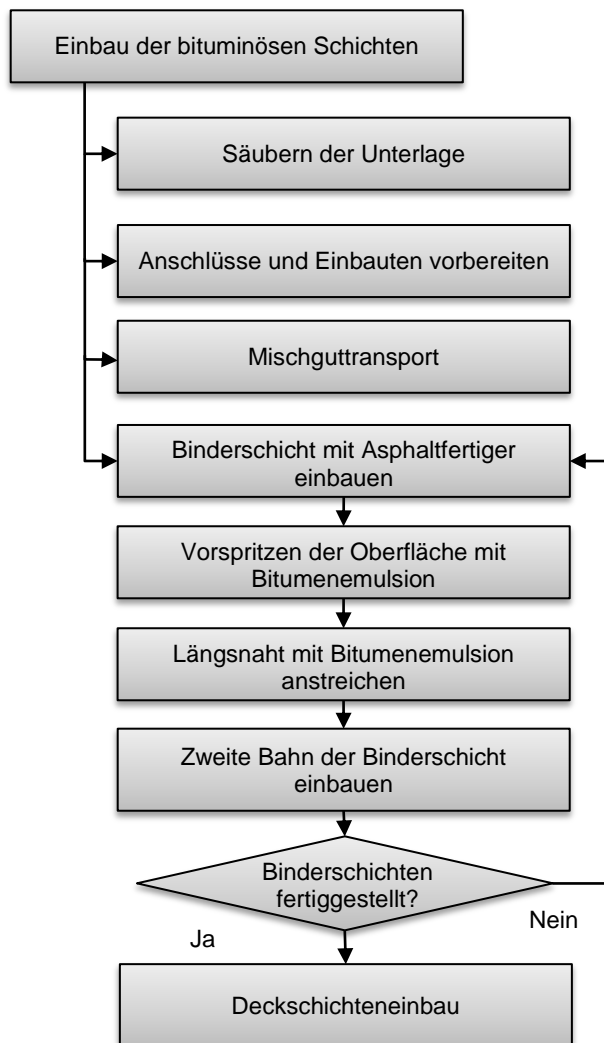


Bild 5.4: Vorgänge beim Einbau von bituminösen Schichten

Im Bereich der bestehenden Lärmschutzwandsockelbretter werden Abflussrinnen für das anfallende Wasser der Fahrbahn hergestellt. Diese werden gleichzeitig mit dem Einbau der Binderschicht händisch hergestellt, was eine kurze Stehzeit des Fertigers von ca. 5-10 Minuten pro Abfluss bedingt.

Zu Beginn des Tages muss der Anschluss mit einem geraden Schnitt erfolgen. Dazu wird ca. 1,0 – 1,5 m der hergestellten Asphaltsschicht abgeschnitten, um in einem Bereich einzubauen an denen die Verdichtung und die Schichtstärke sicher gestellt sind. Es wird angenommen, dass bei Freiziehen der Bohle durch die Verdichtung eine Abnahme der Schichtstärke, der frei auslaufenden Schichten, zu erwarten ist. Nach dem Schneiden wird mit Hilfe eines Mobilbaggers der Überstand entfernt und in einen LKW verladen. Zur Beladung der feinen Teile und Säuberung der Fläche wird ein zusätzlicher Arbeiter erforderlich. Im Anschluss wird die Schnittfläche von Binderschichten mit einer Bitumenemulsion angestrichen, um einen Verbund zum nächsten Tagesabschnitt herzustellen.

Bei der Deckschicht erfolgt der Tagesabschlusschnitt über den gesamten Straßenquerschnitt, wobei dieser in Längsrichtung zur Fahrbahn ca. 1,0 m versetzt wird (siehe Bild 5.5).

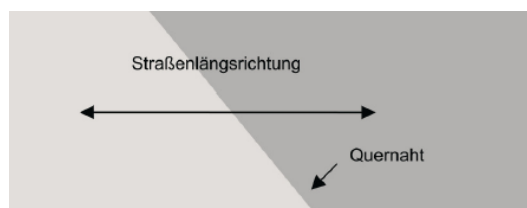


Bild 5.5: Ausbildung einer Quernaht⁷²

Der Versatz erfolgt aufgrund des geforderten Fahrkomforts bei der späteren Befahrung der Strecke. Ein dichter Anschluss erfolgt durch Einlegen und anschließendem Walzen eines selbstklebenden Bitumenfugenbandes mit einem Überstand von 5 mm.

Um den Verbund zwischen den Lagen und die geforderte Haftzugfestigkeit zu erreichen, wird am Tag vor dem Einbau der Abschnitt mit Bitumen vorgespitzt. Bei der zweiten Lage der Binderschicht muss darauf geachtet werden, dass eine Fahrspur für den Antransport des Mischguts frei gehalten wird. Zur optischen Abgrenzung der Flächen sind Arbeitskräfte zum Aufstellen von Verkehrsleiteinrichtungen (Hüte) am Ende der Vorspritzstätigkeit erforderlich. Die Putzstelle für die Asphalttransportgeräte wird am Ende der vorgespitzten Fläche angeordnet und gekennzeichnet, um eine unnötige Befahrung des Bitumens zu

⁷² ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT STRASSE UND VERKEHR, ARBEITSGRUPPE ASPHALTSTRASSE: Arbeitspapier Nr. 5: Ränder, Nähte, Anschlüsse. Arbeitspapier. S. 7

vermeiden. Hingegen wird vor dem Aufbringen der Deckschicht, aufgrund des nahtlosen Einbaus, die gesamte Abschnittsfläche mit Bitumen vorgespitzt. Hierbei ist eine Befahrung nur durch den unbedingt erforderlichen Baustellenverkehr vorgesehen.

Der Schichtenverbund an den Aus- und Auffahrten des öffentlichen Verkehrs erfolgt mit Hilfe einer selbstfahrenden Spritzmaschine, die während der gesamten Bauphase vorgehalten wird, um Kleinflächen oder Anschlussbereiche mit Bitumen vor zu spritzen. Neben einer befestigten Vorrichtung an der Maschine gibt es die Möglichkeit das Bitumen händisch mit einer Lanze aufzutragen.

Die Messung der Verdichtung wird laufend während des Walzvorgangs, mittels zerstörungsfreier dielektrischer Messsonde (elektromagnetisches Messverfahren), durchgeführt. Wird bei mehrmaliger Messung im selben Bereich kein Verdichtungszuwachs, ist ein weiteres Walzen nicht mehr erforderlich.⁷³

Nach dem Einbau der ersten Spur werden lose Teile an der Längsfuge entfernt. Dies kann mit einem Schwenklöffel eines Baggers oder mit einer Kehrmachine durchgeführt werden. Anschließend wird die Längsnaht mit Bitumenemulsion vorgestrichen, um einen Verbund zur anschließenden Schicht zu erreichen.

Um in der Folge eine nahtlose Deckschicht herstellen zu können, wurde auf der Baustelle parallel zum Einbau der Binderschichten der Mittelstreifen hergestellt. Beim Einbau der Deckschicht wurde aufgrund der höheren Querneigung ein schmaler Gehsteigfertiger eingesetzt. Dieser stellte gleichzeitig mit dem Deckschichteneinbau der Hauptfahrbahndecke, die Deckschicht des Mittelstreifens „heiß an heiß“ her.

Transportlogistik

Für den Transport des Asphaltmischguts der Binderschicht wurden mehrere Sattelzüge und eine Asphaltbirne eingeteilt. Die Beschickung des Gehsteigfertigers wurde bei Bedarf mit zusätzlichen 3- und 4- Achs LKWs sichergestellt.

Das Mischgut auf den Ladeflächen muss mit Abdeckplanen abgedeckt werden. Diese Planen dienen, gemäß RVS, zum Schutz des Mischguts vor Abkühlung, Witterung oder Schmutz.

Das maximale Gesamtgewicht eines Sattelzuges beträgt 40,0 t, woraus eine Nutzlast von durchschnittlich 26,5 t ermöglicht wird. Die Asphaltbirne wird neben der Transportfähigkeit des Mischguts zusätzlich

⁷³ GESTRATA - GESELLSCHAFT ZUR PFLEGE DER STRAßENBAUTECHNIK MIT ASPHALT: Asphalt - Handbuch. S. 256

für Rand- und Nebenarbeiten herangezogen. Die Asphaltbirne besitzt klappbare Deckel mit denen über längere Zeit die Temperatur des geladenen Mischguts erhalten bleibt. Außerdem füllt dieser LKW im Laufe des Tages mehrmals ein 5.000 l Wasservorratsfass. Dieses Fass dient zur Befüllung der Wasserbehälter an den Walzen, die ca. ein Fassungsvermögen von je 700 l besitzen und je nach Bedarf zwei bis dreimal täglich aufgefüllt werden. Des Weiteren ist mit dem dosierten Auslass der Birne der händische Einbau bei Brückenobjekten oder anderen Anschlüssen möglich.

Die Mischanlage der Firma Kostmann steht in Weitendorf bei Wildon und ist nur ca. 10 km vom Einbauschwerpunkt entfernt.

Beim Tragschichteneinbau der Richtungsfahrbahn Voralpenkreuz wird das Baulos in zwei große Abschnitte unterteilt. Dabei werden beide Lagen der Binderschicht zwischen Baulosende und der Raststation, in der Mitte des Baufeldes, hergestellt. Der zweite Abschnitt des Einbaus befindet sich zwischen der Raststation und dem Baulosanfang. Die Strecke mit den erforderlichen Streckenlängen wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

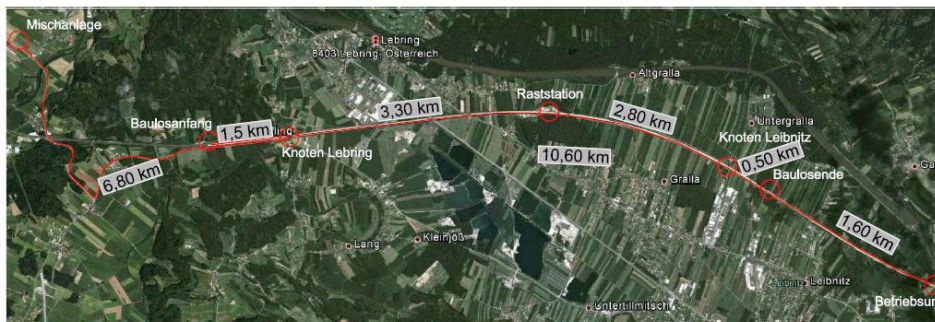


Bild 5.6: Übersicht der Mischguttransportlängen

Der gewählte Bauablauf sieht vor, mit der längsten Transportentfernung am Baulosende zu beginnen. Die Fahrzeuge fahren von der Mischanlage über die L 602 ca. 6,8 km, auf einem untergeordneten Straßennetz, bis zur Anschlussstelle Lebring, wo sie anschließend bis zur Betriebsumkehr der Autobahn zum Wenden 10,4 km fahren, um retour auf die Richtungsfahrbahn Voralpenkreuz gelangen. Von diesem Wendepunkt wird das Mischgut weitere 1,6 km wieder zurück bis zum Baulosende transportiert.

Beim Einbau der Binderschichten fahren die Fahrzeuge am Fertiger vorbei und beladen diesen nach kurzem Rückwärtsstoßen. Dieser Vorgang wiederholt sich bis der Einbau die Anschlussstelle Leibnitz erreicht, wo die Fahrzeuge nach einer Strecke von 7,5 km schon an der Anschlussstelle Leibnitz wieder von der Autobahn abfahren können. Bis zur Raststation wird der Einbau der Binderschichten mit einer Transportlänge von 15,3 km zuzüglich der jeweiligen Strecke bis zum Fertiger bewerkstelligt. Im zweiten großen Einbauabschnitt fahren die

Sattelschlepper an der Anschlussstelle Lebring auf die Baustelle und wenden an der Raststation nach einer Fahrt von insgesamt 11,1 km ab der Mischanlage. Dieser Transportweg wiederholt sich bis die Einbaugeräte die Ausfahrt Lebring erreichen. Ab diesem Zeitpunkt fahren die LKWs nach der Entladung am Baulosanfang auf die Autobahn auf und gelangen von dort über die A9 retour zur Mischanlage.

Für die Berechnung der Transportgeschwindigkeit wird die Länge der vier Routen getrennt voneinander auf die Einbauschwerpunkte ermittelt und in der Tabelle 5.4 zusammengefasst.

Tabelle 5.4: Transportstreckenermittlung für den Bindereinbau

Binderschichteneinbau					
Transportweg 1 BLE-320	Abschnitt 1	Strecke [km]	Transportweg 2 320-214	Abschnitt 1	Strecke [km]
Mischanlage	Anschlussstelle Lebring	6,80	Mischanlage	Anschlussstelle Lebring	6,80
Anschlussstelle Lebring	Betriebsumkehr	10,40	Anschlussstelle Lebring	Anschlussstelle Leibnitz	8,50
Betriebsumkehr	Baulosende	1,60	Anschlussstelle Leibnitz	Schwerpunkt 2 (P267)	1,33
Baulosende (P 348)	Schwerpunkt 1 (P 336-10)	0,31			
Hinfahrt Transportweg 1		19,11	Hinfahrt Transportweg 2		16,63
Schwerpunkt 1 (P 336-10)	Anschlussstelle Leibnitz	0,31	Schwerpunkt 2 (P267)	Anschlussstelle Lebring	5,83
Anschlussstelle Leibnitz	Anschlussstelle Lebring	7,00	Anschlussstelle Lebring	Mischanlage	6,80
Anschlussstelle Lebring	Mischanlage (Autobahn)	6,80			
Rückfahrt Transportweg 1		14,11	Rückfahrt Transportweg 2		12,63
Gesamter Transportweg 1		33,22	Gesamter Transportweg 2		29,26
Transportweg 3 214-67	Abschnitt 2	Strecke [km]	Transportweg 4 67-14	Abschnitt 2	Strecke [km]
Mischanlage	Anschlussstelle Lebring	6,80	Mischanlage	Anschlussstelle Lebring	6,80
Anschlussstelle Lebring	Raststation (Baustraße)	4,30	Anschlussstelle Lebring	Schwerpunkt 4 (P41)	0,66
Raststation	Schwerpunkt 3 (P142)	1,80			
Hinfahrt Transportweg 3		12,90	Hinfahrt Transportweg 4		7,46
Schwerpunkt 3 (P142)	Anschlussstelle Lebring	2,60	Schwerpunkt 4 (P41)	Baulosanfang	0,66
Anschlussstelle Lebring	Mischanlage	6,80	Baulosanfang	Mischanlage (A9)	6,50
Rückfahrt Transportweg 3		9,40	Rückfahrt Transportweg 4		7,16
Gesamter Transportweg 3		22,30	Gesamter Transportweg 4		14,62

Für die Herstellung der Deckschicht kann aufgrund des nahtlosen Einbaus keine Beschickung von der rückwärtigen Seite der Fertiger stattfinden. Aus diesem Grund müssen die Fahrzeuglenker von der nächsten Wendemöglichkeit rückwärts bis zum Asphaltfertiger zurückschieben. Ein Wenden der Sattelschlepper ist aufgrund der vorgespitzten Unterlage und dem vorhandenem Wenderadius nicht möglich.

Tabelle 5.5: Transportstreckenermittlung für den Deckschichteneinbau

Deckschichteneinbau					
Transportweg 5 BLE-320	Abschnitt 1	Strecke [km]	Transportweg 6 320-215	Abschnitt 1	Strecke [km]
Mischanlage	Anschlussstelle Lebring	6,80	Mischanlage	Anschlussstelle Lebring	6,80
Anschlussstelle Lebring	Anschlussstelle Leibnitz	8,50	Anschlussstelle Lebring	Anschlussstelle Leibnitz	8,50
Anschlussstelle Leibnitz	Schwerpunkt 1 (P 336-10)	0,30	Anschlussstelle Leibnitz	Raststation	3,80
			Raststation	Schwerpunkt 2 (P267)	1,28
Hinfahrt Transportweg 5		15,60	Hinfahrt Transportweg 6		20,38
Schwerpunkt 1 (P 336-10)	Anschlussstelle Leibnitz	0,31	Schwerpunkt 2 (P267)	Anschlussstelle Lebring	5,78
Anschlussstelle Leibnitz	Anschlussstelle Lebring	8,50	Anschlussstelle Lebring	Mischanlage	6,80
Anschlussstelle Lebring	Mischanlage (Autobahn)	6,80			
Rückfahrt Transportweg 5		15,61	Rückfahrt Transportweg 6		12,58
Gesamter Transportweg 5		31,21	Gesamter Transportweg 6		32,96
Transportweg 7 215-67	Abschnitt 2	Strecke [km]	Transportweg 8 67-14	Abschnitt 2	Strecke [km]
Mischanlage	Anschlussstelle Lebring	6,80	Mischanlage	Anschlussstelle Lebring	6,80
Anschlussstelle Lebring	Schwerpunkt 3 (P142)	1,85	Anschlussstelle Lebring	Baulosanfang	2,20
			Baulosanfang	Schwerpunkt 4 (P41)	0,66
Hinfahrt Transportweg 7		8,65	Hinfahrt Transportweg 8		9,66
Schwerpunkt 3 (P142)	Anschlussstelle Lebring	2,65	Schwerpunkt 4 (P41)	Baulosanfang	0,66
Anschlussstelle Lebring	Mischanlage	6,80	Baulosanfang	Mischanlage (A9)	6,50
Rückfahrt Transportweg 7		9,45	Rückfahrt Transportweg 8		7,16
Gesamter Transportweg 7		18,10	Gesamter Transportweg 8		16,82

Vor der Entladung des Mischgutes sind einige Tätigkeiten vom Fahrzeugführer durchzuführen. Je nach System der Abdeckplane muss mit einer Kurbel die Plane zusammengezogen, seitlich aufgerollt oder händisch zusammengelegt werden. Im Gegensatz zu den Kurbelsystemen müssen Abdeckplanen, die direkt auf das Mischgut gelegt sind, aufwendig zusammengelegt und verstaut werden. Das

Mischgutfahrzeug fährt rückwärts an den Fertiger heran und kippt das Material in den Mischgutübergabebehälter. Dabei kann nicht die gesamte Ladung abgekippt werden, weshalb der LKW über Abdruckrollen vom Fertiger angeschoben wird. Aus diesem Grund muss der LKW Fahrer den Unterfahrschutz des Aufliegers hochklappen. Nach erfolgter Entladung säubert der Geräteführer die Ausschusskante an einer dafür vorgesehenen Putzstelle am Rand der Strecke. Anschließend wird ein Trennmittel aufgebracht, um die Verklebung des Mischgutes mit der Ladefläche zu vermeiden.

Asphalteinbau mit einem Fertiger

Eine Asphaltpartie besteht aus einem Einbaufertiger mit Maschinisten, einem Polier, zwei Arbeitskräften zur Bedienung der Einbaubohe und zwei Walzen inklusive Maschinisten. Außerdem sind Kleingeräte zum händischen Einbau, wie z.B. eine Rüttelplatte, Schneidgerät, Bitumenvorspritzgerät, etc., ebenso im Stundensatz berücksichtigt.

In der folgenden schematischen Abbildung werden die Bauteile eines Asphaltfertigers aufgezeigt und deren Funktionsweise anschließend erläutert.

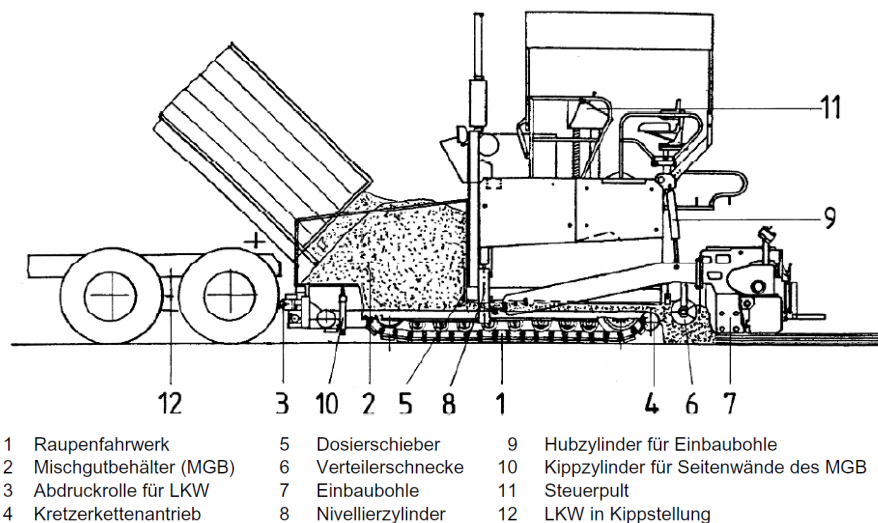


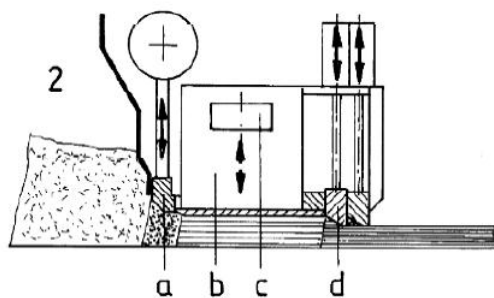
Bild 5.7: Bauteile des Einbaufertigers⁷⁴

Insbesondere bei rutschigem Untergrund sowie große Einbaustrecken bewährt sich ein Ketten- oder Raupenantrieb. Im Gegensatz dazu ist ein Radantrieb bei engen Kurvenradien von Vorteil. Beim Einbau erfolgt eine Entladung des Mischguts in den Mischgutbehälter. Von dort wird das Material mittels zwei nebeneinander liegende Kratzerbänder nach hinten gefördert. Ein Dosierschieber regelt die transportierte Materialmenge, die

⁷⁴ KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb. S. 210

bis zur Verteilerschnecke am Heck gelangt. Die Verteilerschnecke verteilt im Anschluss das Mischgut je nach Bedarf über die gesamte Länge der Einbaubohle.

Die Einbaubohle wird mit einem definierten Anstellwinkel gezogen und liegt freischwimmend auf dem Mischgut auf. Dieser Winkel wird durch das Gewicht der Bohle, den Untergrund, der Einbaugeschwindigkeit und den Widerstand des Mischguts vor der Bohle beeinflusst. Aus dem Bild 5.8 sind zwei Verdichtungsaggregate ersichtlich, mit denen eine Verdichtung des Mischguts unter der Bohle erreicht wird. Das Vorverdichtungsaggregat übt mit einer Stampfleiste Schläge auf das Mischgut aus. Zwischen den beiden Aggregaten befindet sich eine Glättbohle mit einer Vibrationseinrichtung. Das Nachverdichtungsaggregat hingegen bringt mittels Pressleisten eine Kraft in Form von Druckimpulsen auf.⁷⁵ Dabei wird ein Verdichtungsgrad von 87 % mit einem Kettenfertiger und 83 % mit einem Radfertiger erreicht.



Verdichtungsbohle mit einer Stampfleiste

- a Glättbohle
- b Vibrationseinrichtung
- c 2 Pressleisten
- d System Vögele

Bild 5.8: Verdichtungsbohle⁷⁶

In der Regel sind die Fertiger mit einer Ausziehbohle ausgestattet, die je nach Erfordernis eine stufenlose Veränderung der Einbaubreite ermöglicht. Bei der verwendeten Einbaubohle des Kettenfertigers kann die Breite zwischen 2,55 und 5,0 m mittels Hydraulikzylinder stufenlos variiert werden. Mit Verbreiterungsanbauteilen kann eine Einbaubreite bis zu 8,50 m erreicht werden. Außerdem wird die Bohle ständig beheizt, um einen einwandfreien Deckenschluss zu erreichen.⁷⁷

Zur Einhaltung der vorgeschriebenen Höhenlage und Querneigung sind die Asphaltfertiger mit einer entsprechenden Nivelliereinrichtung ausgestattet. Gemäß der RVS ist bei Einbau auf Straßen der Klasse A und S eine elektronische Abtasteinrichtung erforderlich. Beim gegenständigen Bauvorhaben kam eine berührungslose Abtasteinrichtung auf einem „langen Schi“ zur Anwendung. Dabei wird die

⁷⁵ GESTRATA - GESELLSCHAFT ZUR PFLEGE DER STRAßENBAUTECHNIK MIT ASPHALT: Asphalt - Handbuch. S. 244

⁷⁶ KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb. S. 212

⁷⁷ VÖGELE: Vögele Ausziehbohlen AB 500-2. <http://www.voegele.info/de/produkte/ausziehbohlen/ab500/index.html>. Datum des Zugriffs: 22.11.2012

gewünschte Höhe und Neigung von einer vorhandenen Referenzhöhe abgenommen. Die eingebaute Schichtstärke wird zusätzlich laufend von der Asphalteinbaupartie mit Einstichversuchen überprüft. Alternativ kann eine mechanische Abtastung eines gespannten Drahtes stattfinden, jedoch sind hier aufwändige Vorarbeiten erforderlich. Die Ist-Werte werden ständig an ein Regelgerät übertragen und mit den eingestellten Soll-Werten verglichen. Durch die Verstellung des Nivellierzylinders wird der Anstellwinkel der Einbaubohle verändert, was zur Veränderung der Einbaudicke führt.⁷⁸

Aufgrund des nahtlosen Einbaus der SMA-Schicht muss der gesamte Querschnitt „heiß an heiß“ eingebaut werden. Dabei fahren die Fertiger gestaffelt hintereinander. Der Gehsteigfertiger baut als erster einen 1,80 m breiten Streifen ein und wird in der Regel nur von 4-Achs LKWs beschickt. Als zweiter folgt der Kettenfertiger mit einer Einbaubreite von 7,50 m. Die Restbreite der herzustellenden Fahrbahn mit einem Ausmaß von 5,00 m wurde mit Hilfe eines Radfertigers eingebaut. Der Abstand zwischen den Fertigern darf gemäß dem Arbeitspapier Nr. 5⁷⁹ maximal so groß sein, dass die Mischguttemperatur in der vorausseilenden Bahn noch mindestens 30° über der Mindesteinbautemperatur liegt. Bei der 3,5 cm starken Schicht wird eine Vorverdichtung der Einbaubohle von 80 % erreicht, wodurch hinter der Bohle eine Stärke von 4,2 cm zu messen ist. Insgesamt wurden zur Verdichtung der Deckschicht fünf Walzen eingesetzt.

Wie im Bild 5.9 ersichtlich, erfolgt die Beschickung der Großfertiger vorwiegend durch Sattelschlepper, die ablaufbedingt als erstes den Kettenfertiger beschicken, um einen kontinuierlichen Einbau zu erreichen. Eine Mischgutladung eines Sattelschleppers kann bei Erfordernis auch auf beide Fertiger aufgeteilt werden.



Bild 5.9: Beschickung des Großfertigers

⁷⁸ KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb. S. 214

⁷⁹ ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT STRASSE UND VERKEHR, ARBEITSGRUPPE ASPHALTSTRASSE: Arbeitspapier Nr. 5: Ränder, Nähte, Anschlüsse. Arbeitspapier. S. 6

Verdichtung

Aufgabe der Verdichtung ist es eine hohe Lagerungsdichte zu erreichen, sodass eine schädliche Nachverdichtung durch den Verkehr ausgeschlossen ist. Für die Verdichtung der Asphaltschichten stehen verschiedene Walzenarten zur Verfügung, die je nach Eigenschaften für unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten geeignet sind. Ebenso ergibt sich aus dem Mineralaufbau des Mischguts eine höhere oder weniger hohe Steifigkeit. Dabei ist Mischgut mit hohem Anteil an Mineralien und hartem Bitumen schwerer zu verdichten. Entscheidend für die Asphaltverdichtung ist auch die Mischguttemperatur. Es ist jedoch zu beachten, dass die Verdichtung zwischen einer Temperatur von 80 und 100 °C abgeschlossen ist.⁸⁰

Bei diesem Bauvorhaben wird die Verdichtung der Binderschicht hinter dem Fertiger mit Hilfe von einer 8 t Kombiwalze, zwei Glatwalze mit einem Einsatzgewicht von 6 t erreicht. Für die Anschlüsse oder kleinen Einbauflächen wird eine 4 t Kombiwalze eingesetzt. Bei diesem Bauvorhaben wurde ständig eine zusätzliche Glatwalze und ein Maschinist zur Verdichtung eingesetzt und eine Reservewalze vorgehalten. Die Verdichtung der Deckschicht erfolgte mit fünf Walzen zwischen 6 und 8 t und einer 4 t Doppelglatwalze.



Bild 5.10: Walzen zur Herstellung der Deckschicht

Die Wahl der Walzenart hängt maßgebend von der Vorverdichtung des Fertigers ab. Eine gute Vorverdichtung ermöglicht eine Endverdichtung mit wenigen Walzübergängen und die Ebenflächigkeit der Fahrbahndecke, aufgrund geringerer Materialverschiebungen.⁸⁰ Die Eigenschaften der eingesetzten Walztypen werden in der Folge kurz erläutert.

Vibrationswalzen verdichten das Mischgut durch Zusammenwirken von Gewicht und Vibration. Durch die Vibrationen wird die innere Reibung zwischen den Körnern vermindert, wodurch eine dichtere Position erreicht

⁸⁰ KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb. S. 217

wird. Je dünner und steifer die Schichte ist, desto höher sollte die Frequenz sein. Bei Oszillationswalzen kann die Tiefenwirkung der Vibration vermindert werden. Dadurch erfolgt eine höhere Oberflächenverdichtung und außerdem werden weniger Erschütterungen auf darunterliegende Brückenobjekte ausgeübt.⁸¹

Die Kombiwalze vereint eine Glattmantelvibrationswalze mit den Eigenschaften einer Gummiradwalze. Die Gummiräder flachen an der Aufstandsfläche ab und erzeugen einen niedrigen Flächendruck. Dies bewirkt ein Zusammenspiel zwischen horizontalen und vertikalen Kräften, wodurch die Körnungen des Mischguts in eine dichtere Lage gezwungen werden. Durch die thermische Schürze wird aufsteigende Hitze aus dem heißen Asphalt gestaut und ein Ankleben des Asphalts an den Reifen wird zusätzlich vermindert.⁸⁰

Als Trennmittel dient bei Stahlbandagen Wasser und bei Gummireifen Trennöl-Emulsionen. Dabei ist darauf zu achten, dass für die Berieselung der Bandagen möglichst wenig Wasser verwendet wird. Für die Befüllung der Vorrattanks der Walzen wurde ein Wasserfass mit einem Füllungsvermögen von 5.000 Liter am Beginn des Tagesabschnittes aufgestellt.

Bei der Verdichtung des Asphalts sind einige Grundregeln einzuhalten, um eine optimale Verdichtungsarbeit zu leisten.⁸²

Es ist wichtig die Vibration erst während der Fahrt einzuschalten. Die Walzgeschwindigkeit für alle Asphalte liegt zwischen 3 und 6 km/h. Da bei hoher Geschwindigkeit die Gefahr der Wellenbildung in der endgültigen Oberfläche besteht. Bei geringer Vorverdichtung durch den Fertiger soll der erste Übergang statisch erfolgen. Vor dem Reversieren auf der Asphaltsschicht muss die Walze etwas eingelenkt werden, um keine Abdrücke quer zum Einbau, sondern leicht schräg zur Walzspur zu erreichen. Durch nachfolgende Überfahrten kann der schräge Abdruck leichter ausgeglichen werden. Dies gilt insbesondere unmittelbar nach dem Fertiger, da hier die Asphaltsschicht eine hohe Temperatur besitzt.

Für einen optimalen Walzeinsatz und einer gleichmäßigen Asphaltverdichtung muss nach einem bestimmten Walzschema gearbeitet werden. Hierbei unterteilt sich das Baulos in einen freien Einbau ohne Randeinfassung und einen Einbau bei vorhandener Randeinfassung durch Fundamente der Betonleitwände bzw. Betonsockelbretter der Lärmschutzwände. Bei einer Randeinfassung kann mit der ersten Walzspur direkt an der Seite begonnen werden, da ein Wegsacken zur Seite durch die Begrenzung verhindert wird. Mit einer Überlappung von

⁸¹ GESTRATA - GESELLSCHAFT ZUR PFLEGE DER STRAßENBAUTECHNIK MIT ASPHALT: Asphalt - Handbuch. S. 252

⁸² HAMM AG: Verdichtung im Asphalt- und Erdbau. S. 112

ca. 15 cm wird die gesamte Fläche bis zur gegenüberliegenden Seite verdichtet. Erfolgt ein Einbau anschließend an eine bereits fertiggestellte Schicht wird von der kalten Seite zuerst mit einer Überdeckung von 10 bis 20 cm auf dem frisch eingebauten Asphalt, dann mit der halben Bandagenbreite verdichtet und anschließend auf die gegenüberliegende Seite gewechselt. Es wird empfohlen, dass die Nähte und Anschlüsse immer zuerst verdichtet werden. Die Verdichtung am Tagesanschluss erfolgte auf der betrachteten Baustelle in der Regel mit einer 4 t Walze.⁸³

Bei Einbau im freien Baufeld ohne eine seitliche Begrenzung wird die Verdichtung mit einem Mindestabstand von 20 cm zum Einbaurand begonnen. Dadurch wird ein mögliches Absacken der Walze nach außen verhindert. Erst nach erfolgter Verdichtung der inneren Spuren werden die beiden schmalen Streifen verdichtet. Beim Deckschichteneinbau sollte die „heiß an heiß“ Naht zwischen den Fertignern erst abschließend mit einer Spur verdichtet werden.⁸³

Bei einer Längsnaht oder keiner Randeinfassung werden die Kontaktfläche bzw. die Ränder der Asphaltsschichten abgeböscht und verdichtet. Dieser Arbeitsvorgang wird mit Hilfe eines Kantenandrück- oder Schneidgerät, das seitlich an der Bandage montiert ist, durchgeführt.⁸⁴

5.2.3 Einflussfaktoren

Transporte

Der Einbau hängt neben der Witterung vor allem vom kontinuierlichen Antransport des Mischguts ab. In der Regel wird bei großen Bauvorhaben empfohlen, ein Ausfallmischwerk vertraglich zu vereinbaren, um eine Unterbrechung des Einbaus zu verhindern. Bei der betrachteten Baustelle wird das Mischgut ausschließlich von der eigenen Asphaltmischanlage bezogen. Jedoch kam es während des Einbaus zu Ausfällen der Anlagentechnik, wodurch der Transport unterbrochen wurde. Hierbei ist insbesondere beim Einbau der Deckschicht zu beachten, dass der Fertiger bei Verzögerung der Transporte mit einer verlangsamten Geschwindigkeit den Einbau fortsetzt, um einen Stillstand der Einbaubohle zu verhindern. Dadurch können unerwünschte Störungen der Ebenflächigkeit quer zur Fahrbahn verhindert werden.

⁸³ HAMM AG: Verdichtung im Asphalt- und Erdbau. S. 117

⁸⁴ HAMM AG: Verdichtung im Asphalt- und Erdbau. S. 56

Überfahrten für den öffentlichen Verkehr

Auch bei diesem Verfahren mussten die Überfahrten des querenden, öffentlichen Verkehrs während des Einbaus ermöglicht werden. Eine Sperrung von 24 Stunden wurde seitens des Auftraggebers nur bei der Herstellung der Deckschicht zugelassen, da sonst durch Befahrung die Qualität der Oberfläche nicht gewährleistet werden kann.

Bei der Herstellung der Binderschicht wurde der Einbau im Bereich der Überfahrten des öffentlichen Verkehrs in zwei Etappen bewältigt. Der ankommende Verkehr der Ausfahrten wurde temporär, in Arbeitsrichtung, nach vorne verlegt. Anschließend wurden die provisorischen Rampen der bestehenden Überfahrt entfernt und die Oberfläche mit einem Hochdruckwasserstrahl gereinigt und der Dreck abgesaugt. Die Fläche wurde mit einer Bitumenemulsion nachträglich mit einer Lanze vorgespritzt und darauf die Binderschicht eingebaut. Um eine lange Stehzeit des gesamten Fertigerzugs zu verhindern, wird nach erfolgter Vorverdichtung der Walzen mit dem Abschrecken der Schicht durch Wasser begonnen. Während der Abkühlung der Oberflächentemperatur im Bereich der herzustellenden Aus- bzw. Auffahrten steht der Asphaltfertiger zwischen dieser und der temporären Verkehrsumlegung ohne die Einbaubohle abzusetzen. Nach erfolgter Nachverdichtung und Abkühlung der Oberfläche auf eine Temperatur von 35 °C kann der Verkehr wieder auf die hergestellte Schicht verlegt und der Einbau mit dem Fertiger fortgesetzt werden.

Alternativ dazu können die Binderschichten bei den Aus- und Auffahrten ausgesetzt werden. Ein nachträglicher Einbau kann ohne lange Wartezeiten des Fertigers erfolgen. Problematisch erweist sich bei dieser Variante eine erhöhte Anzahl an Quertugen über den gesamten Querschnitt der Binderschichten.

Aus- und Auffahrtsrampen

Der Anschluss an bestehende Aus- und Auffahrten wurde teilweise parallel mit einem Radfertiger hergestellt, wodurch der laufende Einbau des Kettenfertigers nicht abgesetzt werden musste. Ein weiterer Vorteil des eingesetzten Radfertigers ist, dass keine Verbreiterung an der Einbaubohle montiert war und somit der Einbau bis zu einer minimalen Breite von 2,55 m bewerkstelligt werden konnte.

Für den Anschluss waren bei der Entfernung der temporären Rampen und zur Umlegung des Verkehrs ein Mobilbagger, ein Transportgerät und weitere Arbeiter erforderlich.

Einflüsse auf die Oberflächenbeschaffenheit der hergestellten Asphaltsschicht

In der Asphaltoberfläche können aufgrund eines fehlerhaften Einbaus Risse entstehen. Dabei wird zwischen Quer- und Längsrisse unterschieden.⁸⁵

Querrisse können bei geringer Vorverdichtung des Fertigers und einem zu frühen Einsatz der Verdichtung mit schweren Walzen erzeugt werden. Ebenso treten diese Risse bei dicken Schichten auf, die durch Wind oder Wasser an der Oberfläche schnell abgekühlt werden und in den Kernzonen aber noch heiß sind. Bei der Befahrung mit der Walze wird durch die Elastizität der inneren Zonen der Deckel zerstört. Ebenso treten bei diesem Effekt Längsrisse durch Abscheren des Mischgutes und Einsatz von schweren Walzen auf. Auf Flächen mit einer starken Querneigung muss mit dem Walzen auf der tiefer gelegenen Seite begonnen werden, da sich sonst kein Widerlager, auf dem sich die Walze abstützt, bildet. Ebenso kann ein Abscheren der Schichten durch eine fehlerhafte Unterlage entstehen. Insbesondere sind in der gegenständigen Baustellenbetrachtung Längsrisse entstanden, da ein Abscheren durch teilweise loses Material auf der Unterlage begünstigt wurde.

Hindernisse

Überkopfwegweiser oder Hindernisse die über das Baufeld verlaufen, sind bei der Entladung des Mischguts problematisch. Insbesondere müssen beim Abkippen unter Brückenobjekte die Fahrzeugführer eingewiesen werden. Bei starker Abkippeigung des Sattelauflegers kann das Fahrzeug Brücken nicht mehr unterfahren. Daher wird im Einflussbereich der Brücke, beginnend ab ca. 25 m vor der Brücke, der Übernahmebehälter des Fertigers vollständig gefüllt. Anschließend fährt der Sattelschlepper aus dem Einflussbereich und wartet bis der Fertiger diesen wieder erreicht. Aus diesem Grund wird im Einflussbereich vor und unter der Brücke kein Mischgut dem Fertiger übergeben, solange eine Entladung aufgrund der eingeschränkten Höhe nicht möglich ist.

⁸⁵ HAMM AG: Verdichtung im Asphalt- und Erdbau. S. 112-113

5.2.5 Alternative Verfahren

Zur Herstellung der bituminösen Schichten können alternative Methoden und Erweiterung der Fertiger zur Sicherung eines kontinuierlichen Einbaus führen.

5.2.5.1 In-Line Pave

Mit diesem Konzept der Fa. Vögele⁸⁶ werden mit drei Maschinen eine Binder- und eine Deckschicht gleichzeitig eingebaut. Durch diese Variante wird ein Schichtenverbund durch Verzahnung der Binder- und Deckschicht aufgrund des „Heiß auf Heiß“ Einbaus erreicht. Die heiße Binderschicht verlangsamt das Abkühlen der Deckschicht, wodurch dünnere Schichten eingebaut werden können. Aufgrund der Wärmespeicherung der Binderschicht kann die Deckschicht auch unter kalten Witterungsbedingungen eingebaut werden. Außerdem ermöglicht dies ein größeres Bearbeitungsfenster für die Verdichtung. Des Weiteren lassen sich in der Deckschicht mit anschließender Endverdichtung durch Walzen höhere Verdichtungsgrade erzielen. Wodurch diese Methode eine Einsparung an Deckschichtenmaterial ermöglicht. Zusätzlich entfallen der Material- und Maschinenaufwand für die Arbeiten zwischen Binder- und Deckschichteneinbau. Das Vorspritzen mit Bitumen und der erforderliche Aufwand für das Walzen kann reduziert werden. Aufgrund der Verzahnung der Materialien wird die Stabilität des Belags erhöht, wodurch sich auch die Nutzungsdauer der Deckschicht verlängert. Die Einbaubreite beträgt zwischen 3,00 und 3,80 m.

Der Maschineneinbauzug besteht aus zwei Einbaufertiger mit je einem 26 t Aufsatzbehälter und einem Beschicker. Dabei bildet der Beschicker den Beginn der Kette und übernimmt das angelieferte Binder- oder Deckschichtenmaterial. Das Mischgut wird dann über Förderbänder in den Mischgutbehälter des Binderschichtfertigers oder in das Übergabemodul des Deckschichtfertigers transportiert.

Die Binderschicht wird mit einer hoch verdichtenden Einbaubohle auf bis zu 98 % vorverdichtet, um das Befahren des nachfolgenden Einbaufertigers zu ermöglichen. Der Binderschichtfertiger ist ein modifizierter Standardfertiger und besitzt ein Übergabemodul für den Deckschichtfertiger. Die dritte Maschine des Einbaus ist ein herkömmlicher Straßenfertiger, der zusätzlich mit einem beheizten Zusatzkübel und einer Wassersprüheinrichtung ausgestattet ist.

⁸⁶ VÖGELE: Vögele InLine Pave.
http://www.voegele.info/de/produkte/superserie/super_specialclass/super21002ipbinderschichten/index.html. Datum des Zugriffs: 24.11.2012 um 10:05 Uhr



Bild 5.11: In-Line Pave Einbauzug⁸⁶

Für die betrachtete Baustelle kann dieses Verfahren aufgrund der Anforderungen einer nahtlosen Deckschicht bzw. der erforderlichen Einbaubreite von 12,50+1,8 m nicht zur Anwendung kommen. Jedoch kann der Beschicker des Einbauzugs bzw. die hoch verdichtende Einbaubohe von großer Bedeutung sein.

5.2.5.2 Beschicker

Insbesondere bei Großbaustellen ist eine ununterbrochene Mischgut-zufuhr für bei der Herstellung der bituminösen Schichten von großer Bedeutung. Mit Hilfe eines Beschickers kann eine Menge von 11 t Mischgut aufgenommen und über beheizte Förderbänder in einen Vorratsbehälter am Einbaufertiger transportiert werden (siehe schematische Abbildung unten). Um die Mischgutübergabe zu verkürzen kann laut der Fa. Vögele binnen 60 Sekunden eine Sattelladung von 25 t übernommen werden. Eine mögliche Bevorratung wird auf bis zu 40 t erhöht, wodurch die Einbaukapazität gesteigert und die Wartezeiten der Sattelschlepper verkürzt werden. Außerdem werden unregelmäßige Antransporte des Mischguts mit dem vorhandenen Puffer ausgeglichen und resultierende Stehzeiten des Fertiglers verhindert.



Bild 5.12: Funktionsprinzip eines Beschickers⁸⁷

⁸⁷ VÖGELE: Beschicker MT 3000-2. <http://www.voegel.com/de/produkte/powerfeeder/mt30002/index.html>. Datum des Zugriffs: 24.11.2012 um 11:30 Uhr

5.3 Auswertung und Datenanalyse

Die Beobachtungen des Asphalteinbaus wurden in Mischguttransport und den Einbau des Fertigers gegliedert. Die Vorgänge der Transporte wurden getrennt voneinander zeitlich erfasst, um mehrere Analysen durchzuführen und eine mittlere Be- und Entladezeit zu errechnen. Ebenso wurden bei den Baustellenaufnahmen erforderliche Nebenarbeiten und Einflüsse, die einen gestörten Einbau bedingen, festgehalten. Aus den Stichprobenergebnissen können Leistungsansätze für den reinen Einbau mit einem Fertiger abgeleitet werden. Die Leistung der Walzen wurde anhand der vorhandenen Gesamtstunden ermittelt.

5.3.1 Eingesetzte Geräte

In der folgenden Tabelle wurden die eingesetzten Geräte dieser Baustelle angeführt. Bei den Transporten wird dabei lediglich die mögliche Nutzlast angegeben.

Tabelle 5.6: Eingesetzte Geräte zur Herstellung der bituminösen Schichten

Asphalteinbau						
Gerät	Marke	Typenbez.	Einbaubreite	Einbaubohe	Einsatz-gewicht	Motorleistung
Kettenfertiger	Vögele	Super 1900-2	8,50 m	AB 500	23,5 t	142 kW
Radfertiger	Vögele	Super 1803-2	5,00 m	AB500	17,3 t	130 kW
Radfertiger	Volvo	Titan ABG 473	5,00 m	VB 78	19,6 t	112 kW
Kettenfertiger	Vögele	Super 800	2,00 m	AB200	6,1 t	45 kW

Walzen						
Gerät	Marke	Typenbez.	Betriebs-gewicht	Bandagen-breite	Bandagen-durchmesser	Motorleistung
Kombiwalze	Bomag	BW 138 AC	4,1 t	1,38 m	0,90 m	33 kW
Kombiwalze	Bomag	BW 151 AC-2	8,3 t	1,68 m	1,22 m	63 kW
Tandemwalze	Bomag	BW 174 AD	9,0 t	1,68 m	1,22 m	58 kW
Tandemwalze	Hamm	HD 75	7,4 t	1,78 m	1,14 m	55 kW

Nebenarbeiten bei Überfahren					
Gerät	Marke	Typenbez.	Betriebsge.	Motorleistung	Volumen
Mobilbagger mit Schwenklöffel	Liebherr	A311	12,1 t	69 kW	0,5 m ³

Transporte					
Gerät	Marke	Typenbez.	Leerge.	Nutzlast	Motorleistung (ISO 9249)
3-Achs LKW	-	Annahme	10,6 t	14,4 t	250 kW
4-Achs LKW	Volvo	Annahme	15,0 t	20,0 t	300 kW
Sattelschlepper	-	-	13,5 t	26,5 t	-

5.3.2 Ergebnisse und Interpretation

Die Ergebnisse werden in der Folge in Zeit- und Leistungsauswertungen gegliedert.

5.3.2.1 Leistungsauswertungen

In der Folge wurden Leistungsansätze für die reine Einbauleistung eines Großfertigers aus den vorhandenen Baustellenbeobachtungen abgeleitet. Hierbei wurde eine Gliederung in die eingebauten Asphalt-

schichten getroffen und im Bild 5.13 mit der ermittelten Bandbreite der Einbauleistung dargestellt.

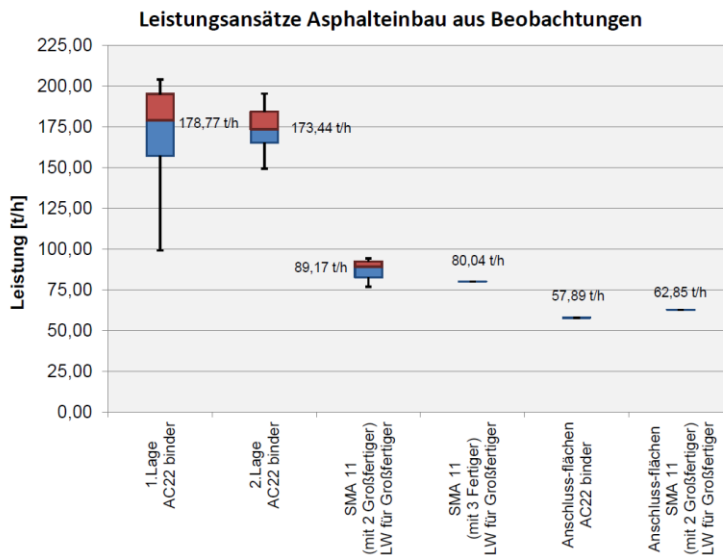


Bild 5.13: Leistungsansätze für reinen Asphalt einbau mit Fertiger

Bei Einbau der ersten Binderschichtlage wurde ein Medianwert von ca. 179 t/h erreicht und ist ähnlich dem Leistungswert der zweiten Lage, der im Mittel ca. 173 t/h erreichte. Beim Einbau der Deckschicht mit einer Stärke von 3,5 cm wird die Leistung eines Großfertigers angegeben. Diese variiert zwischen 89 t/h, bei Einsatz von zwei Großfertigern und einem Gehsteigfertiger und 80 t/h, beim Einbau mit zwei Großfertigern.

Des Weiteren wurde als Vergleich die durchschnittliche Einbauleistung von Anschlussstellen bei Überfahrten des öffentlichen Verkehrs aufgezeigt. Die Anschlüsse an den Rampen können nachträglich oder gleichzeitig mit dem Einbau hergestellt werden. Beim gleichzeitigen Einbau des Anschlussbereiches an eine Aus- oder Auffahrtsrampen ist es von Vorteil, wenn ein zweiter Fertiger zur Verfügung steht, damit der Haupteinbaufertiger auf der herzustellenden Fahrspur weiterfahren kann. Dieser Leistungswert beträgt bei der Binder- als auch bei der Deckschicht ca. 60 t/h. und wird aufgrund der geringen Beobachtungsanzahl nicht als Boxplot dargestellt.

Aus den Bautagesberichten wurden die Gesamtmengen des Mischguts pro Tag bzw. Einbauabschnitt, die erforderlichen Fuhren, die Gesamtstunden der Transportfahrzeuge und die Arbeitsstunden der Partie entnommen.

Mit diesen Werten kann bei einer Gesamtbetrachtung die tatsächliche Einbauleistung inklusive erforderlicher Walzvorgänge und Nebenarbeiten ermittelt werden. Die Leistung wurde aus den erforderlichen Partiestunden und den täglichen Einbaumengen ermittelt. Diese Leistungsansätze wurden in der folgenden Grafik für jeden Tag dargestellt, woraus sich ein durchschnittlicher Leistungsansatz je Einbautag errechnet. Zur

Darstellung der ungestörten Einbauleistung des Großfertigers wurden die Gesamtstunden des Fertigers, um die gemittelte Stehzeit von 50 min pro Überfahrt des öffentlichen Verkehrs reduziert. Die Differenz von ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

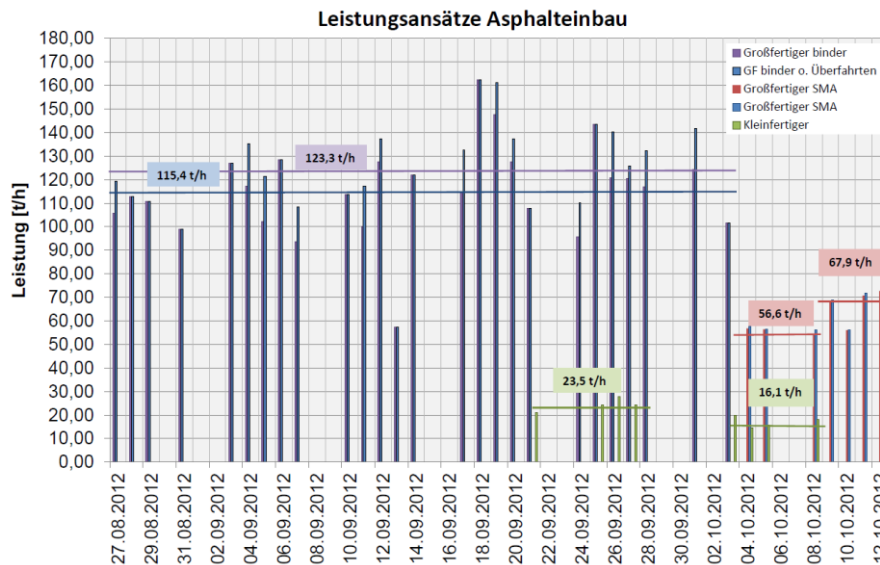


Bild 5.14: Leistungsansätze des Asphalt einbaus je nach Tätigkeit

Aus dem Bild 5.14 ist zu erkennen, dass die Einbauleistungen je nach gelieferter Einbaumenge und sonstigen Vorkommnissen schwanken. Die in der Folge analysiert werden.

Am 30.08.2012 kam es zu einem Ausfall der Asphaltmischanlage, wodurch kein Einbau stattgefunden hat. Beispielsweise wurde am 13.09.2012 in Folge der schlechten Witterung der Einbau abgebrochen, woraus sich aufgrund der entstehenden Wartezeiten die geringere Leistung ableitet. Hingegen kann der Hochpunkt vom 18.09.2012 auf eine hohe Anzahl an Transporten mit geringer Umlaufzeit zurückgeführt werden. Der Einbau fand in diesem Fall an der Anschlussstelle Lebring statt, wodurch die Transportzeit verkürzt und eine höhere Einbauleistung erreicht wurde.

Bei Herstellung der Binderschicht kann ohne Berücksichtigung der Stehzeiten an den Aus- und Auffahrten mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 95 % ein mittlerer Leistungswert von 115,4 t/h \pm 4,0 t/h angenommen werden. Werden die Stehzeiten an den Überfahrten des öffentlichen Verkehr bei der Leistungsermittlung berücksichtigt, ergab sich mit 95 % Eintrittswahrscheinlichkeit eine Einbauleistung von 123,3 t/h \pm 4,2 t/h.

Der Kleinfertiger erreichte eine Leistung von 23,47 t/h \pm 1,4 t/h (95 % EWK) bei der Herstellung der 6,5 cm starken Binderschicht des Mittelstreifens. Hingegen erreichte dieser bei der Herstellung der Deckschicht, aufgrund hohen Anforderung und der gegenseitigen

Beeinflussung der zwei Großfertiger, eine Leistung von $16,1 \text{ t/h} \pm 1,0 \text{ t/h}$ (95 % EWK).

Bei der Herstellung der Deckschicht mit einer Stärke von 3,5 cm kann ein Großfertiger, mit einer durchschnittlichen Einbaubreite von 6,3 m, bei Einsatz von zwei Großfertigern und einem Kleinfertiger eine Leistung von $56,3 \text{ t/h} \pm 0,5 \text{ t/h}$ (95 % EWK) erreichen. Hingegen wurde beim Einbau mit zwei Großfertiger mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 95 %, durch Entfall des gegenseitigen Einflusses der Transporte, ein Leistungswert von $67,6 \text{ t/h} \pm 2,7 \text{ t/h}$ pro Großfertiger erreicht.

Überfahrten für den öffentlichen Verkehr

Bei der Herstellung der Aus- und Auffahrten wurde in der Regel eine temporäre Verkehrsumlegung vorgenommen und der Einbau kurzzeitig gestoppt. Anschließend wurde die Fläche durch Abschrecken mit Wasser für den Verkehr wieder befahrbar gemacht. Das Abschrecken mit Wasser und das erforderliche Räumen der hergestellten temporären Rampen bzw. Säubern und Vorspritzen der Fläche vor dem Fertiger dauerte im Durchschnitt ca. 50 Minuten. Im Anschluss wurde der Verkehr hinter den Fertiger verlegt und der Einbau fortgesetzt.

Zeitauswertung - Umlaufzeiten

Ein kontinuierlicher Einbau ist maßgebend vom Transport des Mischguts abhängig. Bei Erfassung der Lade-, Entlade- und Fahrzeit wurden diese wiederum in einzelne Anteile gesplittet, um einen durchschnittlichen Ansatz aus den Beobachtungen zu errechnen.

Aus dem Diagramm im Bild 5.15 wurden die ermittelten Anteile der Lade- und Entladezeit der eingesetzten Sattelschlepper angeführt, dabei erfolgte eine Gliederung in Binder- und SMA-Entladung. Zusätzlich erforderliche 3- und 4-Achs LKWs für den Gehsteigfertiger werden in dieser Arbeit aufgrund der geringen Anzahl an Aufzeichnungen nicht analysiert.

Aufgrund der Streuung und der großen Anzahl an Daten bei der Beobachtung der Sattelschlepper wurden mittlere Vorgangszeiten als Medianwerte angegeben. Die Dauer zum Zu- bzw. Abdecken der Plane war abhängig vom Abdecksystem des Transportgerätes. Für ein rasches Abdecken empfiehlt sich ein Sattelaufleger mit Handkurbel zum Einrollen der Abdeckplane. Entladevorgänge, die sich aufgrund von Unterbrechungen verlängerten, werden mit dem ermittelten Durchschnittswert von 6 Minuten angenommen, wobei die restliche Stehzeit am Fertiger zur Wartezeit hinzugezählt wurde. Die mittlere Dauer zur Reinigung der Ausschussskanten nach der Entladung beträgt 8 Minuten wurde aus 223 Beobachtungen gebildet. Zuvor ist es notwendig nach der Entladung zur Putzstelle zu fahren. Diese Zeit zur Überstellung wird im Mittel mit einer Dauer von einer Minute angenommen. Auch nach Beladung aus der Mischanlage muss der LKW auf eine geeignete Stelle

überstellen, um das Mischgut mit der Plane abzudecken. Die anteiligen Vorgangszeiten bei der Mischanlage wurden aus 25 Beobachtungen ermittelt, da eine konstante Zeit für die maschinelle Beladung vorausgesetzt wird.

Eine allfällige, bauablaufbedingte Wartezeit wurde von der Gesamtbetrachtung der Umlaufzeiten aus den Lieferscheinen und Bautagesberichten abgeleitet. Diese können auf die Abweichung vom Mittelwert der Beobachtungen, Ausfälle von Maschinen, Verzögerungen aufgrund des Straßenverkehrs und sonstige Pausen zurückzuführen sein. Um einen Vergleich der ungestörten Umlaufzeiten aus der Urkalkulation zu erreichen, wurden die Gesamtstunden der Sattel, um die gemittelte Stehzeit an den Überfahrten des öffentlichen Verkehrs reduziert. Somit wurden an Tage, an denen die Herstellung der Binderschicht an einer Überfahrt erfolgte, mit der ermittelten Wartezeit der LKWs von 50 min/Überfahrt und eingesetzten LKW abgezogen. Des Weiteren wurde ein dokumentierter Ausfall des Fertigers am 21.09.2012 von einer halben Stunde von den Gesamtstunden ebenso abgezogen.

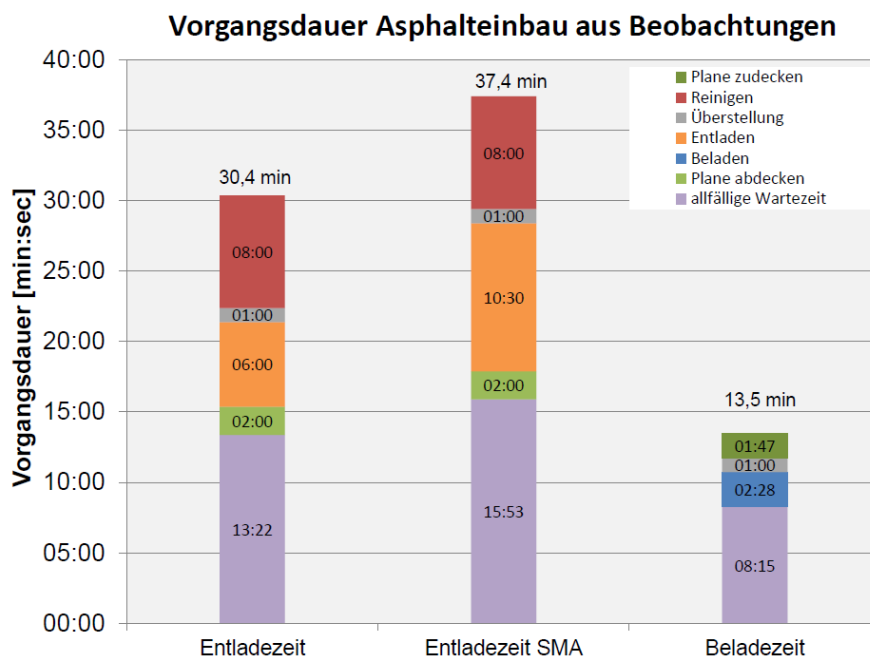


Bild 5.15: Vorgangsdauern bei der Be- und Entladung von Asphalt

Die Fahrzeit wurde aus den Beobachtungen mit der Dauer zwischen Ende des Reinigens und Beginn der darauffolgenden Wartezeiten vor der Entladung des Mischguts, abzüglich einer durchschnittlichen Beladezeit von 15 Minuten festgelegt. Mit Hilfe der vorgegebenen Transportstrecken wurde die Streckenentfernung je nach Profil des Einbaus und dem definiertem Umkehrplatz zugeordnet. Aus dieser Strecke und der ermittelten Fahrzeit wurde die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit abgeleitet. Die Geschwindigkeit beim Rückwärtsfahren wurde anhand von 92 Beobachtungen beim Einbau der

Deckschichte errechnet. Strecken unter einer Länge von 100 m wurden dabei vernachlässigt. Die durchschnittliche Geschwindigkeit für das Rückwärtsfahren wird ausschließlich für Sattelschlepper ermittelt, da die eingesetzten 3- oder 4-Achs LKWs erst vor dem Fertiger aufgrund des geringen Wendekreises wendeten. Diese beträgt mit 95 % Eintrittswahrscheinlichkeit 11,1 km/h \pm 0,7 km/h und weicht aufgrund der Streuung der Werte vom angeführten Medianwert geringfügig ab.

In der folgenden Grafik wird der Streubereich der Transportgeschwindigkeit mit einem Medianwert von ca.45 km/h aufgezeigt, wobei hier Ausreißer nicht dargestellt wurden. Diese können auf Fehler in den Baustellenbeobachtungen oder kürzere Beladezeiten, als die angenommenen 15 Minuten, zurückzuführen sein.

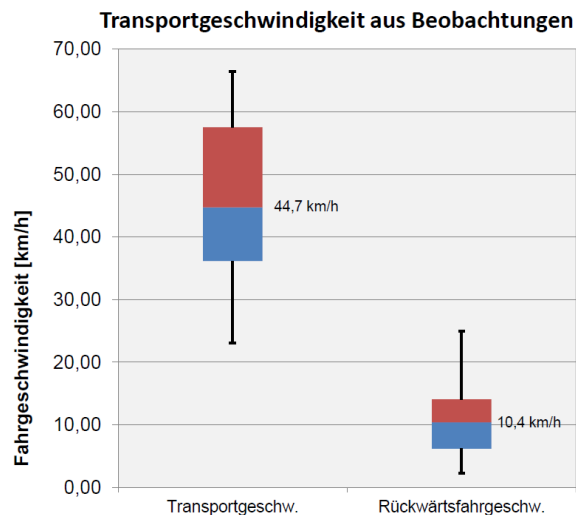


Bild 5.16: Ansatz für die Transportgeschwindigkeiten aus den Beobachtungen

Werden die bauablaufbedingten Wartezeiten zu der Entladezeit gezählt, kann ein Vergleich der Umlaufzeiten zur Urkalkulation erfolgen. Dabei werden gemäß der folgenden Tabelle die Anteile der Umlaufzeit dargestellt. Aus den prozentuellen Anteilen an der Gesamtfläche und der dazugehörigen Transportstrecken wurde eine gewichtete Transportstrecke auf den Arbeitsschwerpunkt ermittelt.

Tabelle 5.7: Aufteilung der Umlaufzeiten - Binderschicht

Bezeichnung	Binderschicht 7 cm		Binderschicht 6,5 cm		URK - Binderschicht	
	[h]	[hh:mm]	[h]	[hh:mm]	[h]	[hh:mm]
Beladezeit	0,23	00:13	0,23	00:13	0,33	00:20
reine Entladezeit	0,28	00:17	0,28	00:17	0,40	00:24
allfällige Wartezeit	0,22	00:13	0,15	00:09	0,00	00:00
Fahrzeit	0,54	00:32	0,54	00:32	0,46	00:27
Umlaufzeit gesamt	1,27	01:16	1,20	01:12	1,18	01:11
Fahrgeschwindigkeit		45,0 km/h		45,0 km/h		45,0 km/h
Transportweg im Mittel		24,25 km		24,25 km		20,62 km

Tabelle 5.8: Aufteilung der Umlaufzeiten - Deckschicht

Bezeichnung	Deckschicht		URK - Deckschicht	
	[h]	[hh:mm]	[h]	[hh:mm]
Beladezeit	0,23	00:13	0,33	00:20
reine Entladezeit	0,36	00:21	0,40	00:24
allfällige Wartezeit	0,26	00:15	0,00	00:00
Fahrzeit	0,54	00:32	0,46	00:27
Rückwärtsschieben	0,13	00:07	0,00	00:00
Umlaufzeit gesamt	1,52	01:31	1,19	01:11
Fahrgeschwindigkeit		45,0 km/h		45,0 km/h
Transportweg im Mittel		24,25 km		20,62 km
Geschwindigkeit rückwärts		10,0 km/h		
Transportweg im Mittel		1,33 km		

Um die Ergebnisse zu veranschaulichen wurden die Umlaufzeiten im folgenden Balkendiagramm dargestellt. Bei den dargestellten Umlaufzeiten der eingesetzten Sattelschlepper wurden Stehzeiten für Überfahrten des öffentlichen Verkehrs bei der Herstellung der Binderschichten berücksichtigt. Außerdem werden die ermittelten Umlaufzeiten der Nachkalkulation dargestellt, um die Auswirkung der Überfahrten darzustellen.

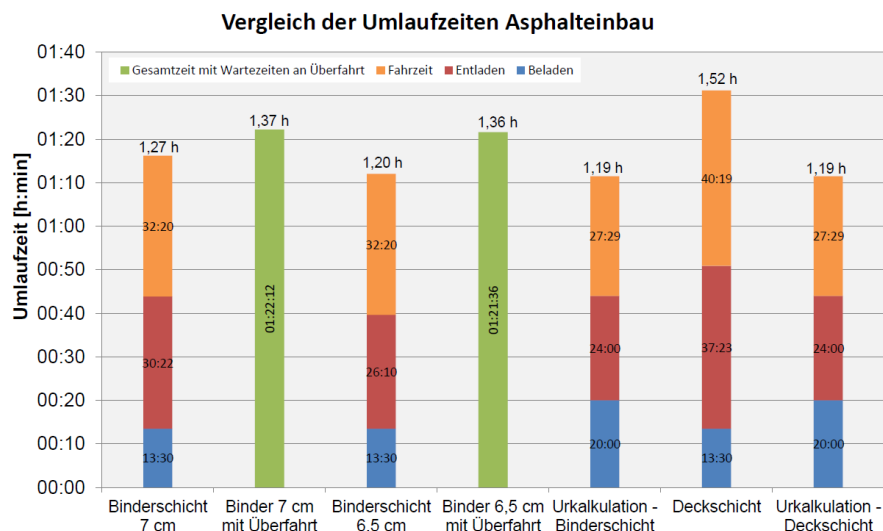


Bild 5.17: Vergleich der Umlaufzeiten zur Urkalkulation

Aus der Grafik lässt sich erkennen, dass die Annahmen der Urkalkulation von einem ungestörten Betrieb ausgehen. Die Beladezeit wurde dabei sogar um 7 Minuten höher angenommen. Die Geschwindigkeitsauswertung der Beobachtungen zeigt, dass der Ansatz von 45 km/h plausibel ist, jedoch unterscheidet sich die Fahrzeit zwischen Urkalkulation und ermittelten Werten aufgrund der längeren Transportstrecken über die Autobahn. Wie schon oben erläutert werden allfällige Wartezeiten zur Entladezeit hinzugezählt, einen Unterschied zur Annahme von 20 Minuten der Urkalkulation ergibt. Beim Einbau der Deckschicht ist ersichtlich, dass die Entladezeiten, sowie die Fahrzeiten aufgrund des nicht kalkulierten Rückwärtsschiebens einen Unterschied ca. 20 Minuten pro Umlauf ergeben.

Aus der vorhandenen Führenliste und den geleisteten Arbeitsstunden der Frächter wurden Umlaufzeiten und wiederum den unterschiedlichen Einbautätigkeiten zugeordnet. In der folgenden Grafik (Bild 5.18) werden die ermittelten Umlaufzeiten, mit Berücksichtigung der herzustellenden Aus- und Auffahrten, den Einbautagen zugeordnet. Im ersten Bereich bis zum 05.09.2012 findet der Einbau der ersten Binderschicht statt. Dabei werden mit Umlaufzeiten von 1,4-1,6 h/Fuhr hohe Werte zu Beginn aufgrund der langen Transportstrecke erreicht. Die geringe Umlaufzeit der Fahrzeuge vom 30.08.2012 lässt sich durch den Ausfall der Asphaltmischanlage zurückführen. Am 18.09. und 19.09.2012 werden im Vergleich bei der Herstellung der ersten Lage von der Anschlussstelle Lebring bis zum Baulosbeginn Umlaufzeiten von ca. 1,10-1,0 h/Fuhr errechnet, was auf eine kurze Transportstrecke schließen lässt.

Ab dem 26.09.2012 wird ein Kleinfertiger zur Herstellung des Mittelstreifens eingesetzt, der aufgrund der geringen Leistung höhere Entladezeiten und somit höhere Umlaufzeiten der Transporte erreicht.

Am 02.10.2012 wurde das antransportierte Material mit einer Menge von 11,5 t aufgrund der schlechten Witterung nicht eingebaut.

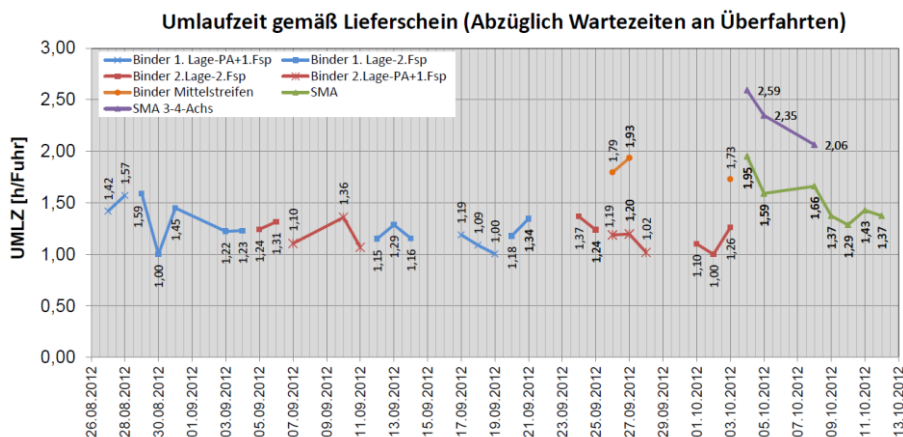


Bild 5.18: Umlaufzeiten der Mischguttransporte (mit Herstellung von Aus- und Auffahrten)

Bei der Herstellung der Deckschicht ab dem 04.10.2012 lässt sich der kontinuierliche Abfall der Umlaufzeiten aufgrund der kürzer werdenden Transportstrecken erkennen. Die erforderliche Zeit zum Rückwärtschieben des Sattelauflegers bis zum Einbauort lässt sich schon aufgrund einer höheren Anfangsumlaufzeit trotz geringerer Transportstrecke erkennen. Zu Beginn beträgt diese im Durchschnitt bei den Sattelschleppern 1,95 h/Fuhr. Im Vergleich dazu ca. 0,4 h/Fuhr (23 Minuten) länger als beim Binderschichteneinbau. Auch beim Einbau der Deckschicht ist mit dem Gehsteigfertiger, im Vergleich zu den Großfertigern, wiederum eine höhere Umlaufzeit zu erkennen.

5.4 Nachkalkulation

Für die Nachkalkulation des Asphalteinbaus werden das Aufmaßblatt und die Bautagesberichte der Asphalt- bzw. Erdbaupartie als Basis der hergestellten bituminösen Flächen herangezogen.

Das Aufmaßblatt gibt Aufschluss über die hergestellten Flächen der einzelnen Schichten. Außerdem kann die Gesamtmenge aus den Lieferscheinen den einzelnen Lagen bzw. der Mischgutart zugeordnet werden. Die Gesamtmenge des Mischguts wird durch die angenommene Kubatur im verdichteten Zustand, aus Stärke der Einbauschicht lt. Ausschreibung bzw. ermittelter Fläche des Aufmaßes, dividiert, errechnet sich die angenommene Dichte der jeweiligen Schicht. Zu den Binderschichten wird der jeweilige Aufwand für die Herstellung der erforderlichen Nahtflanken hinzugezählt und im Vergleich betrachtet.

5.4.1 HD Reinigung

Bei der HD-Reinigung ≥ 300 bar dienen die Lieferscheine der Subunternehmer als Grundlage zur Ermittlung der Einsatzstunden, wobei der Zeitraum des Asphalteinbaus herangezogen wurde. Die HD-Reinigung während des SMA-Einbaus erfolgte mit zwei Kehrmaschinen, um eine höhere Stundenleistung zu erreichen. Im Vergleich zur Urkalkulation war eine größere Anzahl an An- und Abfahrten erforderlich. Jedoch wurde aufgrund der erreichten Leistung und dem geringeren Stundensatz der HD-Reinigung ein Gewinn von ca. 13.000 € erwirtschaftet. Die Pauschalen für An- und Abfahrt wurden auf die täglichen Arbeiten, Kehreinsatz oder HD-Reinigung, aufgeteilt.

Tabelle 5.9: Nachkalkulation HD-Reinigung

Nachkalkulation - Spezialreinigung ≥ 300 bar		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Spezialreinigen Hochdruckwasser ≥ 300 bar	0201160103A	217.167,26 m ³
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	0,16 €/m ³	34.746,76 €
Nachkalkulation (IST)	0,10 €/m ³	21.948,93 €
Delta	36,8%	12.797,83 €

5.4.2 Vorspritzen mit polymermodifiziertem Bitumen

Das Vorspritzen erfolgt durch ein Breitspritzgerät eines Subunternehmers und bei Kleinfläche, wie Überfahrten für den öffentlichen Verkehr, nachträglich durch ein firmeneigenes, selbstfahrendes Spritzgerät. Das Eigenspritzgerät zählt zu den Vorhaltegeräten der Asphaltpartie und ist in deren Stundensatz schon berücksichtigt.

In den Bautagesberichten sind zusätzlich die anteiligen Lohnstunden zur Absperrung der vorgespritzten Flächen angeführt. Dabei werden Verkehrshüte aufgestellt und Putzstellen definiert bzw. ausgewiesen.

In der Gegenüberstellung von Aufwand und Erlös wurde ein Gewinn von ca. 7.100 € errechnet, was ein Delta von 8,2 % zum Einheitspreis der Urkalkulation entspricht.

Tabelle 5.10: Nachkalkulation Vorspritzen pmB

Nachkalkulation - Vorspritzen pmB		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Vorspritzen pmB	0201160106A	217.167,26 t
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	0,40 €/t	86.866,90 €
Nachkalkulation (IST)	0,37 €/t	79.729,10 €
Delta	8,2%	7.137,80 €

5.4.3 AC22 Binderschicht 7,0 cm

Die Leistungsmengen des Fertigers wurden anhand der Bautagesberichte und dem Aufmaßblatt ermittelt. Bei der vorliegenden Baustelle wurde der Leistungswert des Großfertigers mit durchschnittlich 116 t/h mit 5% überschritten. Es ist anzumerken, dass hier die Einflüsse der Überfahrten für den öffentlichen Verkehr berücksichtigt wurden. Ebenso wirkten sich die Überfahrten bei den ermittelten Umlaufzeiten der Sattelschlepper aus, bei denen eine Umlaufzeit von 1,36 h/Fuhr erreicht wurde.

Im Stundensatz der Großfertigerpartie sind ein Polier, drei Maschinisten, zwei Asphaltierer, ein Kettenfertiger, zwei Kombiwalzen mit je 8 t und 4 t und diverse Kleingeräte enthalten. Zusätzlich werden zwei Doppelglattwalzen in der Nachkalkulation berücksichtigt, da eine Walze beim Einbau der ersten Lage zur Anwendung kommt. Die zweite Walze dient als Reservegerät, bei Ausfall einer eingesetzten Walze. Das Mischgut wird in der Regel mit acht bis neun Sattelschlepper und einer Asphaltbirne antransportiert. Die anfallende Maut für die Strecke zwischen Lebring und Leibnitz beträgt, bei Transportgeräten mit der Emissionsklasse III 3,07 €/Benützung. Auf der Strecke zwischen Lebring und der Anschlussstelle Wildon beträgt die Maut 2,78 €. Gemäß dem Einbauort wird je nach Transportstrecken eine Maut für die Benützung der Autobahn eingerechnet. Aufgrund der gewählten Transportstrecken fällt bei einem Einbau zwischen den Profilen 214 und 67 keine Maut an.

Täglich sind bei Herstellung einer Tagesnaht ein Mobilbagger und ein 4-Achs LKW zum Abtransport für die Dauer von einer Stunde angesetzt, die über zeitgebundenen Kosten berücksichtigt wurden. Außerdem wurden in der Nachkalkulation die anteiligen Stunden für Mobilbagger, LKW und Hilfsarbeiter bei Herstellung einer provisorischen Verkehrsumlegung bzw. Räumen der provisorischen Rampen aus den Erdbautagesberichten ermittelt. Bei der Herstellung einer Überfahrt für den öffentlichen Verkehr war ein Wasserfass mit Traktor zum Abkühlen der Oberfläche im Einsatz, wobei die anteiligen Stunden verursachungsgemäß nach Bautagesberichten ermittelt wurden.

Der Materialpreis für den eingebauten AC 22 Binder beträgt 52,70 €/t.

In Summe ergibt sich ein Delta von + 4,0 % im Vergleich zum Einheitspreis der Urkalkulation, was auf den geringeren Michgutpreis zurückzuführen ist. Die Einheitspreise für den Einbau hingegen sind in der Nachkalkulation um ca. 18% höher als der Einheitspreis der Urkalkulation. Für den Voranstrich der Längsnaht zwischen den Binderschichten war ein Subunternehmer beauftragt. Diese Leistungsposition wurde bei der Nachkalkulation hinzugerechnet, was insgesamt zu einem Verlust von ca. 30.000 € führte.

Tabelle 5.11: Nachkalkulation AC22binder 7cm

Nachkalkulation - AC22 Binder 7 cm		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
AC22binder,PmB45/80-65,H1,G4, 7cm Fahr/Abst	0201161305C	104.879,20 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	10,34 €/m ²	1.084.136,31 €
Nachkalkulation (IST)	10,67 €/m ²	1.119.559,46 €
Delta	-3,3%	-35.423,15 €
zusätzliche LV-Positionen	Summe lt. URK	Netto Aufwand
Voranstrich Nahtflanken >5 bis 10 cm	16.033,78 €	11.134,57 €
Gesamtsumme	1.100.170,09 €	1.130.694,03 €
Delta Gesamt	-2,8%	-30.523,94 €

5.4.4 AC22 Binderschicht 6,5 cm

Für den Einbau der Binderschicht wurde ein Großfertiger eingesetzt, der eine Leistung von 113 t/h erreichte. Zusätzlich war zur Herstellung des Mittelstreifens ein Gehsteigfertiger erforderlich, der in der Urkalkulation nicht angeführt wurde. Aufgrund dessen konnte in Bezug auf die gesamte Leistungsmenge ein Leistungsansatz von 114 t/h nicht erreicht werden. Über das gesamte Baulos ergab sich eine mittlere, gewichtete Umlaufzeit von 1,37 h/Fahrt und liegt ca. 15 % über den gewichteten Mittelwert der Urkalkulation. Die Abweichung ist hier auf Einflüsse der Überfahrten für den öffentlichen Verkehr zurückzuführen.

Die Transportkette besteht bei diesem Einbau aufgrund der erforderlichen Beschickung des Gehsteigfertigers zusätzlich aus 3- und 4-Achs LKWs. Beim Einbau des Mittelstreifens wurde eine Umlaufzeit von 1,92 h/Fahrt erreicht.

Durch die verursachungsgerechte Zuordnung der erforderlichen Geräte und Arbeitskräfte unterscheidet sich der Einheitspreis für den Einbau ohne Berücksichtigung des Mischguts um - 23%. Mit Berücksichtigung der Materialkosten kann in Summe ein Delta von - 2,8 % zum Einheitspreis der Urkalkulation erreicht werden. Des Weiteren kann die Aufzahlungsposition für die Rinnsalausbildung, entlang der bestehenden Lärmschutzsockelbrettern im Erlös ohne zusätzlichen Mehraufwand berücksichtigt werden, da die anteiligen Leistungsstunden in den Gesamtstunden schon enthalten sind.

Aus der Gegenüberstellung von Aufwand und Erlös errechnet sich bei diesem Vorgang ein Gewinn von 2.400 €.

Tabelle 5.12: Nachkalkulation AC22binder 6,5cm

Nachkalkulation - AC22 Binder 6,5 cm		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
AC22binder,PmB45/80-65,H1,G4, 6,5cm Fahr/Abst	0201161305F	112.288,06 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	9,60 €/m ²	1.078.189,94 €
Nachkalkulation (IST)	9,87 €/m ²	1.108.218,89 €
Delta	-2,8%	-30.028,94 €
zusätzliche LV-Positionen	Summe lt. URK	Netto Aufwand
Az für Rinnsalausbildung bit Bauweise	9199,54 €	0,00 €
Voranstrich Nahtflanken >5 bis 10 cm	23.237,37 €	22.269,14 €
Gesamtsumme	1.110.626,85 €	1.108.218,89 €
Delta Gesamt	0,2%	2.407,96 €

5.4.5 SMA11 S3 Deckschicht 3,5 cm

Beim Deckschichteneinbau sind drei, gestaffelt fahrende Fertiger im Einsatz. Aus den Gesamtstunden der Fertiger und der eingebauten Menge wurde der Leistungsansatz von 70 t/h nicht erreicht. Ebenso kam es bei dem gewichteten Umlaufzeitmittelwert der LKWs zu einer Abweichung von - 26 % der Transporte für den Großfertiger im Vergleich zur Urkalkulation. Die erreichte Durchschnittsleistung der Einbaufertiger ergaben höhere Kosten für den händischen und maschinellen Einbau, als in der Urkalkulation vorgesehen. Des Weiteren müssen die Transportgeräte eine längere Transportstrecke zurücklegen als geplant, was zu höheren Umlaufzeiten führt. Außerdem wurden in der Urkalkulation keine Erschwernisse für das Rückwärtsschieben der Sattelschlepper berücksichtigt.

Zusätzlich ergibt sich eine negative Abweichung bei der Berücksichtigung des Mischguts. Daraus ergibt sich ein Delta zum Einheitspreis der Urkalkulation von - 12,2 %. Außerdem kann die Aufzählungsposition des nahtlosen Deckschichteneinbaus durch den gestaffelten Einbau hinzugezählt werden, woraus sich bei der Gegenüberstellung von Aufwand und Erlös ein Verlust von ca. 83.800 € einstellt.

Tabelle 5.13: Nachkalkulation SMA11 Deckschicht 3,5 cm

Nachkalkulation - SMA 11 S3/S2		
Leistungsposition	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
SMA11 PmB45/80-65,S3,GS, 3,5cm Fahr/Abst	02011626	114.508,44 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation (Anteilige Großfläche)	6,58 €/m ²	753.580,04 €
Nachkalkulation (IST)	7,38 €/m ²	845.360,62 €
Delta	-12,2%	-91.780,58 €
zusätzliche LV-Positionen	Summe lt. URK	Netto Aufwand
AZ nahtlos Asphaltdeckschicht	8015,59 €	0,00 €
Gesamtsumme	761.595,63 €	845.360,62 €
Delta Gesamt	-11,0%	-83.764,99 €

5.5 Fazit

Bei der Herstellung der bituminösen Schichten hängt die Leistung des Einbaus maßgebend vom Transport und von der Asphaltmischanlage ab.

Bei einer Großbaustelle ist es von großer Bedeutung. Bei Ausfall der Hauptmischanlage ist eine Ausfallmischanlage vertraglich zu vereinbaren. Ein Ausfall wurde bei diesem Bauvorhaben aufgrund der Herstellung in der Eigenmischanlage in Kauf genommen. Jedoch entstand beispielsweise am 30.08.2012 durch einen Ausfall Wartezeiten für die Transportfahrzeuge und die Einbaupartie von 6 Stunden, was in der Folge Kosten von ca. 5.000 € bedeuten.

Die Umlaufzeiten der Transporte für die Beschickung des Fertigers variieren aufgrund der unterschiedlichen Transportstrecken der jeweiligen Einbauabschnitte. Jedoch hängen diese insbesondere beim Einbau der Deckschicht von den Eigenschaften des Fahrers ab. Das Rückwärtsschieben des Sattelschleppers bis zu einer Länge von 2,5 km erfordert viel Können und Geschick der eingesetzten Kraftfahrer. Des Weiteren sollten die Sattelaufleger mit einfachen Systemen zum Abdecken des Mischguts ausgestattet sein, um das aufwändige Zusammenlegen und Verstauen von Abdeckplanen zu vermeiden. Daraus ergibt sich auch eine schnellere Umlaufzeit. Aus der Gesamtbetrachtung kann eine Beladezeit von 15 Minuten und eine Entladezeit von 25 Minuten angenommen werden. In dieser Entladedauer sind allfällige Putzarbeiten der Ausschusskante ebenso enthalten. Im Durchschnitt erreichten die Transportgeräte eine Fahrgeschwindigkeit von ca. 40 km/h, was jedoch maßgebend auch durch die Wahl der Transportstrecke beeinflusst werden kann.

Für die Tätigkeiten des Vorspritzens wird ein Breitspritzgerät angesetzt. Nach dem Vorspritzen wurden Hilfsarbeiter eingesetzt, um Verkehrshüte und Hinweisschilder für ausgewiesene Putzstellen aufzustellen. Aufgrund dessen wurde eine unnötige Befahrung der vorgespritzten Flächen durch die eingesetzten Transportgeräte vermieden.

Eine Nebenarbeit die täglich erforderlich war, ist die Herstellung des Anschlusses an die hergestellte Asphaltmischschicht des Vortages. Für einen geraden Abschluss wird ein Schnitt hergestellt und überschüssiges Material mit einem Mobilbagger verladen. Dieser Tagesanschluss wird mit einer Bitumenemulsion angestrichen, um einen ordentlichen Verbund sicher zu stellen. Hingegen muss bei dem Tagesanschluss der Deckschicht ein Bitumenfugenband über den gesamten Querschnitt eingelegt werden. Die Dauer der Vorbereitungsarbeiten kann täglich mit ca. einer Stunde angenommen werden.

Zur Herstellung der Überfahrten für den öffentlichen Verkehr wird der Einbaufertiger gestoppt und der Verkehr umgelegt. Hinter dem Fertiger

wird der Bereich der Aus- und Auffahrten mit Wasser gekühlt, um eine rasche Befahrung wieder zu ermöglichen. Für das Räumen der temporären Rampen und sonstige Nebenarbeiten sind ein Mobilbagger, ein LKW und ein zusätzlicher Arbeiter erforderlich. Nach einer durchschnittlichen Dauer von ca. 50 Minuten kann der Fertiger den Einbau fortsetzen. Bei der Herstellung der Deckschicht ist eine Sperrung der Überfahrt erforderlich, um die geforderte Qualität der Asphaltsschichten zu erreichen. Beim Einbau der obersten Asphaltsschicht ist die Geschwindigkeit des Fertigers dem ankommenden Mischgut anzupassen, um Stehzeiten sowie eine Abkühlung und Störungen der Ebenflächigkeit zu vermeiden. Die Einbauleistung der Binderschicht kann anhand der vorliegenden Beobachtungen mit 115 t/h angenommen werden. Hingegen schwankt der Leistungswert eines Großfertigers beim Einbau der Deckschicht je nach Anzahl der Fertiger zwischen 55 und 65 t/h

Die Qualität der Verdichtung wird mit Einhaltung von definierten Walzschemen gesteuert. Es wird empfohlen auf der tiefer liegenden Seite des Straßenquerschnitts zu beginnen, um für die zweite Bahn ein Widerlager zu erzeugen. Die Unterlage sollte möglichst frei von losem Splitt sein, da es sonst das Abscheren des Mischgutes begünstigt und zu Längsrissen in der Oberfläche führen kann.

Eine Erhöhung der Leistung kann mit Hilfe eines Beschickers erreicht werden, da ein Zwischenspeicher des Mischguts von ca. 40 t vorhanden ist. Dadurch können Schwankungen des Mischguttransportes ausgeglichen und Wartezeiten des Transports sowie der Einbaupartie verhindert werden.

Die Nachkalkulationsergebnisse werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst und gliedern sich in die zugehörigen Leistungspositionen zur Herstellung der bituminösen Schichten.

Tabelle 5.14: Nachkalkulationsergebnisse bei der Herstellung der bituminösen Schichten

Asphalteinbau			
Leistungsposition	Aufwand	Erlös	Delta
Spezialreinigen Hochdruckwasser >=300 bar	21.948,93 €	34.746,76 €	12.797,83 €
Vorspritzen pmB	79.729,10 €	86.866,90 €	7.137,80 €
AC22binder,PmB45/80-65,H1,G4, 7cm Fahr/Abst	1.119.559,46 €	1.084.136,31 €	-35.423,15 €
AC22binder,PmB45/80-65,H1,G4, 6,5cm Fahr/Abst	1.108.218,89 €	1.078.189,94 €	-30.028,94 €
SMA11 PmB45/80-65,S3,GS, 3,5cm Fahr/Abst	845.360,62 €	753.580,04 €	-91.780,58 €
Voranstrich Nahtflanken >5 bis 10 cm	33.403,71 €	39.271,15 €	5.867,44 €
Az für Rinnsalausbildung bit Bauweise	22.269,14 €	23.237,37 €	968,22 €
AZ nahtlos Asphaltdeckschicht	0,00 €	8.015,59 €	8.015,59 €
Summe	3.230.489,85 €	3.108.044,06 €	-122.445,79 €
		Summe Gewinn/Verlust	-3,9 %

Aus der Zusammenstellung ist ersichtlich, dass die Leistungspositionen des Asphalteinbaus in Summe negative Ergebnisse errechnen. Diese Abweichung kann insbesondere auf die nicht erreichten Umlaufzeiten ohne Berücksichtigung der Störstellen, an den Überfahrten des öffentlichen Verkehrs, zurückzuführen sein.

6 Betonbau

Im Baulos befinden sich fünf Brückenobjekte, die über die Autobahn verlaufen und fünf Unterführungen. Im Zuge der Generalsanierung des Autobahnabschnittes werden Instandsetzungsmaßnahmen an diesen vorgenommen. Dabei ist gemäß der Baubeschreibung die Unterseite der Überführungen anteilig auf der gesperrten Richtungsfahrbahn durchzuführen. Die Tätigkeiten des Betonbaus besitzen im Gegensatz zu den vorigen Kapiteln einen hohen Lohnkostenanteil, da nur wenige Geräte erforderlich sind. Aufgrund dessen werden durch eine ABC-Analyse wesentliche Verfahren nachfolgend ermittelt und anschließend zwei Sanierungsmaßnahmen im Detail analysiert.

6.1 Auswahl der wesentlichen Verfahren

Die Betonbauarbeiten umfassen in der Urkalkulation 261 Leistungspositionen. Mit der ABC Analyse werden die Positionen des Leistungsverzeichnisses analysiert und in drei Bereiche gegliedert:

- Bereich A: hohe Bedeutung
- Bereich B: mittlere Bedeutung
- Bereich C: geringe Bedeutung

Durch die Analyse werden die Schwerpunkt-Positionen ermittelt, die den größten Anteil am Umsatz der Betonbauarbeiten ausmachen. Daraus ergeben sich die Leistungspositionen, die insbesondere bei der Analyse in der Kalkulationsphase relevant sind. Gemäß Proporowitz⁸⁸ ist es ausreichend bei einer schnellen Bearbeitung eines Angebots die Überprüfung auf den Bereich A einzugrenzen. Hingegen können die LV-Positionen des Bereichs C generell unberücksichtigt bleiben, da der Einfluss auf die Gesamtsumme nur gering ist.

Die Grenzen der Bereiche sind frei zu wählen und werden daher aufgrund des Zuwachses der erstellten Grafik mit den Werten der folgenden Tabelle eingegrenzt. Daraus ergeben sich Anteile der Gesamtanzahl an Leistungspositionen, die in der folgenden Tabelle dargestellt werden.

⁸⁸ PROPOROWITZ, A.; MALPRICHT, W.; WOTSCHKE, M.: Baubetrieb - Bauwirtschaft. S. 212

Tabelle 6.1: Gliederung der ABC-Analyse

Gliederung der Leistungspositionen															
Hauptgruppe	Bauarbeiten (02)												Anzahl der Positionen	Anteile der Positionen	Anteil an der Gesamtsumme
Obergruppe	Brücke (02)														
Leistungsgruppe	02	03	04	05	06	07	10	13	15	16	18	23			
A	1				6	5	9	24		3		2	50	19%	80%
B	4	9	2	3	6	3	15	22		1	1		66	25%	15%
C	43	22	9	12	5	10	7	25	2	5		5	145	56%	5%
Gesamtergebnis	48	31	11	15	17	18	31	71	2	9	1	7	261	100%	100%
Analyse der ausgewählten A-Positionen												Anzahl	Anteil der A-Positionen	Anteil an der Gesamtsumme	
A-Positionen					2		1	17							

In der Tabelle 6.1 werden neben den gewählten Anteilen an der Gesamtsumme, die Aufteilung der Leistungspositionen in den verschiedenen Bereichen dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass nur 50 Leistungspositionen von 261 den Bereich A bestimmen.

Aufgrund des begrenzten Beobachtungszeitraums auf der Baustelle werden nicht alle Positionen analysiert, wodurch wiederum eine Auswahl getroffen wurde. Aus den ermittelten Leistungspositionen (siehe A 3.1) werden zwei wesentliche Stammgruppen herausgefiltert, die in der Folge bearbeitet werden:

- Instandsetzen von schadhafte Beton
- Randbalken Abbruch und Wiederherstellung

Die gewählten Bautätigkeiten decken, wie aus der Tabelle ersichtlich, 40 % der Leistungspositionen aus dem Bereich A ab.

In der folgenden Grafik ist zu erkennen, dass, aufgrund des großen Einflusses, der Bereich A den größten Zuwachs besitzt, jedoch nur 19 % der Leistungspositionen ausmachen. Dieses Phänomen beruht auf dem Pareto-Prinzip, das besagt, dass die meisten Auswirkungen (80%) meist nur auf eine kleinen Anteil (20%) an Ursachen besitzen.⁸⁹

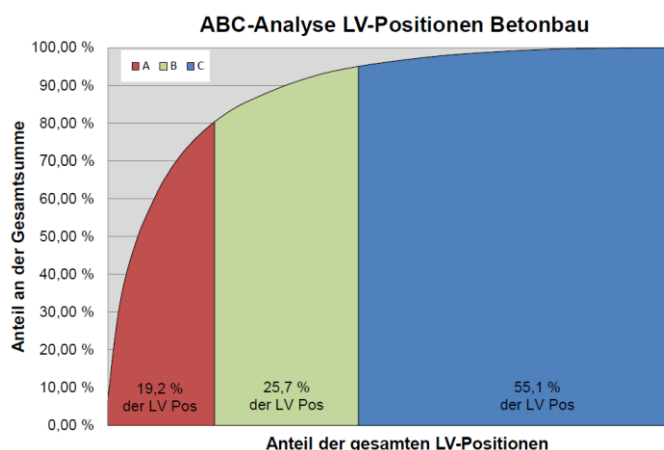


Bild 6.1: ABC-Analyse der Betonbauarbeiten

⁸⁹ LINß, G.: Qualitätsmanagement für Ingenieure. S. 123

6.2 Instandsetzung von schadhaften Beton

Das nachfolgende Verfahren ist für die Sanierung und Instandsetzung von Mängeln, welche die technische Funktionalität beeinträchtigen, anzuwenden. Durch die Instandsetzung werden nicht mehr vorhandene Gebrauchseigenschaften wiederhergestellt, die Dauerhaftigkeit gesichert oder neue Gebrauchseigenschaften erreicht.⁹⁰

Nach den vertraglichen und rechtlichen Anforderungen werden die einzelnen Tätigkeiten der Instandsetzungsmaßnahmen erläutert. Anschließend werden Aufwandswerte von beobachteten Sanierstellen ermittelt und in einer Nachkalkulation mit den Annahmen der Urkalkulation verglichen.

6.2.1 Theoretische Grundlagen

Die Anforderungen an eine fachgerechte Sanierung von schadhaften Beton werden in diesem Kapitel beschrieben.

6.2.1.1 Bauverfahren

In der Regel wurden folgende Verfahrensschritte bei der Instandsetzung von schadhaften Betonstellen durchgeführt. Bei vorhandener, ausreichender Güte des Betons wird von der Herstellung eines aktiven Korrosionsschutzes gesprochen, wohingegen bei nicht ausreichender Güte des Betons ein zusätzlicher passiver Korrosionsschutz aufgebracht werden muss.

⁹⁰ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖN B 4706 - Betonbau: Instandsetzung, Umbau und Verstärkung. S. 3

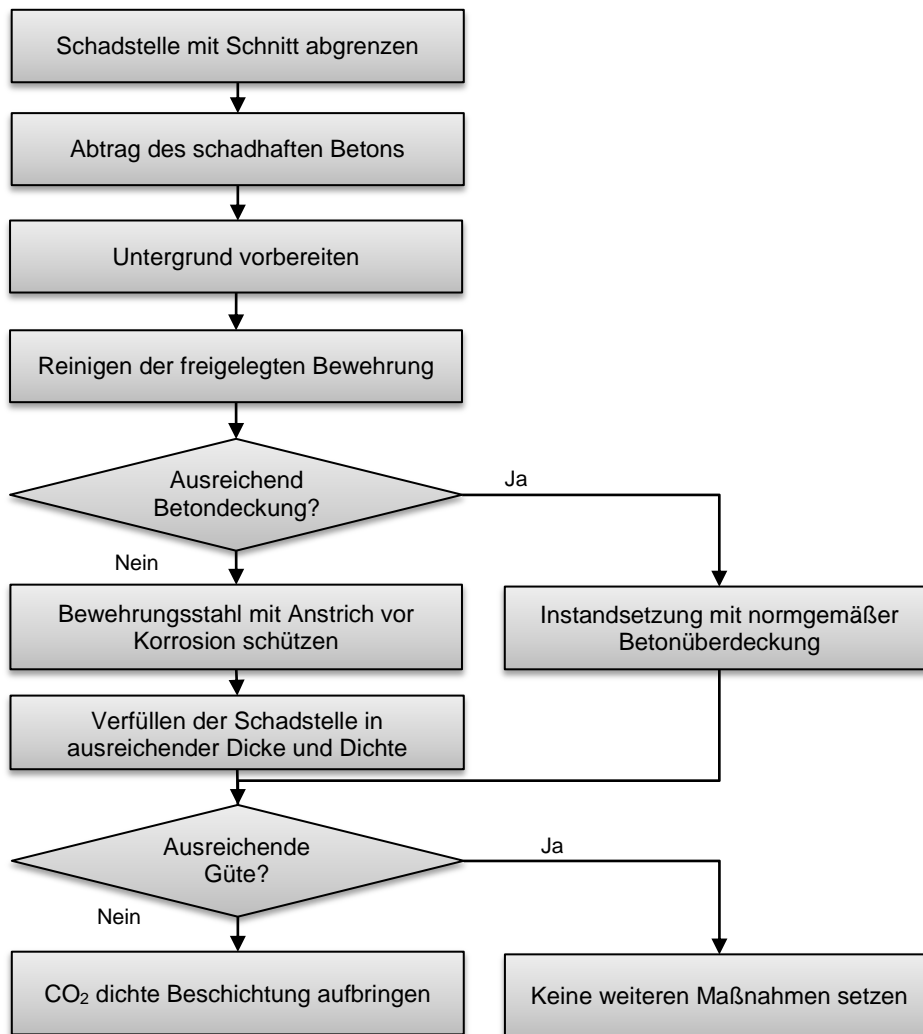


Bild 6.2: Maßnahmen bei Sanierung von schadhafte Beton (modifiziert⁹¹)

6.2.1.2 Vertragliche und rechtliche Grundlagen

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die geltenden Bestimmungen erläutert.

Leistungsverzeichnis

Gemäß dem Leistungsverzeichnis werden Standardleistungspositionen der Oberleistungsgruppe 13 „Instandsetzungsarbeiten Bauwerke“ der LB-VI⁹² herangezogen. In den Vorbemerkungen wird auf die Richtlinie zur Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton der

⁹¹ KOLAR, K.: Betoninstandsetzung. S. 64;65

⁹² ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAßE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LB-VI), Version 2. S. 471

Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bautechnik (ÖVBB) und der geltenden Fassung der ÖN B4706 „Instandsetzen, Umbau und Verstärkung“ als geltende Vertragsbestimmungen verwiesen. In der Folge werden wesentliche Punkte der Bestimmungen aufgezeigt, die für die Durchführung dieses Verfahren von Bedeutung sind.

Für die Instandsetzungsarbeiten darf nur entsprechend ausgebildetes Personal herangezogen werden, die laufende Schulungen und Erfahrung nachweisen können. Der Umfang und die Art der Arbeiten sind vom Auftraggeber anzuordnen.

Im Einheitspreis sind, sofern dies keine gesonderten Positionen vorsehen, Hilfsgerüste bis zu einer Gerüsthöhe von 2,0 m und Leitern bis zu einer Länge von 4,0 m abgegolten.

Als Instandsetzungsmörtel dürfen nur CE gekennzeichnete Materialien gemäß EN 1504-3 zur Anwendung kommen.

In der Unterleistungsgruppe 1311 „Vorbereitungsarbeiten Betoninstandsetzung“ sind erforderliche Leistungspositionen dieses Verfahrens enthalten. Dabei werden weitere Maßnahmen zur Behandlung der Betonoberfläche und des vorhandenen Bewehrungsstahls beschrieben. Die Reinigung der Oberflächen wird durch Hochdruckwasserstrahlen bzw. mittels Sandstrahlen erreicht.

Die Abrechnung des Abtrags erfolgt gemäß Regelblatt Nr. 13.01-01 und muss mit Mehrtiefungrenzen aufgenommen werden (siehe Bild 6.3).

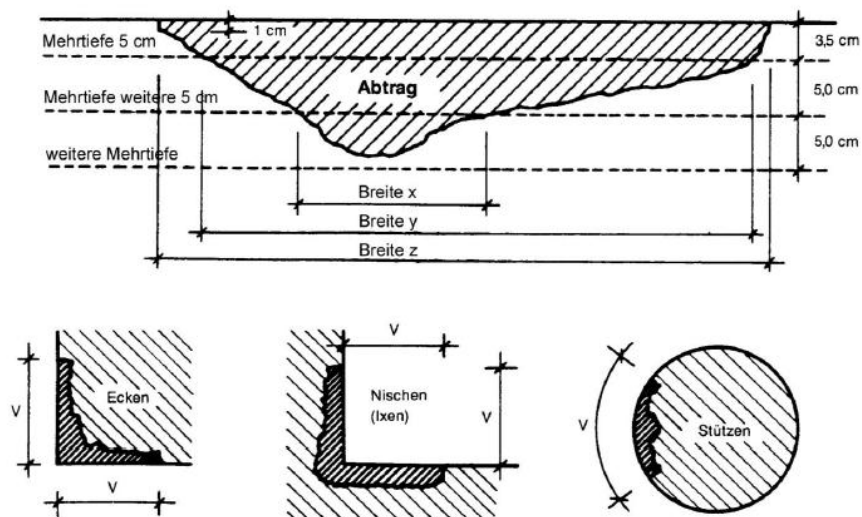


Bild 6.3: Abrechnungsgrundlage für den Betonabtrag bei vorhandenen Schadstellen

Des Weiteren werden in der Unterleistungsgruppe 1312 „Beton und Mauerwerksinstandsetzung“ erforderliche Maßnahmen zur Ausführung festgelegt. Hierbei unterscheiden sich die Reparaturflächen nach Lage der Schadstellen in horizontale, vertikale Flächen und Flächen an der

Untersicht. Außerdem sind zwischen groß- und kleinflächigen Schadstellen mit einem Grenzwert von 4,0 m² zu unterscheiden. Jeweils ist eine Abtragtiefe zwischen 1 cm und 3,5 cm in der Ausgangsleistungsposition festgelegt. Ein erforderlicher Mehrabtrag wird in einer eigenen Position behandelt. Der Auftrag des Reparaturmörtels hingegen ist in der Leistungsposition mit einer Schichtstärke von 1,0 - 1,5 cm festgelegt. Bei zu geringer Betondeckung, wird jeder angefangenen Zentimeter Mehrstärke verrechnet. Gegebenenfalls kann eine Profilierung erforderlich sein, bei der die abgegrenzte Schadstelle zum Erreichen der notwendigen Schichtstärke geschalt wird.

ÖNORM B4706

Die ÖN B 4706⁹³ enthält vorwiegend Festlegungen von Instandsetzungsmethoden und –materialien. Neben Begrifflichkeiten wird die Vorgehensweise zur Feststellung des Bauwerkszustandes erläutert, die für die Bestimmung des Schadenausmaßes von Bedeutung ist. Art, Umfang und Methode der Untersuchung hängen vom Zustand des Bauwerkes ab. Dabei wird zwischen folgenden Untersuchungsmethoden unterschieden:

- Prüfung durch Augenschein: Risse, Verformungen, Betonabplatzungen und Roststellen können dadurch festgestellt werden.
- Abklopfen: Hohlstellen können fallweise durch Abklopfen mit einem Hammer festgestellt werden.
- Rissaufnahme: Risse, die Sicherheit und/oder Dauerhaftigkeit des Bauwerkes beeinträchtigen können, werden mit Verlauf und Rissbreite aufgenommen.
- Freilegen von Fehlstellen: Bei äußeren Anzeichen kann auf innenliegende Fehlstellen geschlossen werden. Sind diese durch zerstörungsfreie Methoden nicht eindeutig festzustellen, kann ein Abstemmen oder Bohren bis zur Fehlstelle erforderlich sein. Dabei freigelegte Stahleinlagen sind mit einem Korrosionsschutz zu versehen, wenn die endgültige Instandsetzung nicht innerhalb einer Woche erfolgt.
- Feststellen von Baustoffgüte, Abmessungen und Stahlquerschnitt: Diese sind, sofern in Art, Lage und Menge nicht bekannt, jedoch zur Beurteilung erforderlich, in angemessenem Umfang zu ermitteln. Die Prüfung des Betonzustands umfasst die Karbonatisierungstiefe, Chloridgehalt, Abreißfestigkeit und das Aufsuchen von Hohlstellen in Spannkanälen.

⁹³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖN B 4706 - Betonbau: Instandsetzung, Umbau und Verstärkung. S. 8ff

Davon abgeleitet wird der Umfang der Instandsetzungsarbeiten eines Projektes festgelegt. Die Beschreibung und Darstellung der Mängel erfolgt mit Hinweis auf deren Ursache und Beseitigung. Zusätzlich sind Angaben über den Ablauf der Arbeiten festzulegen, soweit diese die Standfestigkeit beeinflussen. Die angeführten Ausführungshinweise werden im Kapitel „Verfahrensablauf“ näher erläutert.

ÖVBB Richtlinie: Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton

In dieser Richtlinie werden die grundlegenden Anforderungen der einzusetzenden Materialien und deren Anwendung angeführt.

Wesentlich für die nachfolgenden Verfahrensbeschreibungen sind folgende Begriffsbestimmungen:

- Mörtel: Darunter werden Baustoffe mit einem Größtkorn von 8 mm verstanden, die zur Reprofilierung oder Herstellung der Gebrauchseigenschaften von Altbeton eingesetzt werden. Es kann je nach Anwendungszweck zwischen den folgenden Mörtelarten unterschieden werden:
 - Hydraulisch gebundene Mörtel (CC-Mörtel)
 - Polymermodifizierte Zementmörtel (PCC-Mörtel)
 - Reaktive Polymermörtel (PC-Mörtel)
- Statische Anforderung an einen Instandsetzungsmörtel:
 - Statisch relevant R4: Konstruktiv tragende Anwendung bei Instandsetzung von konstruktiven Bauteilen, bei denen der Mörtel in die statische Berechnung einfließt.
 - Statisch relevant R3: Konstruktiv ergänzende Anwendung, wenn der Instandsetzungsmörtel nicht zum Nachweis der Tragfähigkeit erforderlich ist.
 - Statisch relevant R2: Für sonstige Anwendungen zur Wiederherstellung der Oberfläche oder Erhöhung des Korrosionsschutzes.
- Korrosionsschutz: Auf die vorbereitete Bewehrung wird eine dichte Schutzschicht vor dem Auftrag der Haftbrücke aufgebracht.
- Haftbrücke: Zur Verbesserung des Verbunds zwischen Altbeton und Instandsetzungsmörtel wird eine Zwischenschicht hergestellt.

Je nach Größe der schadhaften Fläche oder der Reprofilierungsstelle werden Instandsetzungsbeton oder –mörtel herangezogen. Die Produkte unterscheiden sich nach folgenden Einsatzbereichen.

Tabelle 6.2: Einsatzbereiche von Instandsetzungsmörtel und -beton⁹⁴

Mörtel/Beton	Anwendungsbereich
Beton	Großflächige Instandsetzung, Mindestschichtdicke 50 mm, häufig bewehrte Vorsatzschalen, Instandsetzung von Böden und Betonstrassen
Spritzbeton	Großflächige Instandsetzung, Mindestschichtdicke 30–50 mm, häufig bewehrte Vorsatzschalen, Stützwände, keine waagerechten Oberseiten
Zementmörtel	Örtlich begrenzte Bereiche, beliebige Lage der Flächen, Mindestschichtdicke etwa 20 mm, Verfüllen mit Abschalung in Bereichen mit geringen Anforderungen an die Haftzugfestigkeit
PCC	Beliebige Flächengröße und -neigung, dynamisch beanspruchte Flächen, befahrbare Flächen unter Beschichtung, Brücken- und Deckenuntersichten, Mindestschichtdicke etwa 10 mm
SPCC	Beliebige Flächengröße, dynamisch beanspruchte Flächen, keine waagerechten Oberseiten, Brücken- und Deckenuntersichten, Stützen, Balken, Fassaden, Mindestschichtdicke etwa 10 mm
PC	Örtlich begrenzte Flächen, beliebige Neigung, geringe Schichtdicken ab 5 mm

Die Ausführungshinweise der Richtlinie werden ebenso im folgenden Unterkapitel „Verfahrensablauf“ näher erläutert.

6.2.2 Verfahrensablauf

Gemäß der ÖN B4706⁹⁵ werden die Schadstellen in acht Bereiche gegliedert:

- Unzureichende Dicke oder Dichtheit der Betonüberdeckung
- Mangelhafte Betonoberfläche
- Hohlräume im Beton
- Korrodierende Bewehrung
- Karbonatisierter Beton
- Chloridhaltiger Beton
- Risse
- Hohlstellen in Spannglied-Hüllrohren

Die Richtlinie sieht als Instandsetzung von Betonbaueilen folgende Möglichkeiten vor:⁹⁶

⁹⁴ MAYRHOFER, M.; HOFSTADLER, C.: Masterarbit - Baubetriebliche Grundlagen zur Sanierung von Sichtbetonflächen. S. 67

⁹⁵ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖN B 4706 - Betonbau: Instandsetzung, Umbau und Verstärkung. S. 13

- Die Eigenschaften einer ordnungsgemäßen in Beton verlegten Bewehrung werden mit einer dichten zementgebundenen Mörtel- bzw. Betonschicht in ausreichender Dicke und Dichte wieder hergestellt.
- Durch Absenken der Betonfeuchte wird die elektrische Leitfähigkeit des Betons vermindert und die Korrosion des Bewehrungsstahls gestoppt bzw. verlangsamt. Durch Anordnung einer Drainage kann der Wasserzutritt zum Bauteil bzw. durch eine geeignete Oberflächenschutzmaßnahme das Eindringen in den Beton verhindert werden.
- Mit Hilfe einer Beschichtung des Bewehrungsstahls wird eine weitere Korrosion vermieden.
- Durch Beschichtungen an der Betonoberfläche können in der Folge die Belüftungsverhältnisse im Beton bzw. ein Zutritt von CO₂ verhindert werden.

In der vorliegenden Beobachtung wurden Schadstellen mit unzureichender Dicke der Betonüberdeckung, Hohlräume im Beton, Chloridangriff des Betons und korrodierender Bewehrung festgestellt und saniert. Bei der Instandsetzung der Schadstellen wurden folgende Tätigkeiten durchgeführt.

Die Oberfläche der Schadstelle ist von Trennmittelrückständen, Beschichtungen oder Anstrichen gereinigt. Außerdem erfolgt eine Beseitigung von lockeren Betonschichten und Zementschlämmen.

Die Abgrenzung der Schadstelle erfolgt durch einen Schnitt mit einer Tiefe von mind. 10 mm. Bei Verwendung von Kunststoffmörtel kann dieser mind. 5 mm betragen. Bei einer gleichmäßigen Überdeckung der Schadstelle mit Instandsetzungsmörtel kann der Umrandungsschnitt vernachlässigt werden (siehe Bild 6.4). Anschließend ist, sofern erforderlich, der geschädigte Beton abzutragen und die Bewehrung freizulegen bzw. zu reinigen. Um einen festen und dauerhaften Verbund des Altbetons und des Instandsetzungsmaterials zu erreichen, muss der freigelegte Betonuntergrund gereinigt werden.⁹⁷

⁹⁶ KOLAR, K.: Betoninstandsetzung. S. 63

⁹⁷ KOLAR, K.: Betoninstandsetzung. S. 366 ff

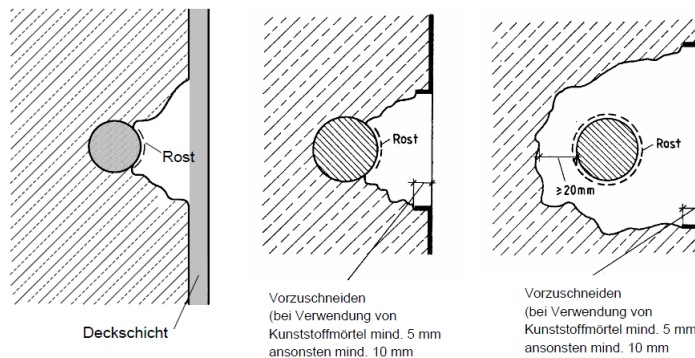


Bild 6.4: Freilegen der Bewehrung⁹⁸

Je nach Ausmaß der Korrosion der Bewehrung und der Schädigung des umliegenden Gefüges ist der Bereich um die Bewehrung gemäß der Abbildung aus der ÖN B4706 zu entfernen. Insbesondere bei Chloridangriff des Betons muss das Gefüge bei einem Gehalt von mehr als 0,2 % Cl der Zementmasse bis 2 cm hinter die Bewehrung abgetragen werden.⁹⁹



Bild 6.5: Freistimmen um die Bewehrung

Die Vorbereitung und Reinigung des Untergrundes wird durch Strahlen mit festen Strahlmitteln erreicht, wobei sich dieses Verfahren insbesondere zum Entfernen dünnerer Schichten eignet. Durch Beimengung von Wasser (Feuchtstrahlen) kann die Staubentwicklung vermieden werden. Bei diesen Verfahren wird zusätzlich der geforderte Reinheitsgrad der Bewehrung von Sa 2 ½ zur weiteren Behandlung mit einer Korrosionsschutzbeschichtung erreicht.

Beim Sandstrahlen der Mittelpfeiler von Brücken müssen Schutzmaßnahmen zum vorbeifahrenden, öffentlichen Verkehr der Autobahn aufgestellt werden, um das rückprallende Strahlgut beim Trockenverfahren abzufangen. Nach jeder mechanischen Bearbeitung (z.B. Sandstrahlen) ist der Betonuntergrund von Staub und losen Teilen zu säubern, was durch Abwaschen, Absaugen oder Abblasen mit Druckluft

⁹⁸ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖN B 4706 - Betonbau: Instandsetzung, Umbau und Verstärkung. S. 12

⁹⁹ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie: Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton. S. 13

erfolgen kann. Vor allem bei Arbeiten an Gewässern oder auf Grund von Umweltauflagen ist für eine ordnungsgemäße Beseitigung von anfallenden, verunreinigten Wasser zu sorgen.

Wird an den Schadstellen die Bewehrung freigelegt, ist im Regelfall ein Reinheitsgrad von mindestens Sa 2 durch Strahlen mit festem Strahlmittel gefordert. Bei Maßnahmen mit geringem Umfang reicht ein Abbürsten zum Erreichen des Reinheitsgrads St 3. Auf der betrachteten Baustelle ist ein Instandsetzungsmörtel auf Polymerbasis gefordert, wodurch ein Reinheitsgrad von Sa 2 ½ erreicht werden muss. Flugrostbildung nach dem Entrosten ist gemäß Richtlinie¹⁰⁰ zulässig.

Gemäß der ÖN EN 12944-4 werden Reinheitsgrade in der folgenden Tabelle zusammengefasst.¹⁰¹

Tabelle 6.3: Reinheitsgrade gemäß ÖN EN 12944-4

Oberflächen-vorbereitungsgrad	Zustand der vorbereiteten Oberfläche
Sa 2	Nahezu alle(r) Walzhaut/Zunder, nahezu aller Rost und nahezu alle artfremden Beschichtungen sind entfernt. Alle verbleibenden Rückstände müssen fest haften.
Sa 2 1/2	Walzhaut, zunder, Rost und alle artfremden Verunreinigungen sind entfernt. Verbleibende Spuren sind allenfalls noch als leichte, fleckige oder streifige Schattierung zu erkennen.
St 3	Looser Zunder/lose Walzhaut, loser Rost, lose Beschichtungen und lose artfremde Verunreinigungen sind entfernt. Die Oberfläche muss jedoch viel gründlicher bearbeitet sein, als bei St 2, so dass sie einen vom Metall berrührenden Glanz aufweist.

Im Bild 6.6 wird der Unterschied zwischen sandgestrahltem und nicht bearbeitetem Untergrund dargestellt.

¹⁰⁰ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie: Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton. S. 13

¹⁰¹ KOLAR , K.: Betoninstandsetzung. S. 69



Bild 6.6: Reinigen der Bewehrung mit festen Strahlmittel

Wird die tragende Bewehrung freigelegt, muss diese von sachkundigen Planern beurteilt und gegebenenfalls durch zusätzliche Bewehrungsanordnung verstärkt werden. Dazu müssen Bewehrungsseisen eingebohrt und verklebt werden, um einen sicheren Verbund zur vorhandenen Bewehrung zu erreichen. Gemäß den Anforderungen des Auftraggebers sind bei großflächigen Schadstellen über 4,0 m², Verstärkungseisen mit einer Länge von 20 cm einzubohren und mit Kunstharzinjektion einzukleben.¹⁰²

Für den Fall, dass die Schadstelle keine ausreichende Betondeckung aufweist, ist ein geeigneter Korrosionsschutz auf die freigelegte Bewehrungsfläche aufzutragen. Als Korrosionsschutz ist gemäß der Instandsetzungsrichtlinie eine dichte Schutzschicht aufzutragen. Diese Schutzschicht verhindert eine weitere Korrosion durch Verhinderung des Zutritts von Feuchtigkeit und/oder Schadstoffen zur Oberfläche des Stahls. Außerdem kann durch elektrochemische Pigmente in aktiv wirkenden Beschichtungen die gewohnte, alkalische Umgebung des Zements (pH \geq 12,5) erreicht werden.¹⁰²

Je nach Herstellerangaben ist eine Haftbrücke zwischen dem freigelegten Untergrund und dem Instandsetzungsmörtel erforderlich. Eine ausreichende, mittlere Rautiefe und Festigkeit des vorbehandelten Untergrundes wird dem Instandsetzungsmaterial angepasst.

Grundsätzlich gliedern sich die Arten der Instandsetzungsmörtel je nach statischen Anforderungen, in die im Kapitel 6.2.1.2 beschriebenen Klassen R2, R3 und R4. Diese werden für allgemeine Anwendungen der Expositionsklassen XF3 bzw. XF4 herangezogen. Je nach Anwendungsfall und der Exposition muss der Instandsetzungsmörtel festgelegte Anforderungen erfüllen. Bei höheren Expositionsklassen kann dieser mit Beschichtungen oder Anstrichsystemen überzogen werden.

¹⁰² ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie: Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton. S. 32

Die Eigenschaften der Instandsetzungsmörtel sollten an die Eigenschaften des Altbetons angepasst sein, weshalb bei Schichtdicken von mehr als 3,5 cm nur zementgebundene Mörtel zur Anwendung kommen. In der Regel sollte der E-Modul des Mörtels kleiner als der des Altbetons sein und ein möglichst geringes Schwindmaß aufweisen. Der Temperaturexpansionskoeffizient, wie auch das Diffusionsverhalten gegen Wasserdampf, muss dem Altbeton gleichen.

Der Auftrag des Instandsetzungsmörtels erfolgt meist mit einer Feinspachtel in mehreren dünnen Schichten, die je nach verwendetem Produkt vom Hersteller vorgegeben werden. Bei zu geringer Betondeckung wird die Schadstelle zusätzlich mit Profilierungsleisten abgegrenzt, um die geforderte Überdeckung des Bewehrungsstahls zu erreichen. Auf der betrachteten Baustelle wurde für die Schadstellen an den Pfeilern und an der Unterseite der Tragwerke ein 1-komponentiger Reparaturmörtel der Klasse R4 verwendet, bei dem kein Haftgrund erforderlich war. Zum Zeitpunkt des Auftrags muss der Untergrund mattheucht abgetrocknet sein. Bei Schichtdicken größer als 2 cm sind eine ausreichende Rauigkeit des vorbereiteten Untergrundes und gegebenenfalls eine zusätzliche Bewehrung vorausgesetzt. Der Zeitraum zwischen dem Auftragen weiterer Schichten darf nicht länger als 1-2 Stunden betragen. Der Verbrauch wird mit 18,5 kg/m² pro Zentimeter Schichtdicke angegeben.¹⁰³

Anschließend ist die Oberfläche abzuziehen und ohne Zugabe von Wasser zu verreiben. Vor einer weiteren Bearbeitung muss die reparierte Stelle mindestens 7 Tage nachbehandelt werden.¹⁰⁴

Die abschließenden Oberflächenschutzmaßnahmen sind in vier Bereiche untergliedert:¹⁰⁵

- Hydrophobierung: Diese vermeidet die kapillare Aufnahme von Wasser oder gelösten Salze.
- Imprägnierung: Bei der Imprägnierung wird die Oberfläche getränkt, jedoch entsteht kein geschlossener Film.
- Anstrich: Die Oberfläche wird mit Schichtdicken von max. 0,3 mm überzogen und bildet einen geschlossenen weitgehend porenfreien Film.
- Beschichtung: Diese wird mit Schichtdicken von mehr als 0,3 mm gleichmäßig behandelt und bildet eine geschlossene Oberfläche.

¹⁰³ MAPEI: Mapegrout T60. <http://www.mapei.com/BE-DE/product-detail.asp?IDMacroLinea=0&IDProdotto=317&IDTipo=729&IDLinea=129>. Datum des Zugriffs: 03.12.2012 um 08:01 Uhr

¹⁰⁴ KOLAR, K.: Betoninstandsetzung. S. 80

¹⁰⁵ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie: Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton. S. 4

6.2.2.1 Alternative Verfahren

Zur Instandsetzung von Schadstellen im Beton können alternative Methoden herangezogen werden, die in folgenden Unterpunkten aufgezeigt werden.

Maschinelle Aufbringung von Instandsetzungsmörtel oder –beton

Großflächige Instandsetzungen können im Spritzverfahren aufgetragen werden. Das Auftragen des Spritzgutes kann im Trocken- als auch im Nass-Spritzverfahren erfolgen.¹⁰⁶

Im Trockenspritzverfahren wird der Trockenmörtel mit Druckluft bis zur Düse gefördert und dort mit Anmachwasser vermischt. Die Wassermenge wird vom Düsenführer gesteuert, um die Staubentwicklung zu verhindern und die Materialkonsistenz zu regulieren. Die Vermischung erfolgt auf dem Flugweg, wodurch der Düsenabstand dementsprechend größer als ein Meter zu wählen ist. Das hohlraumfreie Einspritzen, trotz vorhandener Bewehrung hängt entscheidend vom Geschick des Düsenführers ab. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht in der hohen Verdichtung, der Handhabung bei Wartungs- und Reinigungsarbeiten und in den erreichbaren Förderlängen. Als Nachteil gelten jedoch die hohe Staubentwicklung, der hohe Rückprallanteil sowie das Einhalten des optimalen W/B-Wertes.

Im Gegensatz dazu wird beim Nass-Spritzverfahren fertig gemischtes Spritzgut verwendet. Dieses wird über eine Pumpe aufgegeben und mit dem Pumpendruck bis zur Düse gefördert, wo der Materialstrom mittels Luftdruck aufgerissen und nachbeschleunigt wird. Beim Einsatz herkömmlicher Nassspritzdüsen erfolgt eine geringe Nachverdichtung, wodurch zuvor eine Haftbrücke aufgetragen werden muss. Als Vorteil kann bei diesem Verfahren die geringe Staubentwicklung, der gleichbleibende W/B-Wert und der geringe Rückprall angesehen werden. Als Nachteil gilt die erforderliche Reinigung von Schlauch, Düse und Pumpe vor jeder Arbeitsunterbrechung. Außerdem ist die Schlauchlänge aufgrund des Gewichts mit max. 40 m beschränkt.

Vorsatzschale

Selbstverdichtender Beton (SCC - Self Compacting Concrete) ist ein Beton, der ohne Einwirkung von zusätzlicher Verdichtungsenergie, z.B. Stochern oder Rütteln, in die Schalung eingebaut wird und allein durch den Einfluss der Schwerkraft selbst verdichtet und entlüftet. Durch die Anwendung dieses Betons kann jeder Hohlraum innerhalb der Schalung, insbesondere hinter der Bewehrung, ausgefüllt werden, wodurch ein vollständiger Schutz der geschädigten Bewehrung erfolgt. Aufgrund der

¹⁰⁶ KOLAR, K.: Betoninstandsetzung. S. 82ff

hohen Feinanteile des SCC-Betons und Beigabe von Gesteinskörnungen kleiner als 16 mm können zur Instandsetzung geringe Schichtstärken auf großflächigen Schadstellen hergestellt werden. Insbesondere muss die Schalung dicht, stabil und tragfähig ausgeführt werden, um den auftretenden hydrostatischen Druck aufzunehmen.¹⁰⁷

Fließfähige Instandsetzungsmörtel werden ebenso von verschiedenen Herstellern angeboten. Bei der betrachteten Baustelle wurde das Produkt „Sikagrout 316“ verwendet. Das maximale Größtkorn beträgt bei diesem Produkt 6,0 mm und kann im Gegensatz zum herkömmlichen SCC-Beton in noch geringeren Schichtstärken aufgebracht werden (siehe Bild 6.7). Eine Begrenzung der Schichtstärke wird vom Hersteller mit 125 mm angegeben. Darüber muss ca. 30-50 % Kies mit einer Körnung von 4-8 mm beigemischt werden. Der Verbrauch wird mit ca. 2,0 kg/(m²*mm) angegeben. Das Material wird in der Nähe des Einbauortes mit einem Zwangsmischer angemischt und mit einem Gefäß in die Schalung gegossen.¹⁰⁸



Bild 6.7: Vorsatzschale für fließfähigen Instandsetzungsmörtel

¹⁰⁷ ÖSTERREICHISCHEN BAUTECHNIK VEREINIGUNG ÖBV: Richtlinie selbst- und leichtverdichtbarer Beton (SCC und ECC). S. 1ff

¹⁰⁸ SIKA: SikaGrout 316.
<http://aut.sika.com/de/Produkte%20%2B%20L%C3%B6sungen/Chemische%20Baustoffe%20D%C3%A4mpfen%20Kleben%20Dichten%20Verst%C3%A4rken/Betoninstandsetzung%20Betonschutz/Betonschutz%20Betoninstandsetzung%20M%C3%B6rtel/Betoninstandsetzung%20M%C3%B6rtel/Vergu%C3%9F>. Datum des Zugriffs: 03.12.2012, um 18:10 Uhr

Reinigung des Untergrunds

Die Vorbereitung und Reinigung des freigelegten Untergrundes kann entsprechend der Richtlinie zur Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton mit mehreren Verfahren vorgenommen werden:¹⁰⁹

- Reinigung mittels Dampfstrahlen (Nicht zur Untergrundbehandlung von Instandsetzungsmörtel).
- Reinigung mittels Wasserstrahlen bis zu 180 bar (Nicht zur Untergrundbehandlung von Instandsetzungsmörtel geeignet).
- Abstemmen ist für den Abtrag von Betonschichten in geringem Ausmaß geeignet. Anschließend muss eine Reinigung beispielsweise durch Sandstrahlen erfolgen. Stemmen ist die einfachste Form den Beton kleinflächig, punkt- oder linienförmig abzutragen. Dabei kommen Druckluft- oder Elektrohämmer zum Einsatz, wobei der Drucklufthammer bei länger andauernden Stemmarbeiten aufgrund des geringen Gewichts von Vorteil ist.¹¹⁰
- Fräsen eignet sich für einen flächigen Abtrag dickerer Betonschichten (z.B. Fahrbahnplatten), wobei Gefügestörungen im Untergrund erzeugt werden können. Jedoch ist auch hier vor dem Auftragen des Instandsetzungsmörtels eine Nachbearbeitung erforderlich.
- Beim Wasserstrahlen bis 600 bar wird der Untergrund nicht abgetragen. Diese Methode dient zur Entfernung von Zementschlämmen, Freilegen von Lunkern und Poren bzw. zum Aufrauen des Betons.
- Wasserstrahlen über 600 bar wird zur Entfernung des Betons unter Freilegen des Korngerüsts bis zur erforderlichen mittleren Rautiefe herangezogen.
- Beim Kugelstrahlen wird im geschlossenen Kreislauf das Strahlmittel mit erforderlichem Druck und erforderlicher Menge auf den Untergrund geschleudert, bis die gewünschte Dicke abgetragen wurde.

¹⁰⁹ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie: Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton. S. 10;11

¹¹⁰ BERGMEISTER, K.; FINGERLOOS, F.; WÖRNER, J.: Betonkalender 2011 Teil 2 - Kraftwerke, Faserbeton. S. 367

6.2.3 Auswertung und Datenanalyse

Auf der Baustelle wurden die Tätigkeiten der Betonsanierung an drei Brückenobjekten über den Zeitraum einer Arbeitswoche beobachtet. Die einzelnen Schritte zur Instandsetzung wurden für definierte Schadstellen aufgenommen und zugeordnet. Die Aufzeichnungen der Aufmaßblätter bilden die Basis für die Abtragstiefen bzw. der Schichtstärke beim Auftrag des Instandsetzungsmörtels. Aufgrund der detaillierten Betrachtungen wurde der Aufwandswert zur Instandsetzung einzelner Schadstellengrößen bestimmt.

6.2.3.1 Eingesetzte Geräte

Zur Erstellung einer Nachkalkulation werden die erforderlichen Geräte der jeweiligen Tätigkeiten aufgelistet:

- Betonabtragen:
 - Teleskoparbeitsbühne, wenn eine Bearbeitung der Untersicht von der darunterliegenden Straße möglich ist (alternativ Brückeninspektionsgerät)
 - Abbruchhammer elektrisch oder mit Luftdruck
 - Kompressor
 - Aggregat, sofern keine Stromversorgung vorhanden ist
 - Winkelschneider
- Untergrund vorbereiten
 - Sandstrahlgerät und Sicherheitsausrüstung
 - Kompressor
 - Sandstrahlgranulat (Material)
- Instandsetzungsmörtel auftragen
 - Div. Kleinwerkzeug (Spachtel, Hobel, Rührgerät,...)
 - Instandsetzungsmörtel (Material)
 - Wasser (Material)
 - Korrosionsschutz Bewehrung (Material)
 - Bei Instandsetzung einer Schadstelle mit Vergussmörtel in Vorsatzschale (Zwangsmischer, Wasserbehälter, Schalungsmaterial)

6.2.3.2 Ergebnisse und Interpretation

Mit den aufgenommenen Zeiterfassungsdaten der Beobachtungen werden diese den jeweiligen Leistungspositionen zugeordnet und Aufwandswerte durch Erfassung der bearbeiteten Flächen bestimmt. Dabei gliedern sich die Leistungspositionen in folgende Tätigkeiten:

- Beton abtragen (Schneiden und Stemmen der bearbeiteten Schadstellen)
- Untergrund vorbereiten (Sandstrahlen, um lose Teile zu entfernen und die gewünschte Reinheit der Bewehrung zu erreichen)
- Reparaturmörtel aufbringen, wobei sich diese Tätigkeit zusätzlich in Haupt- und Nebentätigkeiten gliedert:
 - Nebentätigkeiten: Anmischen des Saniermörtels, Profilieren der Schadstelle oder Material holen, Benetzen der Oberfläche, Auftragen des Korrosionsschutzes,...
 - Haupttätigkeiten: Aufbringen des Saniermörtels, Abziehen,...

Diese drei genannten Vorgänge werden in der Gesamtbetrachtung zusammengefasst und nach Lage in vertikale Schadstellen oder Schadstellen an der Untersicht eines Tragwerkes gegliedert.

Mit Hilfe der Bautagesberichte wurden die vorbereitenden Arbeiten, das Schneiden und Stemmen an den betrachteten Brückenobjekten, mit der Summe der Lohnstunden auf die Größe der Schadstellen aufgeteilt.

Die aufgezeichneten Nebenarbeiten wurden verursachungsgerecht auf die herzustellende Kubatur aufgeteilt, um einen Aufwandswert der jeweiligen Schadstellen zu errechnen. Der Anteil der Nebentätigkeiten beträgt im Mittel ca. 40 % der gesamten Lohnstunden und wurde aus 21 Beobachtungen bestimmt.

Die dokumentierte Zeitspanne der Haupttätigkeiten stellt die Bearbeitungszeit mit dem Sanierungsmörtel der jeweiligen Schadstelle dar. Aufgrund der unterschiedlichen, aufgenommenen Abtragstärken wird zur Vergleichbarkeit der Aufwand für eine Schichtstärke von 1 cm ermittelt. In der Folge werden Aufwandswerte für Flächen in zwei Kategorien, mit und ohne Profilierung gegliedert. Eine Profilierung ist erforderlich, wenn die geforderte Betondeckung der Bewehrungseinlagen von 3,5 cm nicht vorhanden ist. Die Stärke der aufgetragenen Leisten beträgt bei der betrachteten Baustelle zwischen 1,6 und 2,0 cm. Eine Trennung dieser Kategorien wurde vorgenommen, um einen sortenreinen Aufwandswert zu erreichen.

Das Instandsetzen von Schadstellen auf der Untersicht eines Tragwerkes ist aufgrund der Schwerkraft und den Erschütterungen durch Befahrung der Brücke schwieriger als auf den vertikalen Flächen. Unter

Umständen muss der Instandsetzungsmörtel, nach Ablösen der aufgetragenen Schicht, erneut aufgetragen werden. In diesem Fall wird der Aufwandswert mit der doppelten, tatsächlich aufgetragenen Fläche bestimmt, um einen Vergleichswert zu erhalten.

Die Werte der folgenden Diagramme entsprechen den aufgenommenen Flächen mit den dazugehörigen Aufwandswerten. Dabei wurde dieselbe Skalierung gewählt, um eine Vergleichbarkeit beider Kurven zu ermöglichen.

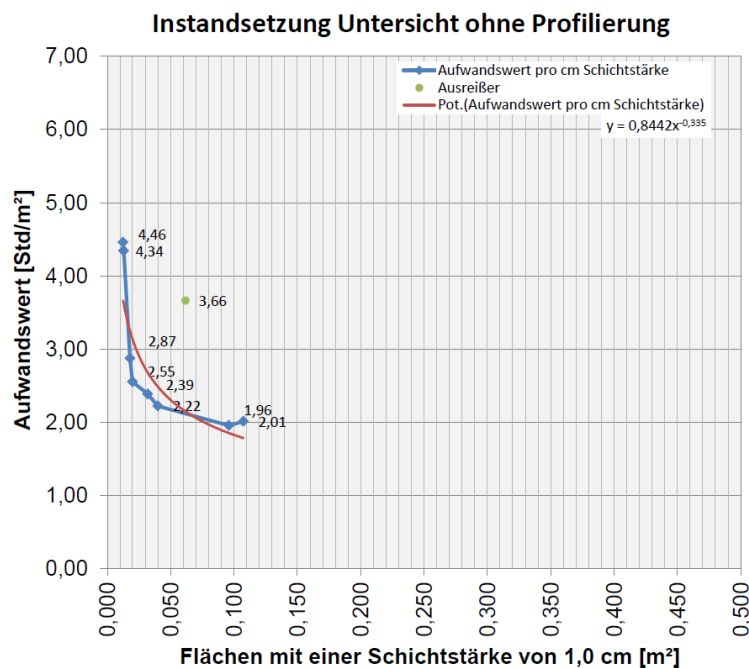


Bild 6.8: Aufwandswerte für die Instandsetzung (Untersicht) ohne Profilierung

Aus dem Diagramm (Bild 6.8) lässt sich ein fallender Trend mit ansteigender Flächengröße erkennen. Die Flächen der Schadstellen variieren zwischen 0,013 m² und 0,108 m². Eine Annäherung der Punkteverteilung ist durch eine potenziell fallende Trendlinie der Aufwandswerte zu beschreiben, jedoch kann das exakte Verhalten aufgrund der Aufzeichnung in Minutengenauigkeit, der kleinen Flächengrößen und der geringen Anzahl an Beobachtungen nicht beschrieben werden. Wenn sich beispielsweise im Bereich der geringen Flächengrößen die Dauer um 1 Minute (10 %) verändert, so ändert sich ebenso der Aufwandswert um 10 %.

Im Gegensatz dazu wurden im Bild 6.9 mehrere Flächen mit größeren Variationen und einer erforderlichen Profilierung beobachtet. Dabei variieren die Flächen zwischen 0,025 m² und 0,483 m². Aus der Grafik ist ersichtlich, dass ebenso kleinere Flächen einen hohen Aufwandswert aufweisen. Dies kann neben der gewählten Messgenauigkeit auch auf die erforderlichen Nebenarbeiten zurückzuführen sein. Der Aufwand der Vorarbeiten für den Abtrag, die Reinigung und vor allem das Anmischen

des Saniermörtels ist bei kleineren sowie größeren Schadstellen im gleichen Ausmaß erforderlich.

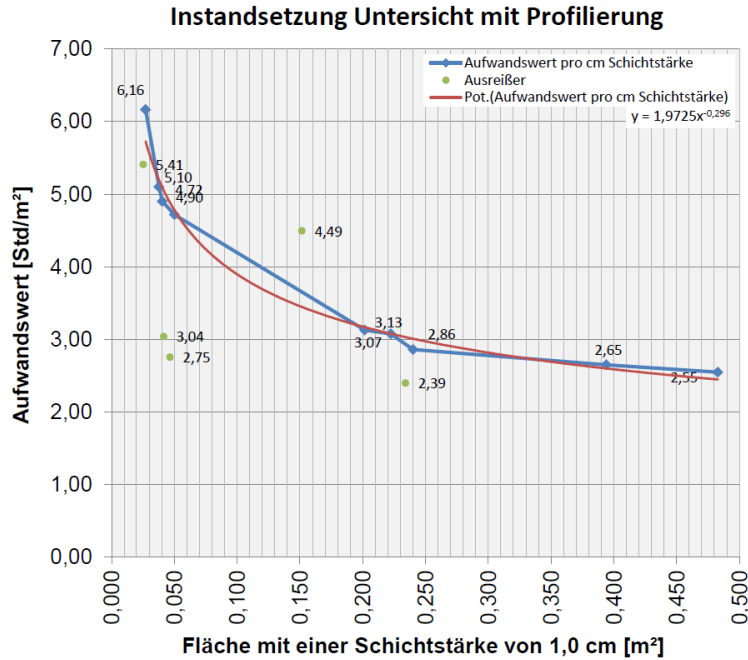


Bild 6.9: Aufwandswerte für die Instandsetzung (Untersicht) mit Profilierung

Erfolgt eine Sanierung ab einer Größe von 0,20 m² (0,45x0,45 m) mit einer Profilierung ist mit einem mittleren Aufwandswert von 2,9 Std/m² zu rechnen.

Zusammenfassend werden mittlere Aufwandswerte der unterschiedlichen Kategorien gebildet und im folgenden Diagramm dargestellt. Dabei wird der Unterschied zum Aufwandswert einer Sanierung mittels Vorsatzschale, bezogen auf der Schichtstärke, erkennbar. Diese ist um ca. 80% kleiner als eine vergleichsweise Sanierung einer vertikalen Schadstelle.

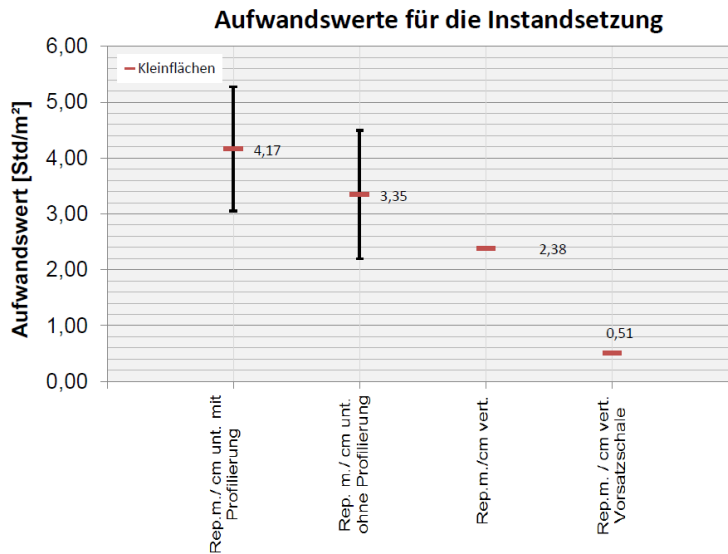


Bild 6.10: Aufwandswerte für die Instandsetzung von schadhafte Beton

Errechnete mittlere Aufwandswerte für die Vorarbeiten von Instandsetzungsmaßnahmen werden in der folgenden Abbildung (Bild 6.11) dargestellt. Die angeführten Bereiche gliedern sich darin in das Abtragen des Betons und die Vorbereitung des Untergrundes mit der Sandstrahlmethode. Um eine Vergleichsbasis zu bilden, werden auch in dieser Betrachtung die Aufwandswerte pro cm Schichtstärke in Std/(m²*cm) angegeben. Dabei wird ersichtlich, dass ohne die Berücksichtigung der Schichtstärke der Aufwandswert für den vertikalen Abtrag geringer ist als der an der Unterseite. Bei der Vorbereitung des Untergrundes mittels Sandstrahlen wird der Bezug auf die Tiefe des Abtrags vernachlässigt, da sich die zu bearbeitende Fläche mit ansteigender Tiefe nur geringfügig ändert.

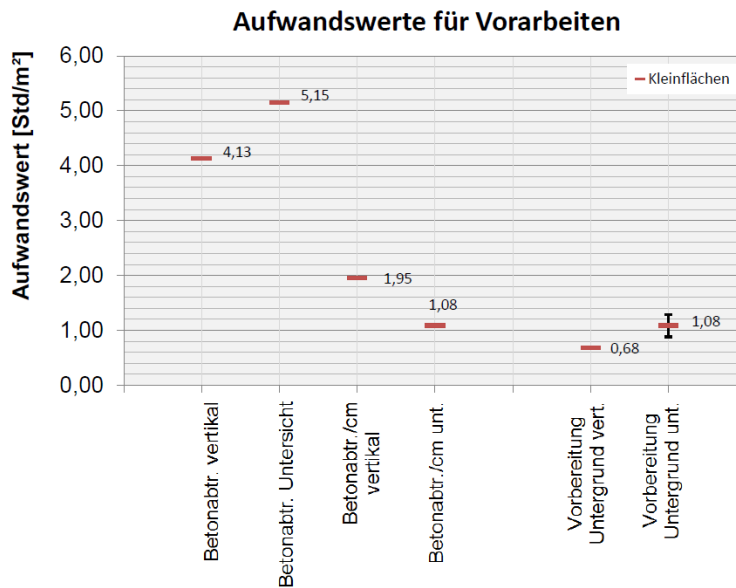


Bild 6.11: mittlere Aufandswerte für Vorarbeiten von Instandsetzungen

Zur praktischen Anwendung werden im Bild 6.12 Richtwerte von Aufandswerten, zum Auftragen des Instandsetzungsmörtels an der Untersicht von Tragwerken, Referenzflächen zugeordnet. Dabei wurden Ausreißer der Datenaufnahme vernachlässigt. Diese Referenzflächen werden an ein Vielfaches eines A4-Blattes angelehnt. In der folgenden Abbildung können mittlere Aufandswerte für das Auftragen von Instandsetzungsmörtel mit einer Schichtstärke von 1 cm, den Größen von Sanierungsstellen zugeordnet werden.

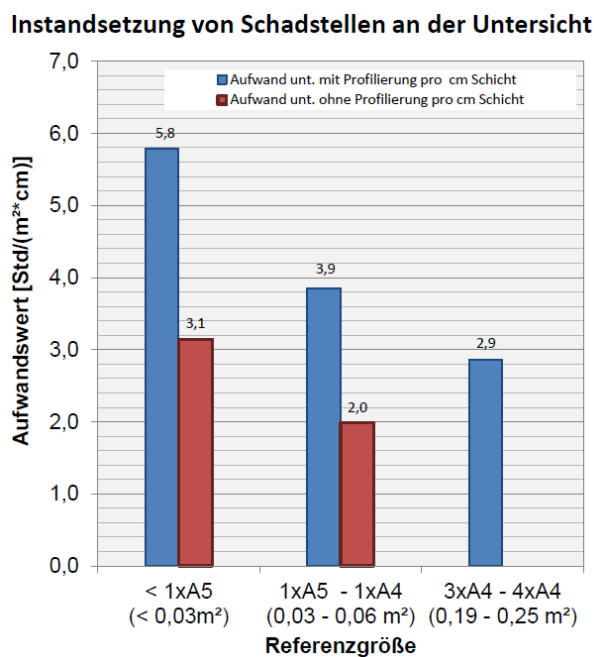


Bild 6.12: Auftragen von Instandsetzungsmörtel an der Untersicht in Bezug auf Referenzflächen

6.2.4 Nachkalkulation

In der Nachkalkulation werden die beobachteten Sanierungstätigkeiten in Instandsetzungsarbeiten an den jeweiligen Brückenobjekten zusammengefasst. Die erforderlichen Leistungspositionen umfassen die Tätigkeiten des Betonabtrags, dem Sandstrahlen und dem Auftragen des Instandsetzungsmörtels. Die Gesamtlohnstunden wurden dabei aus den Bautagesberichten entnommen und mit den Baustellenbeobachtungen abgeglichen. Eine verursachungsgerechte Zuordnung der Lohnstunden zu den ausgeführten Schadstellengrößen erfolgt mit Hilfe der Aufzeichnungen aus den Baustellenbeobachtungen.

Der Verbrauch des Strahlgranulats wird anhand von Feldbeobachtungen abgeschätzt, da dieser stark von der Anwendung abhängt. Wird eine Beschichtung mit einer dickeren Schicht abgetragen, so ist ein höherer Verbrauch zu erkennen. Dies war aufgrund der vorhandenen Beschichtung beim Brückenobjekt E 28 der Fall, wo ein Verbrauch von 75 kg/m^2 angesetzt wurde. Hingegen wurde bei den anderen Brückenobjekten der Verbrauch mit 35 kg/m^2 errechnet. Die Leistungsmenge des Sandstrahlens gliedert sich in Strahlen von beschichteten Flächen zur Oberflächenvorbereitung und in das Reinigen nach Abtrag.

Der Verbrauch des Instandsetzungsmörtels wird gemäß den Herstellerangaben mit $18,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm})$ bzw. des Vergussmörtels mit $2,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{mm})$ angenommen.

6.2.4.1 Objekt E29

Aus der Nachkalkulation lässt sich erkennen, dass der größte Anteil der Verluste beim Auftragen des Reparaturmörtels entstanden ist. Der Einheitspreis aus der Urkalkulation wurde anhand von Subunternehmerangeboten übernommen, wobei die Arbeiten in der Ausführung von eigenen Mitarbeitern durchgeführt wurden und aufgrund des erforderlichen Lohnstundenaufwandes eine hohe Abweichung von ca. 175 % aufweist.

Der ermittelte monetäre Gesamtaufwand zur Instandsetzung der Schadstellen erwirtschaftet, aufgrund einer zusätzlichen Abweichung beim Sandstrahlen von ca. 225 %, einen Verlust von insgesamt ca. 115 % bzw. ca. 860 €.

Tabelle 6.4: Nachkalkulation Instandsetzungsarbeiten Objekt E29

Nachkalkulation - Instandsetzung		E 29
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Betonabtrag	020213	1,48 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	248,62 €/m ²	367,95 €
Nachkalkulation (IST)	323,79 €/m ²	479,21 €
Delta	-30,2%	-111,26 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Sandstrahlen	020213	14,23 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	9,34 €/m ²	133,01 €
Nachkalkulation (IST)	30,26 €/m ²	430,69 €
Delta	-223,8%	-297,68 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Reparaturmörtel	020213	1,48 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	176,52 €/m ²	261,24 €
Nachkalkulation (IST)	483,31 €/m ²	715,31 €
Delta	-173,8%	-454,06 €
Gesamtbetrachtung		
Urkalkulation		762,21 €
Nachkalkulation (IST)		1.625,21 €
Delta	-113,2%	-863,00 €

6.2.4.2 Objekt E28

Bei diesem Brückenobjekt wurden in der Nachkalkulation lediglich die Vorbereitungsarbeiten zur Instandsetzung an den Pfeilern beobachtet. Aufgrund des Ausmaßes der Schadstellen wurden zum Zeitpunkt der Beobachtungen die Möglichkeiten der Instandsetzung abgewogen, wodurch diese Arbeiten in der vorliegenden Nachkalkulation nicht berücksichtigt werden.

Im Vergleich zu den anderen beobachteten Brückenobjekten wurde die Oberflächenvorbereitung aufgrund der dickeren Beschichtung erschwert. Daraus resultierend entstand eine höhere Menge an Strahlgranulat und eine höhere Anzahl an Lohnstunden. Im Vergleich zur Brücke E27 stieg der Aufwandswert um 50 %. Aus diesem Grund wurde auch der kalkulierte Einheitspreis überschritten.

Die Gegenüberstellung von monetären Aufwand und Erlös aus der Urkalkulation ergibt einen Verlust von ca. 1.130 € bzw. 98 %.

Tabelle 6.5: Nachkalkulation der Instandsetzungsarbeiten Objekt E28

Nachkalkulation - Instandsetzung		E 28
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Betonabtrag	020213	5,15 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	172,64 €/m ²	889,10 €
Nachkalkulation (IST)	126,21 €/m ²	650,00 €
Delta	26,9%	239,10 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Sandstrahlen	020213	29,69 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	8,86 €/m ²	263,18 €
Nachkalkulation (IST)	54,84 €/m ²	1.628,05 €
Delta	-518,6%	-1.364,87 €
Gesamtbetrachtung		
Urkalkulation		1.152,27 €
Nachkalkulation (IST)		2.278,05 €
Delta	-97,7%	-1.125,78 €

6.2.4.3 Objekt E27

Beim Brückenobjekt E27 wurden Instandsetzungsarbeiten an der Untersicht des Tragwerks und am Mittelpfeiler durchgeführt.

Beim Auftragen des Saniermörtels an der Untersicht des Tragwerkes sind starke Abweichungen vom Urkalkulationspreis zu erkennen. Als Grund kann der hohe Lohnkostenanteil und daraus folgend der hohe Aufwandswert für die kleinen Flächen genannt werden.

Der Mittelpfeiler besitzt einen rechteckigen Querschnitt mit einer Länge von 3,60 m an der Fahrbahnoberkante und einer Breite von 0,70 m. Im Bereich der Asphalt oberkante wurde der schadhafte Beton nach Abtrag bis zu einer Höhe von 1,0 m mit einer Vorsatzschale saniert. Dabei beträgt die mittlere Stärke der Sanierungsschicht 7,4 cm. Aufgrund der größeren Schichtstärke wurde eine Zusatzbewehrung eingebaut, die den Bestand verstärkt. Die Tätigkeiten für die Vorsatzschale werden in der in der LV-Position der vertikalen Instandsetzung abgerechnet. Diese Methode ermöglicht die negative Abweichung der Tragwerkssanierung auszugleichen.

Die Gegenüberstellung der Gesamtsumme aus der Urkalkulation und dem tatsächlichen Aufwand ergibt einen Gewinn von ca. 2,5 % bzw. ca. 100 €.

Tabelle 6.6: Nachkalkulation der Instandsetzungsarbeiten Objekt E27

Nachkalkulation - Instandsetzung		E 27
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Betonabtrag	020213	9,24 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	188,20 €/m ²	1.739,70 €
Nachkalkulation (IST)	179,87 €/m ²	1.662,74 €
Delta	4,4%	76,96 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Sandstrahlen	020213	31,65 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	17,26 €/m ²	546,22 €
Nachkalkulation (IST)	25,67 €/m ²	812,63 €
Delta	-48,8%	-266,41 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Reparaturmörtel unt	020213	2,42 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	143,55 €/m ²	347,39 €
Nachkalkulation (IST)	524,02 €/m ²	1.268,12 €
Delta	-265,0%	-920,73 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Reparaturmörtel verinkl. Vorsatzschale)	020213	8,07 m ²
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	160,54 €/m ²	1.295,55 €
Nachkalkulation (IST)	10,69 €/m ²	86,28 €
Delta	93,3%	1.209,28 €
Gesamtbetrachtung		
Urkalkulation		3.928,86 €
Nachkalkulation (IST)		3.829,76 €
Delta	2,5%	99,10 €

6.2.5 Fazit

Abhängig vom Zustand des geschädigten Betons muss die Maßnahme vor Ort mit dem Auftraggeber abgestimmt werden. Durch die Hammerprüfmethode kann aufgrund der hörbaren Hohlstellen im Voraus grob abgeschätzt werden, ob großflächige Bereiche zu sanieren sind. Es muss außerdem darauf geachtet werden, dass Bereiche von Bauwerken, die direkt dem Tausalzangriff ausgesetzt sind, noch vor dem Einbau der Asphaltsschichten geprüft bzw. gegebenenfalls saniert werden. Ansonsten ist ein aufwendiger Baugrubenaushub erforderlich.

Nach Abgrenzen der Schadstelle mit einem Schnitt erfolgt der Abtrag des schadhaften Betons. Diese Tätigkeiten ergaben aus den Bautagesberichten bzw. vorhandenen Beobachtungen einen mittleren Aufwandswert von 4,13 Std/m². Im Gegensatz dazu wurde an der Untersicht des Tragwerks ein höherer Aufwandswert von 5,15 Std/m² errechnet.

Zur Vorbereitung des Untergrundes mittels Sandstrahlen ergibt sich aus den Baustellenbeobachtungen ein Aufwandswert von ca. 0,7 Std/m². Der Verbrauch von Sandstrahlgranulat hängt von der Art der zu bearbeitenden Fläche und die Stärke der bestehenden Beschichtung ab. Der beobachtete Verbrauch liegt zwischen 35 und 75 kg/m². Für das Reinigen der Schadstelle nach Betonabbruch und zur Erreichung des

geforderten Reinheitsgrades Sa 2 ½ mit Druckluft und festen Strahlmitteln ergibt sich ein Aufwandswert von ca. 1,0 Std/m².

Generell wurde eine Gleiderung in vertikale Schadstellen und Schadstellen an der Untersicht der Tragwerke getroffen. Bei großen Schadstellen kann eine Sanierung mittels Vorsatzschale und Vergussmörtel oder selbstverdichtendem Beton erfolgen. Bei der ausgeführten Schadstelle am Pfeiler des Objektes E27 wurde im Vergleich zur ausgeführten vertikalen Schadstelle am Brückenobjekt E29 ein geringerer Aufwand von ca. 0,51 Std/(m²*cm) erreicht. Im Gegensatz dazu wurde beim Auftragen des Instandsetzungsmörtels mit einer Spachtel ein Aufwand von ca. 2,38 Std/(m²*cm) erreicht.

In den Baustellenbeobachtungen wurde eine größere Anzahl an Schadstellen an der Untersicht von Tragwerken aufgenommen. Dabei werden die Mittelwerte in Schadstellen mit Profilierung und ohne Profilierung unterteilt. Zur Vergleichbarkeit errechnet sich aus den vorhandenen Schadstellen ein Mittelwert, der einem Aufwandswert in Std/m² pro cm Schichtstärke entspricht. Der Aufwandswert für Schadstellen an der Unterseite von Tragwerken mit einer erforderlichen Profilierung hängt von der Größe der Schadstelle ab und kann ab einer Fläche von 0,2 m² mit 2,90 Std/(m²*cm) angenommen werden. Der Mittelwert der Schadstellen ohne Profilierung bei genügender Betondeckung der Bewehrung beträgt bei einer Fläche von 0,10 m² ca. 2 Std/(m²*cm).

Bei der Nachkalkulation ist ersichtlich, dass der hohe Anteil an erforderlichen Lohnstunden mit den kalkulierten Einheitspreisen der Urkalkulation nicht abgedeckt werden konnte. In der folgenden tabellarischen Übersicht wurden die Ergebnisse der Nachkalkulationen dargestellt, die unter anderem auf die Erschwernisse beim Sandstrahlen der Pfeiler am Brückenobjekt E 28 zurückzuführen sind.

Tabelle 6.7: Nachkalkulationsergebnisse der Betoninstandsetzung

Gesamtbetrachtung	Nachkalkulation - Instandsetzung		
	Brückenobjekte	Aufwand	Erlös
E 28	2.278,05 €	1.152,27 €	-1.125,78 €
E 27	3.829,76 €	3.928,86 €	99,10 €
E 29	1.625,21 €	762,21 €	-863,00 €
Summe	7.733,02 €	5.843,34 €	- 1.889,68 €
		Summe Gewinn/Verlust	- 32,3 %

Aus der Gesamtbetrachtung der drei beobachteten Objekte ist ein Verlust von ca. 1.900 € bzw. 32,3 % zu erkennen.

6.3 Randbalkenerneuerung

Ein weiteres Bauverfahren bei Brückensanierungen ist die Erneuerung des Randbalkens. Die erforderlichen Tätigkeiten werden im folgenden Kapitel nach der Betrachtung wesentlicher vertraglicher Bedingungen näher erläutert. In der Nachkalkulation werden die Ansätze der Urkalkulation mit der Ausführung verglichen.

6.3.1 Theoretische Grundlagen

Nachfolgend werden die grundlegenden Tätigkeiten und der Leistungsumfang zur Erneuerung eines Randbalkens beschrieben.

6.3.1.1 Bauverfahren

Vor Beginn der Randbalkenerneuerung ist der Abtrag der montierten Brückenausrüstungen durchzuführen. Anschließend ist bei den Tätigkeiten ständig darauf zu achten, dass eine Absturzsicherung oder ein Sicherheitsgurt vorhanden ist.

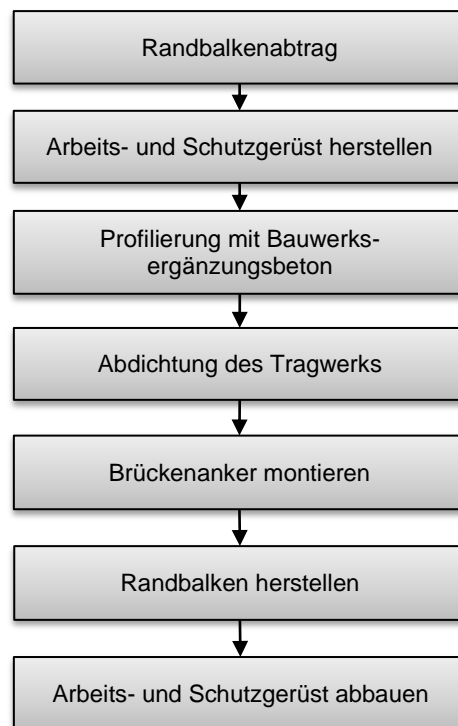


Bild 6.13: Verfahrensablauf Randbalkenerneuerung

6.3.1.2 Leistungsverzeichnis

In den Bestimmungen der Vor- und Abtragsarbeiten (1301) wird angemerkt, dass das Trennen und Wegschaffen des Abtragmaterials samt Altlastensanierungsbeitrag in den Einheitspreis einzurechnen ist. Für den Abbruch sind Geräte so zu wählen, dass keine Schäden an den verbleibenden Bauteilen entstehen. Des Weiteren ist die Anwendung von schweren Geräten, die große Erschütterungen hervorrufen, nicht zulässig. Während des Abbruchs sollte eine Trennung des Materials nach Deponieklassen erfolgen.

Der Abbruch des Randbalkens ist in der Position STB abrechen Rand- und Mittelstreifen enthalten. Dabei werden die Tätigkeiten des Abtrags, das allfällige Laden und Wegschaffen des Materials verstanden. Die ausgeschriebene Leistung umfasst alle Erschwernisse durch Leitungen und sonstigen Einbauten, die mit abzutragen und nicht zur Wiederverwendung vorgesehen sind. Ebenso sind Schnitte, die beim Abtragen des Randbalkens erforderlich sind, einzukalkulieren. Gemäß den ständigen Vorbemerkungen werden der Transport zum Zwischenlagerplatz und die Aufbereitung in dieser Position berücksichtigt.

Zur Herstellung des Randbalkens ist die Errichtung eines Arbeits- bzw. Schutzgerüsts erforderlich. Das Arbeitsgerüst für den Randbalken wird mit Gesimskonsolen und Gesimsträger hergestellt. Die Leistungen dieser Position beinhalten die erforderliche Verankerung, das Einhalten des Lichtraumprofils und alle Erschwernisse, die durch Leistungen oder Einbauten entstehen. Zum Schutz der Verkehrsflächen wird zusätzlich zum Arbeitsgerüst eine Position für ein Schutzgerüst ausgeschrieben. Dabei ist der Gerüstboden wasserdicht und staubdicht zur befahrenen Fahrbahn als Aufzählungsposition gefordert.

Die Verankerung des Randbalkens erfolgt mit Dübeln, bei denen die Lieferung, erforderliche Bohrungen und der Einbau im Leistungsumfang enthalten sind. Die Dübel müssen die Verhinderung eines Feuchtigkeitsdurchtritts durch die Abdichtung nachweisen. Die Lage des Bohrloches ist so zu wählen, dass die darunterliegende Bewehrung nicht beschädigt wird. Gemäß den Anforderungen der RVS 15.04.12 zur Befestigung von Bauteilen in Zugzonen ist ein Durchmesser von 16 mm und eine Länge von 300 mm zu wählen.

Die Herstellung des Randbalkens wird mit der LV-Position 020206013E mit Schalungsherstellung in derselben Position ausgeschrieben. Gemäß den ständigen Vorbemerkungen beinhaltet der Leistungsumfang das Liefern, Herstellen, Einbauen, Verdichten und Nachbehandeln des Betons bzw. das Herstellen, Beistellen, sowie das Abtragen der Schalung, Aussteifungen und der Gerüste. Aus den Vorbemerkungen der LV-Position geht hervor, dass neue Schalttafeln ohne waagrechte Fugen an der Sichtfläche des Randbalkens verwendet werden müssen. Alternativ dürfen gehobelte, gespundete Bretter als Schalungshaut

herangezogen werden. Die Oberfläche nach Einbringen des Betons kann mittels Besenstrich hergestellt werden und ist in der Leistung einzukalkulieren.

6.3.2 Verfahrensablauf

Der Randbalken der Brückenobjekte wird in zwei Phasen abgetragen. In der ersten Phase wird der Randbalken über dem gesperrten Autobahnfahrstreifen abgetragen. Dabei sind Arbeitskräfte zur kurzzeitigen Anhaltung des Baustellenverkehrs bzw. des kreuzenden, öffentlichen Verkehrs der Ausfahrten vor den Brückenobjekten vorzusehen. In der Regel muss die zweite Phase über den befahrenen Fahrstreifen in einer organisierten Nachtsperre der Autobahn mit kurzzeitigen Anhaltungen des Verkehrs erfolgen. Beim beobachteten Randbalkenabtrag wurde mit einem Schneidgerät ein Schnitt im Abstand von ca. 2,5 m hergestellt, um die Bewehrung des Randbalkens zu durchtrennen. Anschließend wurde mit einem Hydraulikmeißel und einem Mobilbagger der Randbalken an diesem Schnitt zertrümmert (siehe Bild 6.14). Mit einem Tieflöffel wird der abgetrennte Teil des Randbalkens angehoben und auf das Tragwerk gelegt. Der ca. 2,5 m lange Teil des Randbalkens wurde im Anschluss vom Bagger aufgenommen und verladen oder an einen Zwischenlagerplatz gebracht. Alternativ zu dieser Abbruchmethode kann der Randbalken mit zwei Baggern abgetragen werden, wobei einer mit einem Hydraulikmeißel und der Andere mit einem Reißzahn ausgestattet ist.



Bild 6.14: Abbrechen Randbalken im Nachteinsatz¹¹¹

Die Teile werden auf einem 4-Achs LKW mit verstärkter Stahlmulde verladen und zum Aufbereitungsplatz gebracht, wo dieser für eine Weiterverwendung zerkleinert wird.

¹¹¹ Fotodokumentation DI Wohlfahrt M.; 21.08.2012

Nach dem Abtrag des Randbalkens kann direkt mit der Montage des Arbeits- bzw. des Schutzgerüsts begonnen werden. Sofern vorhanden, können bestehende Anschlüsse genutzt werden, jedoch sind bei alten Brückenobjekten meist keine dieser Anschlüsse vorgesehen. Aufgrund dessen wurde vor der Montage der Gesimskonsole durch das Tragwerk eine Kernbohrung, normal auf die Unterseite, durchgeführt und ein Gesimsanker versetzt. An die Ankerstange wird an der Unterseite des Tragwerks ein Einschraubkonus befestigt, auf dem anschließend die Konsole aufgehängt wird.

Die Gesimskonsole und das Einschubgeländer (siehe Bild 6.15) wurden vormontiert und als einzelne Elemente eingehoben.

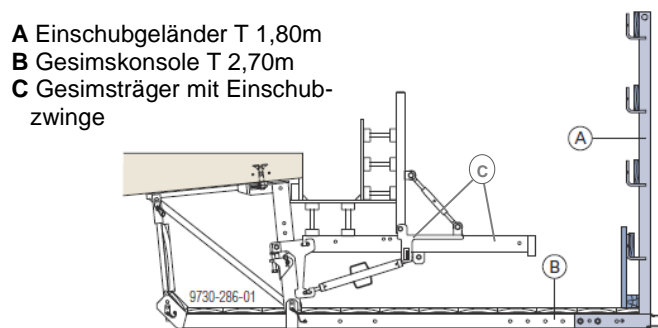


Bild 6.15: Gesimsbühne (System Doka)¹¹²

Bei der Montage wird mit einer eigens angefertigten Aufhängung die Bühne von oben mit einem Mobilbagger eingehoben. An der Unterseite übernehmen zwei Arbeitskräfte auf einer Teleskoparbeitsbühne das Element und verkeilen die Konsole am Konus. Im Anschluss wird die Aufhängung gelöst und das Element ausgerichtet. Im Bereich der Flügelmauern werden spezielle Konsolen oder gezimmerte Systeme, auf die vertikalen Wandflächen montiert.

Nach der Befestigung der einzelnen Konsolen können die Gerüstbelagspfosten verlegt werden. Diese werden vom Tragwerk aus auf die Konsolen gehoben, wo zwei Arbeitskräfte von der Arbeitsbühne aus die Pfosten verteilen. Für die Erstellung des Schutzgerüsts werden bis zu einer Höhe von 1,80 m Schutzgitter angebracht und an der Unterseite mit einer Schalttafel beplankt. Mit diesen Vorkehrungen ist der Schutz gegen herabfallende Teile sichergestellt. Für die Ausführung eines dichten Bodens werden die Stöße der Pfostenbeläge mit Metallblechen überdeckt. Auf den Belag wird abschließend eine Bauschutzmatte verlegt und an den Seiten hoch geführt, welches das Durchdringen von

¹¹² DOKA: Gesimsschalung T. <http://www.doka.com/web/products/system-groups/doka-load-bearing-systems/bridge-formwork/bridge-edge-beam-formwork-T/index.de.php>. Datum des Zugriffs: 07.12.2012 um 23:30 Uhr

Schmutz verhindert. In der folgenden Abbildung ist das System des fertig gestellten Arbeits- bzw. Schutzgerüsts ersichtlich.



Bild 6.16: Ausbildung des Schutzgerüsts mit dichtem Boden

Anschließend werden die Schubnasen am Tragwerksende mit Bauwerksergänzungsbeton profiliert, um eine fachgerechte Verlegung der zweilagigen Abdichtung auf einer Grundierung zu ermöglichen. Zur Herstellung der Schalung des Randbalkens wird der Gesimsträger auf der Gesimsbühne montiert. Dieser bildet die Auflage der Randbalkenschalung. Bei der Herstellung der Schalungsebene werden auf den Gesimsträgern Kanthölzer gelegt, auf denen der Schalungsboden mit der herzustellenden Neigung ausgeführt wird. Des Weiteren ist vor den Bewehrungsarbeiten die innenliegende Schalungshaut des Randbalkens herzustellen. Die erforderliche Abstützung wird mit Befestigungen, im noch nicht abgedichteten Bereich des Tragwerks, fixiert. Nach der Fertigstellung der Innenschalung werden die Brückenanker versetzt. Dabei werden Löcher durch die Abdichtung gebohrt und vor dem Versetzen der Anker mit Druckluft ausgeblasen, um den Verbund zwischen den Kleber und dem Tragwerk sicher zu stellen. Anschließend werden die Spezialdübel eingeschraubt und gleichzeitig mit einem Zweikomponentenkleber verklebt.

In der Folge werden von einem Subunternehmen die Bewehrungsarbeiten vorgenommen. Nach Abschluss der Bewehrungsarbeiten wird die Außenschalung des Randbalkens angebracht und mit Einschubzwingen am Gesimsträger fixiert. Vor dem Betonieren des Randbalkens werden Schmutz oder Metallteile, beispielweise Bindedrahtreste, aus der Schalung entfernt, um mögliche Verfärbungen bzw. Fehlstellen an den Sichtflächen zu verhindern.

Beim Betoniervorgang erfolgt eine Entleerung des Betons über die Betonrutsche des Betonmischwagens bei kontinuierlicher Vorwärtsfahrt. Der Beton wird verteilt und mit einer Innenrüttelflasche verdichtet (siehe Bild 6.17).



Bild 6.17: Betonieren des Randbalkens

Abschließend wird die Oberfläche mit einem Besenstrich aufgeraut und durch Abdeckungen gegen Witterungseinflüsse während des Abbindens geschützt. Nach dem Erhärten des Betons kann der Randbalken ausgeschalt und das Gerüst wieder rückgebaut werden.

6.3.3 Auswertung und Datenanalyse

In weiterer Folge werden eingesetzte Geräte und baubetriebliche Kennwerte festgehalten.

6.3.3.1 Eingesetzte Geräte

Zur Gerüsterstellung waren folgende Geräte und Materialien erforderlich:

- Gesimsbühne (Material)
- Mobilbagger (Gerät - zeitgebundene Kosten)
- Teleskoparbeitsbühne (Gerät)
- Kernbohrer zur Herstellung der Ankerstangenlöcher (Gerät - zeitgebundene Kosten)

Das Versetzen der Brückenanker erfordert folgende Gerätschaften:

- Bohrmaschine (Gerät - zeitgebundene Kosten)
- Kompressor (Gerät - zeitgebundene Kosten)

Für die Randbalkenherstellung waren nachfolgende Geräte im Einsatz:

- Schalung (Material)
- Hilfsstoffe zur Herstellung der Schalung (Material)
- Kreissäge (zeitgebundene Kosten)

6.3.3.2 Ergebnisse und Interpretation

Die Auswertungen der Aufwandswerte werden über die geleisteten Lohnstunden der Bautagesberichte ermittelt. Dabei wurden die einzelnen Arbeiten getrennt voneinander betrachtet und analysiert. Die Werte wurden anhand der Aufzeichnungen von zwei Brückenobjekten, E28 und E22a, ermittelt. Es erfolgte eine Gliederung in folgende Tätigkeiten:

- Abtrag des Randbalkens
- Herstellung des Arbeits- bzw. Schutzgerüsts
- Einbau der Brückenanker
- Bewehren des Randbalkens
- Schalen des Randbalkens
- Betonieren des Randbalkens

Tabelle 6.8: mittlere Ansätze zur Herstellung eines Randbalkens

Tätigkeiten	Mittelwerte	Abweichung mit 95% Eintrittswahrscheinlichkeit
Randbalken abtragen	4,35 m ³ /h	+/-1,29 m ³ /h
Gerüst Randleiste (e=1,0 m)	1,30 Std/m	+/-0,23 Std/m
Schutzgerüst herstellen	1,26 Std/m	+/-0,24 Std/m
Brückenanker versetzen (e=0,6 m)	0,18 Std/m	+/-0,07 Std/m
Brückenanker versetzen (e=0,6 m)	11,49 Stk/Std	+/-4,35 Stk/Std
Bewehrung Randbalken	20,75 Std/t	+/-2,12 Std/t
Schalen Randbalken (3,5 m ² /m ³)	2,98 Std/m ²	+/-0,78 Std/m ²
Betonieren Randbalken	0,69 Std/m ³	+/-0,08 Std/m ³

Die Leistungsposition zum Abbruch des Randbalkens umfasst neben dem Abtrag ebenso die Verfuhr des Materials und die Aufbereitung zur Wiederverwendung. Der mittlere Aufwandswert bezieht sich jedoch lediglich auf den Abbruch mit den erforderlichen Nebenarbeiten, wie Verkehrsregelung oder Reinigung. Die Differenz zwischen den verschiedenen Brückenobjekten kann auf Fehler bei der Aufzeichnung der Leistungsstunden oder auf die vorliegenden Platzverhältnisse zurückzuführen sein. Beim Abtrag auf der Brücke E28 musste der öffentliche Verkehr ständig aufrecht erhalten bleiben und zur Sanierung des Randbalkens stand nur ein Fahrstreifen zur Verfügung. Beim Brückenobjekt E22a wurde die gesamte Brücke für den Verkehr gesperrt und saniert, wodurch beim Abtrag des Randbalkens die gesamte Tragwerksbreite zur Verfügung stand. Dadurch wurde ein Leistungswert von 5,66 m³/h erreicht. Im Gegensatz dazu wurde beim Brückenobjekt E28 aufgrund der auf beiden Seiten ein Leistungswert von ca. 3,5 m³/h erreicht.

Der Auf- bzw. Abbau der Gesimskonsolen wurde in den Bautagesberichten gesondert angeführt, woraus sich die Aufwandswerte anhand

der tatsächlichen Leistungsmengen ableiten. Die Arbeiten an der Gesimskonsole umfassen unter anderem das Zusammenbauen, das Bohren der Anker und das Einhängen der Konsolen. Bei den betrachteten Objekten wurde ein mittlerer Abstand von ca. 1,0 m gewählt. Für die dazugehörigen Tätigkeiten des Auf- und Abbaus wurde ein mittlerer Wert von 1,30 Std/m errechnet.

Das erforderliche Schutzgerüst umfasst zusätzlich die dichte Ausführung des Gerüstbelags und Maßnahmen gegen herabfallende Teile. Der Aufwandswert für den Auf- und Abbau des Schutzgerüsts beträgt im Mittel 1,26 Std/m.

Die Brückenanker werden in ein vorgebohrtes und ausgeblasenes Loch versetzt bzw. verklebt. Im Flügelbereich der Brücke wurden zwei Reihen dieser Dübel im Abstand von 0,60 m hergestellt. Im Bereich des Tragwerks hingegen wurde eine Einzelreihe mit einem Abstand von 0,60 m versetzt. Über die abgewinkelte Länge der Anker wird der Aufwandswert auf einen Laufmeter bezogen. Dabei ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von 0,18 Std/m. Um einen Vergleichswert zur Urkalkulation zu erhalten, wird ein Leistungswert pro Stück errechnet, der bei ca. 11 Stk/Std liegt. Im Gegensatz dazu war eine Leistung von 6 Stk/Std kalkuliert.

Die Bewehrungsarbeiten wurden von einem Subunternehmer durchgeführt. Der erreichte Aufwandswert liegt bei ca. 20,7 Std/t.

Der dabei erforderliche Aufwandswert für das Ein- und Ausschalen wurde in Bezug auf die hergestellte Kubatur ermittelt, um eine Vergleichsbasis zur Urkalkulation zu erreichen. Aus der Analyse der Bautagesberichte und den ausgeführten Leistungsmengen aus vorhandenen Planunterlagen errechnet sich ein Aufwandswert von 0,69 Std/m³. Mit Hilfe des Schalungsgrads von 3,50 m²/m³ kann der vorhandene Aufwandswert auf die Schalungsfläche bezogen werden und ergibt im Mittel ca. 3,0 Std/m².

Der Einbau von Beton in die Schalung des Randbalkens war aufgrund der Erreichbarkeit der Rutsche des Betonfahrmischers ohne Einsatz einer Betonpumpe möglich. Aus diesem Grund wurde ein mittlerer Aufwandswert von ca. 0,70 Std/m³ erreicht.

6.3.4 Nachkalkulation

Aufgrund der vorliegenden Aufzeichnungen aus dem Bautagesbericht wurden einige Positionen zusammengefasst und ein gemittelter Einheitspreis aus der Urkalkulation herangezogen. Es wurde dabei die Gesamtsummen der betreffenden Leistungspositionen ermittelt und durch die Leistungsmenge der Leistungsgruppe dividiert, um eine Vergleichsbasis zu erhalten. Bei der Herstellung des Arbeitsgerüsts für den Randbalken wurde die Herstellung des Schutzgerüsts und des dichten Bodenbelags in einer Gruppe zusammengefasst.

Der Abbruch des Randbalkens ist in der Urkalkulation in einen händischen und einen maschinellen Anteil gegliedert, der gewichtet mit einer Leistung von $9,51 \text{ h/m}^3$ kalkuliert wurde.

Bei den Bewehrungsarbeiten muss gemäß dem Subunternehmer mit Erschwernissen bei der Herstellung eines Bewehrungskorbes des Randbalkens gerechnet werden. Aufgrund dessen wurde die Verlegung der Bewehrung bei den Brückenobjekten mit einem Stundensatz von 33 € pro Lohnstunde verrechnet.

Die Anzahl der Gesamtstunden des Mobilbaggers bzw. der Teleskoparbeitsbühne wurde anhand des bautechnischen Ablaufs der erforderlichen Arbeitsstunden abgeleitet, sofern diese nicht im Bautagesbericht ausgewiesen waren.

Die diversen Stoff- bzw. Hilfsstoffe wurden aufgrund der fehlenden Aufzeichnungen gemäß den Ansätzen der Urkalkulation angenommen.

6.3.4.1 Randbalkenerneuerung E22a

Aus den Aufzeichnungen des Bautagesberichtes wurde für die Abbrucharbeiten mit einer Länge von insgesamt 50 m ein Wert von $5,66 \text{ m}^3/\text{h}$ errechnet. Der Unterschied der angesetzten Kosten zu den tatsächlichen Kosten entsteht aufgrund der Abweichung des Leistungsansatzes von $9,51 \text{ m}^3/\text{h}$. Im Gegensatz dazu wurden zum Abbruch zwei Mobilbagger eingesetzt, wobei in der Kalkulation ein 30 t Kettenbagger und zwei Mobilbagger vorgesehen war.

Der Auf- und Abbau des Arbeits- bzw. des Schutzgerüsts wurde zusammengezogen und weicht vom ermittelten Einheitspreis der Urkalkulation um ca. 30 €/m ab. Die Anzahl der Gerätestunden wurde anhand der detaillierten Aufzeichnungen aus dem Bautagesbericht bzw. durch den bautechnischen Ablauf abgeleitet.

Die eingesetzten Dübel und der erforderliche Kleber waren um ca. 10 €/Stück günstiger als die angesetzten Kosten der Urkalkulation. Aus diesem Grund und insbesondere wegen der höheren Versetzleistung konnte in dieser Leistungsposition ca. 16 €/m eingespart werden.

Die Kosten des Bewehrungsstahls sind aufgrund der anteiligen Transportkosten höher als in der Urkalkulation. Des Weiteren wurden aufgrund Randbalkenherstellung die Verlegearbeiten nach Lohnstunden abgerechnet, was zu höheren Kosten führte.

Bei der Herstellung der Schalung bzw. dem Betonieren des Randbalkens wurde der angenommene Leistungswert der Urkalkulation knapp überschritten.

In der Gegenüberstellung der Gesamtkosten zur Erneuerung des Randbalkens wurde insgesamt ein Delta von – 0,9 % zwischen dem Erlös aus der Urkalkulation und dem Aufwand errechnet.

Tabelle 6.9: Nachkalkulation Randbalkenerneuerung E22a

Nachkalkulation -Randbalkenerneuerung		E 22 a
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Randbalkenabtrag+Verfuhr	020213	50,00 m
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	20,85 €/m	1.042,50 €
Nachkalkulaiton (IST)	9,18 €/m	458,76 €
Delta	56,0%	583,74 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Arbeits- und Schutzgerüst	020202	111,52 m
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	78,63 €/m	8.769,31 €
Nachkalkulaiton (IST)	111,28 €/m	12.409,85 €
Delta	-41,5%	-3.640,54 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Brückenanker (e=0,6m)	020210	129,36 m
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	45,03 €/m	5.825,08 €
Nachkalkulaiton (IST)	28,89 €/m	3.736,78 €
Delta	35,9%	2.088,30 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Bewehren Randbalken	020206	6,52 t
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	870,00 €/t	5.668,05 €
Nachkalkulaiton (IST)	1250,66 €/t	8.148,08 €
Delta	-43,8%	-2.480,03 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Schalen und Betonieren Randbalken	020206	42,29 m³
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	487,21 €/m³	20.602,11 €
Nachkalkulaiton (IST)	414,08 €/m³	17.509,93 €
Delta	15,0%	3.092,18 €
Gesamtbetrachtung		
Urkalkulation		41.907,05 €
Nachkalkulaiton (IST)		42.263,40 €
Delta	-0,9%	-356,35 €

6.3.4.2 Randbalkenerneuerung E28

Im Vergleich zum Brückenobjekt E22a wurden die Leistungsansätze der Urkalkulation nur bei dem Versetzen der Brückenanker überschritten. Die anderen Leistungsansätze können auf die unterschiedlichen Arbeitsbedingungen durch ständig fließenden, öffentlichen Verkehr auf der Brücke und unter der Brücke durch die Auffahrt an der Anschlussstelle Leibnitz zurückgeführt werden.

Bei der Herstellung des Schutz- bzw. des Arbeitsgerüsts des Randbalkens ist der gemittelte Einheitspreis aus den zugehörigen Leistungspositionen der Urkalkulation geringer als der tatsächliche IST-Einheitspreis.

Die Leistungsposition zum Versetzen der Brückenanker fallen bei diesem Brückenobjekt aufgrund der höheren Leistung auch positiv aus.

Aufgrund des Mehraufwands laut Subunternehmer beim Flechten der Randbalkenbewehrung wurden die Bewehrungsarbeiten unabhängig von der Verlegemenge über die Lohnstundenanteile verrechnet.

Der geringere Leistungswert bei den Arbeiten an der Schalung und dem Betonieren führt zu einer Abweichung des kalkulierten Einheitspreises.

Bei der Gegenüberstellung des Gesamtaufwands und dem kalkulierten Erlös der Urkalkulation wird ein Delta von - 11.280 € festgestellt.

Tabelle 6.10: Nachkalkulation Randbalkenerneuerung E28

Nachkalkulation -Randbalkenerneuerung		E 28
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Randbalkenabtrag+Verfuhr	020213	116,00 m ³
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	20,85 €/m ³	2.418,60 €
Nachkalkulaiton (IST)	21,77 €/m ³	2.525,26 €
Delta	-4,4%	-106,66 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Arbeits- und Schutzgerüst	020202	116,00 m
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	78,37 €/m	9.091,33 €
Nachkalkulaiton (IST)	119,37 €/m	13.846,60 €
Delta	-52,3%	-4.755,27 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Brückenanker (e=0,6m)	020210	132,32 m
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	45,03 €/m	5.958,37 €
Nachkalkulaiton (IST)	37,02 €/m	4.898,70 €
Delta	17,8%	1.059,67
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Bewehren Randbalken	020206	8,72 t
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	870,00 €/t	7.582,05 €
Nachkalkulaiton (IST)	1353,02 €/t	11.791,61 €
Delta	-55,5%	-4.209,56 €
Tätigkeit	LV-P.Nummer	Gesamtmenge
Schalen und Betonieren Randbalken	020206	44,11 m ³
	Einheitspreis	Summe
Urkalkulation	487,21 €/m ³	21.489,49 €
Nachkalkulaiton (IST)	561,32 €/m ³	24.758,48 €
Delta	-15,2%	-3.268,99 €
Gesamtbetrachtung		
Urkalkulation		€ 46.539,84
Nachkalkulaiton (IST)		57.820,63 €
Delta	-24,2%	-11.280,80 €

6.3.6 Fazit

Der Leistungsansatz für den Randbalkenabbruch beträgt in der Urkalkulation $9,51 \text{ m}^3/\text{h}$, wobei hier eine Gliederung in händische und maschinelle Tätigkeiten erfolgte. Dabei waren zwei Mobilbagger und ein 30 t Kettenbagger als erforderliche Geräte vorgesehen. Im Gegensatz dazu erfolgte der Abbruch in der Ausführung mit einem bzw. maximal zwei Mobilbagger. Der Abtrag wurde an zwei Brückenobjekten beobachtet und betrug durchschnittlich $4,35 \text{ m}^3/\text{h}$.

Auffällig war der Unterschied bei den erreichten Leistungswerten zwischen den beiden Brückenobjekten. Der Grund dafür kann auf die vorliegenden Arbeitsbedingungen zurückgeführt werden. Beim Brückenobjekt E28 musste der Verkehr über den gesamten Sanierungszeitraum auf der Brücke aufrecht erhalten bleiben. Dafür wurden verschiedene Bauphasen mit den jeweiligen Verkehrsführungen auf der Brücke angeordnet. Einen zusätzlichen Einfluss bewirkte der Verkehr unter der Brücke. Auf der gesperrten Autobahnseite befand sich die Auffahrt unter der Brücke E28, der von der Anschlussstelle Leibnitz Richtung Voralpenkreuz auf die A9 führte. Dadurch war über dem gesperrten Fahrstreifen ein Abbruch nur mit kurzzeitigen Anhaltungen des öffentlichen Verkehrs möglich, wodurch Verzögerungen beim Abbruch entstanden.

Die Konsolen des Arbeits- bzw. Schutzgerüsts wurde mit einem durchschnittlichen Abstand von $1,0 \text{ m}$ montiert. Das Einheben und Fixieren der Gesimsbühnen erforderte einen Aufwand von $1,30 \text{ Std}/\text{m}$. Dabei wird die erforderliche Montage und Demontage der einzelnen Teile hinzugezählt. Ebenso umfasst dieser Aufwandswert die erforderliche Kernbohrung für das Einbringen der Ankerstange und dem Gesimsanker. In den Überlegungen des K7-Blattes ist die Montage der Elemente mit einem Brückeninspektionsgerät vorgesehen, welches aufgrund der Gegebenheiten in der Ausführung durch eine Teleskoparbeitsbühne ersetzt wurde. Die Arbeitsbühne steht dabei auf der gesperrten Fahrbahn und ermöglicht die Arbeiten am Randbalkengerüst von unten zu unterstützen.

Der Leistung für das Versetzen und Verkleben der Brückenanker kann aus den vorhandenen Aufzeichnungen im Mittel mit $11,5 \text{ Stk}/\text{Std}$ angenommen werden, was umgerechnet einer Leistung von ca. $5,7 \text{ m}/\text{Std}$ entspricht. Dieser Wert ist im Vergleich zur Urkalkulation mit $6 \text{ Stk}/\text{Std}$ fast doppelt so hoch.

Der mittlere Aufwandswert beim Schalen und Betonieren des Randbalkens wurde aus den vorhandenen Aufzeichnungen der Bautagesberichte mit ca. $11,9 \text{ Std}/\text{m}^3$ errechnet. Die Urkalkulation sieht im Vergleich dazu einen Aufwandswert von $9,05 \text{ Std}/\text{m}^3$ vor. In den Überlegungen des K7-Blattes wurde der Einbau mit einer Betonpumpe vorgesehen.

In der folgenden Tabelle wurden Aufwand und Erlös der zugehörigen Positionen zusammengefasst und den jeweiligen Brückenobjekten zugeordnet.

Tabelle 6.11: Nachkalkulationsergebnisse bei der Randbalkenerneuerung

Gesamtbetrachtung	Randbalkenerneuerung		
Brückenobjekte	Aufwand	Erlös	Delta
E 22 a	42.263,40 €	41.907,05 €	-356,35 €
E 28	57.820,63 €	46.539,84 €	-11.280,80 €
Summe	100.084,03 €	88.446,89 €	- 11.637,15 €
	Summe Gewinn/Verlust		- 13,2 %

Aus der Zusammenfassung ist ersichtlich, dass die Arbeiten am Randbalken einen Verlust von ca. 11.500 € bzw. - 13,2 % ergeben. Der Großteil des Verlustes lässt sich aufgrund der hohen Lohnkosten erklären. Des Weiteren wurden die Bewehrungsarbeiten des Subunternehmers aufgrund des Mehraufwands nach Lohnstunden abgerechnet, was ebenso zu höheren Kosten führte.

7 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden fünf wesentliche Verfahren bei Generalsanierungen im Verkehrswegebau baubetrieblich und bauwirtschaftlich analysiert. Bauprogramme der Betreiber von hochrangigen Straßennetzen umfassen, neben dem Neubau, jährlich einen Anteil an erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen. Um die Qualität der bestehenden Infrastruktur sicher zu stellen, bilden diese Maßnahmen ein großes Potenzial für zukünftige Bauvorhaben.

Am Beispiel der Generalsanierung auf der A9 im Abschnitt zwischen Lebring und Leibnitz wurde in Kooperation mit der Firma Kostmann der Inhalt dieser Masterarbeit aufgebaut. Die Auswahl wesentlicher Bauverfahren dieser Arbeit erfolgte gemäß den größten Kostenanteilen an der Bauauftragssumme. Dabei wurden folgende 3 Bauverfahren aus dem Straßenbau und 2 Bauverfahren aus dem Betonbau festgelegt:

- Straßenbau
 - Betondeckenabtrag
 - Herstellung der zementstabilisierten Tragschicht
 - Einbau von bituminösen Schichten
- Betonbau
 - Sanierung von schadhafte Beton bei Brückenobjekten
 - Randbalkenerneuerung

In den folgenden Unterkapiteln werden diese Verfahren beschrieben und außerdem die Ergebnisse aus den Datenauswertungen sowie Erkenntnisse der Baustellenbeobachtungen für zukünftige Bauprojekte aufgezeigt.

7.1 Betondeckenabtrag

Der bestehende Straßenaufbau setzt sich aus einer ca. 22 cm starken Betondecke und den darunterliegenden Schichten zusammen. Der Leistungsinhalt des Betondeckenabtrags umfasst das Entspannen der Betonschicht bei dem die Betonplatten mit dem Fallbeil eines Betonzerstörers zertrümmert werden. Durch diese Vorarbeit ist der Abtrag durch Aufreißen mit einem Hydraulikbagger des zerstörten Gefüges mit anschließendem Laden des aufgebrochenen Materials möglich. Das Material wird mit Dumpfern über das Baufeld zu einem Zwischenlagerplatz transportiert und aufgehaldet. Dort werden die Betonschollen mit einer zweistufigen Brechereinheit zur Weiterverwendung aufbereitet.

7.1.1 Ergebnisse

Bei der Verfuhr wurde festgestellt, dass die Annahme der Geschwindigkeit von 16 km/h um ca. 57 % überschritten wurde. Die ermittelte Geschwindigkeit der Transportgeräte beträgt 37 km/h, trotz Störstellen am Transportweg, wie Aus- und Auffahrten der Anschlussstellen. Des Weiteren wurde eine Auslastung der Kippermulde von lediglich 65 % erreicht. Der daraus abgeleitete geringe Ladefaktor von 0,7 bzw. der errechnete Auflockerungsfaktor des Abbruchmaterials von 1,43 ist auf die großen, plattigen Betonschollen zurückzuführen.

In der nachfolgenden Tabelle werden die wesentlichen baubetrieblichen Richtwerte dargestellt.

Tabelle 7.1: Baubetriebliche Richtwerte - Betondeckenabtrag

Betondeckenabtrag		
Vorgang	Richtwert	Merkmale
Entspannen	6000 m ² /d	60 cm Teilung; fünfmalige Befahrung des Querschnitts (11,60m)
Reißen	125 m ³ /h	46 to Bagger mit modifiziertem Reißzahn (ohne Berücksichtigung der Ausfallszeiten)
Laden	110 m ³ /h	46 to Bagger mit modifiziertem Tiefloffel
Abtrag der Überfahrten	26 m ³ /h	Beladung des aufgerissenen Materials erfolgt mit Radlader
Ladefaktor (ü. Nutzlast)	0,70	Betondecke ca. 22 cm, Vorleistung 60 cm Schlagabstand
Verfuhr - Geschwindigkeit	37 km/h	Mittelwert über die gesamte Betrachtung
Entladezeit	2 min	inkl. Wenden Fahrt zur Entladestelle
Beladezeit	9 min	inkl. Wendezeit und allfälligen Wartezeiten
Aufbereiten 0/63	185 t/h	zweistufige Brecheinheit aus Backen- und Prallbrecher
Aufbereiten 0/45	175 t/h	zweistufige Brecheinheit aus Backen- und Prallbrecher
Aufbereiten 0/32	170 t/h	zweistufige Brecheinheit aus Backen- und Prallbrecher

Aus der Gegenüberstellung aller Aufwände und Erlöse aus der Urkalkulation wird bei diesem Bauverfahren ein Verlust von ca. 40.500 € erwirtschaftet.

7.1.2 Erkenntnisse

Aus den Beobachtungen war ersichtlich, dass Hindernisse, wie Hochspannungsleitungen oder Brückenobjekte, für den Ladebagger eine Einschränkung der Manövrierfähigkeit bedeuten. Aufgrund dessen sollte in zukünftigen Bauvorhaben darauf geachtet werden, das aufgerissene Material vom Radlader aus den Einschränkungsbereich der Hindernisse wegzuschaffen und außerhalb aufzuhalten, um die Beladung mit dem Ladebagger zu erleichtern.

Wesentlich für die Kalkulation zukünftiger Projekte ist es, bei einer nicht vorhandenen Abwurfkante am Zwischenlagerplatz einen zusätzlichen Bagger zur Aufhaltung des Materials vorzusehen. Das antransportierte Material wird dabei systematisch zu einem Damm aufgebaut, auf dem ständig eine Abwurfkante sichergestellt ist und durch den das Lagern des Abbruchmaterials auf kleinen Flächen ermöglicht wird. Dieser Bagger übernahm in der gegenständigen Baustelle zusätzlich die Koordination der ankommenden Transportgeräte und war für den Fall einer Störung an der Brecheinheit notwendig, um das ankommende Abbruchmaterial in der Zwischenzeit aufzuhalten.

Es wurde außerdem erkannt, dass der nachträgliche Abtrag der Aus- und Auffahrten mit dem Radlader durchgeführt werden sollte. Die

Leistung war geringfügig höher als bei der Variante, die eine Verladung des Materials mit dem Hydraulikbagger bewerkstelligt. Jedoch kann der Abtrag unabhängig vom Ladebagger stattfinden, wodurch die Transportkette des Abtrags ständig aufrechterhalten bleiben kann und unnötige Wartezeiten der Geräte, durch Überstellung des Baggers, verhindert werden.

Für höhere Leistungswerte wird empfohlen einen geringeren Schlagabstand des Betonzerstörers von max. 50 cm zu wählen bzw. eine dreifache Befahrung einer 4,70 m breiten Betonplatte vorzusehen. Davon abgeleitet kann das Gefüge der Betonfahrbahn leichter aufgerissen werden und erzeugt sogleich kleinere Betonbruchschollen. Diese Bruchstücke können aufgrund des geringeren Ausmaßes leichter verladen werden und einen höheren Ausnutzungsgrad der Transportmulden erreichen. In der Folge wird die Nacharbeit zum Zerkleinern der Bruchstücke mit dem Hydraulikmeißel verringert. Außerdem werden „Stopfer“ an der Brechereinheit verhindert, sowie lange Ausfallszeiten minimiert.

7.2 Zementstabilisierte Tragschicht

Aufgrund eines Ausführungsvorschlags des Auftragnehmers werden der bestehende Asphalt unter der Betondecke von 17 cm und ein Teil der darunterliegenden, ungebundenen Tragschicht mit der Dicke von 25 cm homogenisiert. Dabei vermischt ein Kaltrecycler die Materialien zu einem homogenen Baustoff. Das gefräste Material wird anschließend mit einem Grader planiert und verdichtet. Zum Nachweis der geforderten Verdichtungswerte am Unterbauplanum, 25 cm tiefer als das hergestellte Zwischenplanum, wird in der Folge mit einer 26 Tonnen schweren Walze eine flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle (FDVK) durchgeführt. Durch diese Methode werden die vorhandenen Verdichtungswerte dokumentiert und Schwachstellen des Unterbaus erkannt. Nach erfolgreicher Prüfung des Zwischenplanums werden 5 cm Zusatzmaterial aus aufbereitetem Beton angeschüttet und eingebaut. Ein Grader planiert das vorgelagerte Material mit einer 3-D Streuerung in die endgültiger Höhen- und Querlage. In der Folge wird Zement auf das hergestellte Planum gestreut und anschließend mit einer Bodenfräse unter Zugabe von Wasser durchmischt. Das aufgelockerte Material wird durch Verdichtung in die ursprüngliche Höhenlage gebracht und abschließend mit dem Grader abgezogen. Um eine Austrocknung des Baustoff-Zementgemisches zu verhindern wird Bitumen aufgespritzt. Die Befahrung dieser Bitumenschicht wird durch Abstreuen ermöglicht. Nach 24-48 Stunden wird diese Schicht mit einer Walze entspannt, um Reflexionsrisse im Asphalt zu vermeiden.

7.2.1 Ergebnisse

Bei der Baustellenaufnahme wurden Richtwerte der eingesetzten Geräte ermittelt und in der Tabelle 7.2 zusammengefasst.

Tabelle 7.2: Baubetriebliche Richtwerte - Zementstabilisierung

Zementstabilisation		
Vorgang	Richtwert	Merkmale
Homogenisierungsfräse (2,1m)	5000 m ² /d	ca. 17cm Asphalt und 8 cm der ungebundenen Tragschicht
Grader 15 t	1050 m ² /h	ohne 3D-Steuerung zur Befahrung der homogenisierten Schicht
Verdichtung und FDVK	370 m ² /h	auf Zwischenplanum gefrästes Material ca. 17 cm Asphalt und 8 cm ungeb. Tragschicht
Grader 15 t	65 t/h	Einbau Zusatzmaterial RB I 0/32 mit 6 cm Stärke mittels 3D-Steuerung bzw. Herstellen des Feinplanums
Gummiradwalze	45 t/h	Verdichten Zusatzmaterial RB I 0/32 mit 6 cm Stärke
Verdichtung und FDVK	370 m ² /h	auf Zwischenplanum gefrästes Material ca. 17 cm Asphalt und 8 cm ungeb. Tragschicht
Zementstreuwagen	820 m ² /h	Bei einem Zementbedarf von 34,4 kg/m ²
STZ-Fräse	720 m ² /h	Frästiefe 30 cm
Grader15 t	715 m ² /h	Herstellen des Feinplanums auf der STZ, Nachprofilieren mit 3D Steuerung
Walzen	350 m ² /h	Walzleistung hinter Fräse mit 12-15 t Walzen und einer 25 t Walze (keine Trennung möglich)
Entspannungswalzen	1700 m ² /h	mit 25 t Walze
Bitumen vorspritzen und abstreuen	1650 m ² /h	0,4 kg/m ² Bitumen und 6-8 kg/m ² Splitt mit einer Körnung von 4/8

Aus der Gegenüberstellung der Kosten in der Nachkalkulation wurde für die zugehörigen Leistungspositionen zur Herstellung der zementstabilisierten Tragschicht ein Gewinn von ca. 75.000 € festgestellt.

7.2.2 Erkenntnisse

Die Anforderung an Korngrößenanteile < 4 mm, die bei laufenden Überprüfungen des Auftraggebers ermittelt werden, bedingt, dass in der Ausführung keine Mulden oder Sattel eingesetzt werden können. Ein Vorlagern einer gleichmäßigen Schicht ist mit Vorrichtungen oder Ketten an der Bordwand der Kippermulden von 3- oder 4-Achsern möglich. Sattel bzw. Dumper würden das Verteilen des Materials mit dem Grader durch die Aufhäufung bei der Entladung erschweren. Eine zu große Fallhöhe, wie beispielsweise bei Mulden, führt zusätzlich zur Entmischung bzw. zur Bildung von Staub, bei dem die geforderten Feinteile des Materials verloren gehen. Des Weiteren würden diese Transportgeräte das verdichtete Zwischenplanum durch die Wendevorgänge aufreißen.

Die Verdichtung und das Herstellen des endgültigen Planums erfordern einen hohen Arbeitsaufwand der eingesetzten Geräte. Jedoch ist dies erforderlich, um nachträgliche Materialmanipulationen mittels Grader zu vermeiden. Außerdem müsste überschüssiges Material verladen und abtransportiert werden. Zur Herstellung der Anschlüsse an Brückenobjekte bzw. Aus- und Auffahrtsrampen sind ein Mobilbagger und ein zusätzlicher Arbeiter vorzusehen.

Bei langen Transportstrecken der Zementanlieferung sind Zwischensilos erforderlich. Auf der betrachteten Baustelle wurden zwei Zementsilos am Zwischenlagerplatz aufgestellt, wobei einer gefüllt war. Dieser diente als Speicher bei Ausfall eines Transportfahrzeuges. Der zweite Silo war leer

und ermöglichte eine Entladung, wenn es einen Ausfall der Stabilisierungsfräse geben sollte.

Bei der Beobachtung des Bauverfahrens wurde erkannt, dass die Abschnittlänge der Stabilisierungsfräse auf die Leistungsansätze der nachfolgenden Maschinen abgestimmt werden muss. Dadurch wird eine ausreichende Verdichtung, sowie die Herstellung der endgültigen Quer- und Höhenlage mittels Grader ohne unproduktive Wartezeiten ermöglicht. Bei einer erforderlichen Breite von 12,84 m wurde ein Abschnitt mit einer Länge zwischen 140 und 150 m gewählt.

7.3 Einbau von bituminösen Schichten

Das Mischgut wird in einer naheliegenden Asphaltmischanlage hergestellt. Für den Antransport kamen Sattelschlepper und eine Asphaltbirne zur Anwendung. Der Einbau der bituminösen Binderschichten erfolgte auf der gegenständigen Baustelle mit einem Kettenfertiger. Zuvor muss die Unterlage von losem Material gereinigt werden und die Anschlüsse an Brückenobjekte sowie Rampen mit einem geraden Abschluss vorbereitet sein. Das Material wird mit der Einbaubohe des Fertigers mit 87 % Vorverdichtung eingebaut und im Anschluss mit einem festgelegten Walzschema auf die Einbaustärke nachverdichtet. Der Straßenquerschnitt wird mit zwei Fertigerbahnen hergestellt. Die Nahtflanke der ersten Binderschicht wird mit einer Bitumenemulsion vorgestrichen, um einen Verbund zwischen den nebeneinanderliegenden Schichten zu erreichen. Vor dem Aufbringen der zweiten Binderschichtlage wird die Fläche gereinigt und mit Bitumen vorgespritzt. Auf der zweiten Binderschicht erfolgte der nahtlose Deckenschichteinbau mit gestaffelt fahrenden Fertigern, um einen „heiß an heiß“ Einbau zu erreichen. Im Gegensatz zum Binderschichteinbau wurden bei diesem Arbeitsschritt die Überfahrten für den öffentlichen Verkehr kurzzeitig gesperrt, um die geforderte Oberflächenqualität der Deckschicht zu erreichen.

7.3.1 Ergebnisse

Bei der Auswertung der Daten wurde eine Abweichung der angesetzten Umlaufzeiten beim Mischguttransport erkannt. Die mittlere Umlaufzeit beim Einbau der 6,5 cm starken Binderschicht betrug 1,36 h/Fuhr. Im Gegensatz dazu war eine Umlaufzeit von 1,19 h/Fuhr in der Urkalkulation vorgesehen. Der Grund für diese Abweichungen war die Herstellung der Aus- bzw. Auffahrten an den Anschlussstellen, die während der gesamten Bauzeit aufrechterhalten bleiben mussten. Durch Abzug der Unterbrechungsdauer wurde eine Umlaufzeit von 1,20 Stunden beim Einbau der zweiten Binderschicht ermittelt.

Die errechneten Richtwerte beim Einbau der bituminösen Schichten werden in der Tabelle 7.3 angeführt.

Tabelle 7.3: Baubetriebliche Richtwerte - Asphalteinbau

Asphalteinbau		
Vorgang	Richtwert	Merkmale
Großfertiger Einbauleistung	120 t/h	Binderschichteinbau 6,5-7,0 cm
Radfertiger Anschlussfläche	60 t/h	Anschlussflächen bei Rampen
Großfertiger Einbauleistung SMA	65 t/h	Herstellung der Deckschicht 3,5 cm bei Einsatz von zwei Fertignern
Kleinfertiger	25 t/h	Binderschichteinbau 6,5 Mittelstreifen mit 1,8 m
Stehzeit bei Überfahrt	50 min	Erforderliche Stehzeit fürs Abkühlen und für temporäre Verkehrsumlegung
Geschwindigkeit Transport	45 km/h	mittlere Geschwindigkeit von Sattelschlepper
Geschwindigkeit Rückwärtsschieben	10 km/h	mittlere Geschwindigkeit beim Rückwärtsschieben von Sattelschlepper
Beladezeit	14 min	An Asphaltmischanlage
Entladezeit	30 min	Bindermaterial 7 cm mit allfälliger Wartezeit
Entladezeit	26 min	Bindermaterial 6,5 cm mit allfälliger Wartezeit
Entladezeit	38 min	SMA-Material mit allfälliger Wartezeit

In der durchgeführten Nachkalkulation erforderlicher Leistungspositionen im Zuge des Asphalteinbaus wurde in der Gegenüberstellung von Aufwand und Erlös ein Verlust von ca. 122.500 € festgestellt.

7.3.2 Erkenntnisse

Bei den Beobachtungen wurde festgestellt, dass die Unterlage der ersten Binderschicht frei von losem Material sein muss, um ein seitliches „Abdriften“ und daraus resultierend die Bildung von Längsrisse zu vermeiden. Des Weiteren ist es empfehlenswert mit dem Einbau auf der tieferen Querschnittsseite zu beginnen, um den Walzen bei der zweiten Bahn ein Widerlager zu bieten. Für die Tagesanschlüsse sind ein Mobilbagger sowie eine zusätzliche Arbeitskraft vorzusehen.

Bei der Querung von Aus- und Auffahrten der Anschlussstellen kamen zwei Varianten zur Anwendung. Der nachträgliche Einbau erforderte eine längere Unterbrechung der Transportkette, da die Asphaltpartie den fortschreitenden Einbau unterbrechen muss, um die freigelassenen Bereiche zu schließen. Dadurch entstehen Nähte in Bereichen, die durch den Verkehr stark belastet sind. Eine weitere Variante kann während direkt im Zuge des Einbaus erfolgen. Durch Abkühlen mit Wasser wurde die Aus- bzw. Auffahrt für den öffentlichen Verkehr, bei Erreichen der geforderten Maximaltemperatur von 35 °C, wieder freigegeben. Für diesen Vorgang ist eine Stehzeit des Fertiger und der Transportkette von durchschnittlich 50 Minuten einzurechnen.

Für den kontinuierlichen Einbau des Mischguts kann auf Großbaustellen ein Beschicker vor dem Fertiger von großer Bedeutung sein. Unregelmäßige Antransporte des Mischguts können mit dieser Methode ausgeglichen werden. Dadurch werden ein kontinuierlicher Einbauvorgang des Fertigers sichergestellt und daraus folgend Unebenheiten an der Asphaltoberfläche vermieden.

7.4 Betonbau – Sanierung von schadhaften Beton

Im Zuge der Generalsanierung wurden ebenso schadhafte Betonflächen an den Brückenobjekten saniert. Für die fachgerechte Instandsetzung muss der Bereich des schadhaften Betons mit einem Schnitt abgegrenzt werden. Im Anschluss wird der Beton mit einem Meißel abgetragen. In der Leistungsbeschreibung wird zwischen horizontalen, vertikalen und Flächen an der Untersicht von Bauwerken unterschieden. Der angegriffene Bereich um die korrodierende Bewehrung muss abgetragen werden. Anschließend erfolgen eine Reinigung der gesamten abgetragenen Fläche mit Verwendung von festem Strahlmittel, sowie die Reinigung der Bewehrungseinlage gemäß dem geforderten Reinheitsgrad. In weiterer Folge werden ein Korrosionsschutz und bei Bedarf gemäß Hersteller ein Haftanstrich auf die Fläche aufgebracht. Nach Erfordernis müssen, bei zu geringer Betondeckung, Profilleisten angebracht werden, welche die geforderte Überdeckung der Bewehrungseinlage sicherstellt. Der Saniermörtel wird schichtenweise mit einer Spachtel aufgebracht und abschließend abgezogen. Alternativ kann zur Instandsetzung von vertikalen Flächen eine Vorsatzschale zur Anwendung kommen, die eine flächige Sanierung einer bzw. mehrerer Schadstellen ermöglicht.

7.4.1 Ergebnisse

Die Aufwandswerte für die Instandsetzung von schadhaften Beton sind von der Flächengröße abhängig. In der Auswertung wurde zwischen Schadstellen mit und Schadstellen ohne Profilierung unterschieden. Erfolgt z.B. eine Sanierung ab einer Größe von 0,20 m² (0,45x0,45 m) mit einer Profilierung ist mit einem mittleren Aufwandswert von 2,9 Std/m² zu rechnen.

Tabelle 7.4: Baubetriebliche Richtwerte – Instandsetzung von schadhaften Beton

Betonbau - Instandsetzung von Schadstellen im Beton		
Vorgang	Richtwert	Merkmale
Betonabtrag vertikal	2,0 Std/(m ² xcm)	Berzogen auf abzutragende Schichtstärke von 1 cm
Betonabtrag Untersicht	1,1 Std/(m ² xcm)	Berzogen auf abzutragende Schichtstärke von 1 cm
Sandstrahlen vertikal	0,68 Std/m ²	Variert aufgrund der Art der abzulösenden Beschichtung
Sandstrahlen Untersicht	1,08 Std/m ²	Variert aufgrund der Art der abzulösenden Beschichtung
Reparaturmörtel auftragen vertikal	2,38 Std/(m ² xcm)	ohne Profilierung
Reparaturmörtel auftragen Untersicht	3,35 Std/(m ² xcm)	ohne Profilierung
Reparaturmörtel auftragen Untersicht	4,37 Std/(m ² xcm)	mit Profilierung
Instandsetzung mit Vergussmörtel	0,51 Std/(m ² xcm)	vertikale Vorsatzschale

Der Gesamtverlust bei den Instandsetzungsarbeiten der drei beobachteten Brückenobjekten beträgt ca. 1.900 €.

7.4.2 Erkenntnisse

Zur Erfassung des Aufwandswertes ist bei der Zeiterfassung eine Zuordnung zu den einzelnen Flächen erforderlich. Die Messgenauigkeit der einzelnen Tätigkeiten ist insbesondere bei kleinen Flächen in Sekunden aufzunehmen, um eine Aussage treffen zu können.

Aus den Beobachtungen war ersichtlich, dass der Aufwandswert zur Vorbereitung der Oberfläche mittels Sandstrahlen von Dicke der vorhandenen Beschichtung abhängt. Neben den höheren Lohnstunden steigt auch der Verbrauch des erforderlichen Sandstrahlgranulats.

Bei der vertikalen Instandsetzung von kleinflächigen Schadstellen unter 4 m² ist es sinnvoll größere Sanierungsflächen zusammenzufassen und eine flächige Instandsetzung durch Vergussmörtel durchzuführen. Dabei wurde festgestellt, dass der abgeleitete Lohnstundenaufwand im Vergleich zur herkömmlichen Sanierung von vertikalen um ca. 80 % geringer war.

7.5 Betonbau - Randbalkenerneuerung

Die Randbalken wurden in der Regel in einer Nachtsperre der Autobahn mit zwei Mobilbaggern abgetragen. Dabei wurden Teilstücke des Randbalkens auf das Tragwerk nach innen geklappt, in Stücken mit einer Länge von ca. 2,5 m auf einen LKW verladen und zur Aufbereitung auf den Zwischenlagerplatz gebracht. Zur Erneuerung des Randbalkens ist der Aufbau eines Arbeits- bzw. Schutzgerüsts erforderlich, um den darunter fahrenden Verkehr vor herabfallenden Teilen zu schützen. Dabei wurde eine Gesimsbühne verwendet, die zusätzlich mit eingehängtem Gesimsträger als Auflager der herzustellenden Randbalkenschalung diente. Der Randbalken wird an der Sichtfläche zur Fahrbahn und an der Untersicht eingeschalt, um die Bewehrungsarbeiten zu ermöglichen. Als kraftschlüssige Verbindung zwischen Tragwerk und Randbalken werden spezielle Dübel versetzt. Anschließend an die Bewehrungsarbeiten wird die Schalung an der Außenfläche geschlossen. Der Beton wurde mit der Betonrutsche eines Fahrmischers eingebaut, der sich am abgesperrten Fahrstreifen der Brücke befand. Nach erfolgter Nachbehandlung und Erhärtung des Betons wird die Schalung wieder entfernt sowie das Gerüst rückgebaut.

7.5.1 Ergebnisse

Für die Randbalkenerneuerung wurden Richtwerte der zugehörigen Leistungspositionen ermittelt und in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 7.5: Baubetriebliche Richtwerte – Randbalkenerneuerung

Betonbau - Randbalkenerneuerung		
Vorgang	Richtwert	Merkmale
Randbalkenabtrag	4,35 m ² /h	mit bis zu zwei Mobilbagger
Montage der Gesimsbühnen	1,30 m/Std	Zusammenbauen und Einhängen der Gesimsbühnen
Herstellen des Schutz- und Arbeitsgerüsts	1,26 m/Std	Gerüstpfosten, Schutzgitter, dichter Boden
Brückenanker versetzen	5,70 m/Std	Vorböhrern und Verkleben von Niro Dübel M16
Randbalken schalen und betonieren	11,90 Std/m ³	Ein- und Ausschalen des Randbalkens inkl. Einbringen von Beton in die Schalung mit Fahrmischer und Nachbehandlung
Bewehren Randbalken	20,75 Std/t	Leistung von Subfirma

Bei der Gegenüberstellung des monetären Aufwands und dem Erlös aus der Urkalkulation wurde bei der Randbalkenerneuerung von zwei Brückenobjekten ein Verlust von ca. 11.500 € errechnet.

7.5.2 Erkenntnisse

Aus den Baustellenbeobachtungen wurde erkannt, dass der Abbruch des gesamten Randbalkens in einem Arbeitsgang einen höheren Leistungswert erreicht, als ein Abtrag in kleineren Abschnitten, unter fließendem Verkehr auf der Brücke.

Bei den Bewehrungsarbeiten von Randbalken wurde der Mehraufwand beim Flechten des Bewehrungskorbes vom ausführenden Subunternehmen über die geleisteten Lohnstunden abgegolten. Die Verechnung einer Pauschale pro verlegtes Gewicht war bei der Randbalkenbewehrung nur dann möglich, wenn die Arbeiten auf freier Fläche ermöglicht werden. Die entstehenden Mehrkosten für das Einheben mit einem Kran sind bei dieser Methode zu berücksichtigen.

Beim Versetzen der Brückenanker wurde der Leistungsansatz der Urkalkulation überschritten. Anstatt der angesetzten Anzahl von 6 Stk/Std wurden ca. 11,5 Stk/Std an Brückenanker versetzt.

7.6 Nachkalkulation

In der folgenden Tabelle werden die Nachkalkulationsergebnisse der betrachteten, wesentlichen Bauverfahren dieser Masterarbeit zusammengefasst. Die Ergebnisse des Betondeckenabtrags, der Herstellung der zementstabilisierten und der bituminösen Schichten beziehen sich auf die anteilige Großfläche der Richtungsfahrbahn Voralpenkreuz. Die Tätigkeiten im Zuge der Instandsetzung von schadhafte Beton wurden anhand von Feldbeobachtungen an drei Brückenobjekten ermittelt. Die Ergebnisse der Randbalkenerneuerung wurden anhand der Aufzeichnungen von Bautagesberichten an zwei Brückenobjekten errechnet.

Tabelle 7.6: Nachkalkulationsergebnisse

Übersicht Nachkalkulationsergebnisse				
Bauverfahren	Aufwand	Erlös	Delta	
Betondeckenabtrag	401.461,64 €	360.915,51 €	- 40.546,12 €	- 11,2 %
Zementstabilisierung	655.536,71 €	730.822,71 €	75.286,00 €	10,3 %
Asphalteinbau	3.230.489,85 €	3.108.044,06 €	- 122.445,79 €	- 3,9 %
Randbalkenerneuerung	100.084,03 €	88.446,89 €	- 11.637,15 €	- 13,2 %
Instandsetzung	7.733,02 €	5.843,34 €	- 1.889,68 €	- 32,3 %
Gesamt	4.395.305,25 €	4.294.072,51 €	- 101.232,73 €	- 2,4 %

In der Gegenüberstellung der betrachteten Bauverfahren errechnet sich ein Gesamtverlust von ca. 101.000 €, was bei einem Erlös von ca. 4,3 Mio € ein Delta von 2,4 % ergibt. Es ist hierbei anzumerken, dass in dieser Arbeit die vertraglich vereinbarte Preisgleitung nicht berücksichtigt wurde. Dadurch werden nicht die letztgültigen Ergebnisse der Bauverfahren dargestellt.

7.7 Ausblick

Aufgrund des ständigen Kosten- und Termindrucks im Baugeschäft sollte in Betrieben die Schaffung einer aktuellen und hinreichend genauen Datenbasis durchgeführt werden. Durch Annahmen aus Erfahrung und groben Schätzungen besteht ein Risiko von Fehlkalkulationen oder Störungen im Bauablauf. Eine Verbesserung und Verringerung des Risikos kann durch Sammeln und Nutzen von Arbeitszeitaufzeichnungen erreicht werden. Die Beobachtungen der Vorgänge auf der Baustelle sind jedoch unter dem Druck des Tagesgeschehens nur schwer durchsetzbar, wobei mit den Analysen der Daten und der Erfassung von Einflüssen auf das Baugeschehen wiederum Zeit sowie Kosten eingespart werden können. Je nach betrachtetem Bauverfahren variiert der erforderliche Zeitaufwand zur Erfassung der Daten. Aus den gegenständigen Untersuchungen zeigt sich, dass Bautagesberichte sowie Lieferscheine nur eine ausreichende Basis bilden, wenn eine Zuordnung zu den Verfahren und das zeitliche Ausmaß aufgezeichnet werden. Aus Betrachtungen der gesamten Leistungsmenge und der geleisteten Stunden wird zwar ein Vergleichswert errechnet, jedoch können ohne detaillierte Aufzeichnungen keine Aussagen über Abweichungen getroffen werden.

A.1 Objekte und Störstellen

In der folgenden Tabelle werden Objekte und Störstellen im Baulos mit Profilen und Autobahnkilometer aufgezeigt. Die definierten Freiland Strecken sind Bereiche zwischen vorhandenen Brückenobjekten und Aus- sowie Auffahrten der Autobahn. Auf diesen Strecken befinden sich zusätzlich Hindernisse, wie Hochspannungsleitungen oder Überkopfmesseinrichtungen. Beim Profil 110 befindet sich die Betriebsumkehr der Autobahnmeisterei Lebring, an der die Abfahrt zum Zwischenlagerplatz errichtet wurde.

Tabelle Anhang 1: Objekte und Störstellen im Baulos

Störstellen und Objekte A9 Lebring - Leibnitz Richtungsfahrbahn Voralpenkreuz

	Profile				Länge m	Bereich	
	von	Abm	bis	Abm			
BLE		214.913,24	332	-5	214.506,53	406,71	Freiland Strecke
338	10	214.671,64	338	-10	214.651,64	20,00	Objekt E29
332	-5	214.506,53	330		214.461,51	45,02	Abfahrt Leibnitz
330		214.461,51	322	10	214.271,51	190,00	Freiland Strecke
328		214.411,48	327	-10	214.376,58	34,90	Hochspannungsleitung
322	10	214.271,51	322	-10	214.251,51	20,00	Objekt E28
323		214.286,47	320	10	214.221,53	64,94	Ausfahrt Leibnitz
320	10	214.221,53	263	10	212.790,89	1.430,64	Freiland Strecke
312	15	214.026,34	312	-15	213.996,34	30,00	Hochspannungsleitung
310	15	213.976,35	310	-15	213.946,35	30,00	Hochspannungsleitung
303	15	213.801,31	303	-15	213.771,31	30,00	ASFINAG Messeinrichtung
279	15	213.195,93	279	-15	213.165,93	30,00	Hochspannungsleitung
263	10	212.790,89	262	10	212.765,84	25,05	Objekt E27
262	10	212.765,84	221	-5	211.725,27	1.040,57	Freiland Strecke
221	-5	211.725,27	219	5	211.685,46	39,81	Objekt E26 Unterführung
219	5	211.685,46	216	15	211.620,25	65,21	Freiland Strecke
216	15	211.620,25	215	10	211.590,27	29,98	Abfahrt Raststation
215	10	211.590,27	200	-15	211.190,09	400,18	Freiland Strecke
200	-15	211.190,09	198		211.155,08	35,01	Ausfahrt Raststation
198		211.155,08	162	-5	210.249,66	905,42	Freiland Strecke
162	-5	210.249,66	157	10	210.139,82	109,84	Objekt E24 Unterführung
157	10	210.139,82	140	-5	209.699,54	440,28	Freiland Strecke
140	-5	209.699,54	136	5	209.609,79	89,75	Objekt E23 Unterführung
136	5	209.609,79	107		208.880,01	729,78	Freiland Strecke
110	15	208.969,74	110	-5	208.949,74	20,00	Betriebsumkehr
107		208.880,01	105		208.829,50	50,51	Objekt E23a Unterführung
105		208.829,50	70	-5	207.949,71	879,79	Freiland Strecke
70	-5	207.949,71	69		207.929,63	20,08	Abfahrt Lebring
69		207.929,63	65	10	207.839,63	90,00	Freiland Strecke
65	10	207.839,63	65	-10	207.819,63	20,00	Ausfahrt Lebring
65	-10	207.819,63	62		207.754,87	64,76	Freiland Strecke
62		207.754,87	61	10	207.739,84	15,03	Objekt E22
61	10	207.739,84	55		207.579,79	160,05	Freiland Strecke
55		207.579,79	55	-15	207.564,79	15,00	Objekt E22a
55	-15	207.564,79	14	-5	206.554,80	1.009,99	Freiland Strecke

A.2 Anhang Betondeckenabtrag

A.2.1 Anpassung der Ladeleistung

Um einen Vergleich der Ladeleistungen mit den tatsächlichen Baustellenaufnahmen zu ermöglichen, muss der angenommene 25 t Bagger auf die Leistung des 46 t Baggers umgerechnet werden.

Die Nutzleistung eines Hydraulikbaggers zur Errechnung der Leistung für feste Kubatur wird laut Grimscheid¹¹³ mit folgender Formel errechnet:

$$Q_N = \frac{V_{SAE}}{t_S} \times 3600 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times \eta_G \quad [fm^3/h]$$

$$k_1 = \alpha \times \varphi \quad [-]$$

$$k_2 = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5 \quad [-]$$

$$k_3 = \eta_1 \times \eta_2 \quad [-]$$

Q_N	Nutzleistung	$[fm^3/h]$
V_{SAE}	Nenninhalt des Grabgefässes gemäss SAE	$[m^3]$
t_S	Spielzeit	$[s]$
α	Lösefaktor	$[fm^3/lm^3]$
φ	Füllfaktor	$[-]$
η_1	Bedienungsfaktor	$[-]$
η_2	Betriebsbedingungen	$[-]$
f_1	Einfluss Grabtiefe bzw. Abbauhöhe	$[-]$
f_2	Schwenkwinkелеinflussfaktor	$[-]$
f_3	Entleerungsgenauigkeitsfaktor	$[-]$
f_4	Schneiden-/Zahnzustandsfaktor	$[-]$
f_5	Verfügbarkeits-/Gerätezustandsfaktor	$[-]$
k_1	Ladefaktor	$[-]$
k_2	Leistungseinflussfaktor	$[-]$
k_3	Betriebsbeiwert	$[-]$
η_G	Geräteausnutzungsgrad	$[-]$

Ermittlung der einzelnen Faktoren

Der Nenninhalt des Grabgefässes ist bei beiden Geräten bekannt. Dabei kommt beim 46 t ein modifizierter Löffel mit 3 m³ und beim 25 t Hydraulikbagger ein 1,9 m³ Tieflöffel zum Einsatz.

Die Spielzeit von Baggerlöffeln mit einem Fassungsvermögen von > 2,5 m³ sind in den nachfolgenden Nomogramm nicht enthalten. Aufgrund dessen wurde bei Baustellen-beobachtungen die Spielzeit zur Beladung der Mulden ermittelt. Dabei wurde erkannt, dass mit durchschnittlich 6 Spielen des Baggers die Mulde vollständig beladen

¹¹³ GRIMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. S. 56

war. Aus der reinen Beladezeit von durchschnittlich 2 Minuten errechnet sich eine Spielzeit von 20 Sekunden.

Aus der folgenden Tabelle lässt sich die Spielzahl des 25 t Baggers ermitteln. Mit einem Tieflöffel von $1,9 \text{ m}^3$ Inhalt und einer angenommenen Bodenklasse 5 (ähnlich dem Betonbruch) errechnet sich eine Spielzeit von ca. 22 Sekunden.

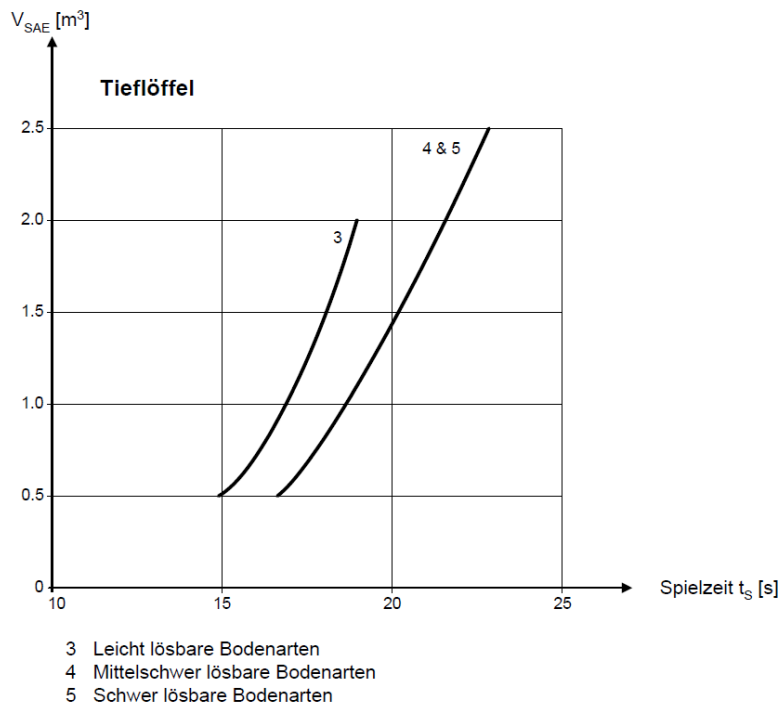


Bild Anhang 1: Spielzeitermittlung in Abhängigkeit von Löffelinhalt und Bodenklasse¹¹⁴

Für das vorhandene Material wird die Bodenklasse 6 als Vergleichswert herangezogen, da diese als fest zusammenhängende Böden mit Geröll und mehr als 30% Steinen von über $0,01$ bis $0,10 \text{ m}^3$ (Aufgabemaß der Brechereinheit $0,30 \times 0,80 \times 0,60 \text{ m}$) Rauminhalt definiert ist. Diese Kubatur wurde größtenteils beim Reißen und Befahren der Betonschollen erreicht, da nur wenige Stunden für das Zerkleinern vor der endgültigen Aufbereitung erforderlich waren. Aufgrund der großen, plattigen Bruchschollen ergibt sich ein Füllfaktor von $0,80$.

¹¹⁴ GRIMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. S. 60

Tabelle Anhang 2: Füllfaktor für Tieflöffel nach Bodenart¹¹⁵

Tieflöffel			
Boden- und Fels- klasse nach DIN 18300	Boden	Füllfaktor ϕ [-] Mittelwert	Füllfaktor ϕ [-]
			Bandbreite
1	Oberboden	Mutterboden	1.20
2	Fließende Böden	—	—
3	Leicht lösbare Böden	Sand, Kies-Sand-Gemisch, erdfeucht Nassbaggerung Sand, Kies	1.05 0.80
4	Mittelschwer lösbare Böden	Bindige Böden, Lehm, Ton sandiger Lehm, erdfeucht	1.05
5	Schwer lösbare Böden	Harter Ton	0.90
6	Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten	Fels, gut gesprengt Fels, grob gesprengt	0.90 0.80
7	Schwer lösbarer Fels	Fels, schichtig gelagert, Direktabbau	0.75

Der Lösefaktor wird von den vorgeschlagenen Werten nach Grimscheid¹¹⁶ angenommen, da vorwiegend grob zerfallenes Material vorliegt und das Material einen hohen Gesteinsanteil aufweist. Es zeigt sich aus den Beobachtungen des Transportes, dass nur ca. 65% (11,25 m³/17 m³ loses Material zu gehäuftem Muldeninhalt) des Volumens ausgenützt wird.

Aufgrund dieser Überlegungen wird der Lösefaktor am unteren Ende der vorgegebenen Bandbreite mit $\alpha = 0,70$ [fm³/lm³] angenommen.

¹¹⁵ GRIMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. S. 261

¹¹⁶ GRIMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. S. 257

Tabelle Anhang 3: Lösefaktor in Abhängigkeit von den Bodenklassen

Boden- und Fels- klasse nach DIN 18300	Boden	Lösefaktor α Mittelwert [fm ³ /lm ²]	Lösefaktor α [fm ³ /lm ²]		
			0,5	1,0	
1	Oberboden Mutterboden	0.69			
2	Fließende Böden				
3	Erde	trocken, gelagert	0.75		
		nass, ausgehoben	0.80		
	Sand	trocken, lose	0.89		
		feucht	0.89		
		nass	0.88		
	Sand und Kies	trocken	0.89		
		nass	0.91		
Kies	ungesiebt	0.89			
	trocken	0.89			
	trocken 6-50 mm	0.89			
	nass 6-50 mm	0.89			
4 & 5	Erde	Lehm	0.81		
		Ton	0.82		
	Ton	natürlich gewachsen	0.80		
		trocken	0.80		
		nass	0.80		
	Ton und Kies	trocken	0.86		
		nass	0.84		
Sand und Ton	lose	0.79			
	verdichtet	0.84			
6	Zerfallenes Gestein	25% Gestein, 75% Erde	0.80		
		50% Gestein, 50% Erde	0.75		
	75% Gestein, 25% Erde	0.70			
7	Schwer lösbarer Fels	Sandstein gebrochen / gesprengt	0.60		
		Granit gebrochen	0.61		
		Basalt gebrochen	0.66		

Der Faktor k_3 wird mit Hilfe der Betriebs- und Bedienungsfaktoren ermittelt.

Der Bedienungsfaktor η_1 hängt vorwiegend von der bedientechnischen Erfahrung des Fahrers ab. Neben den Qualifikationen des Maschinisten spielt die Motivation in Abhängigkeit vom Betriebsklima, Leistungserkennung, etc. eine entscheidende Rolle.

Tabelle Anhang 4: Bedienungsfaktoren¹¹⁷

Bedienungsfaktor	η_1
Vorfürer	1.10
geübter Fahrer (sehr gut)	1.00
durchschnittlicher Fahrer	0.80
ungeübter Anfänger	0.65

Die Beurteilung ist sehr schwierig und wird deshalb für die vorhandene Annahme angepasst.

¹¹⁷ GRIMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. S. 263

Der Betriebsfaktor η_2 wird durch folgende Faktoren beeinflusst:

- Optimale Abstimmung der Geräte in der Prozesskette
- Wetter und Sichtverhältnisse
- Zustand der Bewegungsoberfläche für Lade- und Transportgeräte
- Platzverhältnisse für optimale Bewegungsabläufe der Geräte

Tabelle Anhang 5: Betriebsfaktoren

Betriebsbedingungen	η_2
sehr gut	1.00
gut	0.95
mittel	0.85
schlecht	0.70 – 0.80

Ebenso werden in diesem Fall die Werte auf den vorhandenen Ansatz der Urkalkulation abgestimmt.

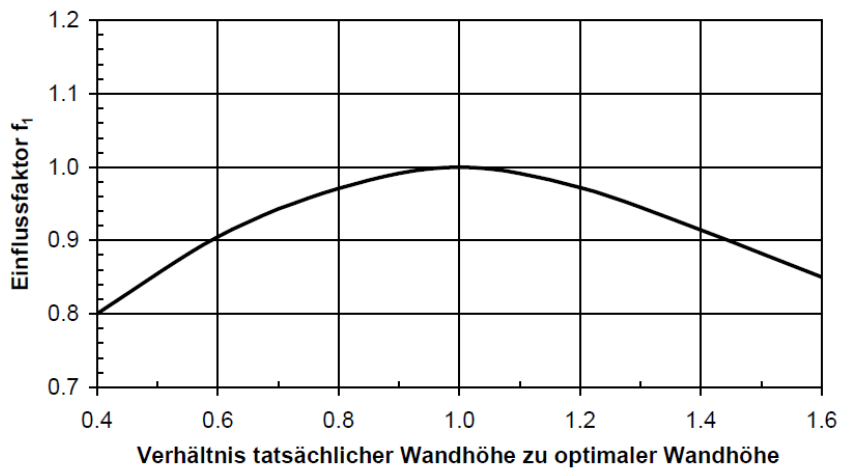
Der Einflussfaktor hängt vom Grabgefäßvolumen ab und kann mit der Verhältniszahl von tatsächlicher zu optimaler Grabtiefe abgeleitet werden. Dafür wird aus der folgenden Tabelle die optimale Wandhöhe für den jeweiligen Löffelinhalt bei vorhandenem rolligen Material ermittelt.

Tabelle Anhang 6: optimale Wandhöhe¹¹⁸

Optimale Wandhöhe bei:	Löffelinhalt [m ³]						
	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
Rolligem Material [m]	1.9	2.0	2.4	2.6	2.8	3.0	3.5
Schüttfähigem Material [m]	2.4	2.6	3.2	3.5	3.8	4.2	4.9
Stark bindigem Material [m]	2.8	3.0	3.8	4.1	4.5	5.0	6.2

Die tatsächliche Grabtiefe des aufgebrochenen Materials beträgt im Durchschnitt 1,0 m. Daraus errechnet sich ein Verhältnis der tatsächlichen zur optimalen Grabtiefe, welches einen Wert kleiner als 0,4 ergibt.

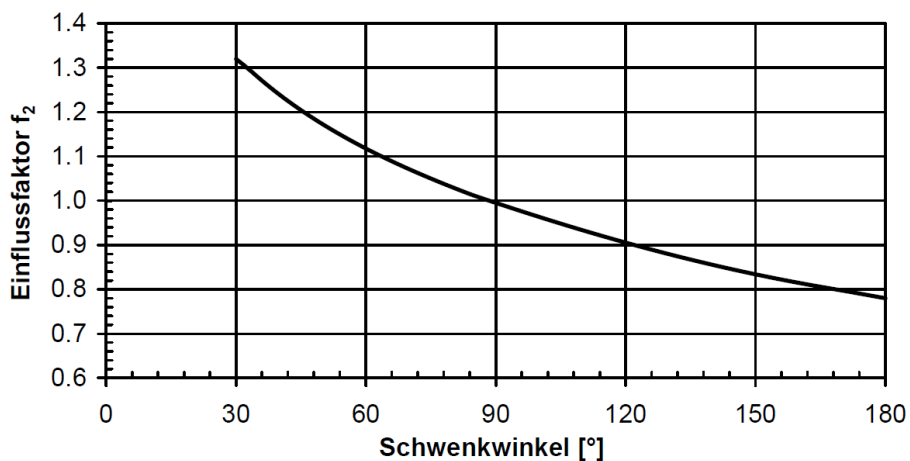
¹¹⁸ GRIMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. S. 267

Tabelle Anhang 7: Abbau- und Grabtiefenfaktor¹¹⁸

Aus dem Verhältnis und den der Grabtiefen lässt sich ein Einflussfaktor f_1 von 0,8 ableiten.

Der Schwenkwinkleinfluss- und Fahrwegfaktor f_2 berücksichtigt Abweichungen vom 90° Schwenkwinkel zwischen Füllen und Entleeren des Grab- und Ladegefäßes. Große Nutzleistungen werden durch einen möglichst kleinen Schwenkwinkel erreicht, wodurch der Einflussfaktor >1 beträgt. Bei der vorliegenden Baustellensituation erfolgt das Laden im 90° Schwenkwinkel. Der Einflussfaktor f_2 beträgt daher 1,0. Das folgende Diagramm zeigt die Auswirkung des Schwenkwinkels abweichend von 90°.

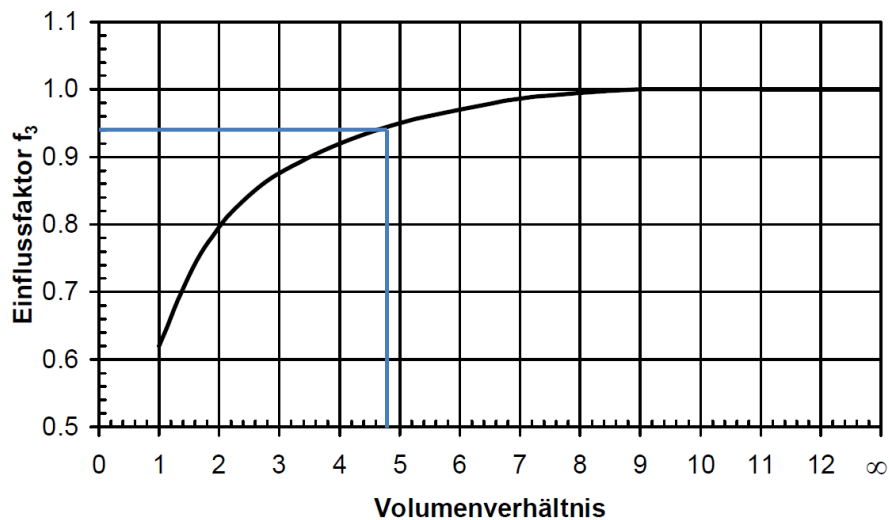
Tabelle Anhang 8: Einflussfaktor des Schwenkwinkels



Die Genauigkeit der Entleerung wird im Einflussfaktor f_3 berücksichtigt. Dabei kommt es zu Leistungsminderungen, die durch das gezielte Entleeren des Grabgefäßes in eine Mulde im Vergleich zur ungezielten Entleerung auf einer Halde entstehen.

Für die Ermittlung des Faktors wird das Volumenverhältnis von Transporterätdevolumen zu Volumen des Löffels errechnet. Die Verfuhr wird in der Regel mit Knickgelenksdumper bewältigt, die einen aufgehäuften Muldeninhalt von durchschnittlich 17 m³ befördern können. Daraus ergibt sich ein Verhältnis von 4,86 für den 46 t Bagger und 8,95 für den 25 t Bagger.

Tabelle Anhang 9: Entleerungseinflussfaktor¹¹⁹



Aus dem Diagramm lässt sich nun ein Einflussfaktor von 0,94 für den 46 t Bagger und 1,0 für den 25 t Bagger ableiten.

Der Einfluss des Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor kann aufgrund ständigen Gebrauchs der Anbaugeräte mit 0,9 angenommen werden.

Tabelle Anhang 10: Schneiden- und Zahnzustandsfaktor

Schneiden-/Zahnzustandsfaktor	f_4 [-]
Neuzustand	1.00
mittlerer Verschleiss	0.90
hoher Verschleiss	0.80

Der letzte Faktor ergibt sich aus der Verfügbarkeit und dem Zustand des verwendeten Gerätes. Mit steigender Anzahl an Betriebsstunden und Alter des Gerätes steigen die Instandsetzungserfordernisse. Es kann in der Folge zu Reparaturzeiten aufgrund von Maschinenausfällen kommen, wodurch die Maschinen für den Baustelleneinsatz nicht zur Verfügung stehen.

¹¹⁹ GRIMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. S. 273

Tabelle Anhang 11: Gerätezustandsfaktor nach Betriebsstunden¹²⁰

Gerätezustandsfaktor	f_5 [-]
– 1000 Betriebsstunden	1.00
1000 – 1500 Betriebsstunden	0.93
1500 – 2000 Betriebsstunden	0.85
2000 – 3500 Betriebsstunden	0.75
3500 – 5000 Betriebsstunden	0.65

Für den 46 t Bagger werden 0,80 angenommen, da dieses Gerät schon viele Betriebsstunden besitzt und dementsprechend schon einige Jahre im Einsatz ist. Der 25 t Bagger hingegen kann als Gerät mit wenigen Betriebsstunden angesetzt werden, jedoch erfolgt hier eine Anpassung an die vorhandene Leistungsannahme des K7-Blattes, woraus sich ein Wert von 0,85 ableiten lässt.

Der Geräteausnutzungsgrad beschreibt die technischen Bedingungen sowie die physische und psychische Gesamtbelastung des Geräteführers. Die Bedienvorgänge bzw. Umweltbedingungen fließen somit auf die Leistungsfähigkeit ein. Es kann im Allgemeinen davon ausgegangen werden, dass die Geräte nicht 60 Minuten pro Stunden im Einsatz sind. Es ergeben sich kurze Pausen aus den Transportzyklen.

Tabelle Anhang 12: Geräteausnutzung in Bezug auf Umweltbedingungen

Geräteausnutzungsgrad	η_G [-]
offene Baugrube und Entleeren auf Fahrzeug	0.75 – 0.80
Grabenaushub und Entleeren auf Fahrzeug	0.60 – 0.75
Aushub im öffentlichen Verkehrsraum	0.50 – 0.65

Aufgrund der entstehenden Wartezeiten, jedoch einem freien Baufeld wird dieser Faktor mit 0,75 angenommen.

Die Ergebnisse werden im Kapitel Tabelle 3.12 dargestellt.

¹²⁰ GRIMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. S. 275

A.2.2 Ermittlung der erforderlichen Gerätekette

Für die Ablaufplanung wurden folgende Faktoren für Leistungsermittlung eines 25 t Hydraulikbaggers herangezogen: Die Berechnung erfolgt identisch zur Ermittlung des vorangegangenen Kapitels.

Tabelle Anhang 13: Leistungsermittlung für einen Hydraulikbagger (25 t)

Nutzleistung für Hydraulikbagger		Literaturannahmen für Komatsu PC240	
		25 t	Begründung der Annahmen
Nenninhalt des Grabgefäßes	V_{SAE}	1,90 m ³	
Spielzeit	t_s	22 sec	
Lösefaktor	α	0,80 fm ³ /lm ³	Zerfallenes Gestein 50% - 50% Feinmaterial
Füllfaktor	ρ	0,85	untere Grenze für Werte der Bodenklasse 5
Bedienungsfaktor	η_1	1,00	geübter Fahrer
Betriebsfaktor	η_2	0,95	gute Betriebsbedingungen
Graftiefenfaktor	f_1	0,80	entsprechend dem Verhältnis 1,0/2,6=0,38
Schwenkwinkelfaktor	f_2	1,00	90° Schwenkwinkel aus Bauablaufsplanung
Entleerungsgenauigkeit	f_3	1,00	Verhältniszahl 8,95=17m ³ /1,9m ³
Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor	f_4	1,00	Neugerät
Verfügbarkeits- Gerätezustand	f_5	1,00	Neugerät
Geräteausnutzung	η_G	0,75	ähnlich einem Grabenaushub

$$Q_{N,Bagger} = \frac{V_{SAE}}{t_s} \cdot 3600 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \eta_G$$

$$k_1 = \alpha \cdot \rho$$

$$k_2 = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$$

$$k_3 = \eta_1 \cdot \eta_2$$

$$Q_{N,Bagger} = \frac{1,90}{22} \cdot 3600 \cdot 0,68 \cdot 0,80 \cdot 0,95 \cdot 0,75 = 120,51 \text{ m}^3/\text{h}$$

Randbedingungen für Transportbetrieb

Die technischen Daten und Randbedingungen der Verfuhr werden in folgenden Punkten festgehalten:

Knickgelenk Dumper VOLVO A30D

Fahrgestell: 6x6

Nenninhalt: 17,5 m³

eff. Motorleistung P = 228 kW

Dauerbremsleistung N_B = je nach Geschwindigkeit

M_{Nutzlast} = 28 t

v_{max} = 53 km/h

- Keine Behinderung beim Kippen
- Alter und Zustand der Maschine: gut
- Qualität und Einsatzfreude des Maschinisten: sehr gut

Randbedingungen Transportstrecke:

- Übersichtliche Strecke mit mehr als einer Störstelle aufgrund von Aus- und Auffahrten des öffentlichen Verkehrs bzw. Unterführung mit möglichem Gegenverkehr

Die Transportstrecke setzt sich aus dem Baustellenbereich, der Abfahrt zum Lagerplatz und dem Zwischenlagerplatz zusammen. Die Baustraße wird zur einen Hälfte als Schotterstraße angenommen, da unter der Betondecke der Altasphalt teils beschädigt wurde, die andere Hälfte besteht aus Beton der zweiten Fahrspur. Die Abfahrt bis zum Lagerplatz und der Lagerplatz selbst besteht zum größten Teil aus Schotter.

Tabelle Anhang 14:Aufteilung der Transportstrecke

Arbeitsschwerpunkt	Streckenlänge	Anteil
Strecke Baustraße (P185+12,5m - P110)	1,89 km	1,69 km
		0,20 km
Abfahrt bis zur Entladung	0,30 km	0,30 km
gesamte Fahrstrecke	2,19 km	
Zusätzliche Wegstrecken (in Wendezeit und Entladezeit)		
Wendeschleife	0,10 km	0,10 km
Zwischenlagerplatz	0,15 km	0,15 km
gesamte Fahrstrecke	2,44 km	

A.2.3 Leistungsermittlung der Transportfahrzeuge

Die Leistungsermittlung der Transportgeräte kann mit folgender Formel errechnet werden:

$$Q_T = V_N \cdot f_L \cdot \frac{60}{T_s} \rightarrow [m^3/h]$$

Q_T = Technische Grundleistung

V_N = gehäufter Muldeninhalt nach SAE (1:2 gehäuft) in m^3

f_L = Ladefaktor nach Formel:

$$f_L = f_s \cdot f_F$$

f_s = Auflockerungsfaktor

f_F = Füllfaktor

T_s = Grundspielzeit in Minuten nach Formel:

$$T_s = t_b + t_{Laf} + t_K + t_{Lef} + t_W$$

t_b = Beladezeit

t_{Laf} = Lastfahrzeit

t_K = Kippzeit

t_{Lef} = Leerfahrzeit

t_W = Wendezeit, Wagenwechselzeit, Wartezeit

Der Auflockerungsfaktor f_s wird anhand der oben angeführten Überlegungen aus der Bodenklasse 6 entnommen (siehe Lösefaktor α bei Hydraulikbagger).

$$V_N = 17,5 \text{ m}^3$$

$$\alpha = 0,70 \text{ fm}^3/\text{lm}^3$$

$$f_F = 1,1 \text{ (Dumper im Baustellenverkehr)}$$

Tabelle Anhang 15: Füllfaktor von Transportgeräten¹²¹

	Böden	Muldeninhalt	Füllfaktor ϕ
Strassenverkehr LKW	Bindige Böden	$V_{\text{FSAE},1}$	1.00 – 1.10
	Rollige Böden		0.90 – 1.00
Baustellenverkehr LKW, Dumper, SKW	Bindige Böden	$V_{\text{FSAE},2}$	1.00 – 1.10

Aus den Annahmen des Füll- und Lösefaktor lässt sich durch Multiplikation der Ladefaktor errechnen.

$$f_L = \alpha \cdot f_F = \frac{f_F}{f_s} = 0,70 \cdot 1,1 = 0,77$$

Ermittlung der Grundspielzeit T_s :

Die Wartezeit, Wende- und Wagenwechselzeit wurde anhand der statistischen Auswertung der Baustellenbeobachtungen ermittelt und beträgt 7,3 min. Die Beladung durch den Hydraulikbagger wird mit einer Dauer von 2 min angesetzt. Hingegen erreichten die Dumper bei der Entladung des Betonabbruchs eine Zeitspanne von lediglich 1,5 min.

Die Last- und Leerfahrzeit wird hier nicht getrennt betrachtet und wird mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit von 37 km/h errechnet. Daraus ergibt sich bei einer Strecke von 2,19 km bis zum Arbeitsschwerpunkt eine Zeit von 3,55 Minuten.

Somit errechnet sich folgende Grundspielzeit T_s :

$$T_s = t_b + t_{\text{Laf}} + t_K + t_{\text{Lef}} + t_W$$

$$T_s = 2,0 + 3,55 + 1,5 + 3,55 + 7,3 = 17,9 \text{ [min]}$$

Die technische Grundleistung ergibt sich aus:

$$Q_{\text{T,Dumper}} = 17,5 \cdot 0,77 \cdot \frac{60}{17,9} = 45,17 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

¹²¹ GRIMSCHEID, G.: Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau. S. 262

Die technische Nutzleistung Q_N ergibt sich aus folgender Formel:

$$Q_{N,Dumper} = Q_{T,Dumper} \cdot \frac{T_s}{t_{EP}} \cdot f_t \cdot f_{E1} \cdot f_{E2} \rightarrow [m^3/h]$$

$Q_{T,Dumper}$ = technische Grundleistung

T_s = Grundspielzeit

t_{EP} = Engpasszeit

f_t = Transportbetriebsfaktor

f_{E1} = Baustellenfaktor

f_{E2} = Betriebsfaktor

Für die Engpasszeit ist der größere Wert aus Belade- oder Kippzeit heranzuziehen $t_{EP} = 7,70$ min. Die Wagenwechselzeit (0,60 Minuten beim instationären Betrieb¹²⁰) und für das Wenden wird 1,0 min (aus Beobachtungen) angenommen und von der ermittelten Beladezeit abgezogen.

$$T_s = 17,90 \text{ min}$$

$$Q_T = 45,17 \text{ m}^3/\text{h}$$

Zur Ermittlung des Transportbetriebsfaktors ist die Anzahl der erforderlichen Transportgeräte zu ermitteln. Die Beladungsrate ergibt sich aus der Umlaufzeit und die Zeit der Beladung (Beladezeit und die allfällige Wartezeit). Daraus ergibt sich die durchschnittliche Anzahl der erforderlichen Fahrzeuge für den Betondeckenabtrag.

$$n = \frac{T_s}{t_{EP}} = \frac{17,9}{7,7} = 2,32$$

Es werden für die durchschnittliche Betrachtung 2-3 Fahrzeuge herangezogen, wobei die Anzahl der tatsächlich erforderlichen Fahrzeuge je nach Baufortschritt abweicht. Die Anzahl bedingt eine Wartezeit des Ladebaggers, die jedoch zum Umsetzen und Zerkleinern der Betonschollen erforderlich ist.

Die Einflussfaktoren, zur Berechnung der technischen Nutzleistung, werden bei dieser Herleitung vernachlässigt, da die Zeitdauern den mittleren Werten tatsächlicher Baustellenbedingungen entsprechen.

$$Q_{N,Dumper} = Q_{T,Dumper} \cdot \frac{T_s}{t_{EP}} \cdot f_t \cdot f_{E1} \cdot f_{E2} \rightarrow [m^3/h]$$

$$Q_{N,Dumper} = 45,17 \cdot \frac{17,9}{7,7} = 105,0 [m^3/h]$$

A.3 Anhang Betonbau

In der Folge werden die A-Positionen des Leistungsverzeichnisses dargestellt.

A.3.1 Bereich A der ABC-Analyse

In der folgenden Tabelle werden die Leistungspositionen des Bereiches A dargestellt. In dieser Masterarbeit wurden daraus zwei Stammgruppen gebildet, die für Verfahrensbeobachtungen herangezogen wurde.

Tabelle Anhang 16: Bereich A der ABC-Analyse

ABC-Analyse Betonarbeiten				Gesamtsumme			2.108.562,21 €		
Lfd Nr.	Positionsnummer	Kurztext	LV-Menge	Einheit	Einheitspreis	Positionspreis	Gesamtsumme (%)	kumul. Anteile (%)	Bereich
1	0202060135E	Randbalken m.S. C25/30/RS/B7	260	m3	487,21 €	126.674,60 €	6,01%	6%	A
2	0202060201A	Betonstahl B550B	132	t	870,00 €	114.840,00 €	5,45%	11%	A
3	202070307	Aufz. Reaktionsharzmehrverbrauch	13500	kg	8,21 €	110.835,00 €	5,26%	17%	A
4	0202230113A	FRS LSStahl/Geländer kombi.eins.,H1,B,W4	655	m	157,99 €	103.483,45 €	4,91%	22%	A
5	0202060129A	Querträger Stb. m.S. C30/37/SCC/B5	249	m3	375,69 €	93.546,81 €	4,44%	26%	A
6	0202070303B	Abd. Harz Sys.III + B E-GG g + B P-KV f	2775	m2	31,14 €	86.413,50 €	4,10%	30%	A
7	0202135111A	CFK-Lamelle liefern+kleben 120/1,4mm	1200	m	55,74 €	66.888,00 €	3,17%	33%	A
8	0202131208B	Fertigmörtel KLFL Mehrdicke Untersicht M2	1350	m2	45,42 €	61.317,00 €	2,91%	36%	A
9	0202162635B	SMA11 PmB45/80-65 S2,GS, 3,5cm Fahrbr/A	8000	m2	6,77 €	54.160,00 €	2,57%	39%	A
10	202021002	Gerüst Randleisten	655	m	71,88 €	47.081,40 €	2,23%	41%	A
11	0202100315A	Elastische Belagsdehnfuge	185	m	235,00 €	43.475,00 €	2,06%	43%	A
12	0202131206B	Fertigmörtel KLFL Mehrdicke vertikal M2	1086	m2	36,90 €	40.073,40 €	1,90%	45%	A
13	0202060121K	Aufgehendes Stb. m.S. C25/30/B7/GK32	53	m3	711,56 €	37.712,68 €	1,79%	47%	A
14	0202131212B	Fertigmörtel GRFL Mehrdicke vertikal M2	1014	m2	35,94 €	36.443,16 €	1,73%	49%	A
15	0202070201A	Hydrophob. Neubeton erhöhte Chloridbelast.	1575	m2	22,42 €	35.311,50 €	1,67%	50%	A
16	0202100517D	Wasserableitungsrohre GFK DN150	375	m	89,60 €	33.600,00 €	1,59%	52%	A
17	0202161305F	AC22bind.PmB45/80-65,H1,G4,7,5cm Fahrbr/A	2409	m2	12,36 €	29.775,24 €	1,41%	53%	A
18	0202130121C	Beton abtr. kliff. unt. bewehrt 3,5	225	m2	123,11 €	27.699,75 €	1,31%	55%	A
19	0202100517E	Wasserableitungsrohre GFK DN200	200	m	134,50 €	26.900,00 €	1,28%	56%	A
20	0202131121A	Kernbohrung DN x Steck. Kumö. vert. gr20	420	m	64,00 €	26.880,00 €	1,27%	57%	A
21	0202131214B	Fertigmörtel GRFL Mehrdicke Untersicht M2	612	m2	43,00 €	26.316,00 €	1,25%	58%	A
22	0202100721D	Dübel Niro M16, RVS 15.04.12	583	m	45,03 €	26.252,49 €	1,25%	60%	A
23	0202130105G	STB abrechnen Pfeiler Widerlager	188	m3	132,87 €	24.979,56 €	1,18%	61%	A
24	0202100303A3	Übergangskonstruktion P	2	Stk	12.387,00 €	24.774,00 €	1,17%	62%	A
25	0202100261A	Spritzschutz verz. liefern und montieren 1m	260	m	91,20 €	23.712,00 €	1,12%	63%	A
26	0202131110A	Reinigen Bewehrung Sa 2,5	4210	m	5,39 €	22.691,90 €	1,08%	64%	A
27	0202162225B	AC11deck.PmB45/80-65,A2,G1,3,5cm Fahrbr/A	2409	m2	8,61 €	20.741,49 €	0,98%	65%	A
28	0202100303A1	Übergangskonstruktion P	2	Stk	9.887,00 €	19.774,00 €	0,94%	66%	A
29	0202100303A2	Übergangskonstruktion P	2	Stk	9.887,00 €	19.774,00 €	0,94%	67%	A
30	0202131112D	Bewehrstahlbesch. hydraul.	4210	m	4,59 €	19.323,90 €	0,92%	68%	A
31	0202130121D	Mehrtiefe Betonabtrag Pos. 13.0121C	225	m2	82,22 €	18.499,50 €	0,88%	69%	A
32	0202060121N	Aufgehendes Stb. m.S. C30/37/B5/GK32	57	m3	297,30 €	16.946,10 €	0,80%	70%	A
33	0202100303A4	Übergangskonstruktion P	2	Stk	8.387,00 €	16.774,00 €	0,80%	70%	A
34	0202070504B	Randfuge Schrammb. Verguss 2/3	1621	m	9,92 €	16.080,32 €	0,76%	71%	A
35	0202131208A	Fertigmörtel KLFL Untersicht 1,5 M2	225	m2	68,53 €	15.419,25 €	0,73%	72%	A
36	0202130120C	Beton abtragen kliff. vertikal bewehrt 3,5	181	m2	82,22 €	14.881,82 €	0,71%	73%	A
37	0202230120C	FRS LSStahl.Absenkung lang.eins.,Freiland	20	Stk	686,52 €	13.730,40 €	0,65%	73%	A
38	0202130105A	STB abrechnen Rand- Mittelstreifen M1	655	m	20,85 €	13.656,75 €	0,65%	74%	A
39	0202060124K	Lagerbank Stb. m.S. C25/30/B7/GK32	56	m3	242,96 €	13.605,76 €	0,65%	75%	A
40	0202130126C	Beton abtr. grfl. vertikal bewehrt 3,5	169	m2	78,61 €	13.285,09 €	0,63%	75%	A
41	0202131115A	Bohrlocher Steckseisen Steck Kumö. ver. -20	830	m	15,37 €	12.757,10 €	0,61%	76%	A
42	0202130120D	Mehrtiefe Betonabtrag Pos. 13.0120C	181	m2	67,04 €	12.134,24 €	0,58%	76%	A
43	0202130127C	Beton abtr. grfl. unt. bewehrt 3,5	102	m2	114,76 €	11.705,52 €	0,56%	77%	A
44	0202133111A	Elastomerlager ausbauen+wegsch	28	Stk	398,62 €	11.105,36 €	0,53%	77%	A
45	0202130126D	Mehrtiefe zu Betonabtrag Pos. 13.0126C	169	m2	64,70 €	10.934,30 €	0,52%	78%	A
46	0202070505C	Fugen schneiden bituminöse Schichten	1694	m	6,34 €	10.739,96 €	0,51%	78%	A
47	0202130127D	Mehrtiefe zu Betonabtrag Pos. 13.0127C	102	m2	101,21 €	10.323,42 €	0,49%	79%	A
48	0202131266A	Bauwerksergänzung Beton mS	10	m3	1.028,99 €	10.289,90 €	0,49%	79%	A
49	0202130206A	Fertigmörtel KLFL vertikal 1,5 M2	181	m2	55,11 €	9.974,91 €	0,47%	80%	A
50	202135101	UG-Vorbereit DLS CFK-Lamellen	1200	m	8,09 €	9.708,00 €	0,46%	80%	A



A.4 Nachkalkulation

Auf den nächsten Seiten befinden sich die vollständigen Auszüge der Nachkalkulationen aus den gewählten, wesentlichen Bauverfahren bei Sanierungen im Verkehrswegebau.

- Straßenbau
 - Betondeckenabtrag
 - Herstellung der zementstabilisierten Tragschicht
 - Einbau von bituminösen Schichten
- Betonbau
 - Sanierung von schadhaften Beton bei Brückenobjekten
 - Randbalkenerneuerung

A.4.1 Betondeckenabtrag - Nachkalkulationen

Tabelle Anhang 17: Entspannen - Nachkalkulation

Leistungsposition	0201031710A	betrachtete Menge		
		Ausschreibung	Ausführung	Delta zur URK
Entspannen Betondecke unbew. m. Fallgewicht				
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	41.710,00 m³	25.235,44 m³	39%

Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Tage/Anz	Tage ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufwandswert	Leistung URK	Delta
		(-)	[d]	[d]	[m³]	[m³/h]	[h/m³]	[h/m³]	[%]
Betonzertrümmerer	KAB	1,00	11,00	11,00	25.235,44	2294	0,0044		
Betonzertrümmerer	KUTTER	1,00	4,00	4,00	25.235,44	6309	0,0016		
Summe aller Geräte		2,00		15,00	25.235,44	1682	0,0059	-	-

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Gesamtmenge	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		(-)	[m³]	[€/m³]	[€]	[m³]	[€/m³]	[€/m³]	
Betonzertrümmerer	KAB	1,00	18.505,99	1,23	22.762,37	25.235,44	0,902	1,06	Menge nach Einsatztagen
Betonzertrümmerer	KUTTER	1,00	6.729,45	1,23	8.277,22	25.235,44	0,328		Menge nach Einsatztagen
			Anzahl Fahrten	€/Fahrt	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST		
An- und Abfahrt	KUTTER		1,0	388,00	388,00	25.235,44	0,015		
Regiestunden	Anmerkung	Anzahl	Std.gesamt	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST		
		(-)	[h]	[€/h]	[€]	[m³]	[€/m³]		
Nachklopfen		1,00	7,00	243,75	1.706,25	25.235,44	0,068		Betonst. 34 cm, Aus- und Abfahrt Leibnitz
Zwischentransporte		1,00	3,50	179,45	628,08	25.235,44	0,025		

geleistete Gesamtmenge	25.235,44 m³	Netto Aufwandswert	33.761,92 €	1,34 €/m³	Einheitspreis IST
				1,06 €/m³	Einheitspreis lt. Urkalk (ATG)
				-26,2%	Delta EP zu Urkalkulation

LV-Positionsnummer	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe
Entspannen Betondecke unbew. m. Fallgewicht	0201031710A	1,06 €/m³	25.235,44 m³	26.749,57 €
			Summe lt URK	26.749,57 €
			Aufwand	33.761,92 €
			Delta	-7.012,35 €

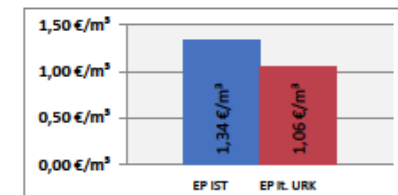


Tabelle Anhang 18: Betondecke Abtragen und Laden - Nachkalkulation

Leistungsposition	0201031701E	betrachtete Menge		
Betondecke unbew. >20cm abtragen und laden		Ausschreibung	Ausführung	Delta zur URK
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	41.710,00 m³	22.221,43 m³	47%

Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Stunden/Anz	Stunden ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufwandswert	Leistung URK	Delta
		[-]	[h]	[h]	[m³]	[m³/h]	[h/m³]	[h/m³]	[%]
Bagger SK480 - Reissen	Kostmann	1,00	190,50	190,50	22.221,43	116,65	0,0086	130,00	-11,4%
Bagger SK480 - Laden	Kostmann	1,00	206,00	206,00	22.221,43	110,00	0,0091	115,40	-4,9%
Bagger PC240	Kostmann	1,00	241,50	241,50	22.221,43	92,01	0,0109		

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Std.gesamt	Stundensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[h]	[€/h]	[€]	[m³]	[€/m³]	[€/m³]	
Bagger SK480 - Reissen	Kostmann	1,00	190,50	126,44	24.086,82	22.221,43	1,08	0,943	
Bagger SK480 - Laden	Kostmann	1,00	206,00	126,44	26.046,64	22.221,43	1,17	1,184	
Bagger PC240 - Aufhäufen/Zerkleinern	Kostmann	1,00	241,50	85,50	20.648,25	22.221,43	0,93	0,426	
Lader inkl.Bed.	Kostmann	1,00	206,00	55,00	11.330,00	22.221,43	0,51	0,541	
Traktor+Vakuumpfäß inkl.Bed.	Kostmann	1,00	206,00	42,00	8.652,00	22.221,43	0,39	0,157	
Mobilbagger	Schuster/Oberkofler	1,00	46,50	54,00	2.511,00				Überfahrten, Säubern, Zeitgeb. Kosten (ZGK)
4- Achs LKW	Kostmann	1,00	46,50	59,50	2.766,75				
			Menge [Mo]	Mietsatz [€/Mo]	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST		
Reißzahn	Kostmann	1,00	0,95	6.645,00	6.312,75	22.221,43	0,28	0,299	190 h von 200 h/Mo
Betonschere	Kostmann	1,00	0,14	4.509,00	624,80	22.221,43	0,03		Ann. 3 Tage
Hydraulikhammer	Kostmann	1,00	0,14	4.345,00	602,08	22.221,43	0,03	0,125	Ann. 3 Tage
Lohn	Anmerkung	Anzahl	Std.gesamt	Stundensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[Std]	[€/Std]	[€]	[m³]	[€/m³]	[€/m³]	
Arbeitskraft	Hilfsarbeiter	1,00	199,50	36,50	7.281,75	22.221,43	0,33		Ankerschneiden, Verkehrsregelung

geleistete Gesamtmenge	22.221,43 m³	Netto Aufwandswert	105.585,09 €	4,75 €/m³	Einheitspreis IST
				3,68 €/m³	Einheitspreis lt. Urkalk (ATG)
				-29,3%	Delta EP zu URK

LV-Positionsnummer	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe
Betondecke unbew. >20cm abtragen und laden	0201031701E	3,68 €/m³	22.221,43 m³	81.685,98 €
			Summe lt URK	81.685,98 €
			Aufwand	105.585,09 €
				Delta
				-23.899,12 €

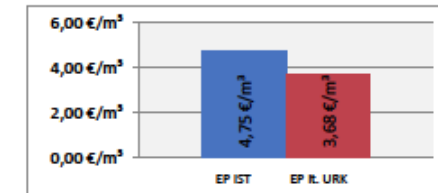


Tabelle Anhang 19: Verfuhr Betondecke - Nachkalkulation

Leistungsposition	0201031702B	betrachtete Menge		
Betondecke unbew. Verfuhr		Ausschreibung	Ausführung	Delta zur URK
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	41.710,00 m²	22.221,43 m²	47%

Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Stunden/Anz	Stunden ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufwandswert	Leistung URK	Delta
		[-]	[h]	[h]	[m³]	[m³/h]	[h/m³]	[h/m³]	[%]
eingesetzte Dumper		10		780,50	19.921,43	25,52	0,0392	0,0376	4,0%
4-Achs LKW	Rössler	2		99,00	2.300,00		0,0430		

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Gesamtstunden	Stundensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[h]	[€/h]	[€]	[m³]	[€/m³]	[€/m³]	
Volvo A30D (555)	Kostmann	1,00	141,00	103,00	14.523,00	22.221,43	0,65	3,77	
Volvo A30D (567)	Kostmann	1,00	170,00	103,00	17.510,00	22.221,43	0,79		
Volvo A30D (556)	Kostmann	1,00	206,00	103,00	21.218,00	22.221,43	0,95		
Bell B30D	Kokamig	1,00	66,50	105,10	6.989,15	22.221,43	0,31		
Moxy MT 26	Kokamig	1,00	31,00	105,10	3.258,10	22.221,43	0,15		
Volvo A30C	Mietmulde	1,00	33,00	103,00	3.399,00	22.221,43	0,15		
Volvo A25F	Mietmulde	1,00	133,00	103,00	13.699,00	22.221,43	0,62		
4-Achs LKW	Rössler	2,00	99,00	54,00	5.346,00	22.221,43	0,24		

geleistete Gesamtmenge	22.221,43 m³	Netto Aufwandswert	85.942,25 €	3,87 €/m³	Einheitspreis IST
				3,77 €/m³	Einheitspreis lt. Urkalk (ATG)
				-2,6%	Delta EP zu URK

LV-Positionsnummer	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe
Betondecke unbew. Verfuhr	0201031702B	3,77 €/m³	22.221,43 m³	83.752,57 €
			Summe lt URK	83.752,57 €
			Aufwand	85.942,25 €
				Delta
				-2.189,68 €

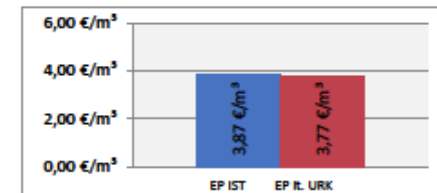


Tabelle Anhang 20: Aufbereiten - Nachkalkulation

Leistungsposition	02012503031	betrachtete Menge		
Aufber. Betonabbruch mob. RB I 0/45		Ausschreibung	Ausführung	Delta zur URK
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	43.407,50 m³	27.083,05 m³	38%

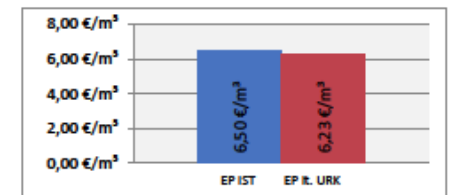
Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Stunden/Anz	Gesamtstunden	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufandswert	Leistung URK	Delta
		[-]	[h]	[h]	[m³]	[m³/h]	[h/m³]	[h/m³]	[%]
Brechereinheit	0/63	1,00	185,50	185,50	14.277,38	76,97	0,0130		
Brechereinheit	0/45	1,00	41,50	41,50	3.012,08	72,58	0,0138		
Brechereinheit	0/32	1,00	137,75	137,75	9.731,11	70,64	0,0142		
Brechereinheit	0/22	1,00	1,00	1,00	62,49	62,49	0,0160		
Summe		4,00		384,75	27.083,05	74,25	0,0135	0,024 h/m³	43,9%

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Gesamtmenge	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[t]	[€/t]	[€]	[m³]	[€/m³]	[€/m³]	
Brechereinheit	0/63	1,00	34.265,70	2,55	87.377,54	27.083,05	3,23	6,23	
Brechereinheit	0/45	1,00	7.228,98	2,68	19.373,67	27.083,05	0,72		
Brechereinheit	0/32	1,00	23.354,86	2,95	68.896,25	27.083,05	2,54		
Brechereinheit	0/22	1,00	149,98	3,50	524,93	27.083,05	0,02		

geleistete Gesamtmenge	27.083,05 m³	Netto Aufandswert	176.172,38 €	6,50 €/m³	Einheitspreis IST
				6,23 €/m³	Einheitspreis lt. Urkalk (ATG)
				-4,4%	Delta EP zu URK



LV-Positionsnummer	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe
Aufber. Betonabbruch mob. RB I 0/45	02012503031	6,23 €/m³	27.083,05 m³	168.727,40 €
			Summe lt URK	168.727,40 €
			Aufwand	176.172,38 €
				Delta
				-7.444,98 €



A.4.2 Zementstabilisierte Tragschicht - Nachkalkulationen

Tabelle Anhang 21: Homogenisieren - Nachkalkulation

Leistungsposition	0390301A	betrachtete Menge		
Homogenisierungsfräsen, gradern und einwalzen	Ausschreibung	Ausführung	Delta zur ArbK	
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	50.125,00 m ²	24.250,49 m ²	52%

Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Tage/Anz	Tage ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufandswert	Aufandswert ArbK	Delta
		[-]	[d]	[d]	[m ²]	[m ² /d]	[h/m ²] (10 h/AT)	[h/m ²]	[%]
Homogenisierungsfräse W220	Petschl	1,00	4,00	4,00	5.009,83	1252	0,0080		
Homogenisierungsfräse W210	ABF	1,00	14,00	14,00	17.082,52	1221	0,0082		
Homogenisierungsfräse W1300DC	ABF	1,00	2,00	2,00	2.157,34	1079	0,0093		

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Stunden/Anz	Stunden ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufandswert	Aufandswert ArbK	Delta
		[-]	[h]	[h]	[m ²]	[m ² /h]	[h/m ²]	[h/m ²]	[%]
Grader F156.6A o. 3D-Steuerung	Kostmann (StdAnteil 30%)	1,00	76,50	76,50	17.723,02	232	0,0043	0,005556	28,7%
Grader F106.6A o. 3D-Steuerung	Kostmann (StdAnteil 30%)	1,00	21,90	21,90	6.536,47	298	0,0034	0,005556	65,8%
Gummiradwalze 18 t inkl. Maschinist	Kostmann	1,00	22,50	22,50	3.759,63	167	0,0060	0,011111	85,7%
FDVK Walze 25 t inkl. Maschnist	Kostmann	1,00	263,00	263,00	24.250,49	92	0,0108	0,011111	2,5%

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Gesamtmenge	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis ArbK	Bemerkung
		[-]	[m ²]	[€/m ²]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Homogenisierungsfräsen	Petschl	1,00	24.250,49	5,00	121.297,44	24.250,49	5,00	5,498	

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Gesamtmenge	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis ArbK	Bemerkung
		[-]	[h]	[€/h]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Grader F156.6A o. 3D-Steuerung	Kostmann (StdAnteil 30%)	1,00	76,50	82,70	6.326,55	24.250,49	0,26		
Grader F106.6A o. 3D-Steuerung	Kostmann (StdAnteil 30%)	1,00	21,90	73,81	1.616,44	24.250,49	0,07	0,686	
Gummiradwalze 18 t inkl. Maschinist	Kostmann	1,00	22,50	48,48	1.080,80	24.250,49	0,04		
FDVK Walze 25 t inkl. Maschnist	Kostmann	1,00	263,00	61,37	16.140,46	24.250,49	0,67	0,557	5.567,83 €/Mo auf 23 AT+Treibe+Bed
Traktor mit Wasserfass	Kostmann	0,50	254,50	42,00	5.344,50	24.250,49	0,22		Anteil 50% an Homogenisierung
Wassertankanhänger	Kostmann	1,00			658,05	24.250,49	0,03		547,95€/Mo anteilig auf 26 AT
4-Achs LKW	Rössler	1,00	54,00	54,00	2.916,00				3h pro Tag für Wassertransport in ZGK
Mobilbagger	Oberkofler	1,00	4,00	54,00	216,00				in zeitgebundene Kosten

Lohn	Anmerkung	Anzahl	Std.gesamt	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis ArbK	Bemerkung
		[-]	[Std]	[€/Std]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Arbeitskraft	Verkehrsregelung, Nebenarb.	1,00	11,50	32,50	373,75	24.250,49	0,02	0,235	

Material	Anmerkung	Anzahl	Gesamtmenge	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis ArbK	Bemerkung
		[-]	[m ³]	[€/m ³]	[€]	[m ³]	[€/m ³]	[€/m ³]	
Wasser		18,00	45,00	1,00	810,00	24.250,49	0,03		3*15m ³ /Tag

geleistete Gesamtmenge	24.259,49 m ²	Netto Aufandswert	153.657,98 €	6,33 €/m ²	Einheitspreis IST
				6,98 €/m ²	Einheitspreis lt. ArbK
				9,3%	Delta EP zu ArbK

LV-Positionsnummer	LV-Nr.	EP lt. ArbK	Gesamtmenge	Summe
Homogenisierungsfräsen, gradern und einwalzen	0390301A	6,98 €/m ²	24.250,49 m ²	169.331,23 €
			Summe lt ArbK	169.331,23 €
			Aufwand	153.657,98 €
				Delta
				15.673,25 €

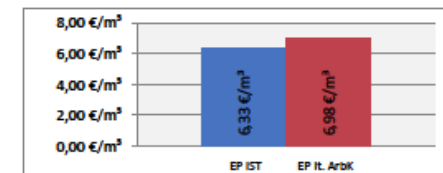


Tabelle Anhang 22: Zusatzmaterial Einbau - Nachkalkulation

Leistungsposition	03990301B	betrachtete Menge		
Zusatzmaterial RB I 0/45 5 cm		Ausschreibung	Ausführung	Delta zur ArbK
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	24.561,00 t	12.431,17 t	49%

Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Stunden/Anz	Stunden ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufandswert	Aufandswert ArbK	Delta
		[-]	[h]	[h]	[t]	[t/h]	[h/t]	[h/t]	[%]
Grader F156.6A+ 3D-Steuerung	Kostmann (StdAnteil 70%)	1,00	128,00	128,00	8.936,64	70	0,0143	0,033333	132,7%
Grader F106.6A+ 3D-Steuerung	Kostmann (StdAnteil 70%)	1,00	79,60	79,60	3.543,84	45	0,0225	0,033333	48,4%
Gummiradwalze 18 t inkl. Maschnist	Kostmann	1,00	233,50	233,50	12.431,17	53	0,0188	0,033333	77,5%
Erdbauwalze 15 t inkl. Maschnist	Kostmann	1,00	138,00	138,00	6.215,59	45	0,0222	0,033333	50,1%

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Gesamtmenge	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis ArbK	Bemerkung
		[-]	[h]	[€/h]	[€]	[t]	[€/t]	[€/t]	
Grader F156.6A+ 3D-Steuerung	Kostmann (StdAnteil 70%)	1,00	128,00	127,70	16.345,60	12.431,17	1,31	4,151	
Grader F106.6A+ 3D-Steuerung	Kostmann (StdAnteil 70%)	1,00	79,60	118,81	9.457,28	12.431,17	0,76		
Gummiradwalze 18 t inkl. Maschnist	Kostmann	1,00	233,50	48,48	11.320,08	12.431,17	0,91	1,577	
Erdbauwalze 15 t inkl. Maschnist	Kostmann	1,00	138,00	51,41	7.094,58	12.431,17	0,57	1,673	
Traktor mit Wasserfass	Kostmann	0,50	254,50	42,00	5.344,50	12.431,17	0,43		
4-Achs LKW	Rössler	1,00	551,50	54,00	29.781,00	12.431,17	2,40	1,979	
Mobilbagger	Oberkofler	1,00	10,00	54,00	540,00				in zeitgebundene Kosten
Radlader	Trummer	1,00	141,00	80,00	11.280,00	12.431,17	0,91	1,265	
Lohn	Anmerkung	Anzahl	Std.gesamt	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis ArbK	Bemerkung
		[-]	[Std]	[€/Std]	[€]	[t]	[€/t]	[€/t]	
Facharbeiter	Verkehrsregelung, Kippeinwe	1,00	60,00	32,50	1.950,00	12.431,17	0,16		

geleistete Gesamtmenge	12.431,17 t	Netto Aufandswert	92.573,04 €	7,45 €/t	Einheitspreis IST
				10,65 €/t	Einheitspreis lt. ArbK
				30,1%	Delta EP zu ArbK

LV-Positionsnummer	LV-Nr.	EP lt. ArbK	Gesamtmenge	Summe
Zusatzmaterial RB I 0/45 5 cm	03990301B	10,65 €/t	12.431,17 t	132.382,01 €
			Summe lt ArbK	132.382,01 €
			Aufwand	92.573,04 €
				Delta
				39.818,97 €

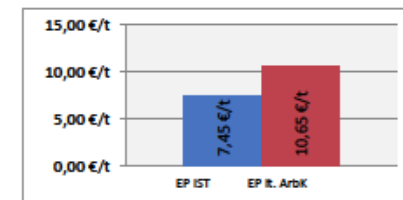


Tabelle Anhang 23: STZ 30cm Herstellung - Nachkalkulation

Leistungsposition	0201170201D	betrachtete Menge		
Zementstab. Tragschicht ST-Z, 30 cm BMV		Ausschreibung	Ausführung	Delta zur URK
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	207.000,00 m ²	99.249,50 m ²	52%

Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Tage/Anz	Tage ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufwandswert	Aufwandswert URK	Delta
		[-]	[d]	[d]	[m ²]	[m ² /d]	[h/m ²] (10h/AT)	[h/m ²]	[%]
Zementstabilisierer	Petschl	1,00	12,00	12,00	99.249,50	8271	0,0012	-	-
Gerät	Anmerkung	Anzahl	Stunden/Anz	Stunden ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufwandswert	Aufwandswert URK	Delta
		[-]	[h]	[h]	[m ²]	[m ² /h]	[h/m ²]	[h/m ²]	[%]
Grader F 156.6A + 3D-Steuerung	Kostmann	1,00	140,50	140,50	99.249,50	706,40	0,0014	0,00250	76,6%
Erdbauwalze 15 t inkl. Maschnist	Kostmann	1,00	139,00	139,00	99.249,50	714,03	0,0014	0,00250	78,5%
Erdbauwalze 15 t inkl. Maschnist	Kostmann	1,00	84,00	84,00	59.217,50	704,97	0,0014	0,00250	76,2%
Erdbauwalze 25 t inkl. Maschnist	Kostmann	1,00	57,50	57,50	40.032,00	696,21	0,0014	0,00250	74,1%
Erdbauwalze 25 t inkl. Maschnist	Kstn. (Entspannungswalzen)	1,00	58,50	58,50	99.249,50	1696,57	0,0006	0,00250	324,1%

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Gesamtmenge	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[m ²]	[€/m ²]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Zementstabilisierer	Petschl	1,00	99.249,50	0,62	61.534,69	99.249,50	0,620	0,450	
Verdunstungsschutz	Bitubau	1,00	99.249,50	0,34	33.744,83	99.249,50	0,340	0,466	
		Anzahl		Kostensatz €/PA	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	
Stabilisierer Baustelleneinrichtung	Petschl	0,50		3.500,00	1.750,00	99.249,50	0,018	0,022	
Gerät	Anmerkung	Anzahl	Std.gesamt	Stundensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[h]	[€/h]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Grader F 156.6A o. 3D-Steuerung	Kostmann	1,00	140,50	82,70	11.619,35	99.249,50	0,117	0,206	
3D Steuerung	Kostmann	1,00	76,00	45,00	3.420,00	99.249,50	0,034	0,113	
Erdbauwalze 15 t inkl. Maschnist	Kostmann	2,00	223,00	51,41	11.484,43	99.249,50	0,116		
Erdbauwalze 25 t inkl. Maschnist	Kostmann	1,00	57,50	61,37	3.528,81	99.249,50	0,036	0,248	
Wassertankanhänger	Kostmann	1,00		480,88	480,88	99.249,50	0,005		547,95€/Mo 19 Tage
4-Achs LKW	Rössler	1,00	12,00	54,00	648,00				Füllen des Wassertanks (1x täglich 1Std), in ZGK
Traktor mit Wasserfass	Greiml	1,00	124,00	65,00	8.060,00	99.249,50	0,081		
4-Achs LKW	Kostmann	1,00	80,00	58,53	4.682,40				Anschlussherst., in ZGK
Mobilbagger	Oberkofler	1,00	75,50	54,00	4.077,00				Anschlussherst., in ZGK
Lohn	Anmerkung	Anzahl	Std.gesamt	Stundensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[Std]	[€/Std]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Facharbeiter	Nebenarbeiten	1,00	184,00	32,50	5.330,00	99.249,50	0,054		Anschüsse

geleistete Gesamtmenge	99.249,50 m ²	Netto Aufwandswert	140.932,99 €	1,42 €/m ²	Einheitspreis IST
				1,50 €/m ²	Einheitspreis lt. URK
				5,3%	Delta EP zu URK

sonstige LV Positionen	Anmerkung	Anzahl	Menge	Einheitspreis	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[EH]	[€/EH]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Zement CEM III B/ 32,5 N liefern	für ST-Z; inkl Lieferung	1,00	3.121,40 t	69,00	215.376,60	99.249,50	2,170	2,113	
Zementsilo	Verrechnet in Lieferung	2,00	1,00 Mo	170,70	341,40	99.249,50	0,003		170,70 €/Mo bei Zement-Lieferung berücksichtigt
Entspannungswalzen	Erdbauwalze 25 t inkl Masch.	1,00	58,50 Std	65,00	3.802,50	99.249,50	0,038	0,128	
geleistete Gesamtmenge			99.249,50 m ²	Netto Aufwandswert	219.520,50 €		2,21 €/m ²	Einheitspreis IST	

LV-Positionsnummer	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe lt. URK	Netto Aufwand	Delta
Zementstab. Tragschicht ST-Z, 30 cm BMV	0201170201D	1,50 €/m ²	99.249,50 m ²	148.874,25 €	140.932,99 €	7.941,26 €
Zement CEM II B/ 32,5 N liefern	170220A	67,20 €/t	3.121,40 t	209.758,08 €	215.376,60 €	-5.618,52 €
Entspannungswalzen	170230A	0,13 €/m ²	99.249,50 m ²	12.902,44 €	3.802,50 €	9.099,94 €
			Summe lt URK	371.534,77 €	Delta Gesamt	
			Aufwand	360.453,49 €	11.081,28 €	

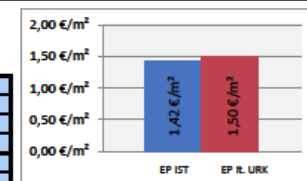


Tabelle Anhang 24: Abstreuen STZ - Nachkalkulation

Leistungsposition	03990101A	betrachtete Menge		
Az ST abstreuen 8kg		Ausschreibung	Ausführung	Delta zum ArbK
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	207.000,00 m ²	99.249,50 m ²	52%

Leistungsermittlung

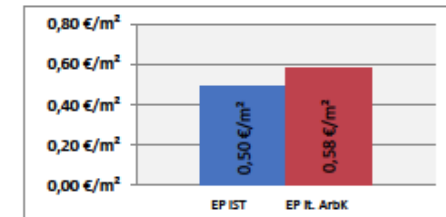
Gerät	Anmerkung	Anzahl	Stunden/Anz	Stunden ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufwandswert	Aufwandswert ArbK	Delta
		[-]	[h]	[h]	[m ²]	[m ² /h]	[h/m ²]	[h/m ²]	[%]
4-Achs LKW	Rössler	1,00	141,25	141,25	99.249,50	702,65	0,0014	0,00167	17,1%
Kehmaschine	Buchhauser	1,00	107,25	107,25	99.249,50	925,40	0,0011		

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Std.gesamt	Stundensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis ArbK	Bemerkung
		[-]	[h]	[€/h]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
4-Achs LKW	Rössler	1,00	141,25	54,00	7.627,50	99.249,50	0,077	0,050	
Kehmaschine	Buchhauser	1,00	107,25	57,00	6.113,25	99.249,50	0,062	0,168	
				Kostensatz €/PA	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis ArbK	
Kehmaschine	Buchhauser	13,00		60,00	780,00	99.249,50	0,008		
Gerät	Anmerkung	Anzahl	Gesamtmenge	Kostensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis ArbK	Bemerkung
		[-]	[m ²]	[€/m ²]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Abstreuen	Bitubau	1,00	99.249,50	0,15	14.887,43	99.249,50	0,150	0,178	
Material	Verwendung	Anzahl	Menge	Einheitspreis	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis ArbK	Bemerkung
		[-]	[t]	[€/t]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Spült 4/8	Abstreuen	1,00	956,28	20,69	19.785,43	99.249,50	0,199	0,182	

geleistete Gesamtmenge	99.249,50 m ²	Netto Aufwandswert	49.193,61 €	0,50 €/m ²	Einheitspreis IST
				0,58 €/m ²	Einheitspreis lt. ArbK
				14,5%	Delta EP zu ArbK

LV-Positionsnummer	LV-Nr.	EP lt. ArbK	Gesamtmenge	Summe
Az ST abstreuen 8kg	03990101A	0,58 €/m ²	99.249,50 m ²	57.564,71 €
			Summe lt ArbK	57.564,71 €
			Aufwand	49.193,61 €
				Delta
				8.371,10 €



A.4.3 Einbau der bituminösen Schichten - Nachkalkulationen

Tabelle Anhang 25: Spezialreinigen Hochdruckwasser - Nachkalkulation

Leistungsposition	0201180103A	betrachtete Menge		
Spezialreinigen Hochdruckwasser >=300 bar		Ausschreibung	Ausführung	Delta zur URK
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	448.000,00 m ²	217.187,26 m ²	52%

Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Stunden/Anz	Stunden ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufwandswert	Aufwandswert URK	Delta
		[-]	[Std]	[Std]	[m ²]	[m ² /h]	[h/m ²]	[h/m ²]	[%]
Kehmaschine mit HDR	Buchhauser/Schleich	1-2		144,75	217.187,26	1500,29	0,0007	0,00083	25,02 %

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Std.gesamt	Stundensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[Std]	[€/Std]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Kehmaschine mit HDR	Buchhauser HDR-Einsatz	1-2	94,25	140,00	13.195,00	217.187,26	0,061		
Kehmaschine mit HDR	Schleich	1,00	50,50	145,00	7.322,50	217.187,26	0,034	0,158	
			Anzahl Fahrten	€/Fahrt	[€]	[m ²]	[€/m ²]		
An- und Abfahrt	Buchhauser		9,5	60,00	570,00	217.187,26	0,003	0,002	
An- und Abfahrt	Schleich		10,0	86,14	861,43	217.187,26	0,004		

geleistete Gesamtmenge	217.187,26 m²	Netto Aufwandswert	21.948,93 €	0,10 €/m²	Einheitspreis IST
				0,16 €/m²	Einheitspreis lt. URK
				36,8%	Delta EP-IST zu URK

LV-Position	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe
Spezialreinigen Hochdruckwasser >=300 bar	0201180103A	0,16 €/m ²	217.187,26 m ²	34.746,76 €
			Summe lt URK	34.746,76 €
			Aufwand	21.948,93 €
				Delta
				12.797,83 €

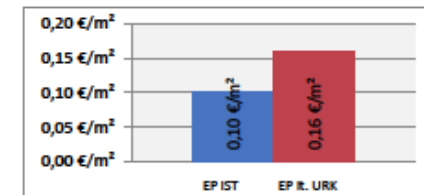


Tabelle Anhang 26: Vorspritzen pmB - Nachkalkulation

Leistungsposition	0201180106A	betrachtete Menge		
Vorspritzen pmB		Ausschreibung	Ausführung	Delta zur URK
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	448.000,00 m ²	217.167,26 m ²	52%

Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Stunden/Anz	Stunden ges.	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufwandswert	Aufwandswert URK	Delta
		[-]	[h]	[h]	[m ²]	[m ² h]	[t/m ²]	[t/m ²]	[%]
Breitspritzgerät	Bitubau	1,00		-	217.167,26			0,00125	-

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl	Gesamt	Stundensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[EH]	[€/EH]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Breitspritzgerät	Bitubau	1,00	224.640 m ²	0,35 €/m ²	78.624,00	217.167,26	0,362	0,115	

Lohn	Anmerkung	Anzahl	Std.gesamt	Stundensatz	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[Std]	[€/Std]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Hilfsarbeiter	Verkehrshüte aufstellen	1,00	25,00	32,50	812,50	217.167,26	0,004		

Material	Verwendung	Anzahl	Menge	Einheitspreis	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[-]	[t]	[€/t]	[€]	[m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	
Bitumen pmB		1,00	0,38	770,00	292,60	217.167,26	0,001	0,282	

geleistete Gesamtmenge	217.167,26 m ²	Netto Aufwandswert	79.729,10 €	0,37 €/m ²	Einheitspreis IST
				0,40 €/m ²	Einheitspreis lt. URK
				8,2%	Delta EP zu URK

LV-Position	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe
Vorspritzen pmB	0201180106A	0,40 €/m ²	217.167,26 m ²	86.866,90 €
			Summe lt URK	86.866,90 €
			Aufwand	79.729,10 €
				Delta
				7.137,80 €

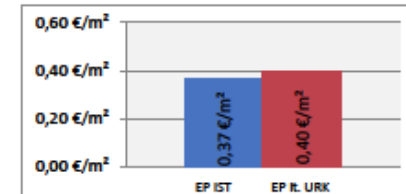


Tabelle Anhang 27: AC22 Binder 7cm Einbau - Nachkalkulation

Leistungsposition	0201161305C	betrachtete Menge			Einbautage	14 AT
AC22binder_PmB45/80-65,H1,G4, 7cm Fahr/Abst	Ausschreibung	Ausführung	Delta zur URK	Monat/Jahr	Aug/Sept 2012	
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	199.335,00 m²	104.879,20 m²	47%	Breite	12,8 m

Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl [-]	Stunden ges. [h]	Leistungsmenge [t]	Leistungsmenge [m²]	Leistungswert [t/h]	Aufandswert [h/m²]	Aufandswert URK [h/m²]	Delta [%]
EINBAU									
Großfertigepartie	Stubinger	1,00	160,14	18551,14	104.879,20	115,84	0,0015	0,0015	5,0%
TRANSPORT									
				Gesamtstunden	Fahren	Umlaufzeit	Umlaufzeit URK	Delta	
Sattel Gesamt	Kostmann			879,75	648,00	1,36			
3-Achs Birne	Schuster, Pils	2,00	145,00				1,56		
Summe aller Geräte				1024,75	741,00	1,38		1,18	-14,7%

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl [-]	Std.gesamt [h]	Stundensatz [€/h]	Summe [€]	Gesamtmenge [m²]	Einheitspreis IST [€/m²]	Einheitspreis URK [€/m²]	Bemerkung
EINBAU									
Großfertigepartie	Stubinger	1,00	160,14	344,93	55.238,19	104.879,20	0,527		
Doppelglattwalze 6-8 t	Kostmann	2,00	330,00	13,54	8.936,40	104.879,20	0,085	0,565	1625 €/Mo
NEBENARBEITEN (Tagesanschluss, Material laden und Säubern der Fläche)									
Mobilbagger	Oberkofler	1,00	26,00	54,00	1.404,00				In zeitgebundene Kosten
4-Achs LKW	Kostmann	1,00	27,00	59,50	1.606,50				In zeitgebundene Kosten
Traktor mit Wasserfass	Kostmann	1,00	22,00	42,00	924,00	104.879,20	0,009		Abkühlen bei Aus- und Auf.
Mobilbagger, 4-Achs LKW	Tagesanschluss	1,00	12,00	148,00	1.752,00				In zeitgebundene Kosten
Kehmaschine	Buchhauser Kehreinsatz	1,00	106,00	57,00	6.042,00				In zeitgebundene Kosten
TRANSPORT									
Sattel Gesamt	Kostmann		879,75	63,00	55.424,25	104.879,20	0,528		
3-Achs Birne Schuster		1,00	139,50	46,50	8.486,75	104.879,20	0,062	0,520	
3-Achs Birne Pils		1,00	5,50	47,00	258,50	104.879,20	0,002		
zusätzliche Kosten			Anzahl Fahrten	€/Fahrt					
Mautgebühr	GO-Box (EMK III)			3,07/2,78	1.324,49	104.879,20	0,013		
An- und Abfahrt	Buchhauser		13,0	60,00	780,00				In zeitgebundene Kosten
Lohn	Anmerkung	Anzahl [-]	Std.gesamt [Std]	Stundensatz [€/Std]	Summe [€]	Gesamtmenge [m²]	Einheitspreis IST [€/m²]	Einheitspreis URK [€/m²]	Bemerkung
Maschist	Walzenfahrer	1,00	165,00	34,00	5.610,00	104.879,20	0,053	0,056	
Hilfsarbeiter	Nebenarbeiten	1,00	83,00	32,50	2.697,50	104.879,20	0,026		Verkehrsumlegung
Summe für Einbau mit Lohn und Gerät					148.484,58	104.879,20	1,305	1,141	-12,6%
Material	Verwendung	Anzahl [-]	Menge [t]	Einheitspreis [€/t]	Summe [€]	Gesamtmenge [m²]	Einheitspreis IST [€/m²]	Einheitspreis URK [€/m²]	Bemerkung
AC22binder_PmB45/80-65,H1,G4	7 cm 1. Lage	1,00	18.551,14	52,97	982.653,89	104.879,20	9,369	9,196	
Bitumenvoranstrich (Colplast)	Tagesnaht (2 kg/m²)	14,00	0,002509	2,190,00	5,49	104.879,20	0,000		
Summe Material					982.659,38	104.879,20	9,369	9,196	-1,9%
geleistete Gesamtmenge	104.879,20 m²	Netto Aufandswert			1.119.559,46 €		10,67 €/m²	Einheitspreis IST	
							10,34 €/m²	Einheitspreis lt. Urkalk (ATG)	
							-3,3%	Delta EP zu Urkalkulation	

Voranstrich Nahtflanken >5 bis 10 cm	Anmerkung	Anzahl [-]	Einheitspreis [€/m]	Summe [€]	Gesamtmenge [m]	Einheitspreis IST [€/m]	Einheitspreis URK [€/m]	Delta
Bitumenemulsion	Fa. Ist	1,00	1,38	11.134,57	8.068,53	1,38	1,44	4,3%

LV-Position	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe
AC22binder_PmB45/80-65,H1,G4, 7cm Fahr/Abst	0201161305C	10,34 €/m²	104.879,20 m²	1.084.136,31 €
Voranstrich Nahtflanken >5 bis 10 cm	020160202B	1,44 €/m	11134,6 m	16.033,78 €
Summe lt URK				1.100.170,09 €
Aufwand				1.130.694,03 €
				Delta
				-30.523,94 €

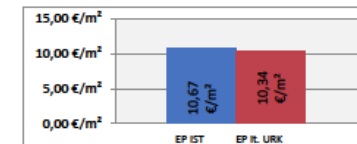


Tabelle Anhang 28: AC22binder 6,5cm Einbau - Nachkalkulation

Leistungsposition	0201161305F	betrachtete Menge			Einbautage	13 AT
AC22binder.PmB45/80-65.H1.G4, 6,5cm	Fahrbr/Abst	Ausschreibung	Ausführung	Delta zur URK	Monat/Jahr	Sept. 2012
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	219.705,00 m²	112.288,06 m²	49%	Breite	12,5+1,8

Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl [-]	Stunden ges. [h]	Leistungsmenge [t]	Leistungsmenge [m²]	Leistungswert [t/h]	Aufandswert [t/m²]	Aufandswert URK [t/m²]	Delta [%]
EINBAU									
Großfertigerpartie	Stubinger	1,00	147,50	16759,76	104.482,74	113,63	0,0014		
Gehsteigfertigerpartie (Mittelstreifen)	Kickenweiz	1,00	45,00	1092,18	6.808,79	24,27	0,0066		
Gehsteigfertigerpartie (Mittelstreifen)	Krill	1,00	8,00	159,85	996,53	19,98	0,0080		
Summe			200,50	18011,79	112.288,06	89,83		0,0015	-14,3%
TRANSPORT									
				Gesamtstunden	Führen	Umlaufzeit		Umlaufzeit URK	Delta
Sattel Gesamt	Kostmann			803,75	588,00	1,37	3 - 4 Achs		
3-Achs Birne Schuster		1,00	126,50	126,50	85,00				
Summe	Großfertiger			130,25	673,00	1,39		1,18	-14,7%
3-4 Achs (Gehsteigfertiger)	Gorup, Krall, Pucher, Grasm	2,4		144,00	75,00				

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl [-]	Std.gesamt [h]	Stundensatz [€/h]	Summe [€]	Gesamtmenge [m²]	Einheitspreis IST [€/m²]	Einheitspreis URK [€/m²]	Bemerkung
EINBAU									
Großfertigerpartie	Stubinger	1,00	147,50	345,00	50.887,50	112.288,06	0,453		
Gehsteigfertigerpartie (Mittelstreifen)	Kickenweiz	1,00	45,00	305,00	13.725,00	112.288,06	0,122	0,526	Partie 270+35€ Fertiger
Gehsteigfertigerpartie (Mittelstreifen)	Krill	1,00	8,00	245,00	1.960,00	112.288,06	0,017		Partie 210+35€ Fertiger
Doppelglatwalze 6-8 t	Kostmann	2,00	284,00	13,54	7.690,72	112.288,06	0,068		1625 €/Mo
NEBENARBEITEN (Tagesanschluss, Material laden und Säubern der Fläche)									
Mobilbagger	Oberkofler	1,00	14,00	54,00	756,00				In zeitgebundene Kosten
4-Achs LKW	Kostmann	1,00	15,50	59,50	922,25				In zeitgebundene Kosten
Traktor mit Wasserfass	Kostmann	1,00	37,00	42,00	1.554,00	112.288,06	0,014		Abkühlen bei Aus- und Aufd.
Mobilbagger, 4-Achs LKW	Tagesanschluss	1,00	11,00	148,00	1.608,00				In zeitgebundene Kosten
Kehmaschine	Buchhauser Kehreinsatz	1,00	53,75	57,00	3.063,75				In zeitgebundene Kosten
TRANSPORT									
Sattel Gesamt	Kostmann		803,75	63,00	50.638,25	112.288,06	0,451		
3-Achs Birne Schuster		1,00	126,50	46,50	5.882,25	112.288,06	0,052		
4-Achs Gorup 2x		2,00	26,50	54,00	1.431,00	112.288,06	0,013	0,485	
4-Achs Krall		4,00	90,00	56,71	5.103,90	112.288,06	0,045		
4-Achs Pucher		1,00	10,00	53,50	535,00	112.288,06	0,005		
3-Achs Grasmugg		1,00	17,00	47,00	822,50	112.288,06	0,007		
			Anzahl Fahrten	€/Fahrt	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST		
Mautgebühr	GO-Box (EMK III)			3,07/2,78	1.058,17	112.288,06	0,009		
An- und Abfahrt	Buchhauser		5,5	60,00	330,00				In zeitgebundene Kosten
Lohn									
		Anzahl [-]	Std.gesamt [Std]	Stundensatz [€/Std]	Summe [€]	Gesamtmenge [m²]	Einheitspreis IST [€/m²]	Einheitspreis URK [€/m²]	Bemerkung
Maschist	zusätzlicher Walzenfahrer	1,00	284,00	34,00	9.656,00	112.288,06	0,086	0,052	
Hilfsarbeiter	Nebenarbeiten, Verkehrsmit	1,00	98,00	32,50	3.185,00	112.288,06	0,028		
Summe für Einbau mit Lohn und Gerät					160.805,29	112.288,06	1,37	1,063	-22,6%
Material									
		Anzahl [-]	Menge [t]	Einheitspreis [€/t]	Summe [€]	Gesamtmenge [m²]	Einheitspreis IST [€/m²]	Einheitspreis URK [€/m²]	Bemerkung
AC22binder.PmB45/80-65.H1.G4	6,5 cm 2. Lage+Mittelstreifen	1,00	18.011,82	52,97	954.086,11	112.288,06	8,497	8,539	
Bitumenvoranstrich (Colplast)	Tagesnaht (2 kg/m²)	14,00	0,002509	2.190,00	5,49	112.288,06	0,000		
Summe Material					954.091,60	112.288,06	8,50	8,539	0,5%
geleistete Gesamtmenge		112.288,06 m²		Netto Aufandswert 1.108.218,89 €			9,87 €/m²	Einheitspreis IST	
							9,60 €/m²	Einheitspreis lt. Urkalk (ATG)	
							-2,8%	Delta EP zu Urkalkulation	

Voranstrich Nahtflanken >5 bis 10 cm	Anmerkung	Anzahl [-]	Einheitspreis [€/m]	Summe [€]	Gesamtmenge [m]	Einheitspreis IST [€/m]	Einheitspreis URK [€/m]	Delta
Bitumenemulsion	Fa. Ist	2,00	1,38	22.269,14	8.098,53	1,38	1,44	4,3%

LV-Position	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe
AC22binder.PmB45/80-65.H1.G4, 6,5cm Fahrbr/Abst	0201161305F	9,80 €/m²	112.288,06 m²	1.078.189,94 €
Az für Rinnsalausbildung bit Bauweise	0201160231A	8,83 €/m²	1.066,00 m²	9.196,54 €
Voranstrich Nahtflanken >5 bis 10 cm	020160202B	1,44 €/m	16.137,1 m	23.237,37 €
Summe lt URK				1.110.626,85 €
Aufwand				1.108.218,89 €
				Delta 2.407,96

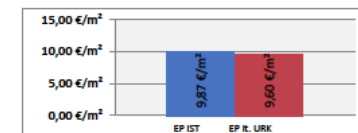


Tabelle Anhang 29: SMA11 3,5cm Einbau Nachkalkulation

Leistungsposition	02011626	betrachtete Menge			Einbautage	6 AT
SMA11 Pmb45/80-65,S3,GS, 3,5cm Fahrh/Abst		Ausschreibung	Ausführung	Delta zur URK	Monat/Jahr	Okt 2012
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	219.220,00 m²	114.508,44 m²	48%	Breite	12,5+1,8

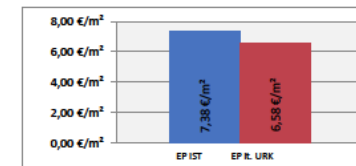
Leistungsermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl [-]	Stunden ges. [h]	Leistungsmenge [t]	Leistungsmenge [m²]	Leistungswert [t/m]	Aufwandswert [t/m²]	Aufwandswert URK [t/m²]	Delta [%]
EINBAU									
Großfertigerpartie	Stubinger	1,00	82,00	5046,40	54.476,69	60,87	0,0015		
Großfertigerpartie	Kickenweiz	1,00	81,35	5046,40	54.476,69	62,03	0,0015		
Gehsteigfertigerpartie	Krill	1,00	37,35	634,00	5.555,05	16,97	0,0067		
Teilsomme Einbau			201,60	10726,80	114.508,44	53,21	0,0018	0,0012	-32,2%
TRANSPORT									
				Gesamtstunden	Fahren	Umlaufzeit	Umlaufzeit URK		Delta
Sattel Gesamt	Kostmann			550,25	361,00	Sattel	3 - 4 Achs		
3-Achs Bime Schuster		1,00	76,00	76,00	40,00		1,90		
Summe	Großfertiger			628,25	401,00		1,39	1,16	-25,7%
3-4 Achs (Gehsteigfertiger)	Gonup, Rössler, Sudy, Schuste	1-2		119,50	47,00				

Kostenermittlung

Gerät	Anmerkung	Anzahl [-]	Std.gesamt [h]	Stundensatz [€/h]	Summe [€]	Gesamtmenge [m²]	Einheitspreis IST [€/m²]	Einheitspreis URK [€/m²]	Bemerkung
EINBAU									
Großfertigerpartie	Stubinger	1,00	82,00	345,00	28.602,14	114.508,44	0,250	0,437	
Großfertigerpartie	Kickenweiz	1,00	81,35	345,00	28.065,75	114.508,44	0,245		
Gehsteigfertigerpartie	Krill	1,00	37,35	245,00	9.150,75	114.508,44	0,080		
Doppelglattwalze	Kostmann	2,00	75,00	13,54	2.031,00	114.508,44	0,018		Partie 210+35€ Fertiger Monatsmiete 1453 €
NEBENARBEITEN (Tagesanschluss, Material laden und Säubern der Fläche)									
Mobilbagger, 4-Achs LKW		1,00	6,00	146,00	876,00				In zeitgebundene Kosten
Kehrmaschine	Buchhauser Kehrsatz	1,00	39,50	57,00	2.251,50				In zeitgebundene Kosten
TRANSPORT									
Sattel Gesamt	Kostmann		550,25	63,00	34.665,75	114.508,44	0,303	0,262	
3-Achs Bime Schuster		1,00	76,00	46,50	3.534,00	114.508,44	0,031		
4-Achs Gonup 2x		2,00	48,00	54,00	2.862,00	114.508,44	0,023		
4-Achs Rössler		1,00	7,00	54,00	378,00	114.508,44	0,003		
3-Achs Grasmugg		1,00	34,00	47,00	1.598,00	114.508,44	0,014		
3-Achs Sudy		1,00	11,00	47,80	525,80	114.508,44	0,005		
3-Achs Schuster		1,00	19,50	46,50	906,75	114.508,44	0,008		
			Anzahl Fahrten	€/Fahrt					
Mautgebühr	GO-Box (EMK III)			2,78/3,07	655,84	114.508,44	0,006		
An- und Abfahrt	Buchhauser		5,0	60,00	300,00				In zeitgebundene Kosten
Lohn									
	Anmerkung	Anzahl [-]	Std.gesamt [Std]	Stundensatz [€/Std]	Summe [€]	Gesamtmenge [m²]	Einheitspreis IST [€/m²]	Einheitspreis URK [€/m²]	Bemerkung
Maschinist	Walzenfahrer	1,00	75,00	34,00	2.550,00	114.508,44	0,022	0,044	
Hilfsarbeiter	Nebenarbeiten, Verkehrslegung	1,00	11,00	32,50	357,50	114.508,44	0,003		
Summe für Einbau mit Lohn und Gerät					119.040,79	114.508,44	1,010	0,743	-26,4%
Material									
	Verwendung	Anzahl [-]	Menge [t]	Einheitspreis [€/t]	Summe [€]	Gesamtmenge [m²]	Einheitspreis IST [€/m²]	Einheitspreis URK [€/m²]	Bemerkung
SMA11 Pmb45/80-65,S3,GS	3,5 cm Deckschicht	1,00	10.092,80	67,80	684.291,84	114.508,44	5,976	5,838	
SMA11 Pmb45/80-66,S2,GS	3,5 cm Deckschicht	1,00	634,00	70,00	44.380,00	114.508,44	0,388		
			lfm	€/lfm					
selbstklebendes Fugenband	Tagesnaht (12,5+1,8m)	6,00	14,30	0,79	67,78	114.508,44	0,001		
selbstklebendes Fugenband	Brückenanschlüsse	4,00	318,00	0,79	1.007,71	114.508,44	0,009		
Summe Material					729.747,33	114.508,44	6,373	5,838	-8,4%
geleistete Gesamtmenge		114.508,44 m²		Netto Aufwandswert	845.360,62 €		7,38 €/m²	Einheitspreis IST	
							6,58 €/m²	Einheitspreis lt. Urkalk (ATG)	
							-12,2%	Delta EP zu Urkalkulation	

LV-Position	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe
SMA11 Pmb45/80-65,S3,GS, 3,5cm Fahrh/Abst	02011626	6,58 €/m²	114.508,44 m²	753.580,04 €
AZ nahtlos Asphaltdeckschicht	0201160204A	0,07 €/m²	114.508,44 m²	8.015,59 €
Summe lt URK Aufwand				761.595,63 €
				Delta
				-83.764,99 €



A.4.4 Instandsetzung von schadhaften Beton

Tabelle Anhang 30: Instandsetzung von schadhaften Beton E28 - Nachkalkulation

Objekt	E 28	Tätigkeiten	Arbeitstage	4 AT
Instandsetzen der Schadstellen		Beton abtragen an Schadstellen (Pfeiler), Sandstrahlen der Schadensstellen und Bereich für geplanten Imprägnierung, Sanierung großflächig mittels Vorsatzschale	Monat/Jahr	Oktober 2012
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz			

Leistungsermittlung

Tätigkeit	Anmerkung	Anzahl [-]	Stunden ges. [Std]	Leistungsmenge [EH]	Dicke [cm]	Leistungswert [EH/Std]	Aufandswert [Std/EH]	Leistung URK [Std/EH]	Delta [%]
Betonabtrag	Schneiden, Stemmen	1-2	20,00	5,15 m ³	0,030	0,26	3,88		SUB Angebot
Sandstrahlen		2-4	36,00	29,89 m ²		0,82	1,21		SUB Angebot

Kostenermittlung

Betonabtrag	Zuordnung	Anzahl [-]	Gesamtmenge [EH]	Kosten je Einheit [€/EH]	Summe [€]	Gesamtmenge [m ³]	Einheitspreis IST [€/m ³]	Einheitspreis URK [€/m ³]	Bemerkung
Aggregat	Gerät (ZGK)	1	2,0 d	2,44	4,87				52,76 €/Mo
Abbruchhammer BH 16	Gerät (ZGK)	2	2,0 d	5,77	23,09				125,00 €/Mo
Winkelschneider	Gerät (ZGK)	1	2,0 d	1,39	2,77				30,00 €/Mo
Arbeitskräfte	Lohn	1-2	20,0 Std	32,50	650,00	5,15	126,21		
Betonabtrag Zwischensumme						5,15	126,21	172,64	gemittelter EP aus allen Pos. des Betonabtrags
Sandstrahlen	Zuordnung	Anzahl [-]	Gesamtmenge [EH]	Kosten je Einheit [€/EH]	Summe [€]	Gesamtmenge [m ²]	Einheitspreis IST [€/m ²]	Einheitspreis URK [€/m ²]	Bemerkung
Kompressor	Gerät (ZGK)	1	2,2 d	12,78	28,12				276,75 €/Mo
Sandstrahlgerät	Gerät	1	2,2 d	5,79	12,73	29,89	0,43		125,28 €/Mo
Strahlgranulat	Material	75 kg/m ²	2.228,60 kg	0,20	445,32	29,89	15,00		0,20 €/kg
Arbeitskräfte	Lohn	2-4	36,0 Std	32,50	1.170,00	29,89	39,41		
Sandstrahlen Zwischensumme						29,89	54,84	8,86	gemittelter EP aus unt und vert und Reinigen BW

LV-Position	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe lt URK	Aufwand
Betonabtrag klff. verikal bew. 3,5	0202130120C	82,22 €/m ²	5,15 m ²	423,43 €	
Mehrtiefe Beonabtrag zu. 0202130120C	0202130120D	67,04 €/m ²	5,15 m ²	345,26 €	
Abtragsränder scharfkantig	0202130131A	3,82 €/m	31,52 m	120,41 €	
Reinigen BW Sa 2.5	0202131110A	5,39 €/m	10,00 m	53,90 €	
Beton nach Abtrag Reinigen vert	0202131105B	2,90 €/m ²	5,15 m ²	14,94 €	
DLS Oberflächenvorbereitung	0202070126A	7,92 €/m ²	24,54 m ²	194,34 €	
Gesamtsumme				1.152,27 €	2.278,05 €
Delta				-1.125,78 €	-97,7 %

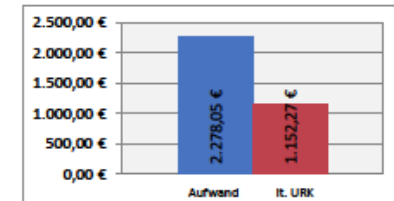


Tabelle Anhang 31: Instandsetzen von schadhafte Beton E27 - Nachkalkulation

Objekt	E 27	Tätigkeiten	Arbeitsstage	7 AT
Instandsetzen der Betonschadstellen		Beton abtragen an Schadstellen (Pfeiler und Tragwerk), Sandstrahlen der Schadstellen und Bereich für Imprägnierung, Reparaturmörtel auftragen	Monat/Jahr	Oktober 2012
Bauvorhaben	AB Lebring - Lebnitz	auf Schadstellen		

Leistungsermittlung

Tätigkeit	Anmerkung	Anzahl [-]	Stunden ges. [Std]	Leistungsmenge [EH]	Dicke [cm]	Leistungswert [EH/Std]	Aufwandswert [Std/EH]	Leistung URK [Std/EH]	Delta [%]
Betonabtrag	Schneiden, Stemmen	2-3	51,00	0,24 m³	0,030	0,18	5,52		SUB Angebot
Sandstrahlen		2	18,00	31,65 m²		1,76	0,57		SUB Angebot
Reparaturmörtel Unt	Auftragen, Nachbehandlun	1-2	37,60	2,42 m³	0,030	0,06	15,54		SUB Angebot
Reparaturmörtel Vert	Auftragen, Nachbehandlun	1	1,40	0,12 m³	0,020	0,09	11,67		SUB Angebot
Rep.mörtel Vorsatzschale+ZusatzBW		2-4	30,50	8,07 m³	0,074	0,26	3,78		SUB Angebot

Kostenermittlung

Betonabtrag	Zuordnung	Anzahl [-]	Gesamtmenge [EH]	Kosten je Einheit [€/EH]	Summe [€]	Gesamtmenge [m³]	Einheitspreis IST [€/m³]	Einheitspreis URK [€/m³]	Bemerkung
Aggregat	Gerät (ZGK)	1	2,4 d	2,44	5,85				52,76 €/Mo
Abbruchhammer BH 16	Gerät (ZGK)	2	2,4 d	5,77	27,71				125,00 €/Mo
Winkelschneider	Gerät (ZGK)	1	2,4 d	1,39	3,33				30,00 €/Mo
Teleskoparbeitsbühne	Gerät	1	2,0 d	2,82	5,24	0,24	0,57		56,71 €/Mo
Arbeitskräfte	Lohn	2-3	51,0 Std	32,50	1.657,50	0,24	179,31		
Betonabtrag Zwischensumme						0,24	179,87	188,20	gemittelter EP aus allen Pos. des Betonabtrags
Sandstrahlen	Zuordnung	Anzahl [-]	Gesamtmenge [EH]	Kosten je Einheit [€/EH]	Summe [€]	Gesamtmenge [m²]	Einheitspreis IST [€/m²]	Einheitspreis URK [€/m²]	Bemerkung
Kompressor	Gerät (ZGK)	1	1,0 d	12,78	12,78				276,75 €/Mo
Sandstrahlergerät	Gerät (ZGK)	1	1,0 d	5,79	5,79	31,65	0,18		125,27 €/Mo
Teleskoparbeitsbühne	Gerät	1	0,1 d	2,82	0,28	31,65	0,01		56,71 €/Mo
Strahlgranulat	Material	35 kg/m²	1.107,99 kg	0,20	221,58	31,65	7,00		0,20 €/kg
Arbeitskräfte	Lohn	2	18,0 Std	32,50	585,00	31,65	18,48		
Sandstrahlen Zwischensumme						31,65	25,67	17,26	gemittelter EP aus unt und vert und Reinigen BW
Reparaturmörtel unt	Zuordnung	Anzahl [-]	Gesamtmenge [EH]	Kosten je Einheit [€/EH]	Summe [€]	Gesamtmenge [m³]	Einheitspreis IST [€/m³]	Einheitspreis URK [€/m³]	Bemerkung
Teleskoparbeitsbühne	Gerät	1	1,2 d	2,82	3,14	2,42	1,30		56,71 €/Mo
Instandsetzungsmörtel	Material	18,5 kg/(m²*cm)	134,31 kg	0,32	42,98	2,42	17,76		Verbr. lt. Hersteller; 0,32€/kg
Arbeitskräfte	Lohn	1-2	37,6 Std	32,50	1.222,00	2,42	504,96		
Reparaturmörtel unt Zwischensumme						2,42	524,02	143,55	gemittelter EP aus unt und vert und Reinigen BW
Reparaturmörtel vert (inkl. Vorsatzschale)	Zuordnung	Anzahl [-]	Gesamtmenge [EH]	Kosten je Einheit [€/EH]	Summe [€]	Gesamtmenge [m³]	Einheitspreis IST [€/m³]	Einheitspreis URK [€/m³]	Bemerkung
Vorsatzschalung	Gerät	3	8,1 d	0,55	13,42	8,07	1,66		12,00 €/m²
Aggregat	Gerät (ZGK)	1	2,0 d	2,44	4,87				52,76 €/Mo
Zwangsmischer	Gerät (ZGK)	1	2,0 d	8,27	16,55				179,10 €/Mo
Instandsetzungsmörtel	Material	2,0 kg/(m²*mm)	17,76 kg	0,36	6,39	8,07	0,79		Verbr. lt. Hersteller; 0,36€/kg
Zusatzbewehrung	Material	1	0,04 t	500,18	20,96	8,07	2,60		70 ltm. Selbstverlegung
Arbeitskräfte	Lohn	2-4	1,4 Std	32,50	45,50	8,07	5,84		
Reparaturmörtel vert(inkl. Vorsatzschale) Zwischensumme						8,07	10,69	160,54	gemittelter EP aus unt und vert und Reinigen BW

LV-Position	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe lt URK	Aufwand
Betonabtrag klfl. verikal bew. 3,5	0202130120C	82,22 €/m³	6,82 m³	561,07 €	
Mehrtiefe Beonabtrag zu. 0202130120C	0202130120D	67,04 €/m³	6,82 m³	457,48 €	
Betonabtrag klfl. Untersicht bew. 3,5	0202130121C	123,11 €/m³	2,42 m³	298,42 €	
Mehrtiefe Beonabtrag zu. 0202130120C	0202130121D	82,22 €/m³	2,42 m³	199,30 €	
Abtragsränder scharfkantig	0202130131A	3,82 €/m	58,49 m	223,43 €	
Beton nach Abtrag Reinigen vert	0202131105B	2,90 €/m²	6,82 m²	19,79 €	
Beton nach Abtrag Reinigen unt	0202131108B	2,90 €/m²	2,42 m²	7,03 €	
Reinigen BW Sa 2,5	0202131110A	5,39 €/m	63,44 m	341,94 €	
DLS Oberflächenvorbereitung	0202070126A	7,92 €/m²	22,41 m²	177,46 €	
Ergänzen bestehende Bewehrung (D12; 40 m)	0202131120A	1,025,00 €/t	0,04 t	38,41 €	
Bewehrungsstahl beschichten	0202131112D	4,59 €/m	63,44 m	291,19 €	
Haftbrücke hydraulisch vert	0202131201B	5,18 €/m³	6,82 m³	35,21 €	
Fertigmörtel KLFL vert 1,5	0202131206A	55,11 €/m³	6,82 m³	376,07 €	
Fertigmörtel KLFL Mehrdicke vert (Annahme 1,5+ 2cm)	0202131206B	36,90 €/m³	13,65 m³	503,61 €	
Haftbrücke hydraulisch unt	0202131201C	5,81 €/m³	2,42 m³	14,08 €	
Fertigmörtel KLFL unt 1,5	0202131208A	68,55 €/m³	2,42 m³	168,17 €	
Fertigmörtel KLFL Mehrdicke unt (Annahme 1,5+ 2cm)	0202131208B	45,42 €/m³	4,85 m³	220,20 €	
Gesamtsumme				3.928,86 €	
Delta				99,10	2,5 %

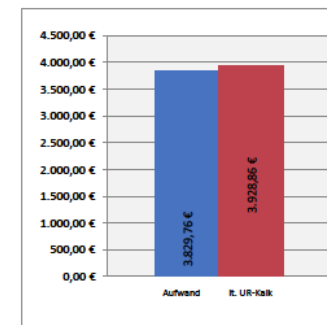


Tabelle Anhang 32: Instandsetzung von schadhafte Beton E29 - Nachkalkulation

Objekt	E 29	Tätigkeiten	Arbeitstage	4 AT
Instandsetzen der Schadhafte im Beton		Beton abtragen an Schadhafte (Pfeiler und Tragwerk), Sandstrahlen der Schadhafte und Bereich für Imprägnierung, Reparaturmörtel auftragen auf Schadhafte	Monat/Jahr	Oktober 2012
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz			

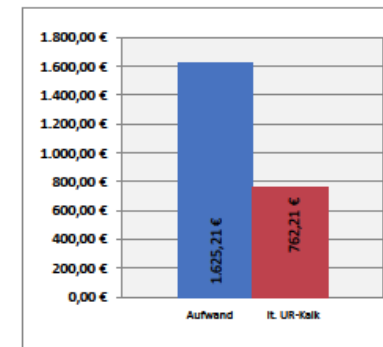
Leistungsermittlung

Tätigkeit	Anmerkung	Anzahl	Stunden ges.	Leistungsmenge	Dicke	Leistungswert	Aufwandswert	Leistung URK	Delta
		[]	[Std]	[m²]	[cm]	[m²/Std]	[Std/m²]	[Std/m²]	[%]
Betonabtrag	Schneiden, Stemmen	1,3	13,00	1,48	0,032	0,11	8,78		SUB Angebot
Sandstrahlen		2	10,00	14,23		1,42	0,70		SUB Angebot
Reparaturmörtel vert.	Auftragen, Nachbehandl	2	2,55	0,22	0,031	0,09	11,59		SUB Angebot
Reparaturmörtel Unt	Auftragen, Nachbehandl	2	18,50	1,26	0,032	0,07	14,68		SUB Angebot

Kostenermittlung

Betonabtrag	Zuordnung	Anzahl	Gesamtmenge	Kosten je Einheit	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[]	[EH]	[€/EH]	[€]	[m²]	[€/m²]	[€/m²]	
Aggregat	Gerät (ZGK)	1	1,0 d	2,44	2,44				52,76 €/Mo
Abbruchhammer BH 16	Gerät (ZGK)	2	1,0 d	5,77	11,55				125,00 €/Mo
Winkelschneider	Gerät (ZGK)	1	1,0 d	1,39	1,39				30,00 €/Mo
Teleskoparbeitsbühne	Gerät	1	1,0 d	56,71	56,71	1,48	38,32		56,71 €/Mo
Arbeitskräfte	Lohn	1-2	13,0 Std	32,50	422,50	1,48	285,47		
Betonabtrag Zwischensumme						1,48	323,79	248,62	gemittelter EP aus allen Pos. des Betonabtrags
Sandstrahlen	Zuordnung	Anzahl	Gesamtmenge	Kosten je Einheit	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[]	[EH]	[€/EH]	[€]	[m²]	[€/m²]	[€/m²]	
Kompressor	Gerät (ZGK)	1	1,0 d	12,78	12,78				276,75 €/Mo
Sandstrahlgerät	Gerät	1	1,0 d	5,79	5,79	14,23	0,41		125,28 €/Mo
Teleskoparbeitsbühne	Gerät	1	0,1 d	2,82	0,28	14,23	0,02		56,71 €/Mo
Strahlgranulat	Material	35 kg/m²	498,21 kg	0,20	99,64	14,23	7,00		0,20 €/kg
Arbeitskräfte	Lohn	2	10,0 Std	32,50	325,00	14,23	22,83		
Sandstrahlen Zwischensumme						14,23	30,26	9,34	gemittelter EP aus unt und vert und Reinigen BW
Reparaturmörtel	Zuordnung	Anzahl	Gesamtmenge	Kosten je Einheit	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[]	[EH]	[€/EH]	[€]	[m²]	[€/m²]	[€/m²]	
Teleskoparbeitsbühne	Gerät	1	1,2 d	2,82	3,14	1,48	2,12		56,71 €/Mo
Instandsetzungsmörtel	Material	18,5 kg/(m²*cm)	87,82 kg	0,32	28,04	1,48	18,94		Verbr. lt. Hersteller, 0,32€/kg
Arbeitskräfte	Lohn	2	21,1 Std	32,50	684,13	1,48	482,25		
Reparaturmörtel Zwischensumme						1,48	483,31	178,52	gemittelter EP aus unt und vert und Reinigen BW

LV-Position	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe lt URK	Aufwand
Betonabtrag klfl. verikal bew. 3,5	0202130120C	82,22 €/m²	0,22 m²	18,09 €	
Mehrtiefe Beonabtrag zu. 0202130120C	0202130120D	67,04 €/m²	0,22 m²	14,75 €	
Betonabtrag klfl. Untersicht bew. 3,5	0202130121C	123,11 €/m²	1,26 m²	155,12 €	
Mehrtiefe Beonabtrag zu. 0202130120C	0202130121D	82,22 €/m²	1,26 m²	103,80 €	
Abtragsränder scharfkantig	0202130131A	3,82 €/m	20,00 m	76,40 €	
Beton nach Abtrag Reinigen vert	0202131105B	2,90 €/m²	0,22 m²	0,64 €	
Beton nach Abtrag Reinigen unt	0202131108B	2,90 €/m²	1,26 m²	3,65 €	
Reinigen BW Sa 2,5	0202131110A	5,39 €/m	5,14 m	27,70 €	
DLS Oberflächenvorbereitung	0202070126A	7,92 €/m²	12,75 m²	101,02 €	
Bewehrungsstahl beschichten	0202131112D	4,89 €/m	5,14 m	23,59 €	
Haftbrücke hydraulisch vert	0202131201B	5,16 €/m²	0,22 m²	1,14 €	
Fertigmörtel KLFL vert 1,5	0202131208A	55,11 €/m²	0,22 m²	12,12 €	
Fertigmörtel KLFL Mehrdicke vert (Annahme 1,5+ 2cm)	0202131208B	36,90 €/m²	0,44 m²	16,24 €	
Haftbrücke hydraulisch unt	0202131201C	5,81 €/m²	1,26 m²	7,32 €	
Fertigmörtel KLFL unt 1,5	0202131208A	68,55 €/m²	1,26 m²	86,38 €	
Fertigmörtel KLFL Mehrdicke unt (Annahme 1,5+ 2cm)	0202131208B	45,42 €/m²	2,52 m²	114,46 €	
Gesamtsumme				762,21 €	1.625,21 €
Delta				-863,00 €	-113,2 %



A.4.5 Randbalkenerneuerung

Tabelle Anhang 33: Randbalkenerneuerung E22a - Nachkalkulation

Objekt	E 22 a	Tätigkeiten	Arbeitsstage
Randbalkenerneuerung		Randbalkenabrtrag, Aufbau des Schutz- bzw. Arbeitsgerüsts, Versetzen und Verkleben der Brückenanker und Herstellung des Randbalkens	Monat/Jahr
Bauvorhaben	A0 Lebring - Leibnitz	inkl. Schalung	September/Oktober 2012

Leistungsermittlung

Tätigkeit	Anmerkung	Anzahl d. AK	Stunden	Leistungsmenge	Leistungswert	Aufwandswert	Leistung URK	Delta
		[]	[EH]	[EH]	[EH]Stk	[Stk]EH	[EH]Stk	[%]
Abbruch Randbalken	50 m Länge Abbruch	2	3,50 h	111,52 m³	5,66 m³/h	0,18 h/m³	9,51 m³/h	-40,5 %
Arbeits- und Schutzgerüst	inkl. Zusammenbau	2-6	191,87 Std	111,52 m	0,58 m/Std	1,72 Std/m	0,75 m/Std	-22,5 %
Brückenanker (e=0,6m)		2-3	15,00 Std	129,36 m	8,62 m/Std	0,12 Std/m	3,69 m/Std	139,6 %
Schalen und Betonieren Randbalken		2-6	375,50 Std	42,29 m³	0,11 m³/Std	8,88 Std/m³	0,11 m³/Std	2,8 %
Bewehren Randbalken	SUB-Unternehmen	4-5	124,00 Std	6,52 t	0,05 t/Std	19,03 Std/t	0,07 t/Std	-26,4 %

Kostenermittlung

Randbalkenabrtrag*Verfuhr	Zuordnung	Anzahl	Gesamtmenge	Kosten je Einheit	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[]	[EH]	[€/EH]	[€]	[m]	[€/m]	[€/m]	
Mobilbagger	Gerät (ZGK)	2	5,5 Std	54,00	594,00			9,92	EP inkl. Erds Kompressor
Hydraulikhammer	Gerät	1	0,6 d	98,10	52,85	50,00	1,06	0,85	2080,50 €/Mo
4-Achs LKW	Gerät (ZGK)	1	4,0 Std	54,00	216,00			1,92	126,00 €/Mo
Schneidgerät	Gerät (ZGK)	1	0,6 d	3,17	1,74				68,58 €/Mo
Aufbereitung RC G45	Material	2	19,81 m³	7,38	292,16	50,00	5,94	2,50	Kosten=2,39€t*2,50m³
Arbeitskräfte	Lohn	2	3,5 Std	32,50	113,75	50,00	2,28	5,66	
Randbalkenabrtrag*Verfuhr Zwischensumme						50,00	9,18	20,85	
Arbeits- und Schutzgerüst	Zuordnung	Anzahl	Gesamtmenge	Kosten je Einheit	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[]	[EH]	[€/EH]	[€]	[m]	[€/m]	[€/m]	
Teleskoparbeitsbühne	Gerät	1	1,5 d	2,82	3,80	111,52	0,03	1,96	56,71 €/Mo
Mobilbagger	Gerät (ZGK)	1	14,5 Std	54,00	783,00				In zeitgebundene Kosten
Gesamtkonsole T 0,80m	Material	102	73,0 d	0,17	1.260,24	111,52	11,30	2,07	5,13 €/Mo
Einschubgeständer T 1,80m	Material	102	73,0 d	0,07	515,89	111,52	4,63	1,22	2,10 €/Mo
Gesamsträger T 1,40m	Material	102	73,0 d	0,15	1.095,85	111,52	9,82	2,56	4,46 €/Mo
Gesamstränge T 0,40m	Material	102	73,0 d	0,12	874,55	111,52	7,84		3,56 €/Mo
Gesamtbühne T 2,70m	Material	102	73,0 d	0,14	1.051,43	111,52	9,43		4,28 €/Mo
Verstärkungsträger T	Material	102	73,0 d	0,07	493,78	111,52	4,43		2,01 €/Mo
Stoffkosten (Bauschutzmatte, Netze,...)	Material	1	334,56 m²	2,06	689,19	111,52	6,19	31,91	-1,75+0,31€/m²
Stoffkosten (Schutzgitter, Bleche)	Material	1	111,52 m	1,87	186,24	111,52	1,87		-1,17+0,5€/m
Gerüstpfosten	Material (BE)	1	15,06 m³	205,00	3.086,32			1,90	
Arbeitskräfte	Lohn	2-6	192,0 Std	32,50	6.236,07	111,52	55,95	-	EP(URK) nicht direkt zuordenbar
Arbeits- und Schutzgerüst Zwischensumme						111,52	111,28	78,63	gemittelter EP aus Schutz-gerüst und Gerüst RL
Brückenanker (e=0,6m)	Zuordnung	Anzahl	Gesamtmenge	Kosten je Einheit	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[]	[EH]	[€/EH]	[€]	[m]	[€/m]	[€/m]	
Kompressor	Gerät	1	1,5 d	12,78	19,17	129,36	0,15	0,19	276,75 €/Mo
Bohrhammer Hilti	Gerät	1	1,5 d	5,14	7,70	129,36	0,06	0,19	111,19 €/Mo
Dübel und Kleber	Material	2	106 Stk	15,20	3.222,40	129,36	24,91		34,23
Arbeitskräfte	Lohn	2-3	15,0 Std	32,50	487,50	129,36	3,77		10,42
Brückenanker (e=0,6m) Zwischensumme						129,36	28,89	45,03	
Bewehren Randbalken	Zuordnung	Anzahl	Gesamtmenge	Kosten je Einheit	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[]	[EH]	[€/EH]	[€]	[t]	[€/t]	[€/t]	
Betonstahl B550	Material	2	3,26 t	622,58	4.056,08	6,52	622,58	610,0	
Arbeitskräfte	Lohn	4-5	124,0 Std	33,00	4.092,00	6,52	628,09	280,0	Mehraufwand Bew. Randb.
Bewehren Randbalken Zwischensumme						6,52	1.250,66	870,00	
Schalen und Betonieren Randbalken	Zuordnung	Anzahl	Gesamtmenge	Kosten je Einheit	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[]	[EH]	[€/EH]	[€]	[m³]	[€/m³]	[€/m³]	
Schalungsmaterial	Gerät	2	74,00 m³	12,00	1.776,01	42,29	42,00	41,41	12,00 €/m³
Schalungsmaterial Reinigung	Gerät	2	74,00 m³	0,90	119,40	42,29	2,80	2,78	
Kreislage	Gerät (ZGK)	1	15,0 d	1,79	26,79				35,67 €/Mo
diverse Hilfsstoffe	Gerät	2	74,00 m³	1,00	148,00	42,29	3,50		Annahme
Beton C25/30/RS/B7 (mit Mehrverb.)	Material	1,02	42,29 m³	75,67	3.283,77	42,29	77,18	148,90	
Arbeitskräfte	Lohn	2-6	375,5 Std	32,50	12.203,75	42,29	288,60	294,11	
Schalen und Betonieren Randbalken Zwischensumme						42,29	414,08	487,21	gemittelter EP aus unt und vert und Reihgen BW
LV-Position	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe lt URK	Aufwand				
STB abbrehen Rand- Mittelstreifen	0202130105A	20,85 €/m	50,00 m	1.042,50 €					
Gerüst Randstiele	202021002	71,89 €/m	111,52 m	8.018,00 €					
Schutzgerüst PA	0202021003B	745,00 €/m	1,0 PA	745,00 €					
Az dichter Boden PA	0202021011D	8,25 €/m	1,0 PA	8,25 €					
Dübel Niro M16, RVS 15.04.12	0202100721D	45,03 €/m	129,36 m	5.825,08 €					
Randbalken m.S. C25/30/RS/B7	0202060135E	487,21 €/m³	42,29 m³	20.602,11 €					
Betonstahl B550 B	0202060201A	870,00 €/t	6,52 t	5.668,05 €					
				Gesamtsumme	41.907,05 €	42.263,40 €			
				Delta	-336,35 €	-0,9 %			

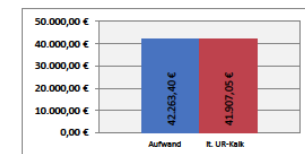


Tabelle Anhang 34: Randbalkenerneuerung E28 - Nachkalkulation

Objekt	E 28	Tätigkeiten	Arbeitsstage	51 AT
Randbalkenerneuerung		Randbalkenabrtrag, Aufbau des Schutz- bzw. Arbeitsgerüdes, Versetzen und Verkleben der Brückenanker und Herstellung des Randbalkens	Monat/Jahr	September/Oktober 2012
Bauvorhaben	A9 Lebring - Leibnitz	inkl. Schalung		

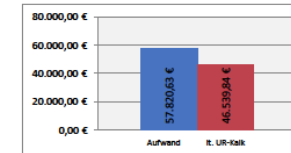
Leistungsermittlung

Tätigkeit	Anmerkung	Anzahl d. AK		Leistungsmenge	Leistungswert	Aufwandswert	Leistung URK	Delta
		[]	[EH]					
Abbruch Randbalken		2-8	15,46 h	57,00 m³	3,69 m³/h	0,27 h/m³	9,51 m³/h	-61,2 %
Arbeits- und Schutzgerüst	inkl. Zusammenbau	2-6	309,92 Std	116,00 m	0,37 m/Std	2,67 Std/m	0,75 m/Std	-50,1 %
Brückenanker (e=0,6m)		2-4	31,0 Std	132,32 m	4,27 m/Std	0,23 Std/m	3,60 m/Std	18,6 %
Schalen und Betonieren Randbalken		2-8	591,50 Std	44,11 m³	0,07 m³/Std	13,41 Std/m³	0,11 m³/Std	-31,9 %
Bewehren Randbalken	SUB-Unternehmen	2-9	190,00 Std	8,72 t	0,05 t/Std	21,80 Std/t	0,07 t/Std	-35,8 %

Kostenermittlung

Randbalkenabrtrag+Verfuhr	Zuordnung	Anzahl		Gesamtmenge	Kosten je Einheit	Summe	Gesamtmenge	Einheitspreis IST	Einheitspreis URK	Bemerkung
		[]	[EH]							
Mobilbagger	Gerät (ZGK)	2	10,5 Std	54,00	1.134,00			0,92		EP inkl. Entos Kompressor
Teleskoparbeitsbühne	Gerät	1	0,8 d	2,62	1,96	116,00	0,02			56,71 €/Mo
Hydraulikhammer	Gerät	1	1,1 d	96,10	100,90	116,00	0,87	0,85		2080,50 €/Mo
4-Achs LKW	Gerät (ZGK)	1	9,5 Std	54,00	513,00			1,92		126,00 €/Mo
Schneidgerät	Gerät (ZGK)	1	1,1 d	3,17	3,33					68,58 €/Mo
Aufbereitung RC 0/45	Material	2	28,50 m³	7,38	420,39	116,00	3,62	2,50		Kosten=2,596t*2,50m³
Arbeitskräfte	Lohn	2-8	61,6 Std	32,50	2.002,00	116,00		5,66		
Randbalkenabrtrag+Verfuhr						Zwischensumme	116,00	21,77	20,85	
Arbeits- und Schutzgerüst										
Teleskoparbeitsbühne	Gerät	1	5,0 d	2,62	13,10	116,00	0,11	1,96		56,71 €/Mo
Mobilbagger	Gerät (ZGK)	1	12,5 Std	54,00	675,00					in zeitgebundene Kosten
Gesimskonsolle T 0,80m	Material	60	72,0 d	0,17	731,16	116,00	6,30	2,97		5,13 €/Mo
Erschubgeländer T 1,80m	Material	60	72,0 d	0,07	299,31	116,00	2,58	1,22		2,10 €/Mo
Gesimsträger T 1,40m	Material	60	72,0 d	0,15	635,67	116,00	5,49	2,55		4,46 €/Mo
Gesimswirge T 0,40m	Material	60	72,0 d	0,12	507,49	116,00	4,37	3,55		3,55 €/Mo
Gesimsbühne T 2,70m	Material	60	72,0 d	0,14	610,02	116,00	5,26	4,28		4,28 €/Mo
Verstärkungsträger T	Material	14	72,0 d	0,07	69,85	116,00	0,58	2,01		2,01 €/Mo
Stoffkosten (Bauschutzmatte, Netze...)	Material	1	348,00 m²	2,05	718,88	116,00	6,18			=1,75+0,316m²
Stoffkosten (Schutzgitter, Bleche)	Material	1	116,00 m	1,67	193,72	116,00	1,67	31,91		=1,17+0,56m
Gerüstpfosten	Material (BE)	1	15,66 m	206,00	3.225,96					
Arbeitskräfte	Lohn	2-6	309,9 Std	32,50	10.072,50	116,00	86,83	-		EP(URK) nicht direkt zuordenbar
Arbeits- und Schutzgerüst						Zwischensumme	116,00	119,37	78,37	
Brückenanker (e=0,6m)										
Kompressor	Gerät (ZGK)	1	3,1 d	12,78	39,83			0,19		276,75 €/Mo
Bohrhammer Hilti	Gerät (ZGK)	1	3,1 d	5,14	18,92			0,19		111,19 €/Mo
Dübel und Kleber	Material	2	128 Stk	15,20	3.891,20	132,32	29,41	34,23		pro Sete
Arbeitskräfte	Lohn	2-4	31,0 Std	32,50	1.007,50	132,32	7,61	10,42		
Brückenanker (e=0,6m)						Zwischensumme	132,32	37,02	45,03	
Bewehren Randbalken										
Betonstahl B550	Material	2	4,36 t	633,58	5.521,61	8,72	633,58	610,0		
Arbeitskräfte	Lohn	2	190,0 Std	33,00	6.270,00	8,72	719,45	260,0		Mehraufwand Bew. Randb.
Bewehren Randbalken						Zwischensumme	8,72	1.353,02	870,00	
Schalen und Betonieren Randbalken										
Schalungsmaterial	Gerät	2	77,19 m³	12,00	1.852,50	44,11	42,00	41,41		
Schalungsmaterial Reinigung	Gerät	2	77,19 m³	0,80	123,50	44,11	2,80	2,78		
Kreissäge	Gerät (ZGK)	1	10,0 d	1,79	17,86					36,67 €/Mo
diverse Hilfsstoffe	Gerät	2	77,19 m³	1,00	154,38	44,11	3,50			Annahme
Beton C25/30RS/B7 (mit Mehrverbr.)	Material	1,02	44,11 m³	75,67	3.404,35	44,11	77,18	148,90		
Arbeitskräfte	Lohn	2-8	591,5 Std	32,50	19.223,75	44,11	435,84	294,11		
Schalen und Betonieren Randbalken						Zwischensumme	44,11	561,32	487,21	

LV-Position	LV-Nr.	EP lt. URK	Gesamtmenge	Summe lt URK	Aufwand
STB abbrechen Rand- Mittelstreifen	0202130105A	20,85 €/m	116,00 m	2.418,60 €	
Gerüst Randleiste	202021002	71,88 €/m	116,00 m	8.338,08 €	
Schutzgerüst PA	0202021003B	745,00 €	1,0 PA	745,00 €	
Az dichter Boden PA	0202021011D	8,25 €	1,0 PA	8,25 €	
Dübel Niro M16, RVS 15.04.12	0202100721D	45,03 €/m	132,32 m	5.958,37 €	
Randbalken m.S. C25/30RS/B7	0202060135E	487,21 €/m³	44,11 m³	21.489,49 €	
Betonstahl B550 B	0202060201A	870,00 €/t	8,72 t	7.582,05 €	
				Gesamtsumme	46.539,84 €
				Delta	-11.260,80 €
					-24,2 %



Literaturverzeichnis

ASFINAG: B.2 Baubeschreibung/Pläne/Gutachten.
Ausschreibungsunterlagen. Bruck an der Mur. Eigenverlag, 2011.

<http://www.asfinag.at/strassennetz>. Datum des Zugriffs: 12.12.2012.

ASFINAG: Generalerneuerung Lebring-Leibnitz.
<http://www.asfinag.at/strassennetz/steiermark>. Datum des Zugriffs:
12.12.2012.

AUBECK, H. J.: Wirtschaftsmathematik für Schule und Ausbildung.
Norderstedt. Filworld Verlag, 2005.

BAUER, H.: Baubetrieb. Berlin, Heidelberg. Springer Verlag, 2007.

BERGMEISTER, K.; FINGERLOOS, F.; WÖRNER, J.: Betonkalender
2011 Teil 2 - Kraftwerke, Faserbeton. Berlin. Ernst und Sohn Verlag für
Architektur und technische Wissenschaften, 2011.

BILITEWSKI, B.; HÄRDTLE, G.; MAREK, K.: Abfallwirtschaft: Handbuch
für Praxis und Lehre. Berlin. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York,
2000.

BOMAG: Grundlagen der Boden- und Asphaltverdichtung.
www.bomag.com/de/media/pdf/WM9701_0403_rdr.pdf. Datum des
Zugriffs: 14.11.2012.

DACHROTH, W.: Handbuch der Baugeologie und Geotechnik. Berlin,
Heidelberg, New York. Springer Verlag, 2002.

http://www.orghandbuch.de/cln_351/nn_414926/OrganisationsHandbuch/DE/5__Personalbedarfsermittlung/51__Grundlagen/514__Stichprobe/Fehlerberechnung. Datum des Zugriffs: 10.11.2012.

DOKA: Gesimsschalung T. <http://www.doka.com/web/products/system-groups/doka-load-bearing-systems/bridge-formwork/bridge-edge-beam-formwork-T/index.de.php>. Datum des Zugriffs: 07.12.2012.

FA. BOMAG: Walzenzüge mit Polygonbandage erobern den Erdbau.
www.bomag.com/media/Polygon-Internet.pdf. Datum des Zugriffs:
28.09.2012.

<http://www.dimas.co.at/index.php?channel=240>. Datum des Zugriffs:
28.09.2012.

<http://www.gogo-hammer.com/index.php?key=technik>. Datum des
Zugriffs: 28.09.2012.

<http://www.kab.at/>. Datum des Zugriffs: 27.09.2012.

<http://www.kutter.de/fahrbahnsanierung/sonstige/betonzertruemmerer/>.
Datum des Zugriffs: 27.09.2012.

FA. KUTTER: Kutter fräst Betondecke mit Dübeln und Ankern.
http://www.kutter.de/fahrbahnsanierung/service/pressemeldungen/?pr_id=5. Datum des Zugriffs: 28.09.2012.

GESTRATA - GESELLSCHAFT ZUR PFLEGE DER STRAßENBAUTECHNIK MIT ASPHALT: Asphalt - Handbuch. Wien. Eigenverlag, 2010.

GEWIESE, A.; GLADITZ-FUNK, I.; SCHENK, B.: Recycling von Baureststoffen. Malmsheim. expert-Verlag, 1994.

GORENZ, H.: Maschinelle Abbrucharbeiten. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2011.

GRIMSCHEID, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. Zürich. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2010.

HAMM AG: Verdichtung im Asphalt- und Erdbau. Tirschenreuth 2008. Eigenverlag, 2008.

HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Berlin, Heidelberg. Springer Verlag, 2007.

HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. Wien. Verband Österreichischer Biege- und Verlegetechnik (VÖBV), 2011.

INSTITUT FÜR BAUBETREIB, BAUWIRTSCHAFT, PROJEKTENTWICKLUNG UND PROJEKTMANAGEMENT: Baubetriebslehre Skriptum. Graz. Eigenverlag, Technische Universität Graz, 2010.

KLEEMANN WIRTGEN GROUP: Mobicat - Raupenmobile Backenbrecher. http://www.kleemann.info/de/products/download-center_1.html. Datum des Zugriffs: 19.10.2012.

KLEEMANN-WIRTGEN GROUP: Mobirex - Raupenmobile Prallbrecher. http://www.kleemann.info/de/products/download-center_1.html. Datum des Zugriffs: 19.10.2012.

KOLAR, K.: Betoninstandsetzung. Leonding. Bau Akademie BWZ Oberösterreich, 2011.

KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb. Wiesbaden. Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2011.

<http://www.eapforum.ch/showthread.php?1917-Pistensanierung>. Datum des Zugriffs: 30.09.2012.

LINß, G.: Qualitätsmanagement für Ingenieure. Leipzig. Carl Hanser Verlag, 2005.

LIU, Q.: Skriptum zur LVNr. 221.480: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik für Bauingenieure. Graz. Eigenverlag; TU Graz, 2011.

MAPEI: Mapegrout T60. <http://www.mapei.com/BE-DE/product-detail.asp?IDMacroLinea=0&IDProdotto=317&IDTipo=729&IDLinea=129>. Datum des Zugriffs: 03.12.2012.

MAYRHOFER, M.; HOFSTADLER, C.: Masterarbeit - Baubetriebliche Grundlagen zur Sanierung von Sichtbetonflächen. Graz. TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Projektentwicklung und Projektmanagement, 2012.

ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT STRAÙE UND VERKEHR, ARBEITSGRUPPE ASPHALTSTRAÙE: Arbeitspapier Nr. 5: Ränder, Nähte, Anschlüsse. Arbeitspapier. Wien. Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr, 2003.

ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAÙE UND VERKEHR: RVS 8S.02.6 (RVS 08.03.02): Technische Vertragsbedingungen - Erdarbeiten - Kontinuierlicher walzenintegrierter Verdichtungsnachweis. Wien. Österreichische Forschungsgesellschaft für Straße und Verkehr, 1999.

ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAÙE-SCHIENE-VERKEHR: RVS 08.17.01: Technische Vertragsbestimmungen Betondecke: Mit Bindemittel stabilisierte Tragschichten. Wien. Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2009.

ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAÙE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehrsinfrastruktur (LB-VI), Version 2. Wien. Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (FSV), 2010.

ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAÙE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): RVS 08.16.01 - Anforderungen an Asphaltsschichten. Wien. Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (FSV), 2010.

ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRAÙE-SCHIENE-VERKEHR (FSV): RVS 11.03.21: Asphalt und Asphaltsschichten, Prüfung und Abrechnung. Wien. Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (FSV), 2010.

ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie: Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton. Wien. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (ÖVBB), 2007.

ÖSTERREICHISCHEN BAUTECHNIK VEREINIGUNG ÖBV: Richtlinie selbst- und leichverdichtbarer Beton (SCC und ECC). Wien. ÖBV, 2012.

ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFF RECYCLING-VERBAND: Richtlinie für Recycling-Baustoffe - 8. Auflage. Wien. ÖBRV, 2009.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖN B 4706 - Betonbau: Instandsetzung, Umbau und Verstärkung. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2003.

PRINZ, H.; STRAUß, R.: Ingenieurgeologie. Heidelberg. Spektrum Verlag, 2011.

PROPOROWITZ, A.; MALPRICHT, W.; WOTSCHKE, M.: Baubetrieb - Bauwirtschaft. München. Carl Hanser Verlag, 2008.

ROSENBERGER, R.: Baurestmassentrennung auf der Baustelle. Wien. WKO Geschäftsstelle Bau, 2010.

SIKA: SikaGrout 316.
<http://aut.sika.com/de/Produkte%20%2B%20L%C3%B6sungen/Chemische%20Baustoffe%20D%C3%A4mpfen%20Kleben%20Dichten%20Verst%C3%A4rken/Betoninstandsetzung%20Betonschutz/Betonschutz%20Betoninstandsetzung%20M%C3%B6rtel/Betoninstandsetzung%20M%C3%B6rtel/Vergu%C3%9F>. Datum des Zugriffs: 03.12.2012.

TU GRAZ - INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT: Baubetriebslehre Skriptum. Graz. Eigenverlag, 2010.

VÖGELE: Vögele Ausziehbohlen AB 500-2.
<http://www.voegele.info/de/produkte/ausziehbohlen/ab500/index.html>.
 Datum des Zugriffs: 22.11.2012.

VÖGELE: Vögele InLine Pave.
http://www.voegele.info/de/produkte/superserie/super_specialclass/super_21002ipbinderschichten/index.html. Datum des Zugriffs: 24.11.2012.

VÖGELE: Beschicker MT 3000-2.
<http://www.voegele.info/de/produkte/powerfeeder/mt30002/index.html>.
 Datum des Zugriffs: 24.11.2012.

WIRTGEN GMBH: Kaltrecycling- Handbuch. Windhagen. Eigenverlag, 2006.

WIRTGEN GMBH: Kaltfräse W220.
http://www.wirtgen.de/de/produkte/kaltfraesen/w220/w220_download.html. Datum des Zugriffs: 13.11.2012.

WIRTGEN GMBH: Die Welt der Wirtgen Bodenstabilisierer und Kaltrecycler.
<http://www.wirtgen.de/de/technologien/bodenstabilisierung/bodenstabilisierung.html>. Datum des Zugriffs: 14.11.2012.

ZIBULSKI, H.: Anlagentechnik zur Aufbereitung von Baureststoffen. In: Tiefbau, 1/2005.

