

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

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

Graz, am

.....

(Unterschrift)

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,

date

.....

(signature)

Danksagung

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

Für die kompetente und freundliche Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Assoc.Prof. Dr.techn. Dipl.-Ing. Christian Hofstadler.

Weiters danke ich der Firma Porr für die Unterstützung dieser Arbeit, die Zurverfügungstellung eines Arbeitsplatzes und den Einblick in das Baugeschehen einer spannenden Baustelle. Besonderer Dank gilt Herrn OI Bmstr. Ing. Markus Schlacher und Herrn Dipl.-Ing. Jakob Derler für die angenehme Zusammenarbeit und die hilfreiche Unterstützung.

Danken möchte ich auch meiner Familie und meinen Freunden, die mir immer zur Seite gestanden sind. Mein besonderer Dank gebührt dabei meinen Eltern, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch in jeder Hinsicht unterstützt haben.

Graz, am (Datum)

(Unterschrift des Studenten)

Kurzfassung

Sichtbeton wird heute mehr und mehr als architektonisches Gestaltungselement eingesetzt und ist im modernen Hochbau unverzichtbar geworden. Und das, obwohl wegen der immer wechselnden Baustellen- und Bauwerksbedingungen bei der Herstellung in Ortbetonbauweise die Erreichung der geforderten Qualität der Sichtbetonoberfläche nie garantiert werden kann. Da ein gewünschtes Sichtbetonergebnis nur bei optimaler Auswahl und Kombination der Produktionsfaktoren erzielt werden kann, wird die Herstellung von Sichtbeton zu einer komplexen Aufgabe für alle Beteiligten.

Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit der systematischen Dokumentation und dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton. Einen Kern der Arbeit bildet die ausführliche Dokumentation der Sichtbetonherstellung eines konkreten Bauwerkes. Darauf aufbauend werden die wichtigsten Maßnahmen und deren Auswirkung genauer dargestellt, die zum kontinuierlichen Verbesserungsprozess der Sichtbetonqualität beitragen. Weiters konnten durch die Analyse der Baustellenbeobachtung und den Vergleich mit aktuellen Forschungsergebnissen maßgebende Einflussfaktoren auf die Qualität von Sichtbeton herausgefunden werden. Die Ergebnisse der Arbeit werden in Form eines Leitfadens für die Sichtbetonherstellung zusammengefasst.

Abstract

Today exposed concrete is increasingly used as an architectural design feature and it got indispensable for modern structural engineering. This is despite the fact that the quality of exposed concrete surfaces can never be guaranteed because of the changing conditions of building site and construction while producing an in-situ building. Since the only way to achieve the desired outcome is to select and combine the factors of production in an optimum manner, the production of exposed concrete is a complex task for all participants.

This master thesis concerns the systematic documentation and the continuous process of improvement during the production of exposed concrete. Main part of the paper is a detailed documentation of a specific project with exposed concrete walls. Based on this, the most important measures and its consequences, which contributed to the continuous process of improvement of the exposed concrete quality, are limned in detail. By an analysis of the building site-observation and the comparison with current research results the decisive factors involved to exposed concrete surfaces could be figured out. As an outcome of this thesis a manual for the production of exposed concrete walls was created.

Gender-Erklärung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde in dieser Masterarbeit auf die Verwendung von geschlechtsspezifischen Formulierungen verzichtet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der maskulinen Form für beide Geschlechter verstanden werden soll.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung und Anlass.....	1
1.2	Ziele der Arbeit	2
1.3	Systematik und Aufbau	3
2	Grundlagen zu Qualität und Sichtbeton	6
2.1	Qualität allgemein.....	6
2.1.1	Definitionen	6
2.1.2	Tätigkeitsbegriffe der Qualitätslehre.....	7
2.1.3	Qualitätsaudit.....	8
2.2	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess	9
2.2.1	Geschichte und Entwicklung	9
2.2.2	KVP im Bauwesen	10
2.3	Sichtbeton allgemein	11
2.3.1	Definition	11
2.3.2	Regelwerke	13
2.4	Sichtbeton-Regelkreis.....	16
2.5	Gestaltungsmerkmale	18
2.5.1	Farbe	18
2.5.2	Flächengliederung	19
2.5.3	Struktur.....	20
2.5.4	Porigkeit	21
3	Sichtbeton am Beispiel SMC	22
3.1	Allgemeine Projektdaten	23
3.2	Vereinbarte Sichtbetonqualität am SMC	24
3.2.1	Ausschreibungstext	24
3.2.2	Anforderungen an das Sichtbetonbauwerk nach ÖVBB- Richtlinie:2009	26
3.2.3	Referenzfläche	41
3.3	Sichtbetonprozess	49
3.4	Arbeitsschritte.....	52
3.4.1	Lagern der Schalung	53
3.4.2	Stellen der Schalung.....	53
3.4.3	Bewehren	54
3.4.4	Schalungsreinigung	54
3.4.5	Trennmittelauftrag.....	55
3.4.6	Schließen der Schalung.....	56
3.4.7	Betoneinbringung	56
3.4.8	Betonverdichtung.....	57
3.4.9	Abdecken und Beheizen	58
3.4.10	Ausschalen.....	58
3.5	Verwendete Produktionsfaktoren	58
3.5.1	Arbeit.....	60
3.5.2	Betriebsmittel.....	61
3.5.3	Stoffe.....	64
4	Baustellendokumentation SMC	69
4.1	10OGBT1	71
4.1.1	Betonlieferung	71
4.1.2	Betoneinbringung	71

4.1.3	Ergebnis	72
4.1.4	Sichtbetonbesprechung	73
4.2	10OGBT2	74
4.2.1	Reinigung der Schalung.....	75
4.2.2	Schließen der Schalung.....	76
4.2.3	Betonlieferung	76
4.2.4	Betoneinbringung	76
4.2.5	Abdecken der Bewehrung.....	77
4.2.6	Ergebnis	78
4.2.7	Sichtbetonbesprechung	79
4.3	11OGBT1	81
4.3.1	Reinigung der Schalung.....	82
4.3.2	Schließen der Schalung.....	83
4.3.3	Betonlieferung	84
4.3.4	Betoneinbringung	86
4.3.5	Beheizen	87
4.3.6	Ergebnis	87
4.3.7	Sichtbetonbesprechung	89
4.4	11OGZW	92
4.4.1	Reinigung der Schalung.....	92
4.4.2	Schließen der Schalung.....	93
4.4.3	Betontemperatur	93
4.4.4	Betoneinbringung	93
4.4.5	Ergebnis	93
4.5	11OGBT2	94
4.5.1	Schalungstausch	95
4.5.2	Reinigung der Schalung.....	95
4.5.3	Schließen der Schalung.....	96
4.5.4	Betonlieferung	96
4.5.5	Betoneinbringung	96
4.5.6	Ergebnis	97
4.5.7	Rüttelversuch Nr.1	99
4.5.8	Sichtbetonbesprechung	103
4.6	12OGBT1	106
4.6.1	Schalhauttausch	107
4.6.2	Videoschulung	107
4.6.3	Sichtbetonbesprechung	107
4.6.4	Reinigung der Schalung.....	108
4.6.5	Schließen der Schalung.....	108
4.6.6	Betonlieferung	109
4.6.7	Betoneinbringung	109
4.6.8	Ergebnis	110
4.6.9	Rüttelversuch Nr.2	113
4.6.10	Sichtbetonbesprechung	117
4.7	12OGBT2	119
4.7.1	Schalen Innenseite	119
4.7.2	Bewehren	120
4.7.3	Reinigung der Schalung.....	120
4.7.4	Schließen der Schalung.....	121
4.7.5	Betonlieferung	121
4.7.6	Betoneinbringung	122
4.7.7	Ergebnis	123
4.7.8	Sichtbetonbesprechung	125

4.8	13OGBT1	127
4.8.1	Schalen Innenseite	128
4.8.2	Schulung	128
4.8.3	Reinigung der Schalung.....	128
4.8.4	Schließen der Schalung.....	129
4.8.5	Betonlieferung	129
4.8.6	Betoneinbringung	130
4.8.7	Ergebnis	130
4.8.8	Sichtbetonbesprechung	131
4.9	13OGBT2	133
4.9.1	Reinigung der Schalung.....	133
4.9.2	Schließen der Schalung.....	135
4.9.3	Betonlieferung	135
4.9.4	Betoneinbringung	136
4.9.5	Ergebnis	136
4.9.6	Sichtbetonbesprechung	138
4.10	14OG.....	139
4.10.1	Schalungsaufdoppelung	139
4.10.2	Reinigung der Schalung.....	141
4.10.3	Schließen der Schalung.....	141
4.10.4	Betonlieferung	141
4.10.5	Betoneinbringung	142
4.10.6	Ergebnis	143
4.10.7	Sichtbetonbesprechung	144
5	Ergebnisdarstellung	147
5.1	Einflussfaktoren	147
5.1.1	Bewehrung	147
5.1.2	Schalung	152
5.1.3	Beton.....	160
5.1.4	Umweltbedingungen	167
5.1.5	Baubetriebliche Einflüsse.....	171
5.2	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess während der Sichtbetonherstellung am Bauvorhaben SMC	173
5.2.1	Lagern der Sichtschalung	175
5.2.2	Bewehrung	175
5.2.3	Reinigung der Schalung.....	177
5.2.4	Betoneinbau	178
5.2.5	Betonprüfung.....	180
5.2.6	Schutz von Sichtbetonwänden.....	182
6	Sanierung von Sichtbeton am SMC	185
6.1	Arten der Sichtbetonsanierung am SMC	185
6.1.1	Reinigung	185
6.1.2	Sanierung	188
6.2	Empfehlungen für die Sanierung von Sichtbeton	188
7	Leitfaden	190
7.1	Checkliste Planung	191
7.2	Checkliste Arbeitsvorbereitung	193
7.3	Checkliste Ausführung	194
	Literaturverzeichnis	199

A.	Anhang	201
A.1	Sichtbetonprozess	202
A.2	Wärmeentwicklung 10OGBT2.....	203
A.3	Maßnahmenmatrix.....	206
A.4	Produktliste Sichtbetonreinigung.....	208

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1	Prinzip der kleinen Schritte	9
Abbildung 2.2	Sichtbetonkriterien nach ÖNORM B 2211:2009	14
Abbildung 2.3	Sichtbetonklassen nach ÖVBB Richtlinie:2009.....	15
Abbildung 2.4	Klassenbildende Anforderungen nach ÖVBB Richtlinie:2009.....	15
Abbildung 2.5	Nicht klassenbildende Anforderungen nach ÖVBB Richtlinie:2009	15
Abbildung 2.6	Soll-Ist-Vergleich.....	17
Abbildung 2.7	Der Sichtbeton-Regelkreis.....	18
Abbildung 3.1	Animation des SMC	22
Abbildung 3.2	SMC während der Bauausführung.....	22
Abbildung 3.3	Polierplan des SMC	23
Abbildung 3.4	Ausschreibungstext Stahlbetonarbeiten	24
Abbildung 3.5	Ausschreibungstext Sichtbeton.....	25
Abbildung 3.6	Sichtbetonmuster.....	25
Abbildung 3.7	Planausschnitt aus der Bemusterungsmappe.....	25
Abbildung 3.8	Farbtongleichmäßigkeit FT3	30
Abbildung 3.9	Schalhautstoß HS2.....	32
Abbildung 3.10	Arbeitsfuge AF2 (Ausführung mit Trapezleiste)	32
Abbildung 3.11	Schalungselementstoß ES2 (geringer Versatz und Feinmörtelaustritt).....	33
Abbildung 3.12	Kantenausbildung K1.....	34
Abbildung 3.13	Kantenausbildung K2.....	35
Abbildung 3.14	Ankerstelle AS1	35
Abbildung 3.15	Verschluss des Ankerloches AV1 (mit Kunststoffstopfen)	36
Abbildung 3.16	Aufhängestelle AH1	36
Abbildung 3.17	Befestigungsart der Schalhaut BA2 (nicht sichtbare Befestigung).....	39
Abbildung 3.18	Schalhautzustand SZ2.....	39
Abbildung 3.19	Systemrahmenschalung SY1.....	40
Abbildung 3.20	Textur T1 (3-Schicht-Platte).....	41
Abbildung 3.21	Auszug Baubesprechungsprotokoll	41
Abbildung 3.22	Farbgleichheit in der Eingangshalle	42
Abbildung 3.23	Porigkeit in der Eingangshalle	42
Abbildung 3.24	Gesamteindruck in der Eingangshalle	43
Abbildung 3.25	Ankerbild in der Eingangshalle	44
Abbildung 3.26	Farbgleichheit im Stiegenhaus.....	44
Abbildung 3.27	Porigkeit im Stiegenhaus	45
Abbildung 3.28	Gesamteindruck im Stiegenhaus	45
Abbildung 3.29	Elementstoß im Stiegenhaus	46

Abbildung 3.30	Elementstoß im Stiegenhaus	46
Abbildung 3.31	Ankerloch im Stiegenhaus	47
Abbildung 3.32	Sanierte Stellen im Stiegenhaus	47
Abbildung 3.33	Unebenheiten im Stiegenhaus	47
Abbildung 3.34	Farbgleichheit im Besprechungsraum	48
Abbildung 3.35	Gesamteindruck im Besprechungsraum	48
Abbildung 3.36	Sichtbetonprozess	50
Abbildung 3.37	Auszug aus dem Sichtbetonprozess: Reinigen und TM-Auftrag... 51	
Abbildung 3.38	Prozessdarstellung des Reinigungsvorganges	52
Abbildung 3.39	Markierung der Schalungsposition	53
Abbildung 3.40	Produktionsfaktoren	59
Abbildung 3.41	Schematische Darstellung des Kranes	61
Abbildung 3.42	Krankübel samt flexibler Einbringschlauch	62
Abbildung 3.43	Schematische Darstellung der Fugenabdichtung	63
Abbildung 3.44	Wacker IREN 57 Schalungsinnenrüttler	64
Abbildung 3.45	Abstandhalter	65
Abbildung 3.46	Doka Sichtbeton-Distanzhalter	65
Abbildung 3.47	Opti Stopfen 22 mm	66
Abbildung 3.48	Doka-Trenn	67
Abbildung 3.49	Sika®-Betonlöser	67
Abbildung 3.50	Doka-OptiX	68
Abbildung 4.1	Gesamteindruck 10OGBT1	71
Abbildung 4.2	Porigkeit im 10. OG, Bauteil 1	72
Abbildung 4.3	Farbgleichheit im 10. OG, Bauteil 1	73
Abbildung 4.4	Kabelbinder an Rüttelflasche	74
Abbildung 4.5	Blasenbildung an der Frischbetonoberfläche	74
Abbildung 4.6	Gesamteindruck 10OGBT2	75
Abbildung 4.7	Beschädigte Schalhaut im 11. OG, Bauteil 2	75
Abbildung 4.8	Ripplings an der Schalhaut	75
Abbildung 4.9	Blasenbildung am Frischbeton	77
Abbildung 4.10	Blasenbildung am Frischbeton	77
Abbildung 4.11	Abdeckung der Bewehrung bei Schneefall	78
Abbildung 4.12	Porigkeit im 10. OG, Bauteil 2	78
Abbildung 4.13	Farbgleichheit im 10. OG, Bauteil 2	79
Abbildung 4.14	Fugenversatz im 10. OG, Bauteil 2	79
Abbildung 4.15	Farbgleichheit im 10. OG, Bauteil 2	80
Abbildung 4.16	Porigkeit im 10. OG, Bauteil 2	80
Abbildung 4.17	Gesamteindruck 11OGBT1	82
Abbildung 4.18	Starke Verschmutzung der Schalung im 10. OG, Bauteil 2	82
Abbildung 4.19	Sichtbare Abnutzung der Schalung im 11. OG, Bauteil 1	83

Abbildung 4.20	Eisfreie Schalung im 11. OG, Bauteil 1.....	83
Abbildung 4.21	Abgedeckte Bewehrung während des Schalvorganges.....	84
Abbildung 4.22	Testen Ausbreitmaß 11OGBT1	85
Abbildung 4.23	Ergebnis des Ausbreitmaßes 11. OG, Bauteil 1	85
Abbildung 4.24	Schneebedeckter Betonkübel.....	86
Abbildung 4.25	Schneefall während der Betonage im 11. OG, Bauteil 1.....	87
Abbildung 4.26	Wasserabsonderungen aufgrund des Schneefalls	87
Abbildung 4.27	Abdecken der Sichtbetonwand im 11. OG, Bauteil 1	87
Abbildung 4.28	Porigkeit im 11. OG, Bauteil 1.....	88
Abbildung 4.29	Farbgleichheit im 11. OG, Bauteil 1	88
Abbildung 4.30	Kiesnester im 11. OG, Bauteil 1.....	89
Abbildung 4.31	Dunkle Flecken im 11. OG, Bauteil 1.....	90
Abbildung 4.32	Farb(un)gleichheit im 11. OG, Bauteil 1.....	90
Abbildung 4.33	Dunkle Verfärbungen im 11. OG, Bauteil 1.....	90
Abbildung 4.34	Größe der Poren im 11. OG, Bauteil 1.....	91
Abbildung 4.35	Hohe Anzahl an Poren im 11. OG, Bauteil 1.....	91
Abbildung 4.36	Reinigungsplan	93
Abbildung 4.37	Gesamteindruck der Probewand im 11. OG	94
Abbildung 4.38	Porigkeit der Zwischenwand (links: neue Schalhaut, rechts: alte Schalhaut).....	94
Abbildung 4.39	Gesamteindruck 11OGBT2.....	95
Abbildung 4.40	pH-Wert an der Schalhaut: ~2	95
Abbildung 4.41	Porigkeit im 11. OG, Bauteil 2.....	98
Abbildung 4.42	Farbgleichheit im 11. OG, Bauteil 2.....	98
Abbildung 4.43	Kiesnester im 11. OG, Bauteil 2.....	99
Abbildung 4.44	Versuchskörper 1.....	100
Abbildung 4.45	Versuchskörper 2.....	100
Abbildung 4.46	Versuchskörper 3.....	100
Abbildung 4.47	Versuchskörper 4.....	101
Abbildung 4.48	Versuchskörper 5.....	101
Abbildung 4.49	Versuchskörper 6.....	101
Abbildung 4.50	Versuchskörper 7.....	102
Abbildung 4.51	Versuchskörper 8.....	102
Abbildung 4.52	Dunkle Verfärbungen.....	103
Abbildung 4.53	Gelbliche Verschmutzungen	104
Abbildung 4.54	Porigkeit bei der fünften Verwendung der Schalhaut.....	104
Abbildung 4.55	Porigkeit bei der ersten Verwendung der Schalhaut.....	104
Abbildung 4.56	Gesamteindruck 12OGBT1.....	107
Abbildung 4.57	Porigkeit bei unterschiedlich alten Schaltafeln.....	111
Abbildung 4.58	Ankerloch bei Verwendung einer alten Schalhaut	111

Abbildung 4.59	Ankerloch bei Verwendung einer neuen Schalhaut	112
Abbildung 4.60	Rippings im 12. OG.....	112
Abbildung 4.61	Farbunterschiede bei verschiedenen Betonlieferanten	113
Abbildung 4.62	Versuchskörper 1 (am Tag des Ausschalens)	114
Abbildung 4.63	Versuchskörper 1 (2 Wochen nach Ausschalen)	114
Abbildung 4.64	Versuchskörper 2 (am Tag des Ausschalens)	114
Abbildung 4.65	Versuchskörper 2 (2 Wochen nach Ausschalen)	115
Abbildung 4.66	Versuchskörper 3 (am Tag des Ausschalens)	115
Abbildung 4.67	Versuchskörper 3 (2 Wochen nach Ausschalen)	115
Abbildung 4.68	Versuchskörper 4 (am Tag des Ausschalens)	115
Abbildung 4.69	Versuchskörper 4 (2 Wochen nach Ausschalen)	116
Abbildung 4.70	Versuchskörper 5 (am Tag des Ausschalens)	116
Abbildung 4.71	Versuchskörper 5 (2 Wochen nach Ausschalen)	116
Abbildung 4.72	Versuchskörper 6 (am Tag des Ausschalens)	116
Abbildung 4.73	Versuchskörper 6 (2 Wochen nach Ausschalen)	117
Abbildung 4.74	Links: 1. Einsatz; Rechts: 5. Einsatz.....	118
Abbildung 4.75	Gesamteindruck 12OGBT2.....	119
Abbildung 4.76	Stellen der Innenschalung	120
Abbildung 4.77	Schäden an der Schalhaut.....	121
Abbildung 4.78	Schäden an der Schalhaut.....	121
Abbildung 4.79	Porigkeit im 12. OG, Bauteil 2.....	123
Abbildung 4.80	Farbgleichheit im 12. OG, Bauteil 2	123
Abbildung 4.81	Versatz am Elementstoß.....	124
Abbildung 4.82	Arbeitsfuge.....	124
Abbildung 4.83	Wasserschlieren an der Sichtbetonoberfläche.....	125
Abbildung 4.84	Abdruck einer Schalttafel.....	125
Abbildung 4.85	Farbgleichheit im 12.OG, Bauteil 2	126
Abbildung 4.86	Porigkeit im 12.OG, Bauteil 2.....	126
Abbildung 4.87	Gesamteindruck 13OGBT1.....	127
Abbildung 4.88	Schäden an der Schalhaut.....	128
Abbildung 4.89	Schäden an der Schalhaut.....	128
Abbildung 4.90	Porigkeit im 13. OG, Bauteil 1.....	130
Abbildung 4.91	Farbgleichheit im 13. OG, Bauteil 1	131
Abbildung 4.92	Fensterdurchbruch im 13.OG, Bauteil 1	131
Abbildung 4.93	Farbgleichheit im 13.OG, Bauteil 1	132
Abbildung 4.94	Porigkeit im 13.OG, Bauteil 1.....	132
Abbildung 4.95	Gesamteindruck 13OGBT2.....	133
Abbildung 4.96	Schäden an der Schalhaut.....	134
Abbildung 4.97	Schäden an der Schalhaut.....	134
Abbildung 4.98	Schäden an der Schalhaut.....	134

Abbildung 4.99	Schäden an der Schalhaut.....	134
Abbildung 4.100	Schäden an der Schalhaut.....	134
Abbildung 4.101	Porigkeit im 13. OG, Bauteil 2.....	137
Abbildung 4.102	Farbgleichheit im 13. OG, Bauteil 2.....	137
Abbildung 4.103	Fensterdurchbruch im 13. OG, Bauteil 2.....	138
Abbildung 4.104	Farbgleichheit im 13. OG, Bauteil 2.....	138
Abbildung 4.105	Porigkeit im 13. OG, Bauteil 2.....	139
Abbildung 4.106	Schalungsaufdoppelung (Schritt 1: Vorbereiten des alten Elementes).....	140
Abbildung 4.107	Schalungsaufdoppelung (Schritt 2: Aufstocken des Grundtraggerüstes).....	140
Abbildung 4.108	Schalungsaufdoppelung (Schritt 3: Aussteifen mit Doppel-C-Profilen).....	140
Abbildung 4.109	Schalungsaufdoppelung (Schritt 4: Montieren der Schalhaut)....	141
Abbildung 4.110	Schalungsaufdoppelung (Schritt 5: Ergebnis).....	141
Abbildung 4.111	Porigkeit im 14. OG, Bauteil 2.....	143
Abbildung 4.112	Farbgleichheit im 14. OG, Bauteil 2.....	143
Abbildung 4.113	Farbunterschiede am Elementstoß.....	145
Abbildung 4.114	Farbgleichheit im 14. OG, Bauteil 2.....	145
Abbildung 4.115	Porigkeit im 14. OG, Bauteil 2.....	145
Abbildung 5.1	Bewehrungstyp 1.....	149
Abbildung 5.2	Bewehrungstyp 2.....	149
Abbildung 5.3	Bewehrungstyp 3.....	150
Abbildung 5.4	Bewehrungstyp 4.....	150
Abbildung 5.5	Bewehrungstyp 5.....	151
Abbildung 5.6	Bewehrungstyp 6.....	151
Abbildung 5.7	Varierte Vorbehandlungs-Trennmittel-Kombination.....	153
Abbildung 5.8	Elementnummer 1.....	153
Abbildung 5.9	Elementnummer 2.....	153
Abbildung 5.10	Elementnummer 3.....	154
Abbildung 5.11	Elementnummer 4.....	154
Abbildung 5.12	Ergebnis bei unterschiedlichem Trennmittelauftrag.....	155
Abbildung 5.13	Ergebnis bei unterschiedlichem Trennmittelauftrag.....	155
Abbildung 5.14	Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang Schalhautschäden 1.....	156
Abbildung 5.15	Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang Schalhautschäden 2.....	157
Abbildung 5.16	Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang Rippings.....	157
Abbildung 5.17	Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang Ankerloch 1.....	158
Abbildung 5.18	Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang Ankerloch 2.....	159
Abbildung 5.19	Abzeichnen der Bewehrung.....	164
Abbildung 5.20	Gesamtdauer der Betonagen.....	164
Abbildung 5.21	Schüttreihenfolge beim Betoneinbau.....	166

Abbildung 5.22	Eisfreie Schalhaut bei einer Außentemperatur von 0 °C.....	167
Abbildung 5.23	Zusammenhang Außentemperatur und relative Luftfeuchtigkeit.	168
Abbildung 5.24	Lufttemperatur während den Sichtbetonbetonagen	169
Abbildung 5.25	10OG BT1.....	169
Abbildung 5.26	10OG BT2.....	169
Abbildung 5.27	11OG BT1.....	169
Abbildung 5.28	11OG BT2.....	169
Abbildung 5.29	12OG BT1.....	169
Abbildung 5.30	12OG BT2.....	169
Abbildung 5.31	13OG BT1.....	170
Abbildung 5.30	13OG BT2.....	170
Abbildung 5.33	Rostfahnen durch Kontakt der Bewehrung mit Regen	171
Abbildung 5.34	Wasserschlieren wegen unabdichteten Elektroeinlegearbeiten	172
Abbildung 5.35	Betonspritzer an fertiger Sichtbetonwand	173
Abbildung 5.36	Maßnahmenmatrix.....	174
Abbildung 5.37	Abdecken der Sichtschalung während der Lagerung	175
Abbildung 5.38	Fasermamentabstandhalter für Sichtbeton	176
Abbildung 5.39	Markierung der Schüttlagen an der Stellschalung	177
Abbildung 5.40	Markierung der Schüttlagen an der Bewehrung.....	177
Abbildung 5.41	Reinigung der Schalhaut mit Kunststoffspachtel und Kantholz... ..	178
Abbildung 5.42	Rüttelgasse.....	178
Abbildung 5.43	Schneebedeckter Betonkübel.....	179
Abbildung 5.44	Schneebedeckte Schalung	179
Abbildung 5.45	Abdecken der Schalung.....	180
Abbildung 5.46	Bestimmung des Ausbreitmaßes	181
Abbildung 5.47	Distanzierung des Kantenschutzes durch Abstandhalter (ideal). ..	182
Abbildung 5.48	Kantenschutz für fertige Sichtbetonwände (oben: ideal; unten: nicht ideal)	183
Abbildung 5.49	Abdeckung der Bewehrung bei Regen bzw. Schneefall	184
Abbildung 5.50	Silikonwulst an der Betonkrone.....	184
Abbildung 6.1	Reinigung mit Schleifpapier	186
Abbildung 6.2	Erfolgreiche Entfernung von Rostflecken mit einem Bimsstein... ..	186
Abbildung 6.3	Reinigung mit Schleifvlies	187
Abbildung 6.4	Sichtbetonwand vor der Reinigung mit Universalschleifgerät	187
Abbildung 6.5	Sichtbetonwand nach der Reinigung mit Universalschleifgerät ..	188
Abbildung 7.1	Regelkreis für die Planung – Sichtbeton [Hofstadler].....	191
Abbildung 7.2	Regelkreis für die Ausführung – Sichtbeton [Hofstadler]	195
Abbildung 7.3	Wärmeentwicklung 10OGBT2	203
Abbildung 7.4	Wärmeentwicklung 11OGBT1	204
Abbildung 7.5	Wärmeentwicklung 11OGBT2	205

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1	Bauwerkskenndaten SMC	23
Tabelle 3.2	Massen der Stahlbetonarbeiten am SMC	24
Tabelle 3.3	Sichtbetonklassen SB – Gesamtanforderung an das Sichtbetonbauwerk (die klassenbildenden Anforderungen sind grau hinterlegt).....	27
Tabelle 3.4	Anforderungsklassen PQ: Bauteilbeschreibung (Planung und Ausschreibung).....	28
Tabelle 3.5	Klassenbildende Anforderungen der Bauteilbeschreibung	28
Tabelle 3.6	Anforderungsklassen BQ: Betonfläche, Betonstandard	29
Tabelle 3.7	Klassenbildende Anforderungen an die Betonfläche	29
Tabelle 3.8	Nicht klassenbildende Anforderungen: Betonfarbe.....	30
Tabelle 3.9	Anforderungsklassen AQ: Bauausführung.....	31
Tabelle 3.10	Klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung	31
Tabelle 3.11	Nicht klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung	34
Tabelle 3.12	Anforderungsklassen SQ: Schalungsmaterial, Trennmittleinsatz	37
Tabelle 3.13	Klassenbildende Anforderungen an die Schalung	38
Tabelle 3.14	Nicht klassenbildende Anforderungen an die Schalung.....	40
Tabelle 4.1	Betonierbedingungen 10OGBT1.....	72
Tabelle 4.2	Betonierbedingungen 10OGBT2.....	76
Tabelle 4.3	Frischbetontemperatur 11OGBT1.....	84
Tabelle 4.4	Betonierbedingungen 11OGBT1.....	86
Tabelle 4.5	Frischbetontemperatur 11OGBT2.....	96
Tabelle 4.6	Betonierbedingungen 11OGBT2.....	97
Tabelle 4.7	Versuchsparameter Rüttelversuch Nr.1	99
Tabelle 4.8	Frischbetontemperatur 12OGBT1.....	109
Tabelle 4.9	Betonierbedingungen 12OGBT1.....	110
Tabelle 4.10	Versuchsparameter Rüttelversuch Nr.2.....	113
Tabelle 4.11	Frischbetontemperatur 12OGBT2.....	122
Tabelle 4.12	Betonierbedingungen 12OGBT2.....	122
Tabelle 4.13	Frischbetontemperatur 13OGBT1.....	129
Tabelle 4.14	Betonierbedingungen 13OGBT1.....	130
Tabelle 4.15	Frischbetontemperatur 13OGBT2.....	135
Tabelle 4.16	Betonierbedingungen 13OGBT2.....	136
Tabelle 4.17	Frischbetontemperatur 14OGBT2.....	142
Tabelle 4.18	Betonierbedingungen 14OGBT2.....	142
Tabelle 5.1	Liefer- und Verbrauchsrhythmus für einen Betonierabschnitt	165
Tabelle 7.1	Checkliste Planung	192
Tabelle 7.2	Checkliste Arbeitsvorbereitung	193
Tabelle 7.3	Checkliste Ausführung	198

Tabelle 7.4 Produktliste Sichtbetonreinigung 208

Abkürzungsverzeichnis

BT	Bauteil
BVH	Bauvorhaben
DVB	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein
EG	Erdgeschoß
Fa.	Firma
OG	Obergeschoß
ÖVBB	Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik
SMC	Styria Media Center
TM	Trennmittel
VÖB	Verband österreichischer Beton- und Fertigteilwerke

1 Einleitung

Architektonischer Sichtbeton hat in den letzten Jahren mehr und mehr an Bedeutung dazugewonnen. Immer öfter wird diese Art des sichtbarbleibenden Betons von Architekten als Gestaltungselement eingesetzt. Dabei reicht der Umfang von einzelnen Wänden oder Decken bis hin zu kompletten Einfamilienhäusern ganz aus Sichtbeton, je nach Lust und Laune des Bauherrn. Auch in der Ausführung des Baustoffes sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt. Die Oberfläche lässt sich durch strukturierte Schalung, kreative Anordnung der Elementfugen oder Ankerlöcher und das wunschgemäße Einfärben des Rohstoffes nach Belieben gestalten. Dadurch wird sehr deutlich:

„SICHTBETON IST GESCHMACKSACHE!“¹

Nur Sichtbeton, der gefällt, ist guter Sichtbeton. Und was jetzt gut ist, und was nicht, stößt auf eine äußerst subjektive Beurteilung.

Bei der Erstellung von architektonisch eingesetztem Sichtbeton wird immer ein Anspruch an maximale Makellosigkeit gestellt, was bei der Ort-betonbauweise auf Grund von immer wechselnden Baustellen- und Umweltbedingung baubetrieblich unmöglich ist.

Die Herstellung glatter Sichtbetonoberflächen reagiert empfindlich gegen eine ungünstige Konstellation der maßgeblichen baubetrieblichen Einflüsse.

Die Kombination dieser zwei Tatsachen, dass Sichtbeton einerseits nur sehr subjektiv zu beurteilen ist und andererseits die Ausführung zu jeder Witterungsbedingung andere Herausforderungen stellt, lassen den Prozess „Sichtbetonherstellung“ zu einer sehr komplexen Aufgabe werden.

1.1 Problemstellung und Anlass

Die Komplexität von Sichtbeton kann besonders für eine ausführende Baufirma zu Herausforderung werden. So geschah es auch am Bauvorhaben Styria Media Center (kurz: SMC) in Graz. Nach erfolgreicher Herstellung der Sichtbetonwände der unteren Geschoße, begann es ab dem 7. OG mit Schwierigkeiten in der Bauausführung und die Sichtbetonqualität nahm mit jedem Fertigungsabschnitt ab. Die Probleme lassen sich zum Teil auf die niedrigen Temperaturen im Monat Dezember zurückführen, andere Gründe sind zu diesem Zeitpunkt noch unbekannt.

Aus diesem Anlass ergab sich die Idee, einen Teil der Herstellung des Sichtbetons am SMC in Form einer Masterarbeit zu beobachten, zu do-

¹ PECK, M.; BOSE, T.; BOSOLD, D.: Technik des Sichtbetons. S. 10.

kumentieren und zu bewerten. Durch Einbeziehung von Fachliteratur und dem Stand der Wissenschaft kann das Fachwissen der Bauausführung optimal ergänzt und unterstützt werden. Weiters ist es für die Qualitätssteigerung maßgebend, die Ursachen für die unzufrieden stellende Qualität herauszufinden und dem entgegenzuwirken. Zur Analyse aller Einflussfaktoren auf die Qualität von Sichtbeton bedarf es einer ausführlichen Dokumentation des Herstellungsprozess. Da die Kapazität der Bauleitung dafür nicht ausgelegt ist, soll die Dokumentation im Zuge der Masterarbeit durch die Diplomandin durchgeführt werden. Die gesammelten Daten sollen aufbereitet und dann gemeinsam mit der ausführenden Firma und externen Sichtbetonexperten analysiert werden. Durch diese Maßnahmen erhofft man sich die Ursachenfindung der Qualitätsverluste und eine zeitnahe Qualitätsverbesserung.

1.2 Ziele der Arbeit

Die Ziele dieser Arbeit unterteilen sich in primäre:

- Dokumentation der Sichtbetonherstellung
- Sammeln aller sichtbetonrelevanten Informationen
- Erstellung eines Ablaufdiagrammes des Sichtbetonprozesses
- Qualitätssicherung und -verbesserung des Sichtbetons

und sekundäre Ziele:

- Aufzeigen von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen
- Beweissicherung
- Wissensspeicherung und Weitergabe aller gesammelten Informationen
- Erstellung einer Checkliste zur Sichtbetonherstellung

Die Umsetzung der primären Ziele war ein wesentlicher Aufgabenbereich während der Erstellung dieser Arbeit. Eine der wichtigsten Aufgaben war die durchgehende, systematische Dokumentation der Herstellung aller Sichtbetonwände des Bauvorhabens Styria Media Center in Graz. Dabei wurden maßgebende Arbeitsschritte durch Video- und Fotodokumentation aufgezeichnet und ausgewertet. Zusätzlich wurden wichtige Parameter, wie Witterungsbedingungen, Frischbeton- und Schalhauttemperatur, Betonlieferzeiten und Betonierdauer, gemessen und aufbereitet. Anhand dieser Daten konnte ein Ablaufdiagramm des Sichtbetonprozesses erstellt werden. Diese eingehende Dokumentation soll in Zusammenarbeit mit wöchentlichen Sichtbetonbesprechungen auf der Baustelle eine Qualitätssicherung und auch Qualitätsverbesserung erwirken.

Zu den sekundären Zielen zählt die Erarbeitung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen während der Sichtbetonherstellung, damit nachvollzogen werden kann, welche Auswirkungen durch die Veränderung welcher Parameter hervorgerufen werden.

Ein Vorteil dieser Arbeit liegt auch in der Beweissicherung aller Ausführungsdetails. Im Fall von Kostenforderungen und sonstigen Nachverhandlungen kann mit Hilfe der ausführlichen Dokumentation nachgewiesen werden, dass während der Ausführung der Arbeiten durch die Baufirma mit größter Sorgfalt und größtem Bemühen gearbeitet wurde.

Diese Arbeit soll außerdem der Speicherung des gesammelten Wissens dienen. Der große Aufwand, der im Zuge der Sichtbetonherstellung zur Erreichung der geforderten Qualität betrieben wurde, soll nicht mit Abschluss der Baustelle in Vergessenheit geraten. Daher werden alle gesammelten Informationen in dieser Arbeit niedergeschrieben und können für weitere Sichtbetonprojekte genutzt werden.

Zur schnellen und einfachen Anwendung dieses Wissens wird als Fazit dieser Arbeit eine Checkliste für ausführende Firmen zur Sichtbetonherstellung erstellt. Mit Hilfe dieser Checkliste wird jeder Bauleiter, sogar jener, der noch keine Erfahrung mit Sichtbeton sammeln konnte, an alle wichtigen Punkte erinnert, die für die Ausführung eines Sichtbetonbauteils von Bedeutung sind.

1.3 Systematik und Aufbau

Sowohl beim Aufbau der Arbeit als auch bei der Dokumentation der Sichtbetonherstellung wurden die Grundzüge des Systems Engineering berücksichtigt. Der wichtigste Leitsatz dieser Methode besagt, dass man immer vom Groben zum Detail und vom Allgemeinen zum Besonderen übergehen soll.

Demnach beginnt die Arbeit durch Kapitel 2 mit einem theoretischen Teil, welcher die wichtigsten Definitionen und allgemeinen Grundlagen zu Grundlagen zu Qualität und

Sichtbeton abdeckt. Die Einführung in die Qualitätsthematik reicht von der Erklärung des zentralen Vokabulars über eine Vorstellung verschiedener Tätigkeitsbegriffe der Qualitätslehre bis hin zur Adaption von Qualitätssystemen in das Bauwesen. Die Grundlagen zur

Sichtbetonherstellung beginnen mit der Definition von Sichtbeton und einer kurzen Einführung in österreichische Regelwerke zu diesem Thema. Über einen Sichtbeton-Regelkreis wird das Zusammenwirken aller Beteiligten zur Erreichung eines ansprechenden Sichtbetonergebnisses dargestellt. Da vor allem optische Anforderungen an Sichtbeton gestellt werden, sind die Gestaltungsmerkmale von wesentlicher Bedeutung und müssen angeführt werden. Weiters wird der Prozessablauf der Sichtbetonherstellung dargestellt und alle Arbeitsschritte näher erläutert.

Ab dem dritten Kapitel wird die Sichtbetontheorie an einem praktischen Beispiel angewendet. Die Thematik wird auf das Bauvorhaben Styria Media Center in Graz übergeführt und direkt angewendet. Dazu werden im Kapitel „Sichtbeton am Beispiel SMC“ zuerst allgemeine Projektdaten angeführt, um einen Überblick über das Projekt zu erhalten.

Das nächste Kapitel, „Baustellendokumentation SMC“, beinhaltet die komplette Dokumentation der Ausführung von Sichtbetonwänden. Dabei wurden die Wände des 10. bis 14. OG im SMC beobachtet, deren Herstellung mitverfolgt und alle wesentlichen Parameter gemessen und aufgezeichnet.

Im Kapitel „Ergebnisdarstellung“ werden zuerst alle Einflussfaktoren genannt, die sich positiv oder negativ auf das Sichtbetonergebnis auswirken. Durch die Darlegung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen kann auf die Konsequenzen des Einsatzes bestimmter Produktionsfaktoren rückgeschlossen werden. Weiters werden alle Maßnahmen aufgelistet, die während der Bauausführung zum kontinuierlichen Verbesserungsprozess der Sichtbetonherstellung beitragen. Auch auf deren Nutzen und Erfolg wird eingegangen.

Durch die Zusammenstellung dieser Ergebnisse entstand eine Checkliste, welche im Kapitel Leitfaden ersichtlich ist. In tabellarischer Form werden wichtige Punkte zur Planung, Arbeitsvorbereitung und Ausführung angeführt, die im Zuge der Sichtbetonherstellung zu beachten sind.

Ein abschließendes Kapitel beinhaltet **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** der Arbeit.

2 Grundlagen zu Qualität und Sichtbeton

Im Folgenden wird der Leser in die Thematiken der Qualität und der Sichtbetonherstellung eingeführt. Beginnend mit allgemeinen Grundlagen streckt sich dieses Kapitel über den kontinuierlichen Verbesserungsprozess und den Sichtbetonregelkreis bis hin zu den Gestaltungsmerkmalen von Sichtbeton.

2.1 Qualität allgemein

Qualität ist ein allgegenwärtiger, jedoch sehr subjektiver Begriff. Um gewisse Klarheit in die Thematik zu bringen, wird hier zunächst die Bedeutung des Wortes *Qualität* abgegrenzt und danach eine Einführung in die Tätigkeitsbegriffe der Qualitätslehre gegeben.

2.1.1 Definitionen

Das Wort *Qualität* entstammt ursprünglich dem lateinischen *qualitas*, was so viel wie Beschaffenheit, Eigenschaft bedeutet. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird darunter oft die bewertete Qualität, also die Güte aller Eigenschaften, verstanden.

Nachfolgend werden die wichtigsten Qualitätsdefinitionen nach EN ISO 9000:2000 angeführt:

Qualität

„Grad, in dem ein Satz inhärenter (einer Einheit innewohnender) Merkmale und Anforderungen erfüllt wird.“²

Anforderung

„Erfordernis oder Erwartung, das oder die festlegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist.“³

Qualitätsmanagement

„Aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich Qualität.“⁴

² EN ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe. S. 18

³ EN ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe. S. 19

⁴ EN ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe. S. 21

Qualitätssicherung

„Teil des Qualitätsmanagements, der auf die Schaffung von Vertrauen gerichtet ist, dass die zutreffenden Qualitätsanforderungen erfüllt werden.“⁵

2.1.2 Tätigkeitsbegriffe der Qualitätslehre

Der folgende Abschnitt behandelt wesentliche Grundbegriffe der Qualitätslehre und soll ein Grundverständnis für die wichtigsten Aktivitäten des Qualitätsmanagements liefern.

2.1.2.1 Qualitätsmanagement/Qualitätssicherung

Qualitätssicherung bzw. Qualitätsmanagement sind systematische, geplante Tätigkeiten und Prüfungen mit hauptsächlich vorbeugendem Charakter unter geregelter Verantwortlichkeit mit dem Ziel, festgelegte Qualitätsforderungen sicher erfüllen zu können.⁶

2.1.2.2 Qualitätslenkung

Nach GEIGER⁷ umfasst die Qualitätslenkung „die vorbeugenden, überwachenden und korrigierenden Tätigkeiten bei der Realisierung der Einheit mit dem Ziel, die Forderung an die Beschaffenheit der betrachteten Einheit zu erfüllen.“

2.1.2.3 Qualitätsprüfung

Eine Qualitätsprüfung ist das „Feststellen, inwieweit eine Einheit die Qualitätsforderung erfüllt.“⁸ Im Bauwesen bedeutet dies somit die Kontrolle, ob die Erfüllung durch den Auftragnehmer den Anforderungen des Auftraggebers entspricht.

⁵ EN ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe. S. 21

⁶ JUNGWIRTH, D.: Qualitätsmanagement im Bauwesen. S. 3

⁷ GEIGER, W.: Handbuch Qualität. S. 107

⁸ GEIGER, W.: Handbuch Qualität. S. 109

2.1.2.4 Qualitätsverbesserung

Die Qualitätsverbesserung entspricht einem „Teil des Qualitätsmanagements, der auf die Erhöhung der Fähigkeit gerichtet ist.“⁹ und lässt sich in die drei Bereiche Qualitätsförderung, Qualitätssteigerung und Qualitätserhöhung unterteilen.

Qualitätsförderung

„... Verbessern der Qualitätsfähigkeit.“¹⁰

Qualitätssteigerung

„... Verschärfen und/oder Ausweiten einer Qualitätsforderung durch Verschärfen und/oder Hinzufügen von Einzelforderungen.“¹¹

Qualitätserhöhung

„... immer weniger Fehler entstehen, und zwar bei den Tätigkeiten wie auch bei ihren Ergebnissen.“¹²

2.1.2.5 Qualitätsüberwachung

Unter Qualitätsüberwachung wird die „Ständige Überwachung und Verifizierung des Zustandes einer Einheit sowie Analyse von Aufzeichnungen um sicherzustellen, dass festgelegte Forderungen erfüllt werden“¹³ verstanden.

2.1.3 Qualitätsaudit

Ein Qualitätsaudit ist die „systematische und unabhängige Untersuchung um festzustellen, ob die qualitätsbezogenen Tätigkeiten und damit zusammenhängende Ergebnisse den geplanten Anordnungen entsprechen, und ob diese Anordnungen tatsächlich verwirklicht und geeignet sind, die Ziele zu erreichen“¹⁴

⁹ GEIGER, W.: Handbuch Qualität. S. 181

¹⁰ GEIGER, W.: Handbuch Qualität. S. 182

¹¹ GEIGER, W.: Handbuch Qualität. S. 182

¹² GEIGER, W.: Handbuch Qualität. S. 192

¹³ GEIGER, W.: Handbuch Qualität. S. 112

¹⁴ GEIGER, W.: Handbuch Qualität. S. 113

2.2 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Unter dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess (kurz: KVP) wird das Prinzip der kleinen Schritte verstanden. Oft ist es schwierig oder gar unmöglich, ein großes Hindernis mit einem einzigen Schritt zu erzwingen. Teilt man die Hürde auf viele kleine Stufen auf, lässt sich diese mit einer Leichtigkeit überwinden. Nach KVP lässt sich dieses Prinzip zur Lösung jedes Problems anwenden, indem es in kleine Teilprobleme zerlegt wird, die nach und nach abgehandelt werden.



Abbildung 2.1 Prinzip der kleinen Schritte

Auch die Redewendung „Gut Ding braucht Weile“ beschreibt den Leitgedanken des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses sehr gut. KVP beruht auf kleinen, aber dafür pausenlosen Veränderungen und es bedarf genügend Zeit, um Verbesserungen zu erreichen. Somit ist KVP eine Methode für einen langfristigen Erfolg.

Wichtig ist es auch, dass in einem Unternehmen mit Hilfe von KVP nur dann ein Erfolg erreicht werden kann, wenn jeder Mitarbeiter sich daran beteiligt. Von der Geschäftsleitung über die Führungskräfte bis hin zu den Arbeitern muss jeder in die ständige Verbesserung mit einbezogen werden, seine Ziele und Verantwortlichkeiten kennen und seinen Teil beitragen.¹⁵

KVP fordert die/den

- Einbindung des gesamten Mitarbeiterpotenzials
- Eliminierung von Verschwendungen aller Art
- achtsamen Einsatz von Ressourcen
- Berücksichtigung der Nachhaltigkeit aller Tätigkeiten

2.2.1 Geschichte und Entwicklung

KVP hat seinen Ursprung in Japan und entstammt der dort entwickelten Methode *Kaizen*. Kaizen kommt von den japanischen Begriffen 改 (*kai* = ändern) und 善 (*zen* = das Gute). Die Mission von Kaizen besagt, dass

¹⁵ KOSTKA, C.; KOSTKA, S.: Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess. S. 5

kein Tag ohne eine Verbesserung im Unternehmen bzw. am Arbeitsplatz vergehen soll. Somit ist Kaizen die Philosophie der ewigen Veränderung zum Besseren.¹⁶

Kaizen beruht auf der Hypothese, dass „jedes System ab dem Zeitpunkt seiner Errichtung dem Verfall preisgegeben ist, wenn es nicht ständig erneuert bzw. verbessert wird.“¹⁷ Dem entgegenwirkend fordert Kaizen eine kontinuierliche und konsequente Verbesserung der Qualität und Produktivität in kleinen Schritten.

Sie bedarf einer konkreten Zielrichtung sowie Transparenz und Flexibilität, um auf die Veränderungen der Umwelt zu reagieren. Deren konsequente Anwendung seit ca. 60 Jahren führte z. B. bei Toyota zu einem überdurchschnittlichen und andauernden Unternehmenserfolg.

2.2.2 KVP im Bauwesen

Im Bauwesen werden von beiden Vertragspartnern meist unterschiedliche Ziele verfolgt. Der Auftragnehmer geht dem wirtschaftlichen Minimalprinzip nach und versucht somit mit möglichst geringem Mitteleinsatz das festgelegte Ziel zu erreichen. Der Auftraggeber dagegen verfolgt das Maximalprinzip: Er will mit den gegebenen Mitteln das bestmögliche Ziel zu erreichen. Wenn beide Parteien fest auf ihrem Prinzip beharren, wird darunter die Qualität des Bauwerkes leiden. Daher ist Qualitätsmanagement im Bauwesen nur dann möglich, wenn alle an einem Strang ziehen. Eine optimale Möglichkeit zur Qualitätssicherung und –verbesserung ist die Methode des KVP.¹⁸

Da fast jedes Bauwerk ein Unikat ist, werden Bauwerke meist in Einzel fertigung errichtet. Somit ist es im Bauwesen besonders wichtig, bei jedem Tätigkeitsschritt an die Qualitätsverbesserung zu denken und bei Bedarf sofort Verbesserungsmaßnahmen einzuleiten. Diese Vorgehensweise kann über die Methode des KVP erfolgen. Ein Beginn des Qualitätsmanagements erst nach Fertigstellung der Ausführung wäre sehr ineffizient, da die Herstellungsschritte nicht in exakter Reihenfolge und Art wiederholt werden. Ein weiterer Vorteil von KVP ist der, dass alle beteiligten Personen miteinbezogen werden. Bei der Errichtung eines Bauwerkes, bei der mehrere Gewerke und Unternehmen beteiligt sind, kann hohe Qualität nur dann erzielt werden, wenn alle Mitwirkenden daran interessiert sind und ihren Teil dazu beitragen.

¹⁶Vgl. KOSTKA, C.; KOSTKA, S.: Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess. S. 11

¹⁷ KOSTKA, C.; KOSTKA, S.: Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess. S. 11

¹⁸Vgl. JODL, H. G.: Nutzen der Qualitätssicherung für die BauwirtschaftS. 31

2.3 Sichtbeton allgemein

Sichtbeton ist ein komplexer Baustoff und in den letzten Jahren zu einem beliebten Gestaltungselement von Architekten geworden. Sichtbeton kann wie Normalbeton sowohl als Fertigteil wie auch in Ortbetonweise hergestellt und für jedes Bauteil in jeder Form eingesetzt werden. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit der der Ortbetonherstellung von Wänden mit einseitiger Sichtbetonanforderung.

2.3.1 Definition

Nachdem das Kernthema dieser Arbeit von Sichtbeton handelt, soll an dieser Stelle der Begriff „Sichtbeton“ genau definiert werden. Beim Durchlesen der einschlägigen Regelwerke fällt sofort auf, dass einer eindeutigen Definition meist ausgewichen wird. Dieser Umstand verdeutlicht die Komplexität des Baustoffes Sichtbeton.

In der ÖNORM B 4710-1 (Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis) wird Sichtbeton wie folgt beschrieben:

„Beton für Bauteile, deren Oberflächen ein vorausbestimmtes Aussehen und/oder vorausbestimmte Eigenschaften aufweisen müssen, sind als Sichtbeton (SB) zu klassifizieren. Die Anforderungen an das vorausbestimmte Aussehen der Oberfläche sind in der jeweiligen Werkvertragsnorm [...] und in der ÖVBB-Richtlinie „Geschalte Betonflächen“ festgelegt.“¹⁹

In der aktuellen Ausgabe der ÖNORM B 2211:2009 wird gänzlich auf eine Begriffsbeschreibung verzichtet. Es wird lediglich erwähnt, dass bei Sichtbeton zusätzlich Angaben zu Porigkeit, Struktur und Farbgleichheit zu treffen sind.

Auch in der ÖVBB-Richtlinie „Sichtbeton“ wird unter Begriffsbestimmungen das Wort „Sichtbeton“ nicht definiert. Im Kapitel „Anwendungsbereich“ lässt sich jedoch herauslesen, was in der Richtlinie unter dem Begriff verstanden wird. Demnach sind Sichtbetonflächen

„[...] geschalte [...] Betonflächen mit bestimmten Anforderungen, die sich aus der architektonischen Gestaltung und/oder aus technischen Kriterien ergeben.“²⁰

„[...] mit Schalhaut geschalte Betonflächen, die sichtbar bleiben [...].“²¹

¹⁹ ÖNORM B 4710-1: Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 33

²⁰ ÖVBB: Richtlinie: Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 3

²¹ ÖVBB: Richtlinie: Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 3

Auch die DIN 18217 „Betonflächen und Schalungshaut“ beinhaltet keine klare Sichtbetondefinition. Die Umschreibung des Begriffes ist sehr allgemein gehalten und wenig präzise:

„Als Sichtbeton wird entsprechend DIN 18217 [2] eine sichtbar bleibende Betonfläche mit Anforderungen an das Aussehen bezeichnet.“²²

Das Merkblatt „Sichtbeton“ des Deutschen Beton- und Bautechnik Vereins (DBV) enthält als eines der wenigen Regelwerke eine umfassende Definition von Sichtbeton. Neben einer grundsätzlichen Beschreibung des Baustoffes werden auch wesentliche Merkmale und Anforderungskriterien aufgezählt:

„Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen [...] – kurz: Ansichtsflächen – werden allgemein als „Sichtbeton“ bezeichnet.“

Die Ansichtsfläche ist der nach der Fertigstellung sichtbare Teil des Betons, der die Merkmale der Gestaltung und der Herstellung erkennen lässt (Form, Textur, Farbe, Schalung, Fugen u.a.) und der die architektonische Wirkung eines Bauteils oder Bauwerks maßgebend bestimmt.“²³

Auch die Homepage der BetonMarketing Deutschland GmbH „www.beton.org“ bietet eine Sichtbetondefinition. Diese ist zwar weniger ausführlich als die des DBV-Merkblattes, jedoch wird hier schon bei der Begriffsbestimmung der hohe Stellenwert der Schalungshaut erwähnt:

„Unter Sichtbeton versteht man definitionsgemäß Beton, dessen Ansichtsflächen gestalterische Funktionen übernehmen und ein durch die Schalungshaut bestimmtes Aussehen haben.“²⁴

Auch bei Grobbauer findet sich keine konkrete Definition von Sichtbeton, dennoch aber eine sehr passende Umschreibung:

„... Sichtbeton wird am Besten durch die konkreten Bauwerke definiert, in denen der Charakter des Baustoffes zum Ausdruck kommt:

- *von den Bedingungen und Auswirkungen des formenden Elementes modelliert*
- *von den mineralischen Bindemitteln und Zuschlagstoffen bestimmt*
- *von den Möglichkeiten und Grenzen der Herstellung geprägt“²⁵*

Die Fa. DOKA beschreibt in ihrer Sichtbeton-Broschüre Sichtbeton mit nur wenigen Worten:

„Beton in seiner sichtbar schönsten Form“²⁶

²² FDB: Merkblatt Nr. 1 über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton. S. 1

²³ DVB: Merkblatt Sichtbeton. S. 7

²⁴ <http://www.beton.org/wissen/beton-bautechnik/sichtbeton/>. Datum des Zugriffs: 20.03.2014

²⁵ GROBBAUER, M.: Die Definition von Sichtbeton - eine Herausforderung. <https://www.zement.at/>. Datum des Zugriffs: 20.03.2014

²⁶ DOKA: Sichtbeton. <http://www.doka.com/>. Datum des Zugriffs: 20.03.2014

Diese Darstellung hat zwar wenig mit einer Begriffsdefinition zu tun, jedoch wird dadurch offengelegt, worauf es wirklich ankommt: Einerseits spricht man nur von Sichtbeton, wenn es sich um eine sichtbar bleibende Betonoberfläche handelt. Zum anderen wird deutlich, dass es um ein ansprechendes Aussehen („schönste Form“) geht, ohne näher darauf einzugehen, was unter „schön“ zu verstehen ist.

2.3.2 Regelwerke

Im deutschsprachigen Raum stehen folgende Sichtbetonregelwerke zur Verfügung:

Österreich:

- ÖNORM B 4710-1:2007
- ÖNORM B 2211:2009
- ÖVBB-Richtlinie „Sichtbeton-Geschalte Betonflächen“ (Ausgabe 2009)
- VÖB-Richtlinie „Sichtbeton“ für Fertigteile aus Beton und Stahlbeton (Ausgabe 2009)

Deutschland:

- DIN 18217 – Betonflächen und Schalungshaut (Ausgabe 1981)
- DVB-Merkblatt „Sichtbeton“ (Ausgabe 2008)
- FDB-Merkblatt Nr. 1 über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton (Ausgabe 2005)

Schweiz:

- SIA 118/262 – Allgemeine Bedingungen für Betonbau (Ausgabe 2004)

ÖNORM B 4710-1:2007

Die ÖNORM B 4710-1 „Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis“ regelt die Anforderungen an Beton und dessen Qualitätssicherung. Diese Norm legt unter anderem Betonausgangsstoffe, Eigenschaften von Frischbeton und Festbeton und Einschränkungen für die Betonzusammensetzung fest und ist somit auch für Sichtbeton von Bedeutung.

ÖNORM B 2211:2009

Die Werkvertragsnorm ÖNORM B 2211:2009 enthält Verfahrens- und Vertragsbestimmungen für die Ausführung von Beton-, Stahlbeton- und

Spannbetonarbeiten und ist somit auch als Regelwerk für Sichtbetonarbeiten heranzuziehen.

Die ÖNORM B 2211:2009 beschreibt vier Kriterien für Sichtbeton und teilt diese in jeweils zwei bis vier Anforderungsklassen ein. Es ergeben sich dadurch dreizehn Klassen, um die gewünschte Qualität zu beschreiben.

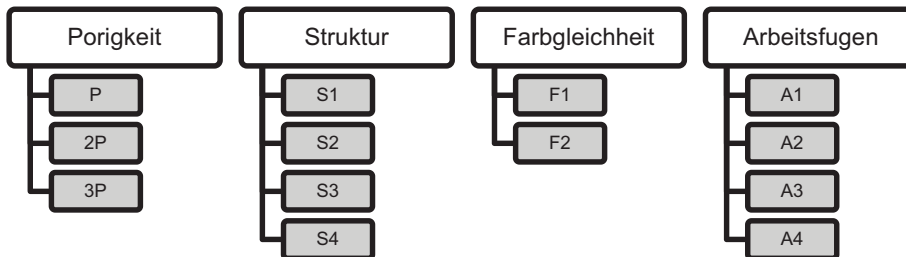


Abbildung 2.2 Sichtbetonkriterien nach ÖNORM B 2211:2009

Unter Punkt 5.3.4.2 werden Mindestanforderungen an „Sichtbeton oder geschalte Betonoberflächen, an die besondere Anforderungen gestellt werden“²⁷ festgelegt. Werden keine anderen Klassen ausdrücklich vereinbart, sind für die Porigkeit die Klasse 3P, für die Struktur die Klasse S1, für die Farbgleichheit die Klasse F1 und für die Arbeitsfugen die Klasse A1 mindestens einzuhalten.

ÖVBB-Richtlinie:2009

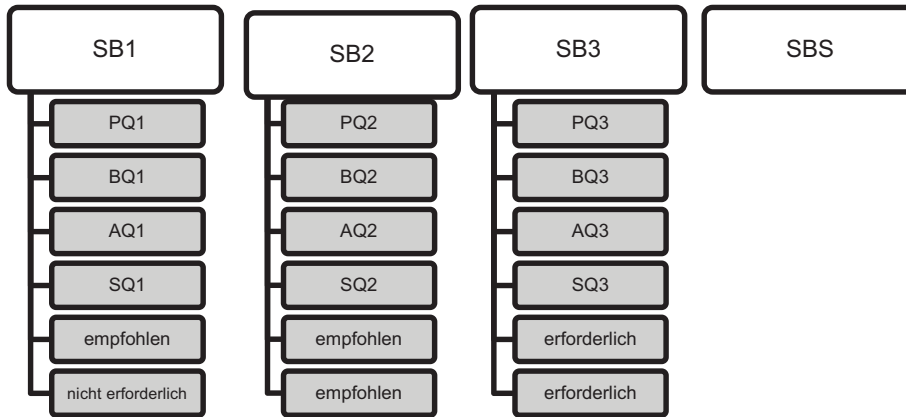
„Die Richtlinie „Geschalte Betonflächen (Sichtbeton)“ aus dem Jahr 2002 sollte eine technisch wie vertraglich geregelte Herstellung von geschalten Betonflächen mit bestimmten Eigenschaften ermöglichen. Zur eindeutigen und einfachen Festlegung der Anforderungen wurden dafür erstmals Anforderungsklassen festgelegt.“²⁸ Da nur auf technische Aspekte geachtet wurde, Angaben zur architektonischen Gestaltung aber fehlten, wurde im Jahr 2009 eine zweite Auflage „Sichtbeton-Geschalte Betonflächen“ publiziert.

In dieser neuen Richtlinie wurden vier Sichtbetonklassen festgelegt. Die Mehrheit aller Sichtbetonbauvorhaben soll durch die Klassen SB1, SB2 und SB3 abgedeckt werden. Darin wird jeweils eine Kombination aller klassenbildenden Anforderungen bestimmt, die auch vertraglich nicht verändert werden darf. Alle nicht klassenbildenden Anforderungen können nach Bedarf gewählt werden, ohne explizite Vereinbarung gilt immer die niedrigste Klasse.

²⁷ ÖNORM B 2211: Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, Werkvertragsnorm. S. 11

²⁸ ÖVBB: Richtlinie: Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 0

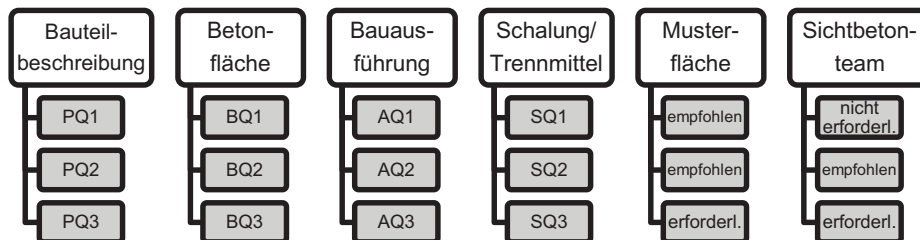
Wird ein Bauwerk durch keine der ersten drei Sichtbetonklassen abgedeckt, steht die Sonderklasse SBS zur Verfügung, bei der alle Einzelkriterien beliebig zusammengestellt werden können.



Die vorletzte Zeile dieser Abbildung bezieht sich auf das Erfordernis einer Musterfläche und die letzte Zeile auf das Erfordernis eines Sichtbetonteam.

Abbildung 2.3 Sichtbetonklassen nach ÖVBB Richtlinie:2009

Die Richtlinie „Sichtbeton-Geschalte Betonflächen“ definiert die klassenbildenden Anforderungen Bauteilbeschreibung, Betonfläche, Bauausführung, Schalung/Trennmittel, Musterfläche und Sichtbetonteam und unterteilt diese in bis zu drei Einzelkriterien. Diese Anforderungen sind auch qualitätsbeschreibend.



Die Sichtbetonklassen SB1, SB2 und SB3 ergeben sich jeweils durch die Kombination aller klassenbildenden Anforderungen, die hier in einer Zeile dargestellt sind.

Abbildung 2.4 Klassenbildende Anforderungen nach ÖVBB Richtlinie:2009

Weiters werden noch sechs nicht klassenbildende Anforderungen zur Verfügung gestellt, die wieder in Einzelkriterien unterteilt werden und der Abbildung 2.5 entnommen werden können.

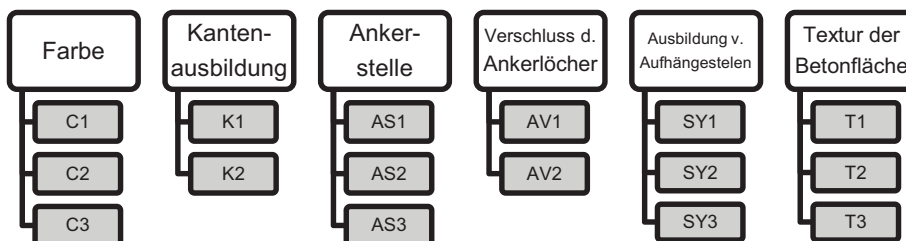


Abbildung 2.5 Nicht klassenbildende Anforderungen nach ÖVBB Richtlinie:2009

2.4 Sichtbeton-Regelkreis

Ein Regelkreis ist ein „in sich geschlossener Informationskreislauf, der Abweichungen von einem sogenannten Sollwert durch Rückkoppelung (Feedback) selbst regelt.“²⁹ Ein Hauptbestandteil dieses Wirkungsablaufes ist der Soll-Ist-Vergleich, ohne den laut Motzko die Lage eines Bauprojektes nicht vielsagend abgeschätzt werden kann.³⁰

Der weiter unten angeführte Sichtbeton-Regelkreis soll zeigen, dass alle am Projekt Beteiligten am Soll-Ist-Vergleich mitwirken müssen. In früheren Phasen geht es vor allem um die Festlegung eines SOLLs, ab der Ausführung wird ein IST erstellt und dieses dann mit dem SOLL verglichen. Jeglicher Unterschied vom IST zum SOLL wird als Abweichung bezeichnet.

²⁹ HOFSTADLER, C.: Schularbeiten. S. 236

³⁰ Vgl. BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. S. 43

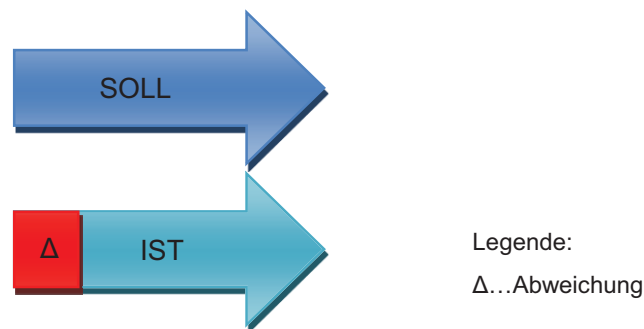


Abbildung 2.6 Soll-Ist-Vergleich

Die ÖVBB-Richtlinie:2009 besagt: „Sichtbeton ist eine Gemeinschaftsleistung, die Sorgfalt, Fachkenntnis, Erfahrung und technisches und handwerkliches Vermögen benötigt“³¹. Um eine zufriedenstellende Sichtbetonqualität zu erreichen, muss jeder daran Beteiligte seinen Beitrag dazu leisten.

Der Auftrag des Planers umfasst die Berücksichtigung und Umsetzung der Wünsche und Vorstellungen des Bauherrn unter Beachtung der Normen und technischen Möglichkeiten. Außerdem besteht die Aufgabe des Planers darin, die Leistung hinreichend und vollständig zu beschreiben.

Der Ausführende muss Flächen erstellen, die den Anforderungen des Bauvertrages entsprechen. Dabei hat er die Pflicht, einen geeigneten Beton einzusetzen, die fachgerechte Planung eines zielführenden, baubetrieblichen Vorgehens durchzuführen und alle geltenden Normen zu beachten. Der Weg zu einer entsprechenden Sichtbetonoberfläche ist dem Ausführenden meist selbst überlassen, das Ergebnis muss allerdings am Ende mit den Vorstellungen des Bauherrn übereinstimmen.

Im folgenden Regelkreis ist klar ersichtlich, dass jede Phase des Projektablaufes eine entscheidende Rolle im Hinblick auf die Erreichung der gewünschten Qualität spielt.

³¹ ÖVBB: Richtlinie: Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 5

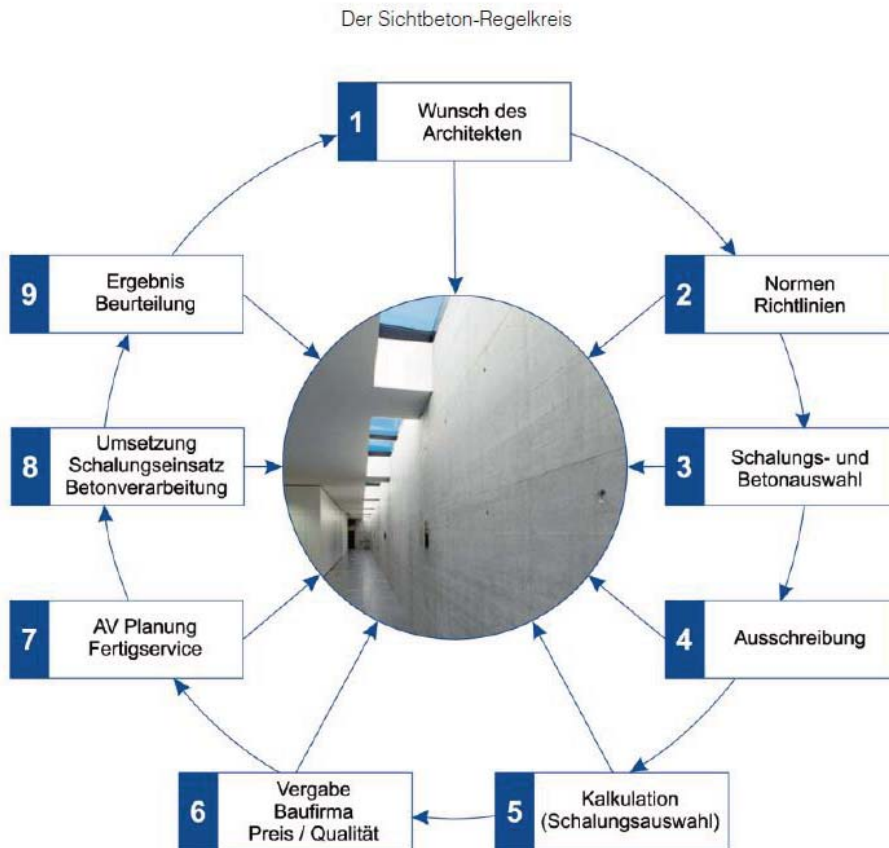


Abbildung 2.7 Der Sichtbeton-Regelkreis³²

2.5 Gestaltungsmerkmale

Diese Arbeit befasst sich mit Sichtbeton, der aus architektonischen Gründen im Hochbau eingesetzt wird. Nachdem dieser Beton neben der Aufgabe, die konstruktive Tragstruktur zu bilden, vor allem der Ästhetik dienen soll, sind neben den technischen Eigenschaften vor allem die optischen von Bedeutung. Zu den wesentlichen Gestaltungseigenschaften gehören die Farbe, Flächengliederung, Struktur und Porigkeit.

2.5.1 Farbe

Die Farbe ist eines der bedeutendsten Gestaltungsmerkmale von Sichtbetonoberflächen, da sie am markantesten ist und sofort ins Auge fällt. Ausschlaggebend ist meist nicht der Farbton selbst, sondern die Gleich-

³² REISINGER, P.: Schalen von Sichtbeton. <http://www.zement.at/Service/literatur/detail.asp?wid=449>. Datum des Zugriffs: 31.03.2014

mäßigkeit der Farbfläche. Es wird ein Ergebnis mit möglichst geringen Farbunterschieden und fließenden, dezenten Übergängen erzielt.

Folgende Einflüsse haben Auswirkungen auf die Farbgebung einer Sichtbetonoberfläche:³³

- Verwendete Materialien (Zement, Zusatzmittel, Zusatzstoffe, Gesteinskörnungen)
- Betonzusammensetzung (Wassergehalt, Zementanteil, Sieblinie)
- Porenanteil an der Oberfläche
- Schalung (Oberflächenstruktur, Saugfähigkeit)
- Trennmittel (Art des Mittels, Auftrag)
- Baubetriebliche Aspekte (Betoneinbau, Verdichtung, Nachbehandlung)
- Umwelteinflüsse

Wird eine unnatürliche Farbgebung erwünscht, kann die Farbe des Betons auch mit Hilfe von anorganischen oder organischen Pigmenten verändert werden.

2.5.2 Flächengliederung

Eine Sichtbetonoberfläche kann durch unterschiedlichste Elemente gegliedert werden. Ankerlöcher können beispielsweise durch spezielle Anordnung als Gestaltungselement eingesetzt werden. Ist dies nicht erwünscht, kann ein regelmäßiges Muster gewählt werden. Besonders auffallend sind auch sämtliche Fugen, die bei der Herstellung von Ortbeton entstehen. Dazu zählen Arbeitsfugen, Elementfugen und Schalhautfugen.

2.5.2.1 Arbeitsfugen

Als Arbeitsfugen werden Fugen am Bauteilstoß bezeichnet. Wenn ein Bauwerk nicht monolithisch hergestellt wird, werden die einzelnen Betonierabschnitte durch Arbeitsfugen voneinander getrennt. Dies kann aus technologischen, baubetrieblichen oder bauwirtschaftlichen Gründen notwendig sein.³⁴

Da bei Sichtbeton erhöhte Anforderungen an das Aussehen gestellt werden, ist ein einheitlicher Übergang von einem Bauteil zum nächsten er-

³³Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten. S. 42

³⁴Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten. S. 39

forderlich, was durch sorgfältige Abdichtung erzielt werden kann. Als Gestaltungselement können auch Holzleisten - entweder trapez- oder dreieckförmig - eingesetzt werden. So entstehen Schattenfugen, die einerseits ein spezielles Aussehen aufweisen und andererseits Unregelmäßigkeiten der Fuge verbergen. Beim Einsatz von Leisten ist auf eine ausreichende Betondeckung in diesem Bereich zu achten.

2.5.2.2 Elementfugen

Unter Elementfugen werden Fugen verstanden, die zwischen zwei Schalelementen auftreten. Auch hier ist, zum Beispiel durch einen Dichtstreifen, für eine sorgfältige Abdichtung zu sorgen, damit sich die Fuge weniger stark ausprägt. Die Qualität der Fuge sinkt erheblich mit der Häufigkeit der Verwendung des Elementes, da die Kanten bei jeder Verwendung stark beansprucht werden.

2.5.2.3 Schalungshautfugen

Fugen an Schalungshautstößen werden als Schalungshautfugen definiert. Sie treten immer dann auf, wenn ein Schalelement nicht komplett mit einer Schalungshaut abgedeckt werden kann. Diese Fuge hat im Vergleich zur Arbeitsfuge und zur Elementfuge die geringste Ausprägung.

2.5.3 Struktur

Die Struktur beschreibt die Oberflächenbeschaffenheit von Sichtbeton und wird somit in höchstem Maße durch die Oberfläche der Schalungshaut bestimmt, denn die Sichtbetonoberfläche entsteht als Abdruck der Schalungshautoberfläche und wird daher wesentlich von deren Qualität und Zustand geprägt.

Die Struktur wird als Gestaltungsmerkmal eingesetzt, indem gezielt entweder eine glatte oder eine strukturierte, reliefartige Oberfläche angestrebt wird. Letztere kann durch die Verwendung von bestimmten Schalungshäuten oder Strukturmatrizen erzielt werden.³⁵ Serienschalung wird größtenteils nur zur Erstellung einer glatten Oberfläche verwendet. Ansonsten kommt eine Träger- oder Sonderschalung zum Einsatz.

Auch die Saugfähigkeit der Schalung hat große Auswirkungen auf das Ergebnis. Werden bei derselben Betonage Schalungen mit unterschiedlicher Saugfähigkeit eingesetzt, lassen sich Unterschiede nicht nur an der Farbgleichheit sondern auch an der Struktur erkennen.

³⁵Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton-Atlas. S. 3

2.5.4 Porigkeit

Die Porigkeit ist zwar kein gezieltes Gestaltungsmerkmal, aber nachdem Poren bei Ortbeton unvermeidbar sind, können sie das Ergebnis auch negativ beeinflussen.

Poren sind Luftblasen, die während der Betonage an der Schalhaut hängen bleiben. Ab einer Größe von ca. 5 mm werden diese auch als Lunker bezeichnet. Unter Porigkeit versteht man den Anteil dieser Luftblasen im Beton.³⁶

Die häufigsten Ursachen für zu hohen Porenanteil sind fehlerhafte Verdichtung, ungeeignetes Trennmittel, falsche Betonrezeptur und ungünstige Witterungsbedingungen.

³⁶Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten. S. 42

3 Sichtbeton am Beispiel SMC

Das Styria Media Center, kurz SMC, entsteht im Süden der Stadt Graz direkt gegenüber der Stadthalle und stellt das neue Headquarter der Styria Media Group dar. Dieses „Green Building“ bietet eine Bürofläche von rund 18.000 m² und schafft moderne, technisch anspruchsvolle Arbeitsplätze. Das Vorhaben wurde von Architekt DI Hermann Eisenköck geplant und umfasst ein Gesamtinvestitionsvolumen von ca. 60 Millionen Euro.



Abbildung 3.1 Animation des SMC³⁷



Abbildung 3.2 SMC während der Bauausführung

³⁷ <http://derstandard.at/1361241307951>. Datum des Zugriffs: 22.04.2014

3.1 Allgemeine Projektdaten

Das Bauvorhaben SMC gliedert sich in drei Teile: Flachbau, Turm und Hochgarage. Der Flachbau bildet den Sockel des Gebäudes und beinhaltet einen Foyer-, Veranstaltungs- und Ausstellungsbereich, eine Bankfiliale, einen Kindergarten und einen NewsRoom mit anliegenden Redaktionen der Kleinen Zeitung und der Antenne Steiermark. Der rund 60 m hohe Turm erstreckt sich vom 3. bis ins 14. Obergeschoß und besteht aus elf Regelgeschoßen und einem abschließenden Geschoß mit Seminarräumen und Dachterrasse. Die Hochgarage bietet auf 4 Ebenen aufgeteilt Abstellplätze für 204 PKWs.

Baustart dieses Bauvorhabens war am 09.04.2013. Die Fertigstellung der Rohbauarbeiten erfolgte Ende März 2014 und die Übergabe soll im Dezember 2014 stattfinden.

Die bebaute Fläche und die Gesamtbruttogeschosßfläche können der Tabelle 3.1 entnommen werden.

Bebaute Fläche	
	~ 5.387 m ²
Gesamtbruttogeschosßfläche	
	32.132 m ²

Tabelle 3.1 Bauwerkskenndaten SMC

Das Gebäude wird in der Stahlbetonskelettbauweise mit aussteifendem Kern in Form des Stiegenhauses und der Liftschächte errichtet. Der Turm hat einen sichelförmigen Grundriss, der über alle Regelgeschoße gleich bleibt. Die Außenflächen der ebenfalls bananenförmig angeordneten Kernwände sollen gemäß der Sichtbetonanforderung ausgeführt werden. Der Grundriss des Kerns zieht sich vom Kellergeschoß, wofür noch keine Anforderungen an das Aussehen gestellt wurden, bis ins 14. OG durch. Die lichte Raumhöhe des Regelgeschoßes beträgt 3,25 m, die Sichtwände der übrigen Geschoße haben größere Dimensionen.

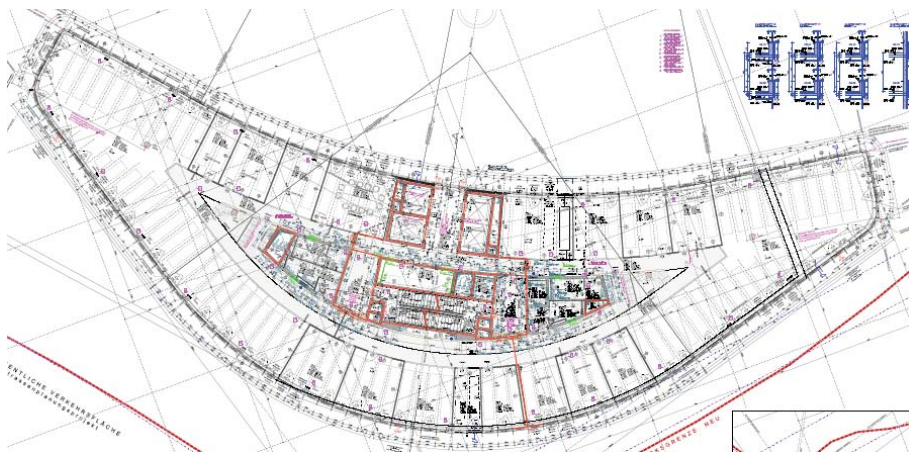


Abbildung 3.3 Polierplan des SMC

Der folgenden Tabelle können baubetriebliche Kenndaten zu den gesamten Stahlbetonarbeiten und speziell zu Sichtbeton entnommen werden.

	Beton	Schalung	Schalungsgrad	Bewehrung	Bewehrungsgrad
Turm + Flachbau	13.413 m ³	60.805 m ²	4,5 m ² /m ³	1.445 to	0,108 to/m ³
Hochgarage	2.560 m ³	10.171 m ²	4,0 m ² /m ³	242 to	0,095 to/m ³
Gesamt	15.973 m ³	70.976 m ²	4,4 m ² /m ³	1.687 to	0,106 to/m ³
Sichtbeton	897 m ³	6.671 m ²	7,4 m ² /m ³	94 to	0,105 to/m ³

Tabelle 3.2 Massen der Stahlbetonarbeiten am SMC

3.2 Vereinbarte Sichtbetonqualität am SMC

Die Ausführung des Styria Media Centers wurde durch einen Pauschalpreisvertrag geregelt. Darin wurden auch die Anforderungen an die Sichtbetonoberflächen festgelegt.

Dem Vertrag nach gelten alle Bestimmungen des Ausschreibungstextes. In diesem werden die Sichtbetonwände in erster Linie durch eine Sichtbetonklasse der ÖVBB-Richtlinie:2009 beschrieben. Angelehnt an diese Anforderungen wurde eine Referenzfläche vereinbart, die gegebenenfalls zum Qualitätsvergleich herangezogen werden kann.

3.2.1 Ausschreibungstext

Wie in Abbildung 3.4 dargestellt, werden die gesamten Beton- und Stahlbetonarbeiten dieses Bauvorhabens in der Ausschreibung nur mit wenigen Zeilen beschrieben.

- 4. Beton- und Stahlbetonarbeiten:**
 Betongüte, Armierung, Schalung je nach Bedarf und Voraussetzung jedoch grundsätzlich:
- o Frost-Tausalzbeständigkeit für unverkleidete Stahlbetontelle
 - o Wasserundurchlässigkeit für unter dem Erdreich liegende Platten und Wände aus Stahlbeton
 - o Magerbetonauffüllungen, Sauberkeitsschichten
 - o Ausreichende Schwindarmierung
 - o Faserarmierung für monolithische Betonteile bzw. als Frühschwindarmierung
 - o Glatte Schalung für sichtbare Wände (Dokaplex), Pfeiler, Decken (Objektschalung)
 - o Sichtbetonqualität (gefragte Bereiche siehe Bemusterungsmappe und Leitdetails) nach Richtlinie ÖVBB für glatte Wände im Kernbereich des Gebäudes in SB3 K1 (gefaste Kanten mit 0,7mm Dreikantleiste), Ankerstelle mit Dichtungsring, Verschlussstopfen aus Faserzement, für sichtbare Stützen in SB3 K2 (scharfe Kanten), sonstige Sichtbetonoberflächen in SB2, entgratet, generell Schalungsmusterpläne, Musterflächen
 - o Oberflächen für Garagen und Kellerfußböden mit erhöhter Abriebfestigkeit und Versiegelung
 - o Innenliegende Arbeits- bzw. Dehnfugenbänder
 - o Eingelegte E-Installationen, ausgenommen Hochgarage und Keller und zwar auf verzinkten Kabeltassen
 - o Streifenförmige Elastomerlager bei Stahlbetonstiegenlaufplatten und Podesten
 - o Thermische Trennung von Kragplatten (Isokörbe; streifenförmige Deckenuntersichtdämmung)
 - o Rissesanierung mit Injektionsharzmethode (verpressen)

Abbildung 3.4 Ausschreibungstext Stahlbetonarbeiten

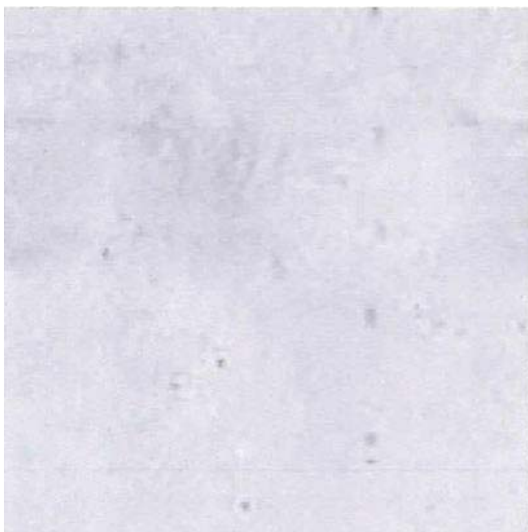
Bei genauer Betrachtung wird festgestellt, dass nur die Punkte 6 und 7 den Sichtbeton betreffen.

Der gesamte, den Sichtbeton betreffende Ausschreibungstext wird in Abbildung 3.5 noch einmal vergrößert dargestellt.

- o Glatte Schalung für sichtbare Wände (Dokaplex), Pfeiler, Decken (Objektschalung)
- o Sichtbetonqualität (gefragte Bereiche siehe Bemusterungsmappe und Leitdetails) nach Richtlinie ÖVBB für glatte Wände im Kernbereich des Gebäudes in SB3 K1 (gefaste Kanten mit 0,7mm Dreikantleiste), Ankerstelle mit Dichtungsring, Verschlussstopfen aus Faserzement, für sichtbare Stützen in SB3 K2 (scharfe Kanten), sonstige Sichtbetonoberflächen in SB2, entgratet, generell Schalungsmusterpläne, Musterflächen

Abbildung 3.5 Ausschreibungstext Sichtbeton

In der Bemusterungsmappe werden die Anforderungen an der Sichtbeton durch ein Musterfoto und drei Zeilen Text beschrieben.



Sichtbeton:
Bereich: Wandoberfläche Kern

Schalreine Oberflächen, entgratet

Qualität: SB 03, K1

Abbildung 3.6 Sichtbetonmuster

Zusätzlich ist ein Planausschnitt beigefügt, in dem die Wände mit Sichtbetonanforderung gekennzeichnet sind.

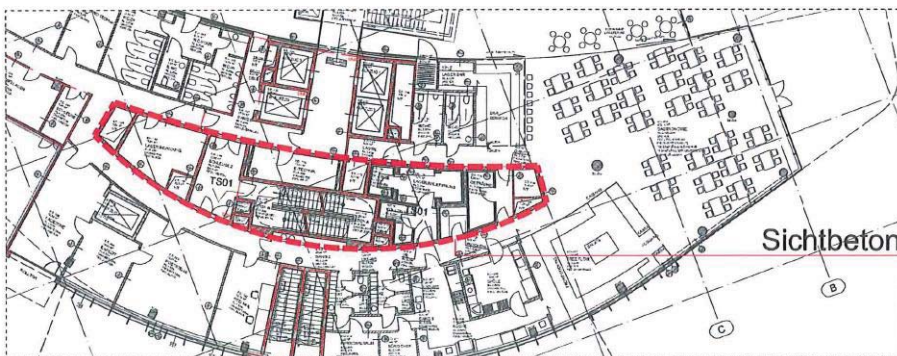


Abbildung 3.7 Planausschnitt aus der Bemusterungsmappe

3.2.2 Anforderungen an das Sichtbetonbauwerk nach ÖVBB-Richtlinie:2009

Im Folgenden werden alle Anforderungen, die durch den Auftraggeber mit Hilfe der ÖVBB-Richtlinie:2009 an die Sichtbetonwände gestellt werden, angeführt.

Einen Überblick über die Gesamtanforderung an das Sichtbetonbauwerk bekommt man bei Betrachtung der

Tabelle 3.3, in der alle klassenbildenden und nicht klassenbildenden Anforderungen zu Sichtbetonklassen zusammengefasst werden.

Anschließend werden die Anforderungen an

- die Bauteilbeschreibung,
- den Beton und deren Auswirkungen an die Betonoberfläche,
- die Bauausführung und
- das Schalungsmaterial und den Trennmittleinsatz

durch Auszüge aus der ÖVBB-Richtlinie:2009 aufgezeigt. Dazu werden alle Einzelanforderungen, sortiert nach Anforderungsklassen, in tabellarischer Form aufgelistet und beschrieben. Ergänzend werden einigen Erklärungen Fotos beigefügt, sofern diese in der ÖVBB-Richtlinie:2009 erscheinen und für das Bauvorhaben SMC von Bedeutung sind.

Sichtbetonklasse	Beispiel	Anforderungsklasse Bauteilbeschreibung (PQ, Tab. 5/2)	Anforderungsklasse Betonfläche (BQ, Tab. 5/3)	Farbe (C, Tab. 5/3/2)	Anforderungsklasse Bausführung (AQ, Tab. 5/4)	Kantenausbildung (K, Tab. 5/4/2)	Ankerstelle (AS, Tab. 5/4/2)	Verschluss der Ankerbocher (AV, Tab. 5/4/2)	Ausbildung von Anhängstellen (AH, Tab. 5/4/2)	Anforderungsklasse Schalungsmaterial, Trennmittelninsatz (SQ, Tab. 5/5)	Schalungssystem (SY, Tab. 5/5/2)	Textur der Betonfläche (T, Tab. 5/5/2)	Musterfläche	Sichtbetonart
SB1	Betonflächen mit gestalterischen und/oder technischen Anforderungen geringen Umfangs, überwiegend technische Anforderungen im Industrie- und Tiefbau	PQ1	BQ1	C1 C2 oder C3	AQ1	K1 oder K2	AS1 AS2 oder AS3	AV1 oder AV2	AH1 oder AH2	SQ1	SY1 SY2 oder SY3	T1 T2 oder T3	empfohlen	nicht erforderlich
SB2	normalen Umfangs, z.B. einfache Fassaden in Hochbauten, Sichtflächen im Industriebau mit großem Betrachtungsabstand	PQ2	BQ2		AQ2					SQ2			empfohlen	empfohlen
SB3	hohen Umfangs, z.B. repräsentative Oberflächen oder komplexe Fassaden in Hochbauten	PQ3	BQ3		AQ3					SQ3			erforderlich	erforderlich
SBS		sämtliche Einzelanforderungen aller Anforderungsklassen und sämtliche nicht klassenbildende Anforderungen sind festzulegen, die Verwendung von definierten Anforderungsklassen ist möglich, Änderungen innerhalb der Anforderungsklassen sind unzulässig												

Tabelle 3.3 Sichtbetonklassen SB – Gesamtanforderung an das Sichtbetonbauwerk (die klassenbildenden Anforderungen sind grau hinterlegt)³⁸

³⁸ ÖVBB: Richtlinie: Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 8

3.2.2.1 Anforderungen an die Bauteilbeschreibung

Die Anforderungen an die Bauteilbeschreibung umfassen die Planung und die Arbeitsvorbereitung. Die Sichtbetonklasse SB3 fordert die strengste Abstimmung im Planungsprozess und die detaillierteste Beschreibung der Gliederung der Betonflächen.

Anforderungsklasse Bauteilbeschreibung (PQ)	Abstimmung im Planungsprozess (AP, Tab. 5/2/1)	Gliederung der Betonfläche (GO, Tab. 5/2/1)
PQ1	AP1	GO1
PQ2	AP2	GO2
PQ3	AP3	GO3

Tabelle 3.4 Anforderungsklassen PQ: Bauteilbeschreibung (Planung und Ausschreibung)³⁹

Die folgende Tabelle zeigt alle klassenbildenden Anforderungen an die Bauteilbeschreibung. Die durch SB3 festgelegten Klassen sind rot eingrahmt.

Abstimmung im Planungsprozess (Architektur, Tragwerk, FachplanerInnen) (AP) ¹⁾	AP1	Angaben zu Bauteilabmessungen (z.B. Dicken, Mindestquerschnitte, Neigung), Betonüberdeckung, Toleranzklasse, Ebenheit, Bauwerksfugen, Festlegung der Betonsorte (Festigkeitsklasse, Expositionsklasse, Betonstandard) sind erforderlich
	AP2	wie AP1, zusätzlich: Betoneinbringung, Verdichtung, Rüttelgassen, Bewehrungsgrad
	AP3	wie AP2, zusätzlich: Lage von Arbeitsfugen und Einbauteilen, Entlüftung horizontaler oder geneigter Sichtflächen, wenn erforderlich Details des Schalungsbaus, sichtbetonkonforme Bauzeitplanung (z.B. Pufferzeiten für Schlechtwetter)
Gliederung der Betonfläche (GO)	GO1	regelmäßig und geordnetes Schalungsbild, Ankerraster und Ankerlöcher in ausreichender Zahl nach Wahl des Ausführenden
	GO2	wie GO1, zusätzlich: Ausführung nach Vorgaben des Planers (Beschreibung und/oder Skizzen, z.B. durchgehende Vertikalfugen)
	GO3	Gliederung durch Schalungsmusterplan ²⁾ festgelegt mit Angaben zu Schalungssystem, Bauteilabmessungen, Größe der Schalungselemente, Ankerstellen und Betonierabschnitte (siehe Abb. 5/2)

Tabelle 3.5 Klassenbildende Anforderungen der Bauteilbeschreibung

³⁹ ÖVBB: Richtlinie: Sichtbeton - Geschalzte Betonflächen. S. 9

3.2.2.2 Anforderungen an den Beton mit Auswirkungen an die Betonfläche

Die Anforderungen an den Beton mit Auswirkungen an die Betonfläche umfassen die Betonfläche und den Betonstandard. Die Anforderungsklasse BQ3 fordert die Klasse mit dem geringsten Anteil an Poren und dem höchsten Betonstandard.

Anforderungsklasse Betonfläche (BQ)	Porigkeit, P (gem. Tab. 5/3/1)	Farbtongleichmäßigkeit, FT (gem. Tab. 5/3/1)	Betonstandard BSBQ (gem. Tab. 8/1)
BQ1	3P	FT1	BSBQ1
BQ2	2P	FT2	BSBQ2
BQ3	P	FT3	

Tabelle 3.6 Anforderungsklassen BQ: Betonfläche, Betonstandard

Die folgende Tabelle zeigt alle klassenbildenden Anforderungen an die Betonfläche. Die durch SB3 festgelegten Klassen sind rot eingerahmt.

Porigkeit (P)	P	- Anteil offener Poren von 1–15 mm größter Abmessung, Fläche $P \leq 0,3\%$ der Prüffläche, Prüfung nach Anhang A.1.1
	2P, 3P	- Vielfaches des Porenanteils P $2P \leq 0,6\%$ der Prüffläche, Prüfung nach Anhang A.1.1, $3P \leq 0,9\%$ der Prüffläche
Farbtongleichmäßigkeit (FT) ¹⁾	FT1	- Hell-/Dunkelverfärbungen sind zulässig im Bereich von 5 benachbarten Farbtonstufen laut Grautonskala gem. Anhang A.1.2 (siehe Abb. 5/3) - Rost- und Schmutzflecken sind unzulässig
	FT2	wie FT1, jedoch: - gleichmäßige, großflächige Hell-/Dunkelverfärbungen sind zulässig im Bereich von 4 benachbarten Farbtonstufen laut Grautonskala gem. Anhang A.1.2 (siehe Abb. 5/4) - deutlich sichtbare Schüttlagen sind unzulässig
	FT3	wie FT2, jedoch: - Hell-/Dunkelverfärbungen (z.B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichungen) sind zulässig im Bereich von 3 benachbarten Farbtonstufen laut Grautonskala gem. Anhang A.1.2 (siehe Abb. 5/5) - Verfärbungen durch ungeeignete Nachbehandlung des Betons sind unzulässig

Tabelle 3.7 Klassenbildende Anforderungen an die Betonfläche

Abbildung 3.8 zeigt ein Beispiel einer Sichtbetonwand, deren Farbtongleichmäßigkeit den Anforderungen nach FT3 entspricht.



Abbildung 3.8 Farbtongleichmäßigkeit FT3

Die folgende Tabelle zeigt die nicht klassenbildende Anforderung Farbe. Da keine Klasse explizit vereinbart wurde, gilt automatisch die geringste Klasse C1.

Farbe (C) ¹⁾	C1	Betonfarbe, die sich aufgrund der Verwendung nutzungskonformer Betonmischungen und Zementarten ergibt
	C2	durch Zusatzstoffe oder Pigmente eingefärbter Beton, die Definition der Farbe erfolgt durch Referenzbauten, Referenzflächen oder Herstellermuster u.ä. durch den Planer im Leistungsverzeichnis, die Festlegung des Betonrezeptes erfolgt durch den Betonhersteller (siehe Abb. 5/6)
	C3	wie C2, jedoch unter Verwendung von Weißzement, ausgewählter Gesteinskörnung oder weiteren Maßnahmen wie eingefärbter Beton unter Angabe dieser Maßnahmen im Leistungsverzeichnis (siehe Abb. 5/7)

Tabelle 3.8 Nicht klassenbildende Anforderungen: Betonfarbe

3.2.2.3 Anforderungen an die Bauausführung

Die Anforderungen an die Bauausführung werden durch die Beschreibung der Ausführungsmerkmale Ebenheit, Ausbildung von Arbeitsfugen, Schalungselementstöße, Schalhautstöße, Kantenausbildung, Ankerstellen, Verschluss der Ankerlöcher und Ausbildung von Aufhängestellen charakterisiert.

Anforderungsklasse Bauausführung (AQ)	Ebenheit (E) (Tab. 5/4/1)	Arbeitsfuge (AF) (Tab. 5/4/1)	Schalungselementstoß (ES) (Tab. 5/4/1)	Schalhautstoß (HS) (Tab. 5/4/1)
AQ1	E1	AF1	ES1	HS1
AQ2		AF2	ES2	
AQ3	E2			

Tabelle 3.9 Anforderungsklassen AQ: Bauausführung

Die folgende Tabelle zeigt alle klassenbildenden Anforderungen an die Betonfarbe. Die durch SB3 festgelegten Klassen sind rot eingerahmt.

Ebenheit der Betonfläche (E)	E1	Ebenheitsanforderungen nach ÖNORM DIN 18202, Tab. 3, Zeile 5
	E2	Ebenheitsanforderungen nach ÖNORM DIN 18202, Tab. 3, Zeile 6
Ausbildung von Arbeitsfugen (AF)	AF1	<ul style="list-style-type: none"> - in den Arbeitsfugen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis 1,5 cm Breite und 1,0 cm Tiefe zulässig (siehe Abb. 5/8) - Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte bis 1,0 cm zulässig - Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt muss rechtzeitig entfernt werden - Trapezleiste oder Ähnliches kann ohne Vereinbarung verwendet werden
	AF2	<ul style="list-style-type: none"> - in den Arbeitsfugen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis 1,0 cm Breite und 0,5 cm Tiefe zulässig - Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte bis 0,5 cm zulässig - Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt muss rechtzeitig entfernt werden - Trapezleiste oder Ähnliches kann nur mit Vereinbarung verwendet werden (siehe Abb. 5/10)
Schalungselementstoß (ES) ¹⁾	ES1	<ul style="list-style-type: none"> - keine Grobkornansammlungen - in den Schalungselementstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis 1,5 cm Breite und 1,0 cm Tiefe zulässig - Versatz der Elementstöße bis 1,0 cm zulässig (siehe Abb. 5/11) - Höhe verbleibender Grate bis 0,5 cm zulässig
	ES2	<ul style="list-style-type: none"> - keine Grobkornansammlungen (siehe Abb. 5/13) - in den Schalungselementstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis 1,0 cm Breite und 0,5 cm Tiefe zulässig - Versatz der Elementstöße bis 0,5 cm zulässig (siehe Abb. 5/12) - Höhe verbleibender Grate bis 0,3 cm zulässig
Schalhautstoß (HS) ¹⁾	HS1	<ul style="list-style-type: none"> - Schalhautstoß ohne besondere Maßnahmen (z.B. nach Schalungssystem, stumpfer Stoß) mit üblichem Feinmörtelaustritt (siehe Abb. 5/14) - Versatz der Schalhautränder bis 0,5 cm zulässig
	HS2	<ul style="list-style-type: none"> - Schalhautstoß mit besonderen Maßnahmen (z.B. Neubelegung, Dichtungsband) mit geringem Feinmörtelaustritt (siehe Abb. 5/16) - Versatz der Schalhautränder bis 0,3 cm zulässig

Tabelle 3.10 Klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung

Abbildung 3.9 zeigt ein Beispiel eines Schalhautstoßes, der den Anforderungen nach HS2 entspricht.



Abbildung 3.9 Schalhautstoß HS2

Abbildung 3.10 zeigt ein Beispiel einer Sichtbetonwand mit einer Arbeitsfuge, die den Anforderungen nach AF2 entspricht.



Abbildung 3.10 Arbeitsfuge AF2 (Ausführung mit Trapezleiste)

Abbildung 3.11 zeigt ein Beispiel einer Sichtbetonwand mit einem Schalungselementstoß, der den Anforderungen nach ES2 entspricht.



Abbildung 3.11 Schalungselementstoß ES2 (geringer Versatz und Feinmörtelaustritt)

Die folgende Tabelle zeigt alle nicht klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung. Im Bauvertrag wurde explizit vereinbart, die Sichtbetonkanten im Bereich der Kernwände nach der Klasse K1 auszuführen. Bei der Erstellung

Kantenausbildung (K)	K1	gebrochene, gefaste Kante (z.B. mit Dreikantleisten) (siehe Abb. 5/18)
	K2 ¹⁾	scharfe Kante (siehe Abb. 5/19)
Ankerstelle (AS)	AS1	Ankerstelle ohne besondere Maßnahmen (z.B. nach Schalungssystem) mit üblichem Feinmörtelaustritt (siehe Abb. 5/20)
	AS2	Ankerstelle mit besonderen, festzulegenden Maßnahmen (z.B. Dichtungsring) mit geringem Feinmörtelaustritt (siehe Abb. 5/21)
	AS3 ²⁾	keine sichtbaren Ankerstellen durch ankerfreie Schalungskonstruktion
Verschluss der Ankerlöcher (AV)	AV1	Distanzrohre, Konen und marktübliche Verschlussstopfen oder vertieft gespachtelter Mörtelverschluss nach Wahl des Ausführenden (siehe Abb. 5/22)
	AV2	Distanzrohre, Konen und Verschlussstopfen aus Kunststoff, Beton, Faserzement u.dgl. nach Angaben im Leistungsverzeichnis (siehe Abb. 5/23)
Ausbildung von Aufhängestellen (AH)	AH1	Aufhängestellen in systemkonformer Ausführung nach Wahl des Ausführenden Anordnung und Erscheinungsbild dürfen von den Ankerlöchern abweichen (siehe Abb. 5/24)
	AH2	Anordnung und Erscheinungsbild müssen den Ankerlöchern entsprechen (siehe Abb. 5/25)

Tabelle 3.11 Nicht klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung

Abbildung 3.12 zeigt ein Beispiel einer vertikalen Sichtbetonkante, die den Anforderungen nach K1 entspricht.



Abbildung 3.12 Kantenausbildung K1

Abbildung 3.13 zeigt ein Beispiel einer vertikalen Sichtbetonkante, die den Anforderungen nach K2 entspricht.



Abbildung 3.13 Kantenausbildung K2

Abbildung 3.14 zeigt ein Beispiel eines Sichtbetonankerloches, das den Anforderungen nach AS1 entspricht.



Abbildung 3.14 Ankerstelle AS1

Abbildung 3.15 zeigt ein Beispiel eines Ankerlochverschlusses, der den Anforderungen nach K2 entspricht.



Abbildung 3.15 Verschluss des Ankerloches AV1 (mit Kunststoffstopfen)

Abbildung 3.16 zeigt ein Beispiel einer Sichtbetonwand mit Aufhängestellen, die den Anforderungen nach AH1 entspricht.



Abbildung 3.16 Aufhängestelle AH1

3.2.2.4 Anforderungen an das Schalungsmaterial und den Trennmitteleinsatz

Die Anforderungen an das Schalungsmaterial und den Trennmitteleinsatz werden durch die Beschreibung der Befestigungsart der Schalhaut, des Schalhautzustandes, des Trennmitteleinsatzes des Schalungssystems und der Textur charakterisiert.

Anforderungsklasse Schalungsmaterial, Trennmitteleinsatz (SQ)	Befestigungsart der Schalhaut (BA, Tab. 5/5/1)	Schalhautzustand (SZ, Tab. 5/5/1)	Trennmitteleinsatz (TE, Tab. 5/5/1)
SQ1	BA1	SZ1	TE1
SQ2			
SQ3	BA2	SZ2	TE2

Tabelle 3.12 Anforderungsklassen SQ: Schalungsmaterial, Trennmitteleinsatz

Die folgende Tabelle zeigt alle klassenbildenden Anforderungen an die Schalung. Die durch SB3 festgelegten Klassen sind rot eingerahmt.

Befestigungsart der Schalhaut (BA)	BA1	zulässig sind Abdrücke durch systemkonforme Befestigung von vorne - mit max. 0,3 cm tiefen oder erhabenen Abdrücken in der Betonfläche (siehe Abb. 5/26)
	BA2	die Befestigung der Schalhaut ist zu vereinbaren (z.B. schalhautebene/überstehende Befestigung, nicht sichtbare Befestigung, betonte Befestigung) (siehe Abb. 5/27)
Schalhautzustand (SZ)	SZ1	zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: (siehe Abb. 5/28) - mehrmaligen Gebrauch, solange die vereinbarte Betonfläche erreicht wird - Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,2 cm - systemkonforme und fachgerechte Reparaturstellen der Schalhaut - Kratzer bis zu ca. 0,3 cm Tiefe und ca. 0,5 cm Breite - Nagel- und Schraublöcher ohne Absplitterungen bis ca. 1 cm Durchmesser - Aufquellungen im Befestigungs- und Kantenbereich - Betonreste in Vertiefungen und Zementschleier
	SZ2	zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: (siehe Abb. 5/29) - mehrmaligen Gebrauch, solange die vereinbarte Betonfläche erreicht wird - Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,1 cm - systemkonforme und fachgerechte Reparaturstellen der Schalhaut - Kratzer bis zu ca. 0,2 cm Tiefe und ca. 0,2 cm Breite - Nagel- und Schraublöcher ohne Absplitterungen bis ca. 0,5 cm Durchmesser nicht zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: - Aufquellungen im Befestigungsbereich - Betonreste in Vertiefungen - Beschädigung der Schalhaut durch Innenrüttler u.dgl.
	SZ3 ¹⁾	zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: - normalen Abrieb bei mehrmaligem Gebrauch - Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,1 cm Nicht zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: - Reparaturstellen - Kratzer - Nagel- und Schraublöcher
Trennmittel-einsatz (TE)	TE1	Eignung der Kombination von Schalhaut und Trennmittel gem. Tab. 6/1 dieser Richtlinie
	TE2	Kombination von Schalhaut, Trennmittel und Beton ist an Probeflächen bei der jeweiligen Einsatzwitterung anzuwenden, zu beurteilen und festzulegen

Tabelle 3.13 Klassenbildende Anforderungen an die Schalung

Abbildung 3.17 zeigt ein Beispiel einer Sichtbetonwand, bei der die Befestigungsart der Schalhaut den Anforderungen nach BA2 entsprach.



Abbildung 3.17 Befestigungsart der Schalhaut BA2 (nicht sichtbare Befestigung)

Abbildung 3.18 zeigt ein Beispiel einer Sichtbetonwand, bei der die verwendete Schalhaut den Anforderungen nach SZ2 entsprach.



Abbildung 3.18 Schalhautzustand SZ2

Die folgende Tabelle zeigt alle nicht klassenbildende Anforderungen an die Schalung. Da keine Klassen explizit vereinbart wurden, gelten automatisch die geringsten Klassen SY1 und T1.

Schalungssystem (SY) ¹⁾	SY1	System-Rahmenschalung (siehe Abb. 5/30) Betonbild mit regelmäßigen Rahmenabdrücken im Raster des Herstellers, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut systembedingt vorgegeben
	SY2	System-Trägerschalung (siehe Abb. 5/31) Betonbild ohne Rahmenabdruck, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut systembedingt vorgegeben
	SY3	Objektschalung (siehe Abb. 5/32) Betonbild durch an das Bauteil angepasste einzelgefertigte Schalungselemente, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut in den Grenzen der technischen Möglichkeiten frei wählbar
Textur (T) ²⁾	T1	raue Betonfläche unter Verwendung von Schalhäuten lt. Tab. 6/1 nach Wahl des Ausführenden (siehe Abb. 5/33)
	T2	glatte Betonfläche unter Verwendung von Schalhäuten lt. Tab. 6/1 nach Wahl des Ausführenden (siehe Abb. 5/34)
	T3	Betonfläche nach Angabe des Planers (siehe Abb. 5/35)

Tabelle 3.14 Nicht klassenbildende Anforderungen an die Schalung

Abbildung 3.19 zeigt ein Beispiel einer Sichtbetonwand, die mit einer Systemrahmenschalung hergestellt wurde, die den Anforderungen nach SY1 entspricht.



Abbildung 3.19 Systemrahmenschalung SY1

Abbildung 3.20 zeigt ein Beispiel einer Sichtbetonwand, deren Textur den Anforderungen nach T1 entspricht.



Abbildung 3.20 Textur T1 (3-Schicht-Platte)

3.2.3 Referenzfläche

In der Baubesprechung 08 vom 07.05.2013 wurde unter Anwesenheit von Vertretern sowohl der Auftraggeber- wie auch der Auftragnehmerseite vereinbart, die Sichtbetonwände des Bauvorhabens Pachleitner als Referenzfläche für die Sichtbetonwände im SMC heranzuziehen. Laut ÖVBB-Richtlinie:2009 kann ein Referenzbauwerk zur Klärung der Qualitätserwartung, aber nicht für eine vertragliche Qualitätsbeschreibung herangezogen werden, da die Herstellbedingungen und auch Ausgangsmaterialien meist nicht mehr feststellbar sind.⁴⁰

Sichtbeton

Als Referenz für Sichtbetonoberflächen ist der Standard des Objektes MP09 – Headquarter Pachleitner 8041 Graz festgelegt und freigegeben.

Abbildung 3.21 Auszug Baubesprechungsprotokoll

⁴⁰Vgl. ÖVBB: Richtlinie: Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 23

In drei Bereichen dieses Gebäudes (der Eingangshalle, dem Stiegenhaus und dem Besprechungsraum) befinden sich Sichtbetonwände, welche alle als Referenz dienen.

3.2.3.1 Empfangshalle

In der Empfangshalle befinden sich zwei Sichtbetonwände, die als Abgrenzung für den Empfangsbereich dienen.

Farbgleichheit

Die Sichtbetonwände in der Eingangshalle weisen keine auffälligen Farbungleichheiten auf.



Abbildung 3.22 Farbgleichheit in der Eingangshalle

Porigkeit

Die Sichtbetonwände in der Eingangshalle weisen nur wenige und kleine Poren auf. Es sind jedoch einige Ripplings und sonstige Unebenheiten vorhanden, die sofort ins Auge fallen.



Abbildung 3.23 Porigkeit in der Eingangshalle

Gesamteindruck

Die Zwischenwände der Eingangshalle machen einen guten Gesamteindruck, weder die Porigkeit noch die Farbgleichheit ist auffallend.



Abbildung 3.24 Gesamteindruck in der Eingangshalle

Ankerbild

Das Ankerbild einer Sichtbetonwand ist weniger zufriedenstellend. Die Anordnung der Ankerlöcher wirkt willkürlich und nicht systematisch.

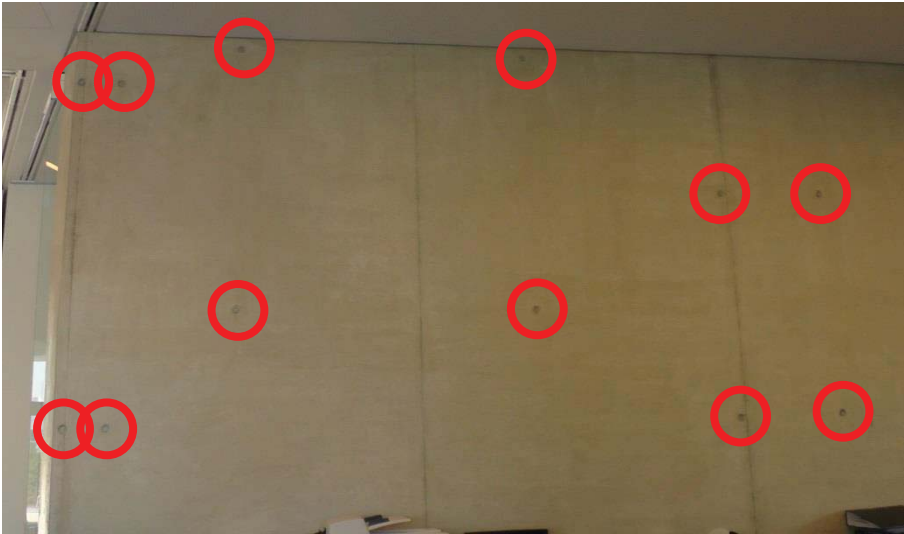


Abbildung 3.25 Ankerbild in der Eingangshalle

3.2.3.2 Stiegenhauszwischenwände

Farbgleichheit

Die Farbgleichheit ist zum Großteil in Ordnung. Es sind keine markanten Farbunterschiede erkennbar.



Abbildung 3.26 Farbgleichheit im Stiegenhaus

Porigkeit

Auch die Porigkeit des Stiegenhauses ist angemessen. Es sind stellenweise Poren vorhanden, deren Anzahl und Größe befinden sich jedoch in einem annehmbaren Rahmen.



Abbildung 3.27 Porigkeit im Stiegenhaus

Gesamteindruck



Abbildung 3.28 Gesamteindruck im Stiegenhaus

Der Gesamteindruck zeichnet sich durch raue und glatte (glänzende) Betonoberflächen aus, die besonders im Streiflicht ausgeprägt erscheinen.

Elementstoß

Die Ausführung der Elementstöße ist weniger zufriedenstellend. An den folgenden Abbildungen ist ersichtlich, dass die Fugen nicht sichtbetongee-

recht abgedichtet wurden und so Zementleim austreten konnte. Vermutlich wurden auch Sanierungsmaßnahmen durchgeführt.



Abbildung 3.29 Elementstoß im Stiegenhaus



Abbildung 3.30 Elementstoß im Stiegenhaus

Ankerlöcher

Die Ankerlöcher der Referenzfläche wurden konisch ausgeführt und durch einen komplett versenkten Kunststoffstopfen verschlossen.



Abbildung 3.31 Ankerloch im Stiegenhaus

Sanierungsmaßnahmen

An einigen Stellen der Stiegenhauszwischenwand ist deutlich zu erkennen, dass hier Sanierungsmaßnahmen vorgenommen wurden.



Abbildung 3.32 Sanierte Stellen im Stiegenhaus

Unebenheiten

Wie in Abbildung 3.33 zu erkennen ist, weist die Stiegenhauszwischenwand im oberen Bereich starke Unebenheiten auf. Diese sind aller Voraussicht nach auf die Sanierung von Poren zurückzuführen.

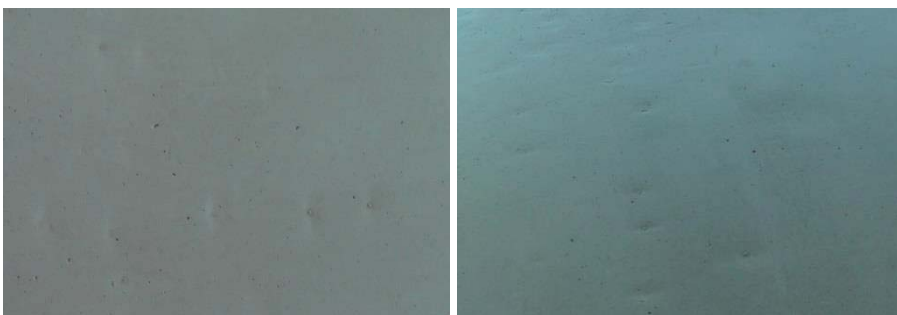


Abbildung 3.33 Unebenheiten im Stiegenhaus

3.2.3.3 Besprechungsraum

Farbgleichheit

Die Farbgebung der Wände des Besprechungsraumes ist gleichmäßig und somit zufriedenstellend.

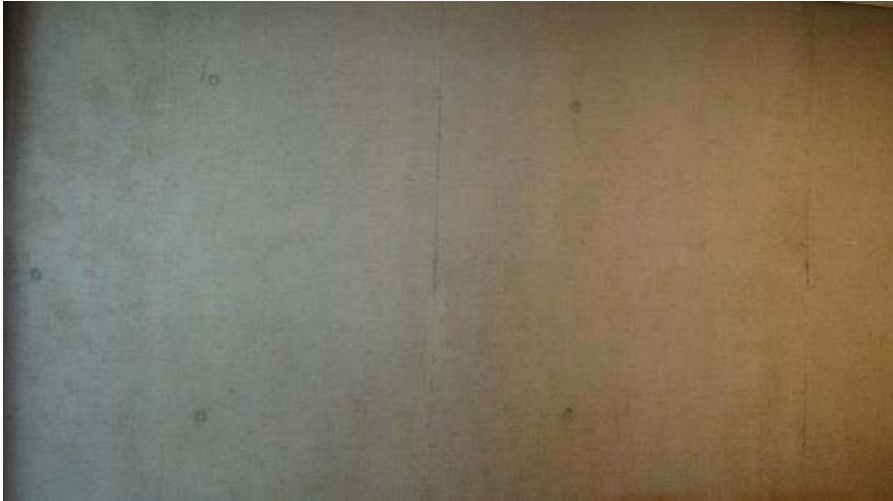


Abbildung 3.34 Farbgleichheit im Besprechungsraum

Gesamteindruck

Auch der Gesamteindruck des Besprechungsraumes ist gut.



Abbildung 3.35 Gesamteindruck im Besprechungsraum

3.2.3.4 Resümee

Zusammenfassend für die Referenzfläche werden hier die Kernaussagen der Sachverständigen während einer Begehung des BVH Pachleithner aufgelistet:

- Ankerlöcher sind größtenteils unsymmetrisch angeordnet
- Beton wurde gereinigt
- Gesamteindruck ist gut
- Porigkeit erscheint angemessen
- Bauteilfugen hätten mit Schleifpapier behandelt werden können/müssen
- Beton wurde mit Hydrophobiermittel behandelt

3.3 Sichtbetonprozess

Auf der folgenden Seite wird der Prozess zur Herstellung einer Ortbetonwand mit einseitiger Sichtbetonanforderung dargestellt. Die Abbildung des Prozesses zeigt den Herstellungsablauf, der am Bauvorhaben SMC von qualifizierten Arbeitskräften umgesetzt wurde. Mittels regelmäßiger Beobachtung und Analyse der Vorgänge durch ein Sichtbetonexpertenteam konnte der Prozess kontinuierlich verbessert und optimal den gegebenen Baustellen- und Bauwerksbedingungen angepasst werden.

Der in Abbildung 3.36 dargestellte Sichtbetonprozess beschreibt nach der REFA-Methodenlehre die Ablaufstufe „Wand mit einseitiger Sichtbetonoberfläche“. Die Zerlegung des Gesamtablaufes erfolgt hier in Vorgang und Teilvorgang. Alle Teilvorgänge werden als Tätigkeit (Rechteck) dargestellt. Diese Tätigkeiten werden über Umrahmungen zu Vorgängen zusammengefasst.

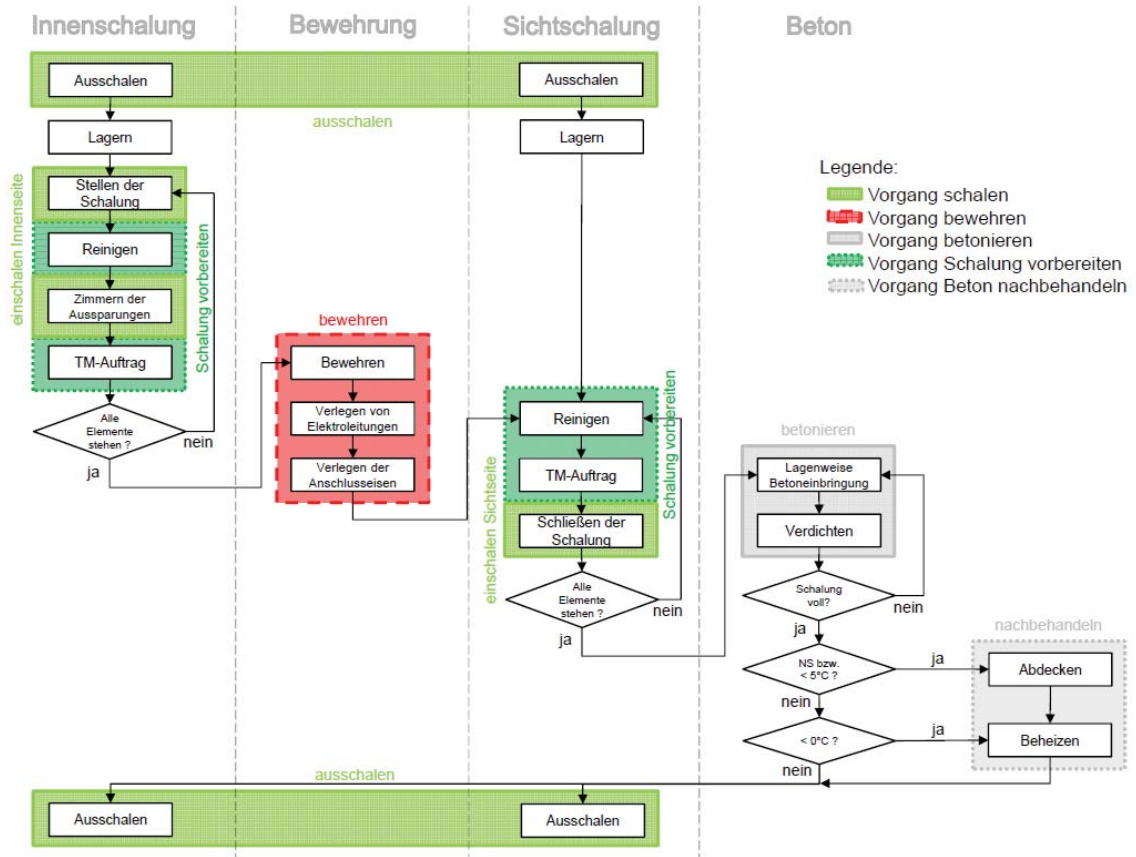


Abbildung 3.36 Sichtbetonprozess⁴¹

⁴¹ Die Abbildung wird im Anhang größer dargestellt.

Während der Baustellenbeobachtung konnte in den Teilvorgängen *Reinigung der Schalhaut* und *TM-Auftrag* großes Verbesserungs- und Optimierungspotenzial von Seiten der ausführenden Firma festgestellt werden. Neben Aspekten wie Umweltbedingungen während der Betonage und Betonrezeptur, die von der Baufirma nur gering bzw. gar nicht beeinflusst werden konnten, wurde durch Modifikation der Reinigungsarbeiten und des TM-Auftrags die größte Steigerung der Sichtbetonqualität erzielt.

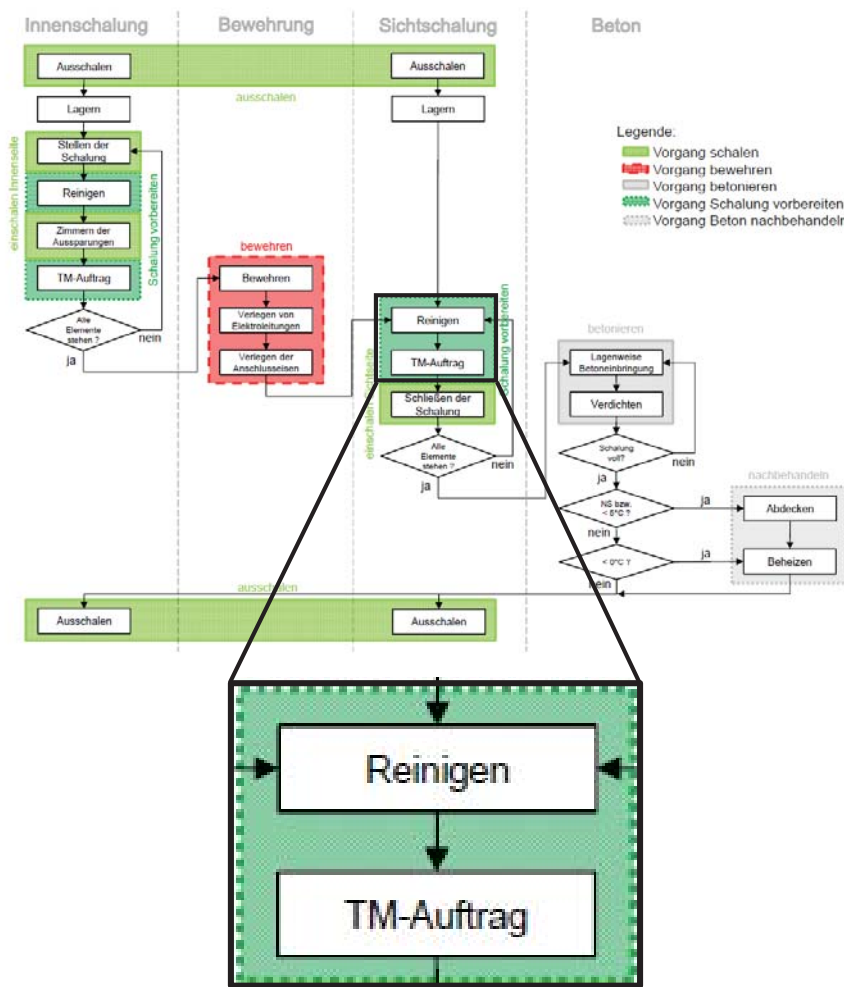


Abbildung 3.37 Auszug aus dem Sichtbetonprozess: Reinigen und TM-Auftrag

In Abbildung 3.38 wird der Vorgang *Schalung vorbereiten*, welcher aus den Teilvorgängen *Reinigen* und *TM-Auftrag* besteht, detaillierter dargestellt. Nach dem Anheben der Schalung wird die gesamte Reinigung der Schalhaut durchgeführt, bis diese trocken und sauber und somit bereit für den Trennmittelauftrag ist. Im Falle einer Beschädigung der Fugenabdichtung, muss diese erneuert werden. Das Aufnageln der Dichtschnur und Antackern des Dichtungsbandes ist zeitlich gesondert von den Reinigungsschritten zu betrachten, da keine Abhängigkeit der Tätig-

keiten besteht. Diese zeitliche Flexibilität ist auf die Dauer der Reinigung beschränkt und wird in der Abbildung durch strichlierte Pfeile gekennzeichnet.

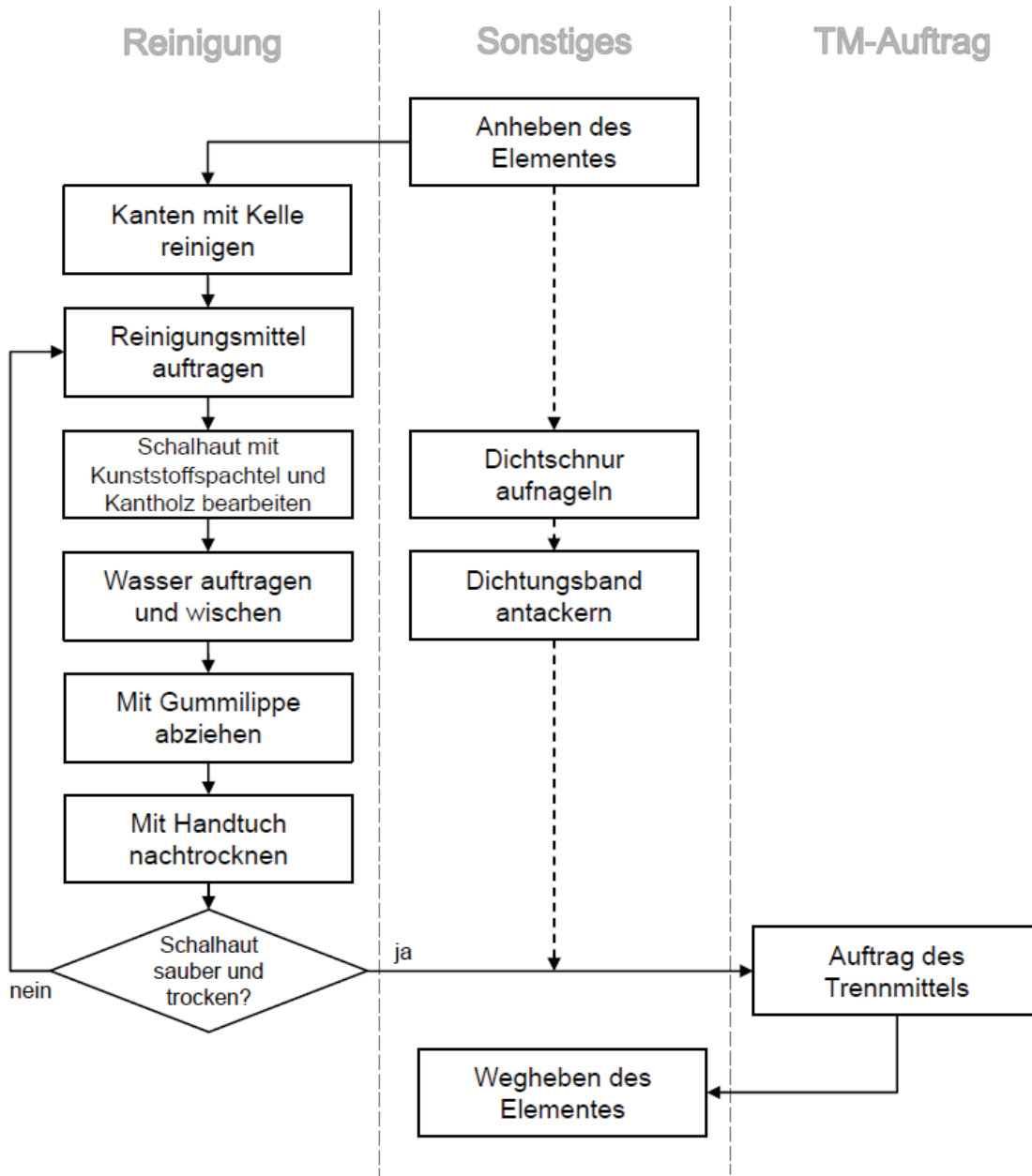


Abbildung 3.38 Prozessdarstellung des Reinigungsvorganges

3.4 Arbeitsschritte

Im Folgenden werden die wichtigsten Arbeitsschritte der Sichtbetonherstellung angeführt. Dabei wird auf alle Punkte eingegangen, die unbedingt beachtet werden müssen.

3.4.1 Lagern der Schalung

Aufgrund des Bauablaufes kommt es gezwungener Maßen zwischen den einzelnen Betoniervorgängen zu Liegezeiten der Schalelemente. Während diesen Zeiten muss die Schalung auf der Baustelle gelagert und vor äußeren Einflüssen geschützt werden. Vor allem starke Sonneneinstrahlung, Niederschlag, große Temperaturschwankungen und mechanische Beanspruchung können die empfindliche Schalhaut beschädigen und dadurch die Qualität der Sichtbetonoberfläche negativ beeinflussen.

Zum Schutz vor externen Einwirkungen kann die Schalung während der Lagerung mit einer Bauschutzmatte oder einer Folie überdeckt werden. Diese muss fachgerecht befestigt werden, um nicht vom Wind verweht zu werden. Wird im Winter betoniert, kann es bei besonders starkem Schneefall auch notwendig sein, eine Überdachungskonstruktion zum Schutz der Schalung zu errichten.

3.4.2 Stellen der Schalung

Beim Stellen der Schalung ist auf Maßhaltigkeit der Elemente zu achten, um die exakten Abmessungen des Bauteils erreichen zu können. Dazu muss die Lage der Schalung mit großer Sorgfalt vermessen werden. Auch die Maßhaltigkeit der Stöße und Fugen sind von großer Bedeutung. Als Hilfestellung wird die genaue Position mit einem Bewehrungsstab markiert. So muss die Schalung nur noch verschoben werden, bis sie am Eisen ansteht.



Abbildung 3.39 Markierung der Schalungsposition

3.4.3 Bewehren

Um eine mechanische Beschädigung der Sichtbetonschalhaut verhindern zu können, ist bei einer Ortbetonwand mit einseitiger Sichtbetonanforderung stets die Sichtbetonseite als Schließseite auszuführen. Dadurch kann die Gefahr einer Schalhautverletzung stark reduziert werden. Eine zusätzliche Möglichkeit besteht in der Verwendung von vorgefertigten Bewehrungskörben und somit in der örtlichen Verlagerung eines großen Teiles der Arbeit. Neben dem geringeren Beschädigungsrisiko der Schalhaut ist ein weiterer Vorteil der Bewehrungsvorfertigung die Verminderung der Verunreinigung der Schalung. Besonders bei geneigten und horizontalen Schalelementen entsteht so weniger Verschmutzung (z.B. durch Drahtreste oder Rostspuren) an der Schalhaut. Falls trotz sorgfältiger Arbeit doch Verunreinigungen entstehen, können diese mit Hilfe von Druckluft weggeblasen oder mit Wasser weggespült werden.⁴²

Beim Einbau der Bewehrung ist stets darauf zu achten, dass die Bewehrung nicht mit Trennmittel in Berührung kommt, um die Verbundwirkung zwischen Bewehrung und Beton nicht negativ zu beeinflussen. Daher wird das Trennmittel der Stellschalung bereits vor dem Bewehrungseinbau aufgetragen. An der Schließ- und Sichtschalung erfolgt der Trennmittelauftrag am Reinigungsplatz.

Bei Sichtbetonoberflächen ist eine möglichst hohe Betondeckung vorzusehen. Die Qualität der Oberfläche steigt proportional zur Betondeckung, da bei ausreichendem Abstand zwischen Bewehrung und Schalung einerseits ein Abzeichnen der Bewehrung verringert bzw. verhindert und andererseits der Betoneinbau erleichtert wird. „Dies liegt vor allem an der besseren „Verteilung“ des Betons im Bereich der Schalung bzw. der reduzierte Behinderung des „Ausbreitens“ des Betons.“⁴³

3.4.4 Schalungsreinigung

Zwischen jedem Betonvorgang ist eine sorgfältige Reinigung der gesamten Schalung durchzuführen. Von oberster Priorität ist dabei die Schalhaut, da sich jegliche Verunreinigung dieser sofort auf der Betonoberfläche abzeichnen und das Ergebnis negativ beeinflussen würde. Auch alle Schalhaut- und -elementkanten müssen sauber sein, um ein makelloses Fugenbild zu erhalten.

Das Reinigungsmittel kann je nach Konsistenz entweder mit einem Sprühgerät oder einem Wischmopp aufgebracht werden. Nach dem Auf-

⁴² Vgl. HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 34

⁴³ HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 32

tragen des Trennmittels kann dieses einige Minuten eingewirkt werden lassen, bevor es über die gesamte Schalhaut verteilt wird. Durch diese Manipulation können alle Zementreste und andere Verschmutzungen gelöst werden. Um jedoch die empfindliche Schalhaut nicht zu verletzen, darf diese unter keinen Umständen mit einem metallischen Gegenstand in Berührung kommen. Stattdessen eignet sich eine Plastikspachtel oder ein Kantholz.

Teil der Reinigung ist auch die Instandsetzung der Abdichtungen. Dazu müssen zuerst alle Kanten gründlich gereinigt und von Zementresten und Verschmutzungen befreit werden. Bei einer Wandschalung wird an die untere Kante eine Dichtschnur angenagelt, um die Fuge zwischen dem Schalelement und der darunter befindlichen Stahlbetondecke auszufüllen. Außerdem wird eine Dichtung zwischen den einzelnen Schalelementen benötigt, um einen Austritt von Zementleim verhindern zu können. Dafür hat es sich bewährt, ein Dichtungsband anzutackern.

Die Wahl des Reinigungsmittels soll stets in Abstimmung mit dem Schalungshersteller erfolgen, um die physikalische und chemische Verträglichkeit zwischen Mittel und Schalhaut garantieren zu können. Nach Anwendung des Reinigungsmittels soll dieses wieder vollständig entfernt werden, da Reste im Nachhinein noch unerwünschte Reaktionen hervorrufen können. Dazu empfiehlt es sich, die Schalhaut mit einem Wasser-schlauch abzuwaschen und anschließend mit einer Gummilippe abzu-ziehen. Vor dem Trennmittelauftrag soll die Oberfläche der Schalhaut gänzlich trocken und sauber sein.

3.4.5 Trennmittelauftrag

Das Trennmittel hat im Gesamtprozess „Beton“ zwei Aufgaben. Diese bestehen aus

- der Unterbindung bzw. Verminderung der Haftung des Betons an der Schalhaut und
- dem Schutz der Schalhaut.⁴⁴

Das Trennmittel soll einen dünnen Film über der gesamten Schalhaut bilden, dabei sind auch die Ecken nicht auszusparen. Bei nicht-saugender Schalhaut wird eine Auftragsmenge von 5-10 g/m² empfohlen. Diese sollte stets in Kombination mit dem Motto „weniger ist mehr“ beachtet werden, um eine dünne Trennmittelschicht zu erreichen. Um einen gleichmäßigen Auftrag zu ermöglichen, sollte dieser über den ge-

⁴⁴Vgl. HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 29

samen Fertigungsabschnitt immer von der gleichen Arbeitskraft ausgeführt werden.⁴⁵

Flüssiges Trennmittel wird im Idealfall mit einem Hochdrucksprüngerät aufgetragen, um durch das feine Zerstäuben einen gleichmäßigen, feinen Auftrag erhalten zu können. Bei Verwendung dieser Sprühpumpe ist vor jedem Einsatz der Zustand der Pumpe zu kontrollieren. Dabei müssen die Sauberkeit der Düse und der Pumpendruck überprüft werden.⁴⁶

Nach dem Auftrag des Trennmittels darf die Schalhaut nicht mehr berührt werden, um Verunreinigungen zu verhindern. Entstehen durch Staub oder ähnliches dennoch Verschmutzungen, müssen diese vor Betonierbeginn entfernt werden. Um jeglicher Verunreinigung vorzubeugen, soll der Trennmittelauftrag unter Berücksichtigung der empfohlenen Trocknungszeiten so knapp wie möglich vor der Betoneinbringung stattfinden.

3.4.6 Schließen der Schalung

Beim Schließen der Schalung ist die exakte Positionierung der Schalenelemente von genau so großer Bedeutung wie bei der Stellschalung. Hinzu kommt die Maßhaltigkeit und Abdichtung der Stöße und Fugen, da Ungenauigkeiten später am Betonbild erkennbar sind und sichtbar bleiben. Ein Verrutschen der Abdichtungsbänder soll daher vermieden werden.

Neben der Maßhaltigkeit ist auf die Sauberkeit und Unversehrtheit der Schalhaut zu achten. Beim Schließen der Schalung ist von allen Arbeitskräften besonders darauf zu achten, die Schalung weder durch mechanischen Angriff noch durch Verschmutzung zu beschädigen. Die Zeitspanne zwischen Schließen der Schalung und Betonieren soll daher gering gehalten werden.

3.4.7 Betoneinbringung

Um ein optimales Sichtbetonergebnis erreichen zu können, sollen zwischen dem Mischen des Betons im Werk und dem Einbau des Betons auf der Baustelle nicht mehr als 1,5 Stunden vergehen. Danach hat der Frischbeton seine Eigenschaften schon so stark verändert, dass die Qualität der Betonoberfläche beeinflusst wird. Dies bedarf sorgfältiger Arbeitsvorbereitung der Baustellenlogistik. Die Temperatur des Frischbe-

⁴⁵Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten. S. 69

⁴⁶Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten. S. 70

tons soll beim Einbau mindestens 15 °C betragen, damit eine ausreichende Hydratationswärme erreicht werden kann.

Vor Beginn der Betonierarbeiten ist zu überprüfen, ob die Wetterbedingungen angemessen sind und der Zustand der Schalung ordnungsgemäß ist. Außerdem muss ein absturzsicheres Betoniergerüst montiert werden, welches im Idealfall an die Stellschalung angebracht wird, um den Arbeitskräften den Blick zur Sichtschalung zu ermöglichen.

Der Frischbeton soll kontinuierlich und lagenweise eingebaut werden, ohne dabei über die Schalung zu laufen. Die freie Fallhöhe des Frischbetons soll 1 m nicht übersteigen. Dafür kann beim Einbau mit dem Krankegel ein Schüttrohr oder ein flexibler Schüttschlauch verwendet werden.

Die Steiggeschwindigkeit ist in Abhängigkeit vom Frischbetondruck mit dem Schalungshersteller abzustimmen, sollte sich aber im Bereich zwischen 0,5 bis 2,5 m/h befinden. Die Schüttlage soll eine Höhe von 0,5 m nicht übersteigen und an der Bewehrung markiert werden (Siehe dazu Kapitel 5.2.2.2). Jedenfalls ist es zu vermeiden, die zulässige Steiggeschwindigkeit in der Bauausführung zu überschreiten. Einen maßgeblichen Einfluss bei der Ermittlung der maximalen Steiggeschwindigkeit

3.4.8 Betonverdichtung

Eine sorgfältige Verdichtung des Betons ist wichtig, damit überschüssige Luft aus dem Frischbeton entweichen kann. Bei Sichtbeton ist diese Arbeit besonders von Bedeutung, da alle Lufteinschlüsse an der Oberfläche später als Poren und Lunker sichtbar bleiben.

Bei Verwendung eines Innenrüttlers soll dieser immer im Abstand seines Wirkungsradius eingesetzt werden. Zur vereinfachten Orientierung ist es ratsam, diesen Abstand durch Markierungen an der Schalung zu vermerken. Eine weitere Hilfestellung bietet ein Kabelbinder an der Rüttelflasche. Bei einer Schüttlagenhöhe von 50 cm soll dieser in einer Höhe von ca. 60 cm jene Stelle am Schlauch des Verdichtungsgerätes kennzeichnen, bis zu welcher der Rüttler in den Beton eintauchen soll. Dadurch kann ein ordnungsgemäßes Vernähen der einzelnen Betonierlagen sichergestellt werden.

Um Betonierunterbrechungen auch auf Grund technischen Versagens ausschließen zu können, sollten sowohl ein Reserveverdichtungsgerät wie auch ein Notstromaggregat auf der Baustelle vorgehalten werden.

Falsches Rütteln kann unter anderem folgende Ursachen haben:

- zu kurze Dauer
- zu wenig nahe an der Schalung
- zu weit unten (in der unteren, bereits verdichteten Lage)
- zu nahe an der Bewehrung

3.4.9 Abdecken und Beheizen

Die Bewehrung soll bei jeder Art von Niederschlag abgedeckt werden, um Rostbildung des Eisens zu vermeiden. Dazu genügt es, eine Bauschutzmatte über die Armierungstäbe zu legen und zu befestigen oder beschweren. Dies gilt sowohl vor, während als auch nach der Betonage.

Zusätzlich muss die Wand abgedeckt werden, wenn die Außentemperatur während der Aushärtung des Betons unter 5 °C liegt, damit sich eine ausreichend hohe Hydratationswärme bilden kann. Aus demselben Grund soll bei Temperaturen unter 0 °C zusätzlich beheizt werden. Eine beispielhafte Erklärung der Ausführung dieser Maßnahmen kann in Kapitel 5.2.6.2 nachgelesen werden.

3.4.10 Ausschalen

Um ein optimales Sichtbetonergebnis erreichen zu können, müssen auch beim Ausschalen einige Punkte beachtet werden. Einerseits soll so früh wie möglich ausgeschalt werden, die Ausschalfrist darf jedoch nie außer Acht gelassen werden. Weiters ist mit großer Sorgfalt zu arbeiten, damit weder die neu entstandene Sichtbetonoberfläche, noch die Schalhaut beschädigt werden. Auch sollte wenn möglich immer bei niederschlagsfreien Witterungsverhältnissen ausgeschalt werden.

Die Schalelemente sollen sofort nach Öffnen der Schalungsanker verho- ben werden, damit sich kein Kondensat zwischen der noch warmen Betonwand und der Schalhaut bildet. Besonders bei der Verwendung von phenolharzbeschichteten Schalplatten ist dies zu beachten, da sich sonst gelbe Verfärbungen an der Betonoberfläche bilden können.

3.5 Verwendete Produktionsfaktoren

Allen im Baubetrieb angewandten Bauverfahren ist gemeinsam, dass bei ihrer Anwendung Mittel einzusetzen sind, die eine bestimmte Produktion oder die erwünschte Zustandsänderung ermöglichen. Sie stellen die Produktionsfaktoren bzw. produktiven Faktoren dar.⁴⁷

Zur Erzielung der Qualitätskriterien ist eine effiziente Kombination der Produktionsfaktoren oberste Voraussetzung. Die Anforderungen an die Produktionsfaktoren sind bei der Herstellung von Sichtbeton höher als bei Normalbeton und beeinflussen direkt die Leistung und die Produktivität. Daher ist die Wahl und Kombination der Produktionsfaktoren mit besonderer Sorgfalt zu treffen.⁴⁸

⁴⁷ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb. S. 17

⁴⁸Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb. S. 13

Die Produktionsfaktoren können in elementare und dispositive Faktoren unterschieden werden. Die folgende Abbildung zeigt den Zusammenhang aller Faktoren untereinander.

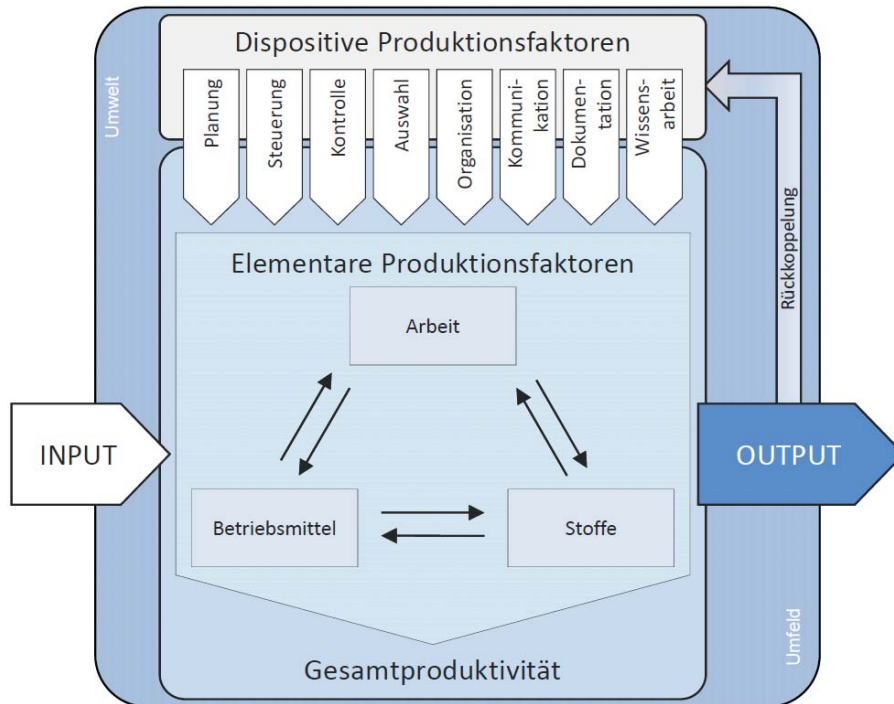


Abbildung 3.40 Produktionsfaktoren⁴⁹

Elementare Produktionsfaktoren⁵⁰

Die elementaren Produktionsfaktoren sind alle zur Leistungserstellung eingesetzten Sachgüter und Dienstleistungen, die den Leistungsprozess unmittelbar unterstützen. Dazu zählen die Faktoren Arbeit, Betriebsmittel und Stoffe.

Arbeit:

Die menschliche Arbeit kann in objektbezogene Arbeit und dispositive Arbeit untergliedert werden. Nur die objektbezogene Arbeitsleistung ist Teil der elementaren Produktionsfaktoren. Sie beschäftigt sich direkt mit dem Produktionsprozess.

Betriebsmittel:

Betriebsmittel umfassen alle verwendeten Gegenstände, die Voraussetzung für die Leistungserstellung sind, aber kein Teil der erzeugten

⁴⁹ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb. S. 16

⁵⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb. S. 17

Leistung werden. Dazu zählen alle Maschinen, Werkzeuge, Anlagen, Einrichtungen, Betriebsstoffe und Hilfsstoffe.

Stoffe:

Zu den Stoffen werden alle Werkstoffe gezählt, die zur Erstellung der Leistung notwendig sind und auch Bestandteil des Objektes werden. Hier handelt es sich um Baustoffe, Halb- und Fertigerzeugnisse. Auch Hilfsstoffe, die als Grundstoffe für die Herstellung von Erzeugnissen dienen und kein Bestandteil des Bauwerks werden, zählen zu den Stoffen.

Dispositive Produktionsfaktoren

Die dispositiven Produktionsfaktoren umschließen die dispositive menschliche Arbeit. Sie befassen sich nur mittelbar mit dem Produktionsprozess und haben nur indirekten Einfluss auf die Erzeugnisse. Zu diesen Tätigkeiten zählt man „planende, gestaltende und steuernde Aktivitäten“ wie

- Planung
- Steuerung
- Kontrolle
- Auswahl
- Organisation
- Kommunikation
- Dokumentation
- Wissensarbeit

Im Folgenden wird aufgezählt, welche elementaren Produktionsfaktoren beim Bauvorhaben „Styria Media Center“ in Bezug auf Sichtbeton zum Einsatz kamen.

3.5.1 Arbeit

Der Produktionsfaktor „Arbeit“ wird von der Fachkenntnis, Erfahrung und Eignung der ausführenden Arbeitskräfte bestimmt.

Beim Bauvorhaben SMC wurde eine Partie von Arbeitskräften zur Herstellung der Sichtbetonwände eingesetzt, die sich aus vier Zimmerern und zwei Maurern zusammensetzt. Bei der Auswahl wurde großer Wert auf die Qualifikation des Personals gelegt. In den auserkorenen Vorarbeiter wurde von Beginn an großes Vertrauen bezüglich Sorgfältigkeit und Engagement gelegt. Da die gesamte Partie wenig Erfahrung im Be-

reich Sichtbeton vorweisen konnte, wurden zu Übungszwecken einige Kellerwände ohne Anforderungen an das Aussehen als Sichtbetonwand ausgeführt.

Die Ausführung der Bewehrungsarbeiten wurde zur Gänze ausgelagert und von einem Nachunternehmer übernommen. Somit umfasst der Aufgabenbereich der oben genannten Sichtbeton-Partie die gesamten Schalarbeiten, Betonarbeiten, Nachbehandlungen und den Schutz der fertigen Sichtbetonbauteile.

3.5.2 Betriebsmittel

Dem Produktionsfaktor „Betriebsmittel“ werden alle Maschinen, Geräte und Werkzeuge zugeordnet. Zu den wichtigsten Betriebsmitteln der Sichtbetonherstellung zählen der Kran, die Schalung und das Verdichtungsgerät.

3.5.2.1 Kran

Betoniert wird mit einem 2 m³ großen Krankübel, der von zwei verschiedenen, ausreichend dimensionierten Kranen befördert wird.

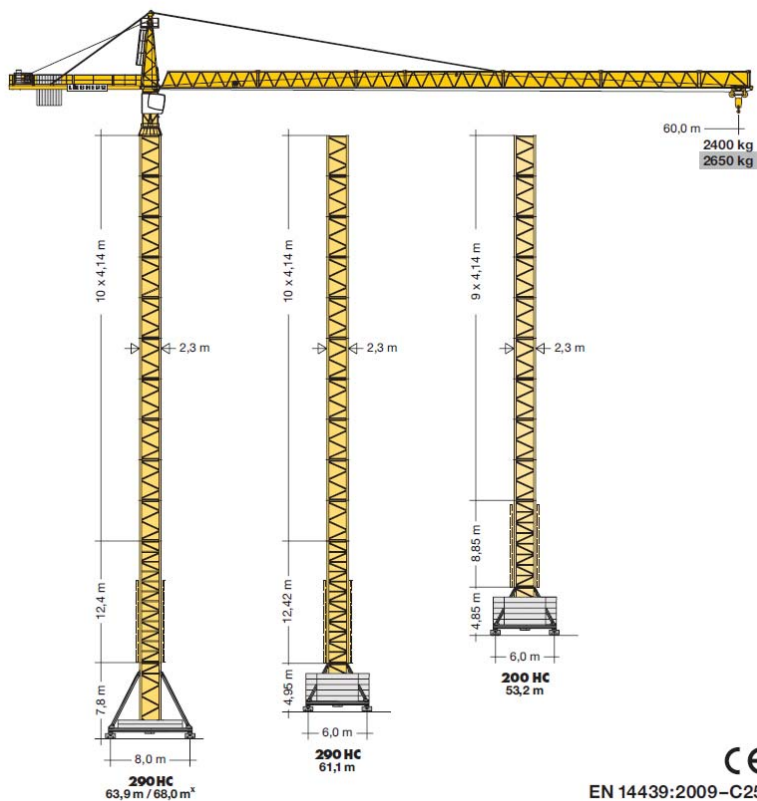


Abbildung 3.41 Schematische Darstellung des Kranes



Abbildung 3.42 Krankübel samt flexibler Einbringschlauch

3.5.2.2 Schalung

Die Schalung von vertikalen Sichtbetonbauteilen unterteilt sich in das Schalungssystem und die Schalhaut. Das Schalungssystem stellt hierbei die Tragstruktur für die Schalhaut dar, welche die Textur der Betonoberfläche stark beeinflusst.

Schalungssystem

Als Schalungssystem wurde eine Trägerschalung der Firma Doka gewählt. Diese wurde individuell aus Holzschalungsträgern (Doka-Träger H20) und Stahlprofilen (Mehrzweckriegel WS10) angefertigt und den benötigten Abmessungen angepasst.

Bei der Planung war eine gekrümmte Sichtbetonwand vorgesehen. Um die Ausführung baubetrieblich zu optimieren, wurde diese Krümmung jedoch polygonal angenähert.

Schalhaut

Als Schalhaut wurde eine 21 mm starke Dokaplex-Schalungsplatte von hinten auf die Trägerkonstruktion geschraubt. Dokaplex ist eine phenolharzbeschichtete Mehrschichtplatte und eine gängige Schalhaut für die Sichtbetonherstellung.

Abdichtungen

Zur Abdichtung kam Zubehör für Sichtbeton der Firma Doka in Gebrauch. Die Elementfugen wurden mit dem Dichtungsband KS (10 x 3 mm) verschlossen. An der Unterseite der Schalung wurde eine 2 cm starke Dichtschnur angenagelt um das Ausdringen von Beton zwischen Schalelement und Stahlbetondecke zu verhindern.

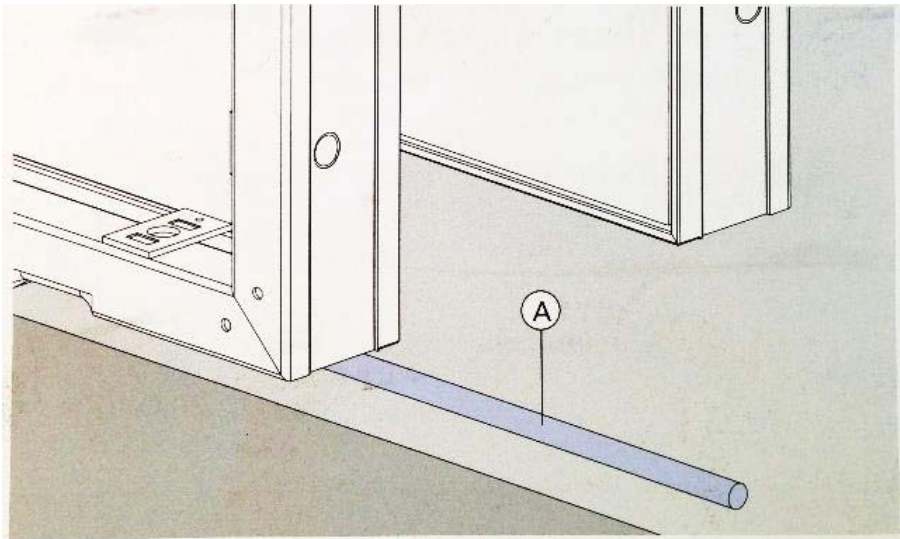


Abbildung 3.43 Schematische Darstellung der Fugenabdichtung

Schalungszubehör

Weiters kamen noch sämtliche Verbindungs- (wie Elementverbinder, Flanschklammern, Verbindungsbolzen und Federvorstrecker) und Anker- teile (wie Universal-Winkelspanner, Ankerstäbe und Flügelmutter) der Firma Doka zum Einsatz.

3.5.2.3 Verdichtungsgerät

Zur Verdichtung des Sichtbetons wurden zwei baugleiche Innenrüttler der Firma Wacker verwendet. Die genaue Modellbezeichnung lautet Wacker IREN 57.



Abbildung 3.44 Wacker IREN 57 Schalungsinnenrüttler

Flaschendurchmesser:	58 mm
Flaschenlänge:	400 mm
Schutzschlauchlänge:	5 m
Wirkungsdurchmesser:	85 cm
Schwingungen:	12.000 /min
Leistungen:	1,05 kW
Spannung:	42/250 V
Frequenz:	200 Hz

3.5.3 Stoffe

Der Produktionsfaktor „Stoff“ umfasst alle Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, die mit Hilfe der beiden anderen elementaren Faktoren bearbeitet werden. Zu den wichtigsten Stoffen der Sichtbetonherstellung zählen Beton, Bewehrung, Reinigungsmittel und Trennmittel.

3.5.3.1 Beton

Betondruckfestigkeit:	C30/37
Expositionsklasse:	BSBQ2
Größtkorn:	GK22
Ausbreitmaß:	F52
erforderliche Einbautemperaturen:	
Frischbeton:	15 – 27 °C
Lufttemperatur:	5 – 30 °C

3.5.3.2 Betonzubehör (Abstand- und Distanzhalter, Stopfen)

Die Firma Doka bietet sämtliche Zubehörteile für Sichtbeton an, folgende davon kamen auf dieser Baustelle zum Einsatz:

Faserzementabstandhalter

Es wurden spezielle Sichtbetonabstandhalter aus Faserzement verwendet, damit kein Plastikabdruck an der Oberfläche sichtbar bleibt.



Abbildung 3.45 Abstandhalter

Distanzhalter

Es wurden Sichtbeton-Distanzhalter der Firma Doka für eine Wandstärke von 25 cm benutzt. Da nur wenige Bereiche eine Wandstärke von 75 cm aufweisen, wurden die Distanzhalter in diesen Bereichen vor Ort zugeschnitten und angepasst.

Sichtbeton-Distanzhalter

- Verlorenes Ankerhüllrohr mit geringen Toleranzen mit 2 Stück Sichtbeton-Universalkonen 22mm für wiedergewinnbare Ankerstäbe 15,0mm.
- Mit exakt platzierten Dichtscheiben.
- Erhältlich für Wandstärken 20 cm, 25 cm und 30 cm.



Sichtbeton-Distanzhalter 20cm
Art.-Nr.: 581843000

Sichtbeton-Distanzhalter 25cm
Art.-Nr.: 581844000

Sichtbeton-Distanzhalter 30cm
Art.-Nr.: 581845000

Abbildung 3.46 Doka Sichtbeton-Distanzhalter

Ankerlochstopfen

Nach ausführlicher Musterung wurde in Kooperation mit Architekt und Bauherrn beschlossen, die Ankerlöcher mit einem 22 mm starken Stopfen der Firma Opti zu verschließen.



Abbildung 3.47 Opti Stopfen 22 mm

3.5.3.3 Bewehrung

Als Besonderheit der Bewehrung ist hier anzuführen, dass ausschließlich mit Stabstahl gearbeitet wurde.

Qualität:	B St 550
Durchmesser:	8 bis 20 mm
Betondeckung:	3 cm (lt. Statik)
Rödeldraht:	verzinkt

3.5.3.4 Reinigungsmittel

Zur Reinigung der Schalungselemente wurde entweder das Trennmittel Doka-Trenn oder das Reinigungsmittel Sika®-Betonlöser verwendet. Welches Mittel wann zum Einsatz kam ist der Baustellendokumentation in Kapitel 4 zu entnehmen.

Doka-Trenn⁵¹

Doka-Trenn ist ein dünnflüssiges, öliges und gebrauchsfertiges Trennmittel für Betonschalungen. Unter besonderen Eigenschaften wird von der Firma Doka angeführt, dass keine Wartezeiten zwischen dem Trennmittelauftrag und dem Betonieren erforderlich sind.

⁵¹ DOKA: Technisches Merkblatt Doka-Trenn. Datenblatt. S. 1

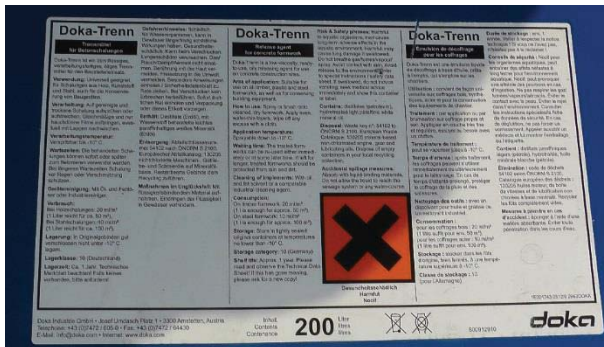


Abbildung 3.48 Doka-Trenn

Sika®-Betonlöser

Sika®-Betonlöser ist ein flüssiges, grünliches Reinigungsmittel zum Entfernen von Zement-, Mörtel- und Betonrückständen auf der Baustelle, im Transportbeton- und im Fertigteilwerk. Die Eigenschaften des Mittels sind laut Sika unter anderem ein schnelles Auflösen der Zement- und Betonkruste und kein Angriff auf Gummiteile.



Abbildung 3.49 Sika®-Betonlöser
[Foto: Derler]

3.5.3.5 Trennmittel

Doka-OptiX⁵²

Als Trennmittel wurde das Mittel Doka-OptiX der Firma Doka verwendet - ein dünnflüssiges und gebrauchsfertiges Trennmittel für Betonschalungen, welches besonders für glatte Oberflächen geeignet ist. Als Anwen-

⁵² DOKA: Technisches Merkblatt Doka-OptiX. Datenblatt. S. 1

ungsgebiet werden unter anderem Ortbetonflächen mit hohen Anforderungen an die Qualität der Betonoberfläche angeführt.



Abbildung 3.50 Doka-OptiX

Verbrauch (in ml): ~ 50 ml/m²

Verbrauch (in g): ~ 5 g/m²

4 Baustellendokumentation SMC

Das folgende Kapitel beinhaltet die Dokumentation der Sichtbetonherstellung am SMC. Die Beobachtungen und Messungen auf der Baustelle und die Verfassung dieser Dokumentation stellen einen wesentlichen Teil der Arbeit dar.

Neben einer ausführlichen Beschreibung des Herstellungsablaufes der Sichtbetonwände werden maßgebende Baustellen- und Bauwerksbedingungen angeführt.

Die Punkte

- Reinigung der Schalung
- Schließen der Schalung
- Betonlieferung
- Betoneinbringung
- Ergebnis
- Sichtbetonbesprechung

werden für jeden Fertigungsabschnitt angeführt und immer nach demselben Schema, welches im Folgenden erläutert wird, abgehandelt. Anlassbezogen werden noch weitere Punkte ergänzt, die nicht bei jedem Fertigungsabschnitt vorkommen.

Reinigung der Schalung

Unter *Reinigung der Schalung* werden in der gesamten Baustellendokumentation die Arbeitsschritte „Reinigen“ und „TM-Auftrag“ zusammengefasst, da diese Schritte während der Ausführung zeitlich und örtlich immer gekoppelt waren.

Die Dokumentation umfasst neben dem Datum und der Tageszeit, zu der die Schalelemente gereinigt und das Trennmittel aufgetragen wurden, im gegebenen Fall eine Anführungen bzw. Darstellung etwaiger Auffälligkeiten. Diese können von Besonderheiten der Reinigungsmethode bis zu Schäden an der Schalhaut reichen.

Schließen der Schalung

Hier wird großteils lediglich das Datum und die Uhrzeit der Ausführung der Tätigkeit *Schließen der Schalung* angeführt.

Betonlieferung

Unter *Betonlieferung* wird für jedes Geschoß angeführt, zu welchem Zeitpunkt die Betonlieferung geplant war und zu welchem Zeitpunkt der erste Mischwagen tatsächlich an der Baustelle eingetroffen ist.

Ab dem 11.OG, Bauteil 1 wird die Frischbetontemperatur in jedem Betonkübel direkt nach dem Einfüllen (unten) und direkt vor dem Einbau (oben) gemessen. Zusätzlich wird im Zuge der Betonage mancher Bauteile die Betonkonsistenz mittels Ausbreitmaß überprüft. Die Ergebnisse der Messungen werden in einem Diagramm in Abhängigkeit der Zeit dargestellt.

Betoneinbringung

Die *Betoneinbringung* umfasst alle wichtigen Betonierbedingungen wie Datum, Uhrzeit, Wetter (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Niederschlag) und Betoneigenschaften (Betonsorte, Konsistenz, Zement, Betonlieferant, Betonmenge, Frischbetontemperatur).

Ergebnis

Unter diesem Punkt wird das ausgeschaltete Ergebnis der Sichtbetonwände eines Fertigungsabschnittes dargestellt. Neben dem Gesamteindruck, der Porigkeit und der Farbgleichheit werden im gegebenen Fall auch weitere Aspekte angeführt, die sich auf die Qualität des Sichtbetons auswirken.

Sichtbetonbesprechung

Nach der Fertigstellung jedes Sichtbeton-Fertigungsabschnittes wird auf der Baustelle eine Sichtbetonbesprechung mit allen an der Sichtbetonherstellung Beteiligten abgehalten. Dazu zählen die Bauleitung und bei Bedarf ein Betontechnologe der ausführenden Firma, ein Schalungstechniker, ein Betontechnologe und bei Bedarf der Labortechniker des Betonlieferanten, jeweils ein Sachverständiger für Betontechnologie und für Baubetrieb und eine Diplomandin der TU Graz, die diese Dokumentation durchführt.

Zu Beginn jeder Sichtbetonbesprechung wird die Sichtbetonwand von allen Anwesenden gemeinsam besichtigt. Direkt im Anschluss findet im Baubüro eine Besprechung statt, bei der einerseits die Ergebnisse der Wände gemeinsam beurteilt und andererseits Maßnahmen und Änderungsvorschläge für die Herstellung des folgenden Bauteils diskutiert werden.

Die Namensgebung der Kapitel setzt sich aus den Abkürzungen für Geschöß und Bauteil zusammen, in denen die Sichtbetonwände vorkommen, deren Herstellung im folgenden Abschnitt beschrieben wird. Beispielsweise wird hier Kapitel 4.1 10OGBT1 erläutert: 10OG steht für das zehnte Obergeschoß und BT1 steht für das Bauteil 1, welches firmenintern den östlichen Betonierabschnitt der Sichtbetonwände eines Geschößes bezeichnet.

4.1 10OGBT1

Die Beobachtungen der Sichtbetonherstellung am SMC begannen bei der Betonage der Wände des 10.OG, Bauteil 1. Aus diesem Grund ist die Dokumentation dieses Fertigungsabschnittes nicht vollständig und beinhaltet nur Betonage, das Ergebnis und die Sichtbetonbesprechung.

Die Herstellung der Sichtbetonwände des 10.OG, Bauteil 1 erfolgte in der 3. Kalenderwoche.



Abbildung 4.1 Gesamteindruck 10OGBT1

4.1.1 Betonlieferung

Die Betonlieferung wurde für den 17.01.2014 um 12.00 Uhr festgesetzt.

4.1.2 Betoneinbringung

Der Beton wurde unter den in Tabelle 4.1 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut.

Datum		17.01.2014
Uhrzeit		12:00 - 15:30
Wetter	Temperatur	11 °C
	Luftfeuchtigkeit	50 %
	Wind	2,0 km/h
	Niederschlag	-
Beton	Betonsorte	BSBQ2
	Festigkeitsklasse	C 30/37
	Größtkorn	22
	Konsistenz	F52
	Festigkeitsentwicklung	mittel
	Zement	CEM II 42, 5R
	Lieferant	Fa. Schwarzl
	Betonmenge	26,5 m ³
	Frischbetontemperatur	13,6 °C

Tabelle 4.1 Betonierbedingungen 10OGBT1

4.1.3 Ergebnis

Der Gesamteindruck dieses Bauteils ist weniger zufriedenstellend. Die markanten Farbunterschiede stören das Erscheinungsbild.

Poren:

Stellenweise sind kleine Poren vorhanden, deren Größe und Anzahl liegen aber in einem angemessenen Bereich. Somit ist die Porigkeit dieses Bauteils in Ordnung.



Abbildung 4.2 Porigkeit im 10. OG, Bauteil 1

Farbgleichheit:

Die Farbunterschiede sind in diesem Bauteil sind sehr markant.



Abbildung 4.3 Farbgleichheit im 10. OG, Bauteil 1

4.1.4 Sichtbetonbesprechung

Am 20.01.2014 fand um 16.00 Uhr eine Sichtbetonbesprechung mit folgenden Teilnehmern statt:

- Hr. Treffinger
- Hr. Hofstadler
- Hr. Kremnitzer (telefonisch)
- Fr. Marius
- Hr. Sommer
- Hr. Derler
- Hr. Schlacher

Im Anschluss an eine Besichtigung der Sichtbetonergebnisse des 10. OG, Bauteil 1 versammelten sich alle Anwesenden im Baubüro zu einer Besprechung. Gemeinsam wurden Fotos und Videos der Betonage begutachtet und die Vorgehensweise diskutiert. Die Experten kamen zu folgenden Feststellungen:

- Kabelbinder an Rüttelflasche:
Im Zuge der letzten Sichtbetonbesprechung wurde von den Experten vorgeschlagen, einen Kabelbinder an der Rüttelflasche an jener Stelle zu befestigen, bis zu der die Rüttelflasche im Idealfall in die Frischbeton eintauchen soll. An einem Video ist deutlich zu erkennen, dass diese Maßnahme von den Arbeitskräften gut angenommen und umgesetzt wurde. Auch die geringe Porigkeit der Sichtbetonwand zeigt von der Wirkung dieses Vorgehens.



Abbildung 4.4 Kabelbinder an Rüttelflasche

- Rütteldauer:
Durch eine Analyse der Baustellenbeobachtung konnte festgestellt werden, dass der Beton mit einer Rütteldauer von ca. 25-30 Sekunden an jeder Stelle verdichtet wurde.
- Blasenbildung an der Frischbetonoberfläche:
Bei der Durchsicht der Betoniervideos ist den Experten die außergewöhnliche Beschaffenheit des Frischbetons aufgefallen. An der Oberfläche sind starke Blasenbildung und dunkle Verfärbungen zu erkennen.



Abbildung 4.5 Blasenbildung an der Frischbetonoberfläche

4.2 10OGBT2

Die Herstellung der Sichtbetonwände des 10.OG, Bauteil 2 erfolgte in der 4. Kalenderwoche.

Eine Besonderheit bei der Herstellung dieses Fertigungsabschnittes war eine starke, dunkle Blasenbildung an der Betonoberfläche während der Betonage.



Abbildung 4.6 Gesamteindruck 10OGBT2

4.2.1 Reinigung der Schalung

Die Reinigung der Schaltafeln wurde am 21.01.2014 nachmittags und am 22.01.2014 vormittags durchgeführt. Bei der Reinigung war auffällig, dass einige Schalelemente bereits Schäden an der Schalhaut aufwiesen.



Abbildung 4.7 Beschädigte Schalhaut im 11. OG, Bauteil 2



Abbildung 4.8 Ripplings an der Schalhaut

4.2.2 Schließen der Schalung

Das Schließen der Schalung erfolgte zeitgleich mit der Reinigung. Der Vorgang wurde am 21.01.2014 am Vormittag begonnen und am 22.01. zu Mittag abgeschlossen.

4.2.3 Betonlieferung

Die Betonlieferung wurde für den 22.01.2014 um 14.00 Uhr festgesetzt.

4.2.4 Betoneinbringung

Der Beton wurde unter den in Tabelle 4.2 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut.

Datum		22.01.2014
Uhrzeit		14:00 - 17:30
Wetter	Temperatur	7 °C
	Luftfeuchtigkeit	75 %
	Wind	1,5 km/h
	Niederschlag	-
Beton	Betonsorte	BSBQ2
	Festigkeitsklasse	C 25/30
	Größtkorn	22
	Konsistenz	F52
	Festigkeitsentwicklung	mittel
	Zement	CEM I 42, 5R
	Lieferant	Fa. Schwarzl
	Betonmenge	27,5 m ³
	Frischbetontemperatur (Ø)	13,5 °C

Tabelle 4.2 Betonierbedingungen 10OGBT2

Während des Betoniervorgangs wurde eine starke Blasenbildung des Frischbetons auffällig. Auch die dunkle Verfärbung dieser Betonblasen führte zur Verwunderung aller Beteiligten.

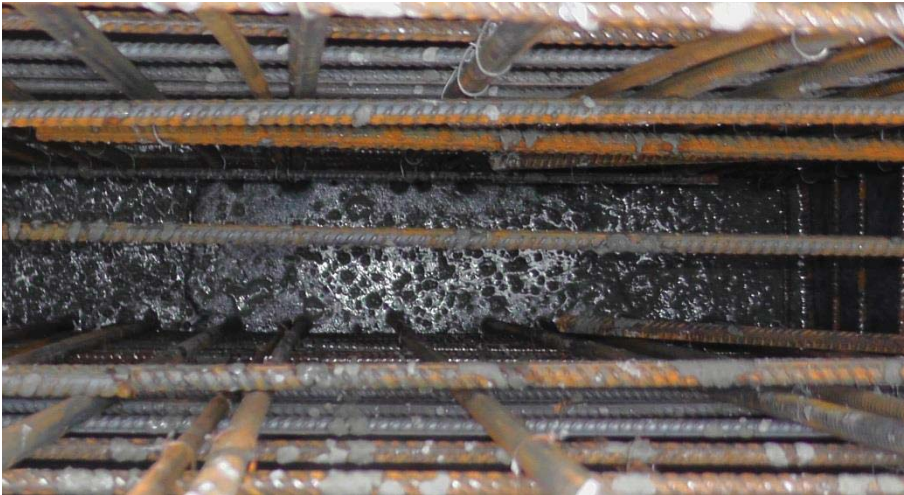


Abbildung 4.9 Blasenbildung am Frischbeton

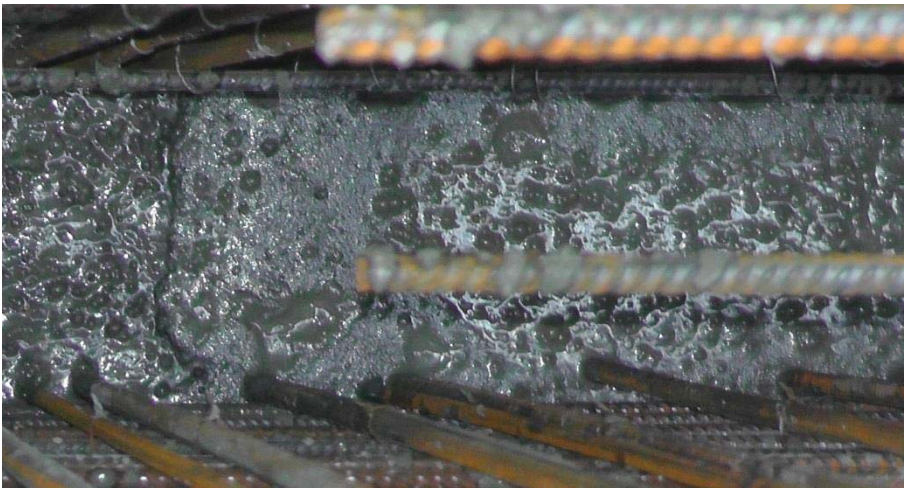


Abbildung 4.10 Blasenbildung am Frischbeton

Um einen Verlauf der Frischbetontemperatur und das Erstarrungsende des Betons ermitteln zu können, wurde vor der Sichtbetonbetonage von der Fa. Schwarzl ein Temperaturfühler in die Schalung eingebaut. Dieser zeichnete die Temperatur des Betons und der Außenluft ca. 20 Stunden lang auf. Das Ergebnis dieser Messung ist im Anhang zu finden.

4.2.5 Abdecken der Bewehrung

Aufgrund von Schneefall wurde die Bewehrung nach dem Ausschalen mit einer PVC-Folie abgedeckt, um eine Rostbildung und deren Abzeichnung auf der fertigen Sichtbetonoberfläche zu verhindern.



Abbildung 4.11 Abdeckung der Bewehrung bei Schneefall

4.2.6 Ergebnis

Der Gesamteindruck dieses Bauteils ist dem Ergebnis des letzten Bauteils sehr ähnlich. Weiterhin stören markante Farbunterschiede das Erscheinungsbild.

Poren:

Stellenweise sind kleine Poren vorhanden, Größe und Anzahl liegen aber in einem angemessenen Bereich. Somit ist die Porigkeit dieses Bauteils in Ordnung.



Abbildung 4.12 Porigkeit im 10. OG, Bauteil 2

Farbgleichheit:

Die Farbunterschiede sind in diesem Bauteil sehr markant. Es sind einige dunkle Verfärbungen zu sehen, deren Entstehung zum Zeitpunkt der Betrachtung unklar ist.



Abbildung 4.13 Farbgleichheit im 10. OG, Bauteil 2

Fugen:

In diesem Bauteil konnten mehrere Elementfugen gefunden werden, die einen zu großen Versatz aufweisen. Es konnte ein maximaler Versatz von 1,5 cm gemessen werden.



Abbildung 4.14 Fugenversatz im 10. OG, Bauteil 2

4.2.7 Sichtbetonbesprechung

Am 27.01.2014 fand um 16.00 Uhr eine Sichtbetonbesprechung mit folgenden Teilnehmern statt:

- Hr. Treffinger
- Hr. Hofstadler
- Hr. Kremnitzer (telefonisch)
- Fr. Marius
- Hr. Sommer
- Hr. Derler
- Hr. Schlacher
- Hr. Edler (nur Besprechung im Baubüro)

4.2.7.1 Besichtigung der Sichtbetonwand

Alle Anwesenden besichtigten die Sichtbetonwand des 10. OG; Bauteil 2 und kamen zu folgenden Feststellungen:

- **Farbgleichheit:**
Das Ergebnis der Sichtbetonwand ist bezüglich der Farbgleichheit nicht zufriedenstellend. Der Beton weist im Moment zu viele Verfärbungen auf. Die Wolkenbildung ist jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt zu beurteilen, da die Farbunterschiede mit der Zeit noch zurückgehen werden.

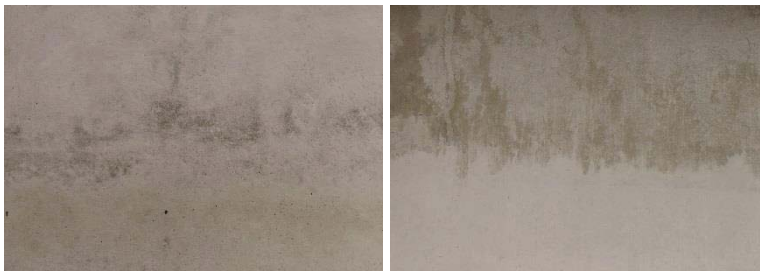


Abbildung 4.15 Farbgleichheit im 10.OG, Bauteil 2

- **Porigkeit:**
Der Beton weist an ein bis zwei Stellen zu viele Poren auf, ansonsten ist die Porigkeit zufriedenstellend.



Abbildung 4.16 Porigkeit im 10. OG, Bauteil 2

- **Gesamteindruck:**
Der Sichtbeton im 10. OG ist weitestgehend in Ordnung.

4.2.7.2 Besprechung im Baubüro

Anschließend an die Besichtigung wurden die Ergebnisse analysiert und Maßnahmen für das folgende Bauteil beschlossen:

- **Frischbetontemperatur:**
Die Frischbetontemperatur soll auf 16 °C bis 18 °C an der Einbaustelle hinauf gesetzt werden.
- **Betonrezeptur:**
Der CEM III-Zement muss komplett durch R-Zement ersetzt werden.

Auch der Füller soll weggelassen werden, stattdessen wird 0/4 Sand verwendet. Durch diese Rezepturänderung wird der Sandanteil von 46 % auf 51 % gehoben. Trotzdem ist eine stetige Sieblinie zu gewährleisten und keine Ausfallskörnung zu verwenden.

Es dürfen ab sofort nur noch maximal 180 l Wasser pro m³ Beton verwendet werden. Weiters ist durch den Betonlieferanten zu gewährleisten, dass sich kein Restwasser in der Mischtrommel befindet.

Der Beton soll ein Ausbreitmaß von 55 cm (F52 hoch) aufweisen. Die genauen Laborwerte sind vorher durch die Fa. Schwarzl zu prüfen. Eine Entmischung muss unbedingt vermieden werden!

- **Temperaturfühler:**
Für die Feststellung des Temperaturverlaufs und des Erstarrungsendes wird bei der nächsten Sichtbetonbetonage von der Fa. Schwarzl ein Temperaturfühler eingebaut.
- **Reinigungsmittel:**
Aufgrund fehlender Alternativen wird weiterhin das Reinigungsmittel der Fa. Sika (Betonlöser) verwendet.
- **Beheizen:**
Wie schon Mitte Dezember soll die Sichtbetonwand nach der Betonage mit einer Bauschutzmatte vor Kälte geschützt und über Nacht beheizt werden.

4.3 11OGBT1

Die Herstellung der Sichtbetonwände des 11.OG, Bauteil 1 erfolgte in der 5. Kalenderwoche.

Eine Besonderheit bei der Herstellung dieses Fertigungsabschnittes war der starke Schneefall während der Betonage.



Abbildung 4.17 Gesamteindruck 11OGBT1

4.3.1 Reinigung der Schalung

Die Reinigung der Schaltafeln wurde am 29.01.2014 ganztags durchgeführt. Da die Schalelemente sehr stark verschmutzt und einige Betonreste zu finden waren, wurde die Schalhaut wieder mit Sika®-Betonlöser gesäubert. Dazu wurde das phosphorsäurehaltige Reinigungsmittel mit einem Wischmopp aufgetragen, nach einer kurzen Einwirkphase mit einer Plastikspachtel verteilt und anschließend mit Wasser wieder abgewaschen. Die Schalhaut wurde dann mit einer Gummilippe abgezogen und das Trennmittel aufgebracht.



Abbildung 4.18 Starke Verschmutzung der Schalung im 10. OG, Bauteil 2

Auf den folgenden drei Fotos sind deutliche Abnutzungserscheinungen der Schalhaut zu erkennen.

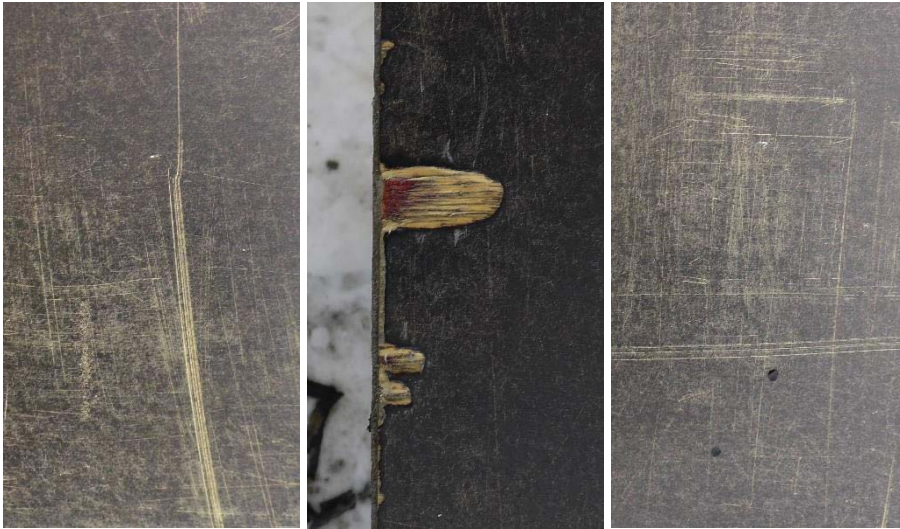


Abbildung 4.19 Sichtbare Abnutzung der Schalung im 11. OG, Bauteil 1

Entgegen aller Befürchtungen bildete sich während der Reinigung keine Eisschicht an der Schalhaut, obwohl die Temperaturen bei $\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ lagen. Die Oberflächentemperatur der Schalung betrug während der Reinigung $9\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Abbildung 4.20 Eisfreie Schalung im 11. OG, Bauteil 1

4.3.2 Schließen der Schalung

Das Schließen der Schalung erfolgte wie immer zeitgleich mit der Reinigung. Der Vorgang wurde am 29.01.2014 in der Früh begonnen und noch am selben Tag abgeschlossen. Auf Grund von leichtem Schneefall wurde die Bewehrung während des Schalvorganges abgedeckt.



Abbildung 4.21 Abgedeckte Bewehrung während des Schalvorganges

4.3.3 Betonlieferung

Die Betonlieferung wurde für den 30.01.2014 um 8.00 Uhr festgesetzt.

Die Frischbetontemperatur ist der Tabelle 4.3 zu entnehmen, welche die Temperaturentwicklung in Abhängigkeit der Zeit abbildet. Dabei wird jeder LKW in einer anderen Farbe dargestellt und die Temperatur sowohl beim Einfüllen in den Kübel (unten) als auch beim Einbau in die Schalung (oben) gezeigt. Die fünf Punkte jedes LKWs stehen für die Beladung im Werk und die 4 Betonkübel. Die maximale Lieferdauer beträgt hier 1h 56min (1. LKW) und übersteigt somit die in der Norm festgesetzte maximale Einbauzeit.

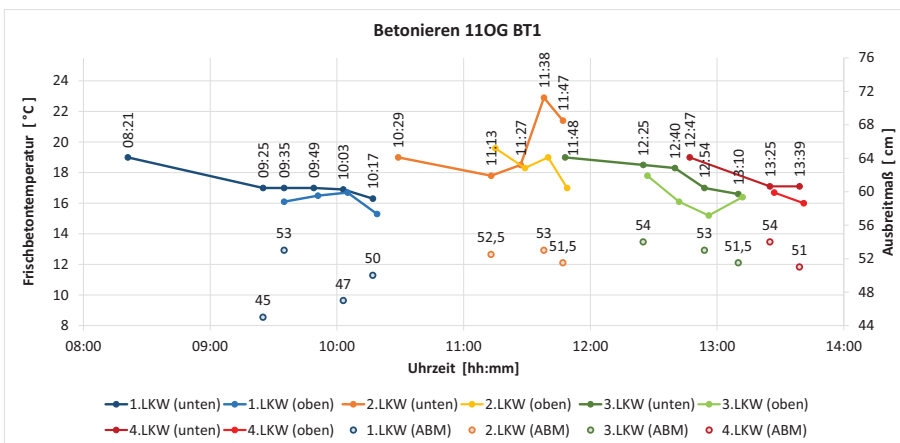


Tabelle 4.3 Frischbetontemperatur 110GBT1

Ausbreitmaß:

Zur Überprüfung einer ausreichenden Fließfähigkeit wurde von der Fa. Schwarzl bei fast jedem Betonkübel eine Probe entnommen und das

Ausbreitmaß ermittelt. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 4.3 in Abhängigkeit der Zeit dargestellt. Das Ausbreitmaß wird auf der Sekundärachse (links) in cm aufgezeigt. Um die geforderte Konsistenz sicherstellen zu können, wurde dem Beton bei Bedarf Fließmittel beigefügt.



Abbildung 4.22 Testen Ausbreitmaß 11OGBT1



Abbildung 4.23 Ergebnis des Ausbreitmaßes 11. OG, Bauteil 1

Schnee im Betonkühler:

Aufgrund des Schneefalls war vor Betonierbeginn Schnee im Betonkühler. Dieser wurde jedoch komplett entfernt, um den Wasser-/Bindemittel-Wert nicht zu verändern.



Abbildung 4.24 Schneebedeckter Betonkübel

4.3.4 Betoneinbringung

Der Beton wurde unter den in Tabelle 4.4 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut.

Datum		30.01.2014
Uhrzeit		09:30 - 14:00
Wetter	Temperatur	0 °C
	Luftfeuchtigkeit	85 %
	Wind	1,5 km/h
	Niederschlag	Schneefall
Beton	Betonsorte	BSBQ2
	Festigkeitsklasse	C 25/30
	Größtkorn	22
	Konsistenz	F52
	Festigkeitsentwicklung	mittel
	Zement	CEM I 42, 5R
	Lieferant	Fa. Schwarzl
	Betonmenge	26,5 m ³
Frischbetontemperatur (Ø)	18,2 °C	

Tabelle 4.4 Betonierbedingungen 11OGBT1

Während der gesamten Betonierdauer herrschte Schneefall, was den Arbeitsablauf deutlich erschwerte und zu Wasserabsetzungen an der Betonoberfläche führte.

Die Temperatur der Schalung zur Zeit der Betoneinbringung betrug 1 °C.



Abbildung 4.25 Schneefall während der Betonage im 11. OG, Bauteil 1



Abbildung 4.26 Wasserabsonderungen aufgrund des Schneefalls

Wie schon im Bauteil zuvor wurde von der Fa. Schwarzl ein Temperaturfühler vor der Sichtbetonbetonage in die Schalung eingebaut, um einen Verlauf der Frischbetontemperatur und das Erstarrungsende des Betons ermitteln zu können. Dieser zeichnete die Temperatur des Betons und der Außenluft ca. 20 Stunden lang auf. Das Ergebnis dieser Messung ist im Anhang zu finden.

4.3.5 Beheizen

Aufgrund der niedrigen Temperaturen und des Schneefalls wurde die gesamte Sichtbetonwand nach der Betonage mit Bauschutzmatten abgedeckt und über Nacht beheizt.



Abbildung 4.27 Abdecken der Sichtbetonwand im 11. OG, Bauteil 1

4.3.6 Ergebnis

Das Ergebnis dieses Bauteils ist leider nicht ansprechend. Die erhöhte Porenzahl und vor allem die intensiven Farbunterschiede fallen sofort ins Auge und mindern den Gesamteindruck.

Poren:

Die Porigkeit dieses Betonierabschnittes ist erhöht und daher nicht zufriedenstellend.



Abbildung 4.28 Porigkeit im 11. OG, Bauteil 1

Farbgleichheit:

Dieses Bauteil weist enorme Farbunterschiede auf, deren Ursache unklar ist. Die dunklen Stellen verteilen sich über die gesamte Betonoberfläche, sodass kein Zusammenhang mit den Schuttlagen besteht. Auch ein mangelhafter Trennmittelauftrag kann keine alleinige Erklärung der Verfärbungen sein, da diese zu markant sind. Eine mögliche Ursache stellt die Betonzusammensetzung und die Beschaffung der Zuschlagstoffe dar.



Abbildung 4.29 Farbgleichheit im 11. OG, Bauteil 1

Kiesnester:

Unter einem Fensterdurchbruch des 11. OG, Bauteil 1 konnten einige Kiesnester festgestellt werden. Ein möglicher Grund dafür ist die enge Bewehrungsführung und die daraus resultierende Rüttelerschwernis. Da die Farbgebung in diesem Bereich auch sehr markant ist, könnte die Ursache auch in der Betonrezeptur liegen.



Abbildung 4.30 Kiesnester im 11. OG, Bauteil 1

4.3.7 Sichtbetonbesprechung

Am 10.02.2014 fand um 14.00 Uhr eine Sichtbetonbesprechung mit folgenden Teilnehmern statt:

- Hr. Hofstadler
- Hr. Treffinger
- Hr. Bauer
- Fr. Marius
- Hr. Derler
- Hr. Rat (teilweise)
- Hr. Schlacher

4.3.7.1 Besichtigung der Sichtbetonwand

Zu Beginn wurde von allen Anwesenden, bis auf Herrn Rat, das Ergebnis der Sichtbetonwand im 11. OG, Bauteil 1 und die Stiegenhauswand im 11. OG besichtigt. Die Stiegenhauswand wurde als Sichtbetonprobewand mit dem Beton eines alternativen Betonlieferanten ausgeführt. Die Expertenrunde kam zu folgenden Feststellungen:

- Farbgleichheit:
Das Ergebnis der Sichtbetonwand ist bezüglich der Farbgleichheit nicht zufriedenstellend. Die Betonoberfläche weist an vielen Stellen markante, dunkle Verfärbungen auf.



Abbildung 4.31 Dunkle Flecken im 11. OG, Bauteil 1



Abbildung 4.32 Farb(un)gleichheit im 11. OG, Bauteil 1



Abbildung 4.33 Dunkle Verfärbungen im 11. OG, Bauteil 1

- Porigkeit:
Auch die Porigkeit betreffend bietet die Sichtbetonwand kein zufriedenstellendes Ergebnis. Sowohl die Größe als auch die Anzahl der Poren übersteigen die Vorgaben.



Abbildung 4.34 Größe der Poren im 11. OG, Bauteil 1



Abbildung 4.35 Hohe Anzahl an Poren im 11. OG, Bauteil 1

- Probewand:
Im Stiegenhausbereich des 11. OG wurde eine Sichtbetonprobewand erstellt. Näheres dazu ist im Kapitel 4.4 11OGZW nachzulesen.

Die Probewand erzielt im linken Bereich (neue Schalhaut) ein optisch ansprechendes Ergebnis, im rechten Bereich (alte Schalhaut) ist die Wand merklich defizitärer.

4.3.7.2 Besprechung im Baubüro

Anschließend an die Besichtigung wurden die Ergebnisse analysiert und Maßnahmen für das folgende Bauteil beschlossen:

- Betonrezeptur:
Die Betonrezeptur für 11OGBT2 wurde von Hrn. Treffinger und Hrn. Podhraski am 05.02.2014 adaptiert und verändert.
- Schalhaut:
An allen noch nicht ausgetauschten Elementen wird nach der nächsten Betonage ein Schalhautwechsel durch die Firma Doka durchgeführt.

- **Steiggeschwindigkeit:**
Die maximale Steiggeschwindigkeit beim Betonieren beträgt bei gleichbleibenden Außentemperaturen (~ -3 °C in der Nacht und $\sim +3$ °C am Tag) weiterhin 1,2 m/h.
- **Schalhautreinigung:**
Da eventuell Säurerückstände des Sika®-Betonlösers an der Schaloberfläche vermutet werden, muss das Wasser, welches zur Entfernung des Schalhautreinigers verwendet wird, nach 3 Schalelementen durch frisches Wasser ersetzt werden.
- **Rüttlerversuch:**
Im Zuge der nächsten Sichtbetonbetonage soll ein Rüttlerversuch durchgeführt werden, um einen eventuellen Einfluss der Rütteldauer und des Rüttleralters herauszufinden. Dazu werden 4 Kübel mit BSBQ2 angefüllt und nach folgenden Vorgaben gerüttelt:
 - 1x Rüttler 57 cm und 30 Sekunden Rüttelzeit
 - 1x Rüttler 57 cm und 60 Sekunden Rüttelzeit
 - 1x Rüttler 45 cm und 30 Sekunden Rüttelzeit
 - 1x Rüttler 45 cm und 60 Sekunden Rüttelzeit

4.4 11OGZW

Aufgrund der schlechten Sichtbetonergebnisse wurde die Stiegenhauszwischenwand des 11. OG als Sichtbetonprobewand gefertigt. Hierfür wurde der Beton eines anderen Lieferanten ausprobiert.

4.4.1 Reinigung der Schalung

Die Schalelemente wurden am 04.02.2014 mit Sika®-Betonlöser gereinigt, dieser mit warmen Wasser abgewaschen und schließlich mit einer Gummilippe abgezogen. Als Trennmittel wurde Doka-OptiX aufgesprüht. Jeweils die untere Hälfte wurde nach dem Trennmittelauftrag mit einem Mikrofasertuch abgewischt.

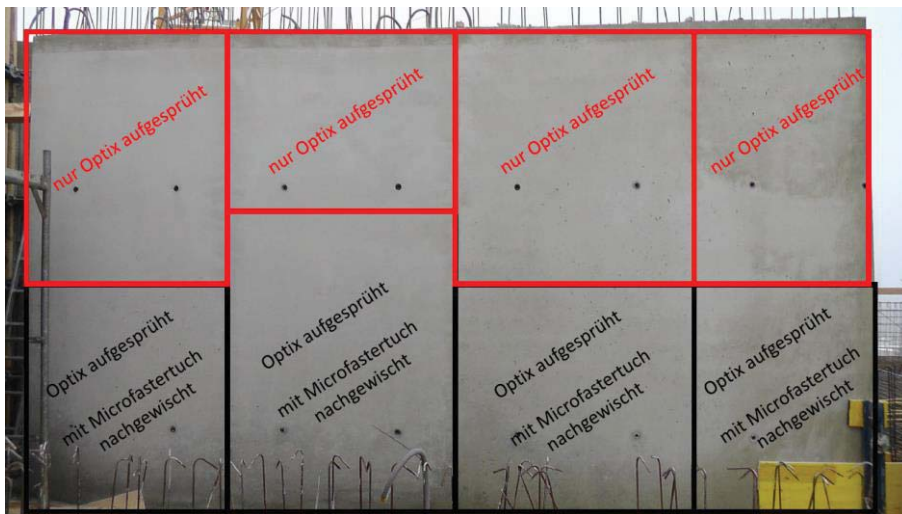


Abbildung 4.36 Reinigungsplan

4.4.2 Schließen der Schalung

Als Sichtbetonschalung wurden links zwei Elemente mit einer neuen Schalhaut und rechts zwei Elemente mit einer alten Schalhaut verwendet.

4.4.3 Betontemperatur

Die Frischbetontemperatur betrug bei Anlieferung ~ 18 °C, bei Einbau ~ 16 °C und die Festbetontemperatur beim Ausschalen am nächsten Tag ~ 25 °C.

4.4.4 Betoneinbringung

Die Betonlieferung erfolgte am 04.03.2014 durch die Firma Cemex. Eingbracht wurde der Beton ab ca. 17.00 Uhr ohne Komplikationen. Aufgrund der niedrigen Temperaturen wurde die Probewand über Nacht zugedeckt und beheizt.

4.4.5 Ergebnis

Das Ergebnis der Probewand macht einen sehr guten Gesamteindruck. Die Farbgebung dieser Wand ist sehr gleichmäßig. Nur in der rechten oberen Ecke sind auf Grund von Feuchtigkeit dunkle Flecken zu erkennen, welche aber im Laufe der Zeit noch austrocknen werden. Auch die Porigkeit ist in Ordnung. Anhand von Größe und Anzahl sind deutliche Unterschiede zwischen alter und neuer Schalhaut zu erkennen. Die zwei Schaltafeln, die auf der linken Seite ihren ersten Einsatz hatten, konnten

ein glattes, porenarmes Betonbild erzielen. Durch die Verwendung von älteren Schalhäuten kam es auf der rechten Seite zu einer stärkeren Porenbildung, wobei sich diese auch noch im vereinbarten Rahmen bewegt.



Abbildung 4.37 Gesamteindruck der Probewand im 11. OG



Abbildung 4.38 Porigkeit der Zwischenwand (links: neue Schalhaut, rechts: alte Schalhaut)

4.5 11OGBT2

Die Herstellung der Sichtbetonwände des 11.OG, Bauteil 2 erfolgte in der 7. Kalenderwoche.

Eine Besonderheit bei der Herstellung dieses Fertigungsabschnittes war der Schalhauttausch von sieben Schalelementen.



Abbildung 4.39 Gesamteindruck 11OGBT2

4.5.1 Schalungstausch

Am 05.02.2014 wurden sieben Schalelemente von der Firma Doka mit einer neuen Schalhaut versehen.

4.5.2 Reinigung der Schalung

Die Reinigung der Schaltafeln wurde am 10.02.2014 ganztags durchgeführt. Die Betonreste wurden mit Sika®-Betonlöser entfernt. Zeitgleich mit der Reinigung fand die Sichtbetonbesprechung zum 11. OG, Bauteil 1 statt. Im Zuge dieser Besprechung wurde der starke Säuregehalt des Betonlösers in Frage gestellt und eine mögliche, negative Auswirkung auf das Sichtbetonergebnis diskutiert. Aus diesem Anlass wurden Lackmuspstreifen zum Testen des pH-Wertes besorgt und sofort angewendet. Da der pH-Wert der Schalhaut auch direkt vor dem Trennmittelauftrag noch deutlich im sauren Bereich lag, wurde gründlicheres Abwaschen der Säure und regelmäßiger Austausch des Waschwassers angeordnet.



Abbildung 4.40 pH-Wert an der Schalhaut: ~2

4.5.3 Schließen der Schalung

Das Schließen der Schalung erfolgte wie immer zeitgleich mit der Reinigung. Der Vorgang wurde am 10.02.2014 ganztags durchgeführt.

4.5.4 Betonlieferung

Die Betonlieferung wurde für den 11.02.2014 um 8.00 Uhr festgesetzt.

Die Frischbetontemperatur ist der Tabelle 4.5 zu entnehmen. Die maximale Lieferdauer beträgt hier 1h 51min (1. LKW) und übersteigt somit die in der Norm festgesetzte maximale Einbauzeit.

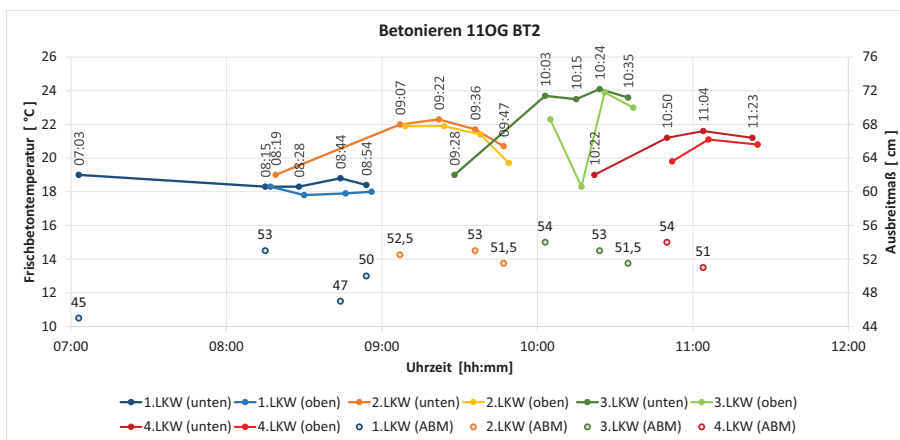


Tabelle 4.5 Frischbetontemperatur 110GBT2

4.5.5 Betoneinbringung

Der Beton wurde unter den in Tabelle 4.6 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut.

Datum		11.02.2014
Uhrzeit		08:15 - 11:30
Wetter	Temperatur	5,4 °C
	Luftfeuchtigkeit	78 %
	Wind	1,5 km/h
	Niederschlag	teilweise leichter Regen
Beton	Betonsorte	BSBQ2
	Festigkeitsklasse	C 25/30
	Größtkorn	22
	Konsistenz	F52
	Festigkeitsentwicklung	mittel
	Zement	CEM I 42, 5R
	Lieferant	Fa. Schwarzl
	Betonmenge	27,5 m ³
	Frischbetontemperatur (ø)	20,8 °C

Tabelle 4.6 Betonierbedingungen 11OGBT2

Die Temperatur der Schalung zur Zeit der Betoneinbringung betrug 6,4 °C.

Wie schon im Bauteil zuvor wurde von der Fa. Schwarzl ein Temperaturfühler vor der Sichtbetonbetonage in die Schalung eingebaut, um einen Verlauf der Frischbetontemperatur und das Erstarrungsende des Betons ermitteln zu können. Dieser zeichnete die Temperatur des Betons im unteren, mittleren und oberen Bereich der Wand und die Außentemperatur ca. 20 Stunden lang auf. Das Ergebnis dieser Messung ist im Anhang zu finden.

4.5.6 Ergebnis

Der Gesamteindruck ist ein wenig besser als jener des 11. OG, Bauteil 1. Das Ergebnis ist jedoch immer noch nicht zufriedenstellend und liegt außerhalb des vereinbarten Rahmens.

Poren:

Vor allem dort, wo alte Schaltafeln in Verwendung waren, ist das Ergebnis die Porigkeit betreffend unzufrieden stellend.



Abbildung 4.41 Porigkeit im 11. OG, Bauteil 2

Farbgleichheit:

Die Farbunterschiede dieses Bauteils sind wie im Bauteil zuvor sehr markant. Das Ergebnis ist bezüglich der Farbgleichheit nicht zufriedenstellend.



Abbildung 4.42 Farbgleichheit im 11. OG, Bauteil 2

Kiesnester:

Im 11. OG, Bauteil 2 sind an einigen Stellen Kiesnester erkennbar. Eine mögliche Ursache dafür ist zu viel bzw. zu enge Bewehrung.



Abbildung 4.43 Kiesnester im 11. OG, Bauteil 2

4.5.7 Rüttelversuch Nr.1

Im Zuge der Sichtbetonbetonage wurde der Rüttelversuch durchgeführt, der bei der Sichtbetonbesprechung am 10.02.2014 von den Experten vorgeschlagen wurde.

Dazu wurden acht Baueimer mit Trennmittel benetzt und mit BSBQ2-Beton befüllt. Gerüttelt wurde nach folgenden Vorgaben:

Versuchsnummer	Rüttler	Flaschengröße	Umformer	Rüttelzeit
1	neu	57 cm	neu	30 sec
2	neu	57 cm	neu	60 sec
3	neu	45 cm	neu	30 sec
4	neu	45 cm	neu	60 sec
5	alt	57 cm	neu	30 sec
6	alt	57 cm	neu	60 sec
7	alt	57 cm	alt	30 sec
8	alt	57 cm	alt	60 sec

Tabelle 4.7 Versuchparameter Rüttelversuch Nr.1

Die Probekörper bekamen die gleiche Zeit zum Aushärten wie die Sichtbetonwand und wurden am nächsten Tag ausgeschalt. Die folgenden Abbildungen zeigen das Ergebnis jedes Versuchskörpers.

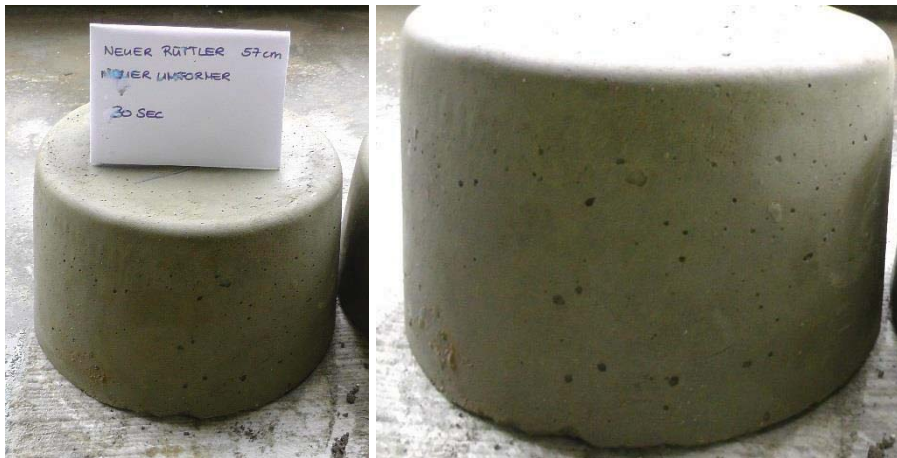


Abbildung 4.44 Versuchskörper 1

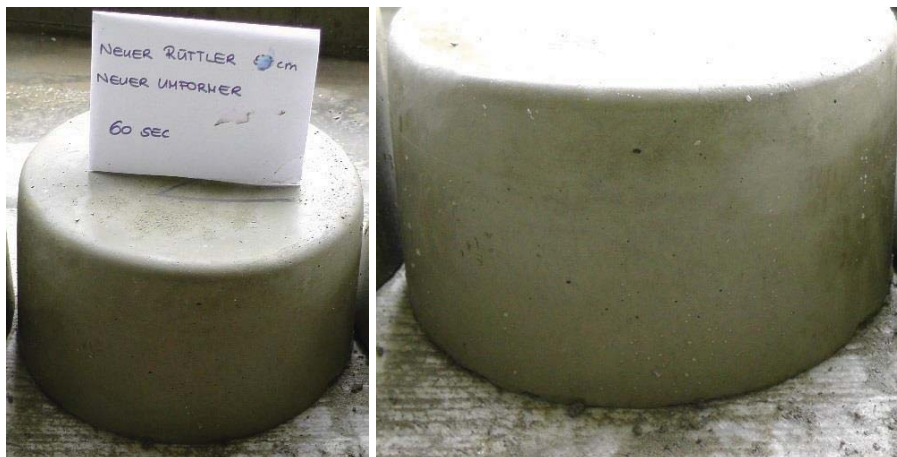


Abbildung 4.45 Versuchskörper 2



Abbildung 4.46 Versuchskörper 3



Abbildung 4.47 Versuchskörper 4



Abbildung 4.48 Versuchskörper 5



Abbildung 4.49 Versuchskörper 6



Abbildung 4.50 Versuchskörper 7



Abbildung 4.51 Versuchskörper 8

Bei einem Vergleich der verschiedenen Probekörper miteinander lässt sich feststellen, dass tendenziell alle Probekörper mit gerader Nummer und somit einer Rütteldauer von 60 Sekunden ein porenärmeres Ergebnis aufweisen als jene mit ungerader Nummer und 30 Sekunden Rüttelzeit. Daraus kann geschlossen werden, dass auch bei der Sichtbetonwand eine ausreichende Rütteldauer positive Auswirkungen auf das Sichtbetonergebnis haben wird. Wie lange an einer Stelle gerüttelt werden muss, um eine möglichst geringe Porigkeit zu erreichen, soll bei der Herstellung des folgenden Betonierabschnittes durch einen weiteren Rüttelversuch herausgefunden werden.

Ein Einfluss der Größe der Rüttelflasche, des Alters des Rüttlers und des Umwandlers konnte durch diesen Rüttelversuch nicht festgestellt werden.

4.5.8 Sichtbetonbesprechung

Am 12.02.2014 fand um 10.00 Uhr eine Sichtbetonbesprechung mit folgenden Teilnehmern statt:

- Hr. Hofstadler
- Hr. Treffinger
- Hr. Bauer
- Fr. Marius
- Hr. Derler
- Hr. Rat (teilweise)
- Hr. Schlacher

4.5.8.1 Besichtigung der Sichtbetonwand

Zu Beginn wurde von allen Anwesenden, bis auf Herrn Schlacher, das Ergebnis der Sichtbetonwand im 11. OG, Bauteil 2 besichtigt. Zum Zeitpunkt der Begutachtung war ca. die Hälfte der Elemente ausgeschalt. Die Expertenrunde kam zu folgenden Feststellungen:

- Farbgleichheit:
Das Ergebnis der Sichtbetonwand ist bezüglich der Farbgleichheit deutlich besser als im Bauteil 1. Es sind weiterhin dunkle Verfärbungen zu erkennen, allerdings ist der Farbunterschied weniger markant als im Abschnitt zuvor. Weiters hat die Wand gelbliche Verschmutzungen, unabhängig davon, ob eine alte oder neue Schalhaut verwendet wurde. Diese lassen sich jedoch relativ einfach entfernen. Hr. Treffinger führte vor Ort einen Reinigungstest mit einem feuchten Taschentuch durch, welcher positiv ausfiel.

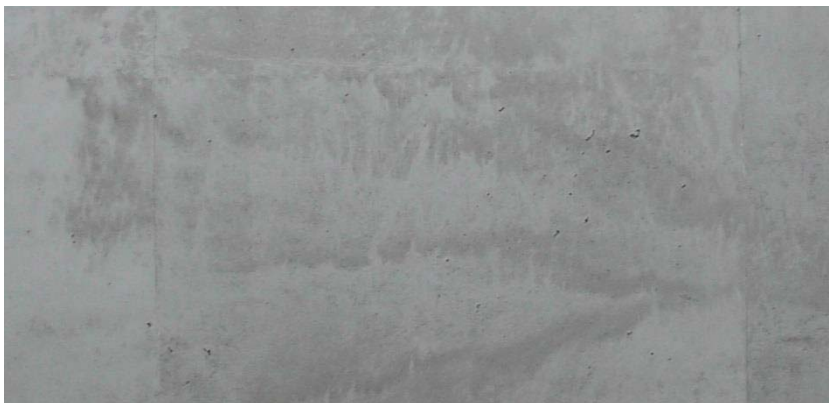


Abbildung 4.52 Dunkle Verfärbungen



Abbildung 4.53 Gelbliche Verschmutzungen

- Porigkeit:
Bezüglich der Porigkeit muss zwischen dem Alter der Schalhaut differenziert werden. Die Elemente, die mit neuer Schalhaut hergestellt wurden, weisen ein optisch ansprechendes Ergebnis auf. Jene mit Tafeln, die bereits zum fünften Mal eingesetzt wurden, haben einen deutlich höheren Porenanteil.



Abbildung 4.54 Porigkeit bei der fünften Verwendung der Schalhaut



Abbildung 4.55 Porigkeit bei der ersten Verwendung der Schalhaut

- Gesamteindruck:
Das Ergebnis zeigt eine wesentliche Verbesserung im Vergleich zu jenem des Bauteil 1 und ist vergleichbar mit dem Gesamteindruck im 10. OG.

4.5.8.2 Besprechung im Baubüro

Anschließend an die Besichtigung wurden die Ergebnisse analysiert und Maßnahmen für das folgende Bauteil beschlossen:

- **Betonrezeptur:**
Der Beton für 12OGBT1 soll weiterhin nach der von Hrn. Treffinger und Hrn. Podhraski am 05.02.2014 beschlossenen Betonrezeptur hergestellt werden. Dabei ist besonders auf den Wassergehalt zu achten. Dieser darf auf keinen Fall 180 l/m³ überschreiten.
- **Schalhaut:**
An allen noch nicht ausgetauschten Elementen wird vor der nächsten Betonage ein Schalhautwechsel durch die Firma Doka durchgeführt.
- **Steiggeschwindigkeit:**
Die maximale Steiggeschwindigkeit beim Betonieren beträgt bei gleichbleibenden Außentemperaturen (~-3 °C in der Nacht und ~+3 °C am Tag) weiterhin 1,2 m/h.
- **Rüttelverhalten:**
Das Rüttelverhalten der Arbeiter soll weiterhin beibehalten werden. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass die Bewehrung mit der Rüttelflasche so wenig wie möglich berührt wird.
- **Orientierungshilfe:**
Als Orientierungshilfe sollen horizontale und vertikale Markierungen im Abstand von 50 cm angebracht werden. Die vertikalen Markierungen kennzeichnen die Höhe einer Schüttlage und sollen auf die Bewehrung gesprüht werden. Die horizontalen Markierungen geben den Rüttelabstand vor und werden an der Schalung angebracht.
- **Schalhautreinigung:**
Die Schalhaut weist aufgrund der Verwendung eines phosphorsäurehaltigen Betonlösers einen pH-Wert im sauren Bereich auf. Die Expertenrunde vermutet, dass diese Säurerückstände die gelbliche Verfärbung an der Betonoberfläche verursachen könnten. Daher soll der Betonlöser so weit wie möglich entfernt werden. Dazu muss einerseits das Wasser, welches zur Entfernung des Schalhautreinigers verwendet wird, nach 3 Schalelementen durch frisches Wasser ersetzt werden. Andererseits sind die Platten vor Aufbringung des Trennmittels zusätzlich mit einem Wasserschlauch vollständig abzuspitzen um mögliche Rückstände zu entfernen.
- **Bewehrungsabdeckung:**
Bei Regen soll die Bewehrung und auch die Sichtbetonwand

ehestmöglich abgedeckt werden, um Rostbildung zu vermeiden.

- Rüttlerversuch:
Im Zuge der nächsten Sichtbetonbetonage soll ein zweiter Rüttlerversuch durchgeführt werden, um einen eventuellen Einfluss der Rütteldauer und des Rüttleralters herauszufinden. Aus den alten Schalhautkästen sollen 6 Kästen mit den Abmessungen 25/25/50 cm gezimmert und mit BSBQ2 angefüllt werden. Gerüttelt soll nach folgenden Vorgaben werden:
 - 1x Rüttler 57 cm und 30 Sekunden Rüttelzeit
 - 1x Rüttler 57 cm und 60 Sekunden Rüttelzeit
 - 1x Rüttler 57 cm und 120 Sekunden Rüttelzeit
 - 1x Rüttler 45 cm und 30 Sekunden Rüttelzeit
 - 1x Rüttler 45 cm und 60 Sekunden Rüttelzeit
 - 1x Rüttler 45 cm und 120 Sekunden Rüttelzeit

4.5.8.3 Besprechung „Beton“ im Baubüro

Im Anschluss an die offizielle Sichtbetonbesprechung richtete die Bauleitung der ausführenden Firma Porr die Frage an die anwesenden Sachverständigen, wie sehr die starken Qualitätsunterschiede zwischen der Probewand im 11. OG und den restlichen Sichtbetonwänden auf den Beton zurückzuführen seien und ob ein Wechsel des Lieferanten sinnvoll wäre. Nach kurzer Diskussion kamen die zwei Sichtbetonexperten zum gemeinsamen Resultat, dass ein Wechsel des Betonlieferanten nicht von Nöten ist, da das schlechte Ergebnis nur bedingt vom Beton abhängig ist und sich die Qualität der nächsten Wand durch einen Schalhauttausch wesentlich verbessern wird.

4.6 12OGBT1

Die Herstellung der Sichtbetonwände des 12.OG, Bauteil 1 erfolgte in der 8. Kalenderwoche.

Besonderheiten bei der Herstellung dieses Fertigungsabschnittes waren der Schalhauttausch aller übrigen Elemente und ein Wechsel des Betonlieferanten.



Abbildung 4.56 Gesamteindruck 12OGBT1

4.6.1 Schalhauttausch

Am 13. und 14.02.2014 wurden alle bisher noch nie gewechselten Schalelemente von der Fa. Doka ausgetauscht.

4.6.2 Videoschulung

Am 17.02.2014 fand um 9.20 Uhr eine Videoschulung aller am Sichtbeton beteiligten Arbeiter durch Fr. Marius statt. Hierbei wurden alle bei der Sichtbetonbesprechung vom 12.02.2014 beschlossenen Maßnahmen erläutert.

Aufgrund des schlechten Wetters wurde an diesem Tag nur der Rüttelversuch vorbereitet und sonst keine weiteren sichtbetonbezogenen Arbeiten durchgeführt.

4.6.3 Sichtbetonbesprechung

Am 17.02.2014 fand am Nachmittag eine Sichtbetonbesprechung mit folgenden Teilnehmern statt:

- Hr. Treffinger
- Hr. Kröll
- Hr. Sommer

Bei diesem Treffen wurde über die Unterschiede der Sichtbetonwände zweier verschiedener Betonlieferanten diskutiert. Nach eingehenden Überlegungen wurde aufgrund der unzufrieden stellenden Ergebnisse der Sichtbetonwände des 11. OG ein Wechsel des Betonlieferanten von der Fa. Schwarzl zur Fa. Cemex für die Sichtbetonwand im 12. OG, Bau-

teil 1 beschlossen. Die Sichtbetonexperten einigten sich auf folgenden Beton:

C25/30 BSBQ2 GK22 F52 CEMII A-S 52,5N Ret

4.6.4 Reinigung der Schalung

Am 18.02.2014 wurde bereits um 6.00 Uhr mit der Reinigung der Schalung und dem Schließen der Schalung begonnen, um noch am selben Tag betonieren zu können.

Da nun auch die Schalung aller noch nie gewechselten Elemente getauscht wurde, konnte bei jenen Elementen auf die Verwendung des Betonlösers verzichtet werden. Alle erwähnten Schalungselemente wurden mit dem Trennmittel „Doka Trenn“ gereinigt und dieses dann mit einem Wasserschlauch abgewaschen und vor dem Trennmittelauftrag getrocknet.

Die restlichen Schalelemente haben bereits ein bis fünf Einsätze hinter sich und wurden daher mit dem Sika®-Betonlöser gereinigt. Um, wie bei der Sichtbetonbesprechung vom 12.02.2014 besprochen, möglichst keine Säurerückstände an der Schalungsoberfläche zu haben, wurde zusätzlich zur herkömmlichen Reinigung das gesamte Element mit einem Wasserschlauch abgespritzt, mit einer Gummilippe abgezogen und mit einem Handtuch trocken gewischt. Danach wurde mit Hilfe eines Lackmuspapiers der pH-Wert auf der Schalung gemessen. Dieser sollte sich im neutralen Bereich (~7) befinden. Bei Bedarf wurde der Vorgang wiederholt.

4.6.5 Schließen der Schalung

Das Schließen der Schalung erfolgte wie immer zeitgleich mit der Reinigung. Der gesamte Vorgang wurde bereits am 18.02.2014 zu Mittag (~13.00 Uhr) abgeschlossen und dauerte somit nur einen Vormittag. Die kurze Dauer der Arbeiten ist auf folgende zwei Punkte zurückzuführen:

Alter der Schalung:

Da ein Großteil der Schalungselemente komplett neu und somit frei von Beton- bzw. Zementresten war, war der Aufwand für die Schalungsreinigung sehr gering.

Kran:

An diesem Vormittag war die Sichtbetonschalung von höchster Priorität, daher wurde der Kran für die Manipulation der Schalelemente freigehalten.

4.6.6 Betonlieferung

Die Betonlieferung wurde für den 18.02.2014 um 14.30 Uhr festgesetzt.

Im Mischwerk der Fa. Cemex fiel zum genannten Zeitpunkt die Betonheizung aus, weshalb es in Folge zu einer verspäteten Ankunft des ersten Mischwagens kam. Der erste LKW erreichte die Baustelle um 15.10 Uhr.

Die Frischbetontemperatur ist der Tabelle 4.8 zu entnehmen, welche die Temperaturentwicklung in Abhängigkeit der Zeit abbildet. Dabei wird jeder LKW in einer anderen Farbe dargestellt und die Temperatur sowohl beim Einfüllen in den Kübel (unten) als auch beim Einbau in die Schalung (oben) gezeigt. Die fünf Punkte jedes LKWs stehen für die Beladung im Werk und die 4 Betonkübel. Der Beton ist trotz des Heizungsausfalls warm genug. Die maximale Lieferdauer beträgt hier 2h 7min (4. LKW) und übersteigt somit die in der Norm festgesetzte maximale Einbauzeit.

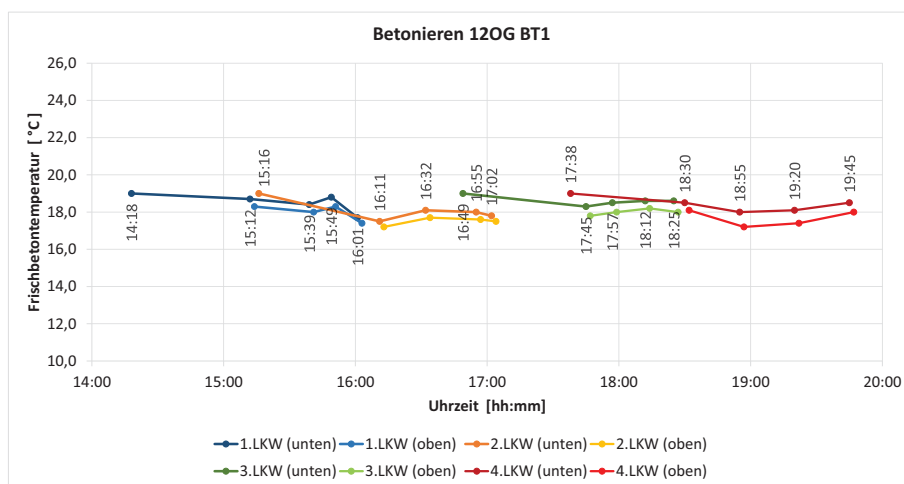


Tabelle 4.8 Frischbetontemperatur 12OGBT1

4.6.7 Betoneinbringung

Die Betoneinbringung erfolgte gleich wie bei den Geschoßen zuvor. In diesem Bauteil wurde besonders auf die Rüttelmarkierungen geachtet und darauf, die Bewehrung mit der Rüttelflasche möglichst nicht zu berühren.

Der Beton wurde unter den in Tabelle 4.9 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut.

Datum		18.02.2014
Uhrzeit		15:30 - 20:00
Wetter	Temperatur	3,6 °C
	Luftfeuchtigkeit	83 %
	Wind	1,5 km/h
	Niederschlag	-
Beton	Betonsorte	BSBQ2
	Festigkeitsklasse	C 25/30
	Expositionsclassen	XC3, XD2, XF1, XA1L, SB (A)
	Größtkorn	22
	Konsistenz	F52
	Festigkeitsentwicklung	mittel
	W/B-Wert	0,55
	Zement	CEM II A-S 52, 5N Ret
	Zusatzmittel	Readyplast S
	Lieferant	Fa. Cemex
	Betonmenge	26,5 m ³
	Frischbetontemperatur (ø)	18,4 °C

Tabelle 4.9 Betonierbedingungen 12OGBT1

4.6.8 Ergebnis

Der Gesamteindruck dieses Bauteils macht einen sehr guten Anschein. Es ist eine deutliche Verbesserung erkennbar, die vor allem auf den Austausch von zwei Faktoren zurückzuführen ist: Die neue Schalung und den neuen Beton.

4.6.8.1 Unterschiede neue/alte Schalung

Am Ergebnis lässt sich anhand folgender Merkmale ganz deutlich ein Unterschied zwischen der Verwendung einer alten und einer neuen Schaltafel erkennen.

Poren:

An der Porigkeit ist merklich das Alter der Schalhaut abzulesen. Das Ergebnis zeigt einen markanten Unterschied zwischen Schaltafeln, die zum ersten Mal eingesetzt werden und zwischen jenen, die bereits 2 - 4 Einsätze hinter sich haben.

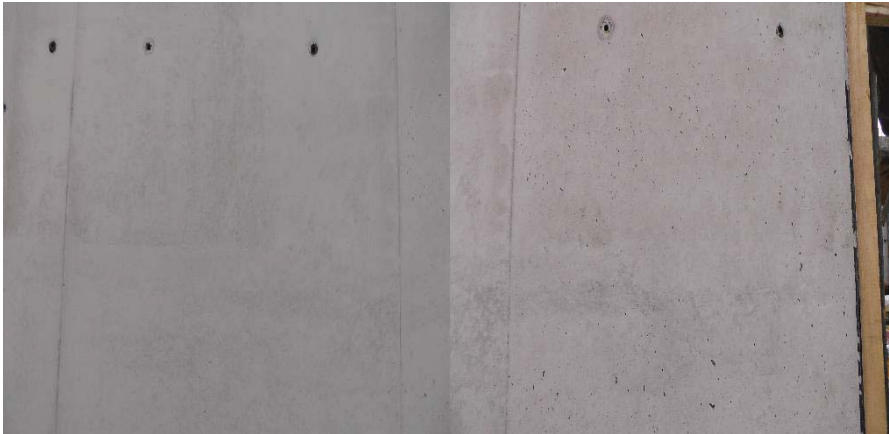


Abbildung 4.57 Porigkeit bei unterschiedlich alten Schalntafeln
Links: neue Schalntafel; Rechts: alte Schalntafel

Ankerlöcher:

Auch am Ergebnis der Ankerlöcher kann man gut erkennen, dass das Alter der Schalung eine wesentliche Rolle für die Qualität von Sichtbeton spielt.



Abbildung 4.58 Ankerloch bei Verwendung einer alten Schalntafel
Links: Schalntafel; Rechts: Ergebnis

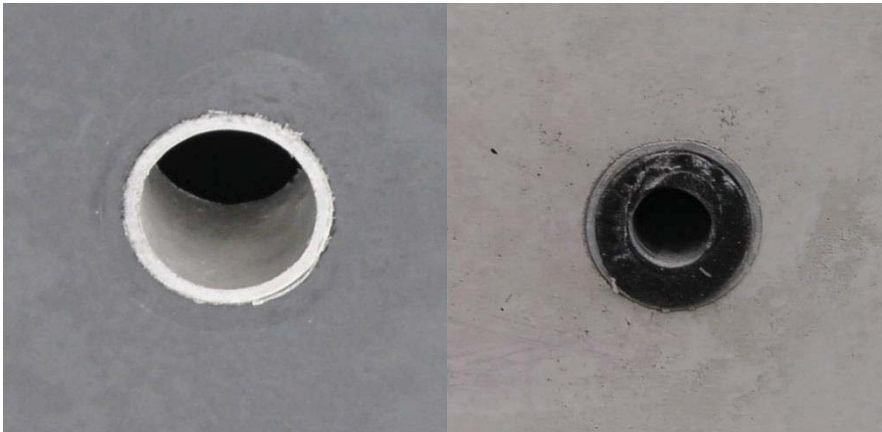


Abbildung 4.59 Ankerloch bei Verwendung einer neuen Schalhaut
Links: Schaltafel; Rechts: Ergebnis

Riplings:

Wie sich in Abbildung 4.60 gut erkennen lässt, treten im 12. OG, Bauteil 1 vermehrt Ripplings auf.

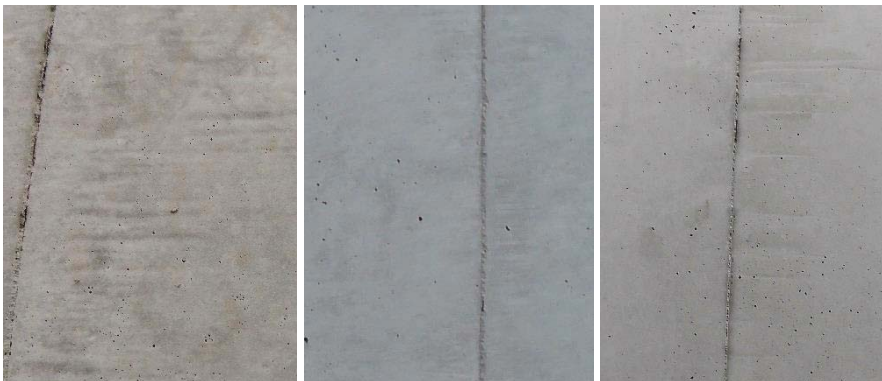


Abbildung 4.60 Ripplings im 12. OG

4.6.8.2 Unterschiede durch neuen Betonlieferanten

Bei einem Vergleich des Ergebnisses mit jenem der Geschoße zuvor lassen sich auch Unterschiede erkennen, die sich aus der Verwendung des Betons eines anderen Betonlieferanten ergeben.

Temperatur:

Zwar wurde in diesem Bauteil kein Temperaturfühler eingebaut, jedoch war mit freiem Auge erkennbar, dass dieser Beton eine höhere Temperaturentwicklung aufwies als jener in den Geschoßen zuvor. Beim Wegheben eines Elementes konnte deutlich ein Dampfen des Betons festgestellt werden.

Farbe:

Auch an der Farbe sind deutliche Unterschiede sichtbar. Die markanten, schwarzen Verfärbungen des 11. OG sind im 12. OG, Bauteil 1 nur noch in geringem Maß vorhanden. So ergibt sich ein deutlich einheitlicheres Betonbild.



Abbildung 4.61 Farbunterschiede bei verschiedenen Betonlieferanten
Links: Beton der Fa. Schwarzl; Rechts: Beton der Fa. Cemex

4.6.9 Rüttelversuch Nr.2

Im Zuge der Sichtbetonbetonage wurde der zweite Rüttelversuch durchgeführt, der bei der Sichtbetonbesprechung am 12.02.2014 von den Experten vorgeschlagen wurde.

Die bereits vorbereiteten Probeschalkkörper wurden neben der Sichtbetonwand aufgestellt und in gleicher Weise wie die Sichtwand mit Beton befüllt. Gerüttelt wurde nach folgenden Vorgaben:

Versuchsnummer	Rüttler	Flaschengröße	Umformer	Rüttelzeit
1	alt	57 cm	alt	30 sec
2	alt	57 cm	alt	60 sec
3	alt	57 cm	alt	120 sec
4	neu	57 cm	neu	30 sec
5	neu	57 cm	neu	60 sec
8	neu	57 cm	neu	120 sec

Tabelle 4.10 Versuchsparameter Rüttelversuch Nr.2

Die Probekörper bekamen die gleiche Zeit zum Aushärten wie die Sichtbetonwand und wurden am nächsten Tag ausgeschalt. Die folgenden Abbildungen zeigen das Ergebnis jedes Versuchskörpers.



Abbildung 4.62 Versuchskörper 1 (am Tag des Ausschalens)



Abbildung 4.63 Versuchskörper 1 (2 Wochen nach Ausschalen)



Abbildung 4.64 Versuchskörper 2 (am Tag des Ausschalens)



Abbildung 4.65 Versuchskörper 2 (2 Wochen nach Ausschalen)



Abbildung 4.66 Versuchskörper 3 (am Tag des Ausschalens)

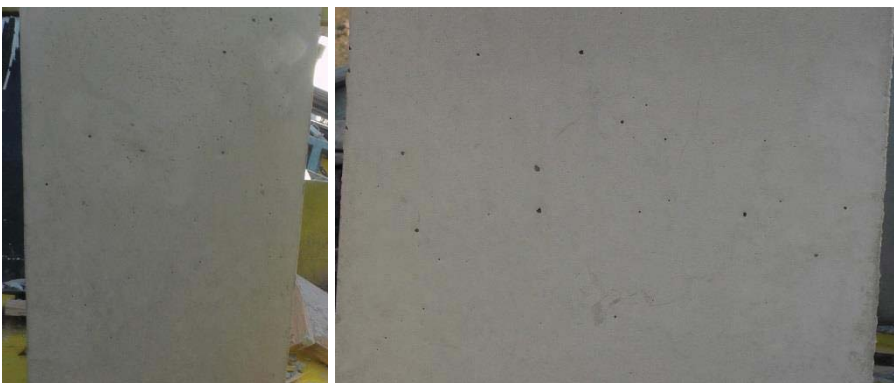


Abbildung 4.67 Versuchskörper 3 (2 Wochen nach Ausschalen)



Abbildung 4.68 Versuchskörper 4 (am Tag des Ausschalens)



Abbildung 4.69 Versuchskörper 4 (2 Wochen nach Ausschalen)



Abbildung 4.70 Versuchskörper 5 (am Tag des Ausschalens)



Abbildung 4.71 Versuchskörper 5 (2 Wochen nach Ausschalen)

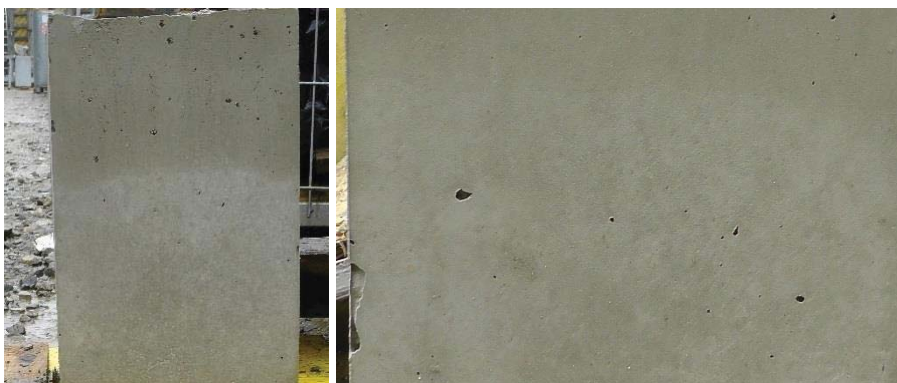


Abbildung 4.72 Versuchskörper 6 (am Tag des Ausschalens)



Abbildung 4.73 Versuchskörper 6 (2 Wochen nach Ausschalen)

Vergleicht man nun die verschiedenen Probekörper miteinander, lassen sich nur wenige Unterschiede feststellen. Die optisch ansprechendsten Ergebnisse lieferten Probekörper 3 und 4. Bei ersterem wurde ein alter Rüttler 2 Minuten lang verwendet, bei Probekörper 4 ein neuer Rüttler nur 30 Sekunden. Daher lassen sich daraus nur schwer Rückschlüsse auf eine optimale Rütteldauer ziehen. Generell lässt sich jedoch feststellen, dass alle Probekörper, bei denen ein neuer Rüttler verwendet wurde, ein besseres Ergebnis erzielten. Aus diesem Grund kommen ab sofort nur noch die neuen Rüttler zum Einsatz.

Festzuhalten ist auch noch, dass selbst bei 2 Minuten Rüttelzeit keine Entmischung des Betons festzustellen ist. Somit kann davon ausgegangen werden, dass auch bei der Sichtbetonwand kein „Zerrütteln“ stattgefunden hat.

4.6.10 Sichtbetonbesprechung

Am 20.02.2014 fand um 08.00 Uhr eine Sichtbetonbesprechung mit folgenden Teilnehmern statt:

- Hr. Treffinger
- Fr. Marius
- Hr. Derler
- Hr. Kröll
- Hr. Sommer

4.6.10.1 Besichtigung der Sichtbetonwand

Alle Anwesenden besichtigten die Sichtbetonwand des 12. OG; Bauteil 1 und kamen zu folgenden Feststellungen:

- Farbgleichheit:
Das Ergebnis zeigt deutlich geringere Farbunterschiede als im 11. OG. Die dunklen Verfärbungen sind weiterhin vorhanden,

jedoch weniger ausgeprägt. Auch in diesem Abschnitt lassen sich wieder gelbliche Verschmutzungen finden, die mit einem Taschentuch einfach zu entfernen sind.

- **Porigkeit:**
Sowohl die Anzahl als auch die Größe der Poren befinden sich in einem annehmbaren Rahmen. Das Ergebnis ist besser als im 11. OG, jedoch lässt sich auch hier das Alter der Schalung deutlich an der Porigkeit ablesen. Jene Elemente, die zum ersten Mal eingesetzt wurden, erzeugten eine quasi porenfreie Betonoberfläche. Elemente mit 2 bis 4 Einsätzen verursachten deutlich mehr Poren.

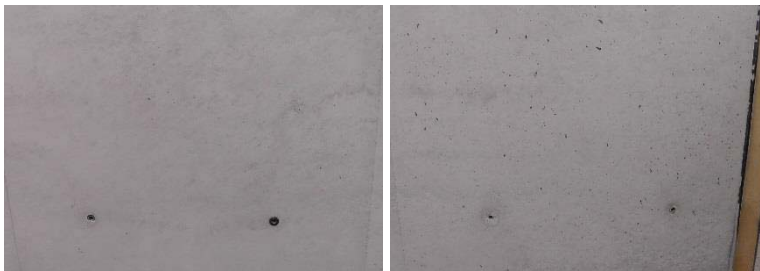


Abbildung 4.74 Links: 1. Einsatz; Rechts: 5. Einsatz

- **Gesamteindruck:**
Die Sichtbetonwand im 12. OG, Bauteil 1 weist weitestgehend ein optisch ansprechendes Ergebnis auf, welches den ausgeschriebenen Anforderungen entspricht.

4.6.10.2 Besprechung im Baubüro

Anschließend an die Besichtigung wurden die Ergebnisse analysiert und Maßnahmen für das folgende Bauteil beschlossen:

- **Betonrezeptur:**
Die Betonrezeptur soll bis auf weiteres so beibehalten werden wie bisher.
- **Schalhautreinigung:**
Nachdem alle Schalelemente mit einer neuen Schalhaut bestückt wurden, ist die Reinigung dieser mit dem Sika®-Betonlöser aus Sicht der Experten nicht zwingend notwendig. Da eine mögliche negative Auswirkung von Säurerückständen auf die Schalhaut bzw. die Betonoberfläche nicht ausgeschlossen werden kann, soll beim nächsten Bauteil auf dieses Reinigungsmittel verzichtet werden. Die Reinigung soll wie in den ersten Geschoßen mit Doka-OptiX durchgeführt werden.
- **Steiggeschwindigkeit:**
Die maximale Steiggeschwindigkeit beim Betonieren beträgt

bei jetzigen Außentemperaturen ($\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ in der Nacht und $\sim +5\text{ }^{\circ}\text{C}$ am Tag) weiterhin $1,2\text{ m/h}$.

- Rüttelverhalten:
Das Rüttelverhalten der Arbeiter soll beibehalten und die Bewehrung mit der Rüttelflasche so wenig wie möglich berührt werden. Zusätzlich soll bei der obersten Schüttlage darauf geachtet werden, dass keine Luft „eingerüttelt“ wird.
- Orientierungshilfe:
Die horizontalen und vertikalen Markierungen sollen weiterhin als Orientierungshilfe angebracht werden.

4.7 12OGBT2

Die Herstellung der Sichtbetonwände des 12.OG, Bauteil 2 erfolgte in der 8. und 9. Kalenderwoche.

Eine Besonderheit bei der Herstellung dieses Fertigungsabschnittes war die Entdeckung von starken Schalhautbeschädigungen.



Abbildung 4.75 Gesamteindruck 12OGBT2

4.7.1 Schalen Innenseite

Am 21.02.2014 wurde in der Früh bei sonnigem Wetter begonnen die Innenseite der Schalung zu stellen. Rund 75 % der Elemente konnten an diesem Tag versetzt werden.



Abbildung 4.76 Stellen der Innenschalung

Die übrigen Elemente wurden am 24.02.2014 bis ca. 10.00 Uhr gestellt.

4.7.2 Bewehren

Die Bewehrungsarbeiten wurden leicht versetzt zu den Schalungsarbeiten durchgeführt. Somit konnten die Beweher ebenfalls am 21.02.2014 beginnen und ihre Arbeit am 24.02.2014 fertigstellen.

4.7.3 Reinigung der Schalung

Die Reinigung der Schaltafel wurde am 24.02.2014 von 11.00 Uhr bis 17.30 Uhr und am 25.02.2014 von 7.00 Uhr bis 12.00 Uhr durchgeführt. Auf Anordnung der Sichtbetonexperten wurde gänzlich ohne den Sika®-Betonlöser gereinigt. Dazu wurde zuerst das Trennmittel Doka Trenn aufgetragen, mit einer Spachtel verteilt und die Betonreste abgekratzt. Danach wurde das Element mit einem Wasserschlauch abgespritzt, mit einer Gummilippe abgezogen und mit einem Handtuch trocken gewischt. Zuletzt wurde stichprobenartig der pH-Wert kontrolliert und das Trennmittel Doka-OptiX aufgetragen.

Während der Reinigung wurden sämtliche Schalelemente visuell untersucht. Dabei konnten einige Schäden und Abnutzungserscheinungen festgestellt werden, obwohl ein Großteil der Elemente erst einmal zum Einsatz kam.

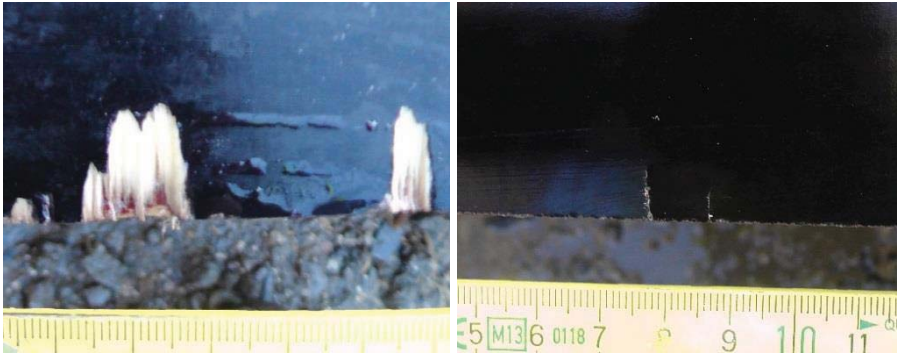


Abbildung 4.77 Schäden an der Schalhaut



Abbildung 4.78 Schäden an der Schalhaut

4.7.4 Schließen der Schalung

Das Schließen der Schalung erfolgte wie immer zeitgleich mit der Reinigung. Der Vorgang wurde am 24.02.2014 am Vormittag begonnen und am 25.02. zu Mittag abgeschlossen.

4.7.5 Betonlieferung

Die Betonlieferung wurde für den 25.02.2014 um 14.00 Uhr festgesetzt.

Die Frischbetontemperatur ist der Tabelle 4.11 zu entnehmen, welche die Temperaturentwicklung in Abhängigkeit der Zeit abbildet. Dabei wird jeder LKW in einer anderen Farbe dargestellt und die Temperatur sowohl beim Einfüllen in den Kübel (unten) als auch beim Einbau in die Schalung (oben) gezeigt. Die fünf Punkte jedes LKWs stehen für die Beladung im Werk und die 4 Betonkübel. Die maximale Lieferdauer beträgt hier 1h 44min (1. LKW) und übersteigt somit die in der Norm festgesetzte maximale Einbauzeit.

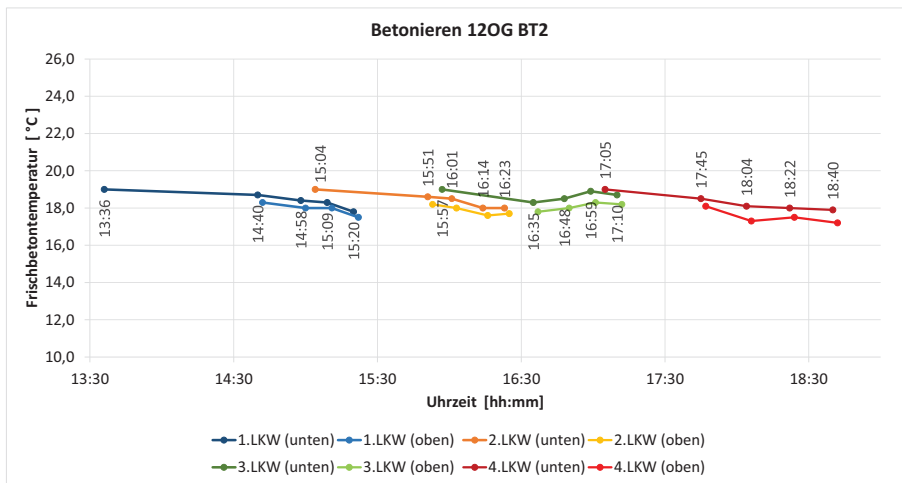


Tabelle 4.11 Frischbetontemperatur 12OGBT2

4.7.6 Betoneinbringung

Der Beton wurde unter den in Tabelle 4.12 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut.

Datum		25.02.2014
Uhrzeit		14:40 - 20:00
Wetter	Temperatur	12 °C
	Luftfeuchtigkeit	60 %
	Wind	1,3 km/h
	Niederschlag	-
Beton	Betonsorte	BSBQ2
	Festigkeitsklasse	C 25/30
	Expositionsclassen	XC3, XD2, XF1, XA1L, SB (A)
	Größtkorn	22
	Konsistenz	F52
	Festigkeitsentwicklung	mittel
	W/B-Wert	0,55
	Zement	CEM II A-S 52, 5N Ret
	Zusatzmittel	Readyplast S
	Lieferant	Fa. Cemex
	Betonmenge	27,5 m ³
Frischbetontemperatur (Ø)	18,5 °C	

Tabelle 4.12 Betonierbedingungen 12OGBT2

4.7.7 Ergebnis

Das Ergebnis dieses Bauteils macht einen guten Gesamteindruck, sowohl bezüglich der Farbgleichheit als auch hinsichtlich der Porigkeit.

Poren:

Stellenweise sind kleine Poren vorhanden, Größe und Anzahl liegen aber in einem angemessenen Bereich. Somit ist die Porigkeit dieses Bauteils in Ordnung.



Abbildung 4.79 Porigkeit im 12. OG, Bauteil 2

Farbgleichheit:

Die Farbunterschiede sind ähnlich wie jene im Bauteil zuvor. Weiterhin sind geringe dunkle Verfärbungen und gelbliche Verschmutzungen, die sich leicht abwischen lassen, vorhanden.



Abbildung 4.80 Farbgleichheit im 12. OG, Bauteil 2

Fugenbild:

In diesem Geschoß ist weiterhin geringes Verbesserungspotential an den Fugenbildern zu erkennen. An machen Elementstößen ist ein Versatz zu erkennen, an der Arbeitsfuge ist Zementschlempe ausgetreten. Der maximale Versatz, der an einem Elementstoß gemessen werden konnte, beträgt ~2 cm.



Abbildung 4.81 Versatz am Elementstoß

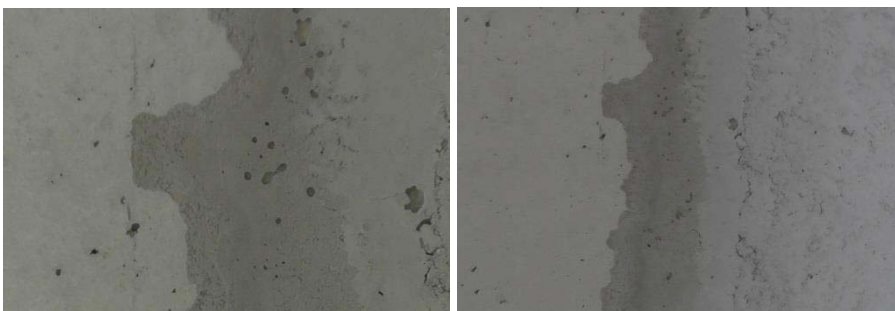


Abbildung 4.82 Arbeitsfuge

Kondenswasser aus der Steckdose:

Aus manchen Elektroeinlegearbeiten trat nach dem Ausschalen Kondenswasser aus, welches die Wand entlang nach unten lief. So bildeten sich vertikale Schlieren an der Wand.

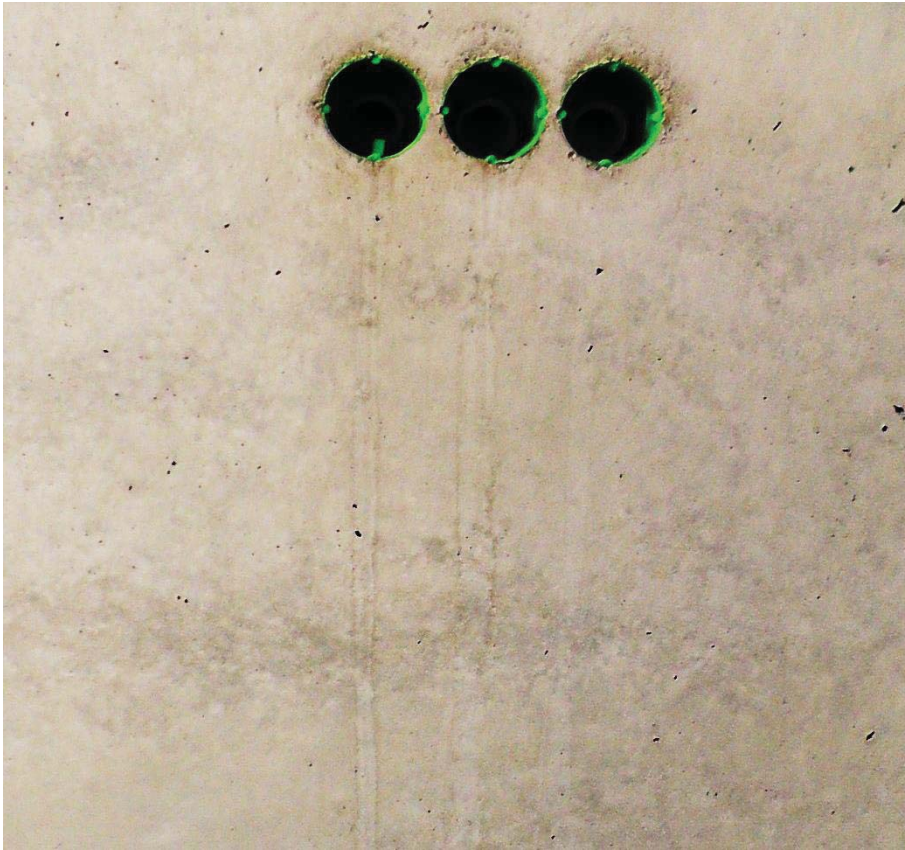


Abbildung 4.83 Wasserschlieren an der Sichtbetonoberfläche

Ankerabdruck:

Oft werden die Ankerlöcher auch nach dem Ausschalen noch genutzt, um rückseitig Montagen tätigen zu können. Dazu wird eine Schalttafel unter die Ankerplatte geklemmt, um die Sichtbetonwand zu schützen. Nach Entfernung der Konstruktion bleibt ein Abdruck an der Oberfläche sichtbar.



Abbildung 4.84 Abdruck einer Schalttafel

4.7.8 Sichtbetonbesprechung

Am 27.02.2014 fand um 16.00 Uhr eine Sichtbetonbesprechung mit folgenden Teilnehmern statt:

- Hr. Treffinger
- Hr. Hofstadler
- Hr. Podhraski
- Fr. Marius
- Hr. Bauer
- Hr. Derler

4.7.8.1 Besichtigung der Sichtbetonwand

Alle Anwesenden besichtigten die Sichtbetonwand des 12. OG; Bauteil 2 und kamen zu folgenden Feststellungen:

- Farbgleichheit:
Das Ergebnis weist eine ähnliche Farbgleichheit wie jenes des Bauteil 1 auf und wird somit als ausreichend empfunden.

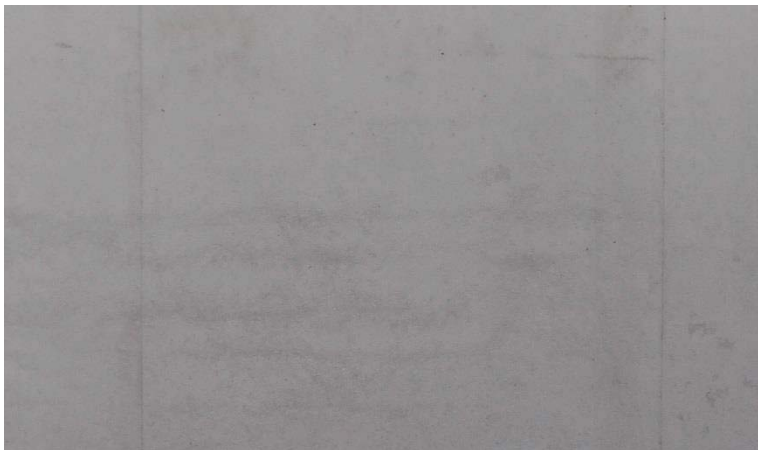


Abbildung 4.85 Farbgleichheit im 12.OG, Bauteil 2

- Porigkeit:
Sowohl die Anzahl als auch die Größe der Poren befinden sich in einem annehmbaren Rahmen. Das Ergebnis ist größtenteils zufriedenstellend, nur an den Ecken und im oberen Bereich können noch Verbesserungen erzielt werden.



Abbildung 4.86 Porigkeit im 12.OG, Bauteil 2

- Gesamteindruck:
Die Sichtbetonwand im 12. OG, Bauteil 2 weist weitestgehend ein optisch ansprechendes Ergebnis auf, welches den ausgeschriebenen Anforderungen entspricht.

4.7.8.2 Besprechung im Baubüro

Zu Beginn der Besprechung wurde von Hrn. Treffinger klargestellt, dass die Umstellung des Betonlieferanten von Fa. Schwarzl auf Fa. Cemex nicht von ihm gefordert, sondern von der Fa. Porr entschieden wurde.

Aufgrund des zufriedenstellenden Ergebnisses der letzten Sichtbetonwand sind keine umfangreichen Veränderungen für die Erstellung des nächsten Bauteils der Sichtbetonwände erforderlich. Dennoch wurden zwei Maßnahmen besprochen, auf die zukünftig verstärkt zu achten ist:

- Kondenswasser:
Die Elektroinlegearbeiten (Steckdosen) sind gegen austretendes Kondenswasser zu schützen, indem sie z.B. mit einem Tuch ausgestopft werden.
- Fugenabdichtung:
Die vertikalen Fugen sind besser abzudichten, um ein Austreten der Zementschlempe zu verhindern.

4.8 13OGBT1

Die Herstellung der Sichtbetonwände des 13.OG, Bauteil 1 erfolgte in der 9. und 10. Kalenderwoche.

Eine Besonderheit bei der Herstellung dieses Fertigungsabschnittes war das Versagen der Schalung eines Fensterdurchbruches.



Abbildung 4.87 Gesamteindruck 13OGBT1

4.8.1 Schalen Innenseite

Am 27.02.2014 wurde die Innenschalung der Sichtbetonwand des 13. OG, Bauteil 1 gestellt.

4.8.2 Schulung

Am 03.03.2014 fand um 6.30 Uhr eine Schulung aller am Sichtbeton beteiligten Arbeiter durch Hrn. Schlacher und Hrn. Derler statt. Hierbei wurden die bei der Sichtbetonbesprechung vom 27.02.2014 beschlossenen Maßnahmen erläutert, wobei besonders auf die bessere Abdichtung der Fugen eingegangen wurde.

4.8.3 Reinigung der Schalung

Im Anschluss an die Schulung wurde mit der Reinigung der Schalung und dem Schließen der Schalung begonnen. Wie schon in der Woche zuvor, wurde wieder auf die Verwendung des Sika®-Betonlösers verzichtet um die Schalung nicht unnötig mit Säure anzugreifen und eine Reaktion von Säurerückständen mit Beton zu verhindern. Ansonsten erfolgte die Reinigung wie gewohnt.

Wieder wurden alle Schalelemente auf Mängel untersucht und diese fotografisch festgehalten.

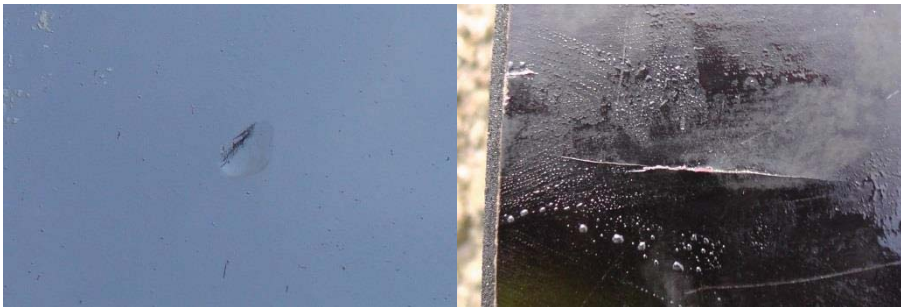


Abbildung 4.88 Schäden an der Schalung



Abbildung 4.89 Schäden an der Schalung

4.8.4 Schließen der Schalung

Das Schließen der Schalung erfolgte wie immer zeitgleich mit der Reinigung. Der Vorgang wurde am 03.03.2014 in der Früh begonnen und noch am selben Tag abgeschlossen.

4.8.5 Betonlieferung

Die Betonlieferung wurde für den 03.03.2014 um 15.00 Uhr festgesetzt.

Die Frischbetontemperatur ist der Tabelle 4.13 zu entnehmen, welche die Temperaturentwicklung in Abhängigkeit der Zeit abbildet. Dabei wird jeder LKW in einer anderen Farbe dargestellt und die Temperatur sowohl beim Einfüllen in den Kübel (unten) als auch beim Einbau in die Schalung (oben) gezeigt. Die fünf Punkte jedes LKWs stehen für die Beladung im Werk und die 4 Betonkübel. Die maximale Lieferdauer beträgt hier 2h 8min (2. LKW) und übersteigt somit die in der Norm festgesetzte maximale Einbauzeit.

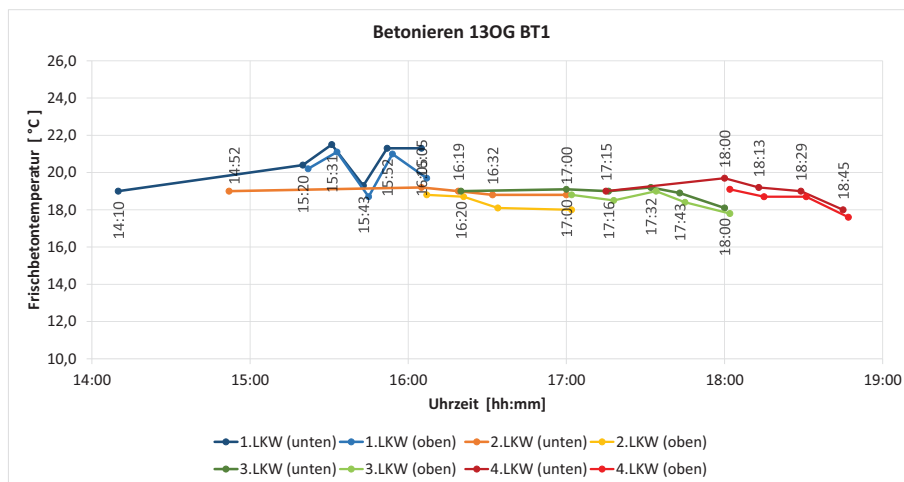


Tabelle 4.13 Frischbetontemperatur 13OGBT1

4.8.6 Betoneinbringung

Der Beton wurde unter den in Tabelle 4.14 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut.

Datum		03.03.2014
Uhrzeit		15:20 - 18:50
Wetter	Temperatur	7 °C
	Luftfeuchtigkeit	85 %
	Wind	1,0 km/h
	Niederschlag	Nieselregen
Beton	Betonsorte	BSBQ2
	Festigkeitsklasse	C 25/30
	Expositionsclassen	XC3, XD2, XF1, XA1L, SB (A)
	Größtkorn	22
	Konsistenz	F52
	Festigkeitsentwicklung	mittel
	W/B-Wert	0,55
	Zement	CEM II A-S 52, 5N Ret
	Zusatzmittel	Readyplast S
	Lieferant	Fa. Cemex
	Betonmenge	26,5 m ³
	Frischbetontemperatur (ø)	19 °C

Tabelle 4.14 Betonierbedingungen 13OGBT1

4.8.7 Ergebnis

Das Ergebnis dieses Bauteils macht einen guten Gesamteindruck, sowohl bezüglich der Farbgleichheit als auch hinsichtlich der Porigkeit.

Poren:

Stellenweise sind kleine Poren vorhanden, Größe und Anzahl liegen aber in einem angemessenen Bereich. Somit ist die Porigkeit dieses Bauteils in Ordnung.



Abbildung 4.90 Porigkeit im 13. OG, Bauteil 1

Farbgleichheit:

Die Farbunterschiede sind ähnlich wie jene im Bauteil zuvor. Weiterhin sind geringe dunkle Verfärbungen und gelbliche Verschmutzungen, die sich leicht abwischen lassen, vorhanden.

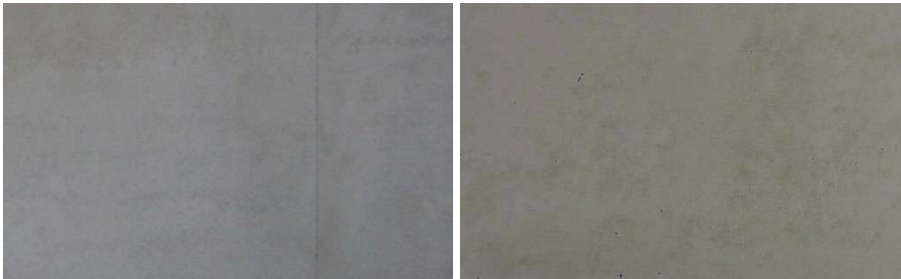


Abbildung 4.91 Farbgleichheit im 13. OG, Bauteil 1

Fensterdurchbruch:

Die Schalung für die Aussparung des Fensterdurchbruches im Norden des Bauteils 1 hat dem Frischbetondruck nicht Stand halten können. Da diese Aussparung Platz für einen Feuerwehrschauch bieten soll, kann der überschüssige Beton weggeschnitten werden. Durch den Rahmen des Löschkastens ist der Mangel später nicht mehr sichtbar.



Abbildung 4.92 Fensterdurchbruch im 13. OG, Bauteil 1

4.8.8 Sichtbetonbesprechung

Am 05.03.2014 fand um 16.00 Uhr eine Sichtbetonbesprechung mit folgenden Teilnehmern statt:

- Hr. Treffinger
- Hr. Hofstadler
- Fr. Marius
- Hr. Bauer
- Hr. Derler

- Hr. Sommer
- Hr. Schlacher

4.8.8.1 Besichtigung der Sichtbetonwand

Alle Anwesenden besichtigten die Sichtbetonwand des 13. OG; Bauteil 1 und kamen zu folgenden Feststellungen:

- **Farbgleichheit:**
Das Ergebnis weist eine zufriedenstellende Farbgleichheit auf, die als optisch sehr ansprechend empfunden wird.



Abbildung 4.93 Farbgleichheit im 13.OG, Bauteil 1

- **Porigkeit:**
Sowohl die Anzahl als auch die Größe der Poren befinden sich in einem annehmbaren Rahmen. Das Ergebnis ist im Großen und Ganzen in Ordnung, es treten nur kleine, unvermeidbare Poren auf, die im Toleranzbereich liegen. Durch noch größere Sorgfalt beim Rütteln können diese jedoch auch noch minimiert werden.



Abbildung 4.94 Porigkeit im 13.OG, Bauteil 1

- **Gesamteindruck:**
Die Sichtbetonwand im 13. OG, Bauteil 1 weist weitestgehend ein optisch ansprechendes Ergebnis auf, welches den ausgeschriebenen Anforderungen entspricht.

4.8.8.2 Besprechung im Baubüro

Aufgrund des zufriedenstellenden Ergebnisses der letzten Sichtbetonwand sind keine umfangreichen Veränderungen für die Erstellung des nächsten Bauteils der Sichtbetonwände erforderlich. Es soll weiterhin sorgfältig gearbeitet werden und nach Möglichkeit noch sorgfältiger.

4.9 13OGBT2

Die Herstellung der Sichtbetonwände des 13.OG, Bauteil 2 erfolgte in der 10. Kalenderwoche.

Eine Besonderheit bei der Herstellung dieses Fertigungsabschnittes war eine Betonfahle unter einem Fensterdurchbruch.



Abbildung 4.95 Gesamteindruck 13OGBT2

4.9.1 Reinigung der Schalung

Die Reinigung der Schaltafeln wurde am 06.03.2014 ganztags und am 07.03.2014 am Vormittag durchgeführt. Die Betonreste wurden weiterhin nur mit Doka Trenn und Wasser entfernt.

Während der Reinigung wurden sämtliche Schalelemente visuell untersucht. Dabei konnten einige Schäden und Abnutzungserscheinungen festgestellt werden.

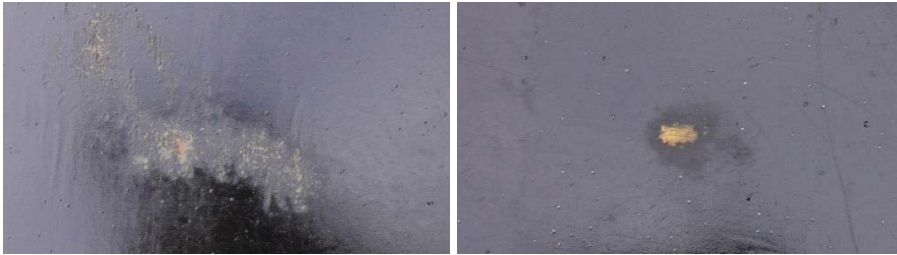


Abbildung 4.96 Schäden an der Schalhaut



Abbildung 4.97 Schäden an der Schalhaut



Abbildung 4.98 Schäden an der Schalhaut



Abbildung 4.99 Schäden an der Schalhaut



Abbildung 4.100 Schäden an der Schalhaut

4.9.2 Schließen der Schalung

Das Schließen der Schalung erfolgte wie immer zeitgleich mit der Reinigung. Der Vorgang wurde am 06.03.2014 am Vormittag begonnen und am 07.03. zu Mittag abgeschlossen.

4.9.3 Betonlieferung

Die Betonlieferung wurde für den 07.03.2014 um 13.00 Uhr festgesetzt.

Die Frischbetontemperatur ist der Tabelle 4.15 zu entnehmen, welche die Temperaturentwicklung in Abhängigkeit der Zeit abbildet. Dabei wird jeder LKW in einer anderen Farbe dargestellt und die Temperatur sowohl beim Einfüllen in den Kübel (unten) als auch beim Einbau in die Schalung (oben) gezeigt. Die fünf Punkte jedes LKWs stehen für die Beladung im Werk und die 4 Betonkübel. Die maximale Lieferdauer beträgt hier 1h 34min (2. LKW) und übersteigt somit die in der Norm festgesetzte maximale Einbauzeit.

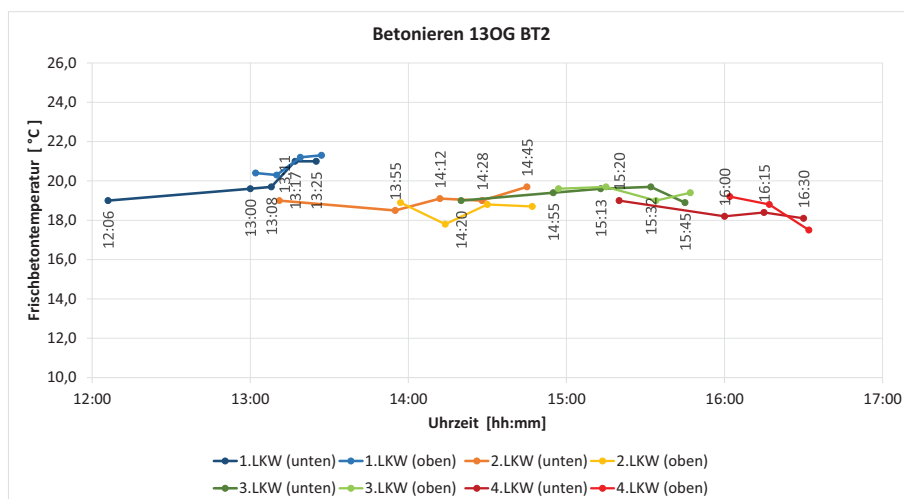


Tabelle 4.15 Frischbetontemperatur 13OGBT2

4.9.4 Betoneinbringung

Der Beton wurde unter den in Tabelle 4.16 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut.

Datum		07.03.2014
Uhrzeit		13:00 - 16:30
Wetter	Temperatur	14 °C
	Luftfeuchtigkeit	55 %
	Wind	1,5 km/h
	Niederschlag	-
Beton	Betonsorte	BSBQ2
	Festigkeitsklasse	C 25/30
	Expositionsklassen	XC3, XD2, XF1, XA1L, SB (A)
	Größtkorn	22
	Konsistenz	F52
	Festigkeitsentwicklung	mittel
	W/B-Wert	0,55
	Zement	CEM II A-S 52, 5N Ret
	Zusatzmittel	Readyplast S
	Lieferant	Fa. Cemex
	Betonmenge	27,5 m ³
	Frischbetontemperatur (ø)	19,2 °C

Tabelle 4.16 Betonierbedingungen 13OGBT2

4.9.5 Ergebnis

Das Ergebnis dieses Bauteils macht einen guten Gesamteindruck, sowohl bezüglich der Farbgleichheit als auch hinsichtlich der Porigkeit.

Poren:

Stellenweise sind kleine Poren vorhanden, deren Größe und Anzahl liegen aber in einem angemessenen Bereich. Somit ist die Porigkeit dieses Bauteils in Ordnung.

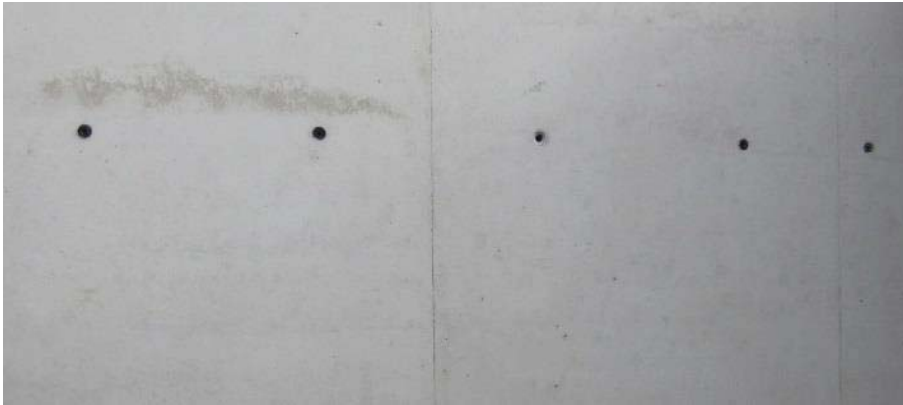


Abbildung 4.101 Porigkeit im 13. OG, Bauteil 2

Farbgleichheit:

Die Farbunterschiede sind ähnlich wie jene im Bauteil zuvor. Es sind nur geringe Verfärbungen und gelbliche Verschmutzungen, die sich leicht abwischen lassen, vorhanden.



Abbildung 4.102 Farbgleichheit im 13. OG, Bauteil 2

Fensterdurchbruch:

Unter einem Fensterdurchbruch im 13. OG, Bauteil 2 war eine Betonfehlstelle vorhanden. Diese entstand durch zu steife Konsistenz des Betons und unzureichendes Verdichten. Ein zu hoher Bewehrungsgrad kann auch eine Ursache dieses Mangels sein.

Einen Tag nach dem Ausschalen wurde die Stelle bereits saniert.



Abbildung 4.103 Fensterdurchbruch im 13.OG, Bauteil 2

4.9.6 Sichtbetonbesprechung

Am 11.03.2014 fand um 16.00 Uhr eine Sichtbetonbesprechung mit folgenden Teilnehmern statt:

- Hr. Treffinger
- Hr. Hofstadler
- Fr. Marius
- Hr. Bauer (teilweise)
- Hr. Derler
- Hr. Schlacher

4.9.6.1 Besichtigung der Sichtbetonwand

Alle Anwesenden besichtigten die Sichtbetonwand des 13. OG; Bauteil 2 und kamen zu folgenden Feststellungen:

- Farbgleichheit:
Das Ergebnis weist eine ähnliche Farbgleichheit wie jenes des Bauteil 1 auf und entspricht den Anforderungen der Norm.



Abbildung 4.104 Farbgleichheit im 13.OG, Bauteil 2

- Porigkeit:
Das Ergebnis ist sehr zufriedenstellend, es treten nur kleine, unvermeidbare Poren auf, die im Toleranzbereich liegen.



Abbildung 4.105 Porigkeit im 13.OG, Bauteil 2

- Gesamteindruck:
Die Sichtbetonwand im 13. OG, Bauteil 2 weist weitestgehend ein optisch ansprechendes Ergebnis auf, welches den ausgeschrieben Anforderungen entspricht.

4.9.6.2 Besprechung im Baubüro

Aufgrund des zufriedenstellenden Ergebnisses der letzten Sichtbetonwand sind keine Veränderungen für die Erstellung des nächsten Bauteils der Sichtbetonwände erforderlich.

4.10 14OG

Das 14. OG ist das letzte Geschoß des SMC und stellt kein Regelgeschoß mehr dar, weshalb auch Sichtbetonwände einen reduzierten Grundriss, im Vergleich zu den Geschoßen zuvor, aufweisen. Ca. 90 % der Wände mit Sichtbetonanforderung wurden in einem Fertigungsabschnitt hergestellt. Aufgrund der geringen Fläche des zweiten Abschnittes wird die Dokumentation von diesem hier nicht angeführt.

Die Herstellung der Sichtbetonwände des 14.OG erfolgte in der 3. Kalenderwoche.

Eine Besonderheit bei der Herstellung dieses Fertigungsabschnittes war die Aufdopplung aller Schalelemente.

4.10.1 Schalungsaufdoppelung

Da das 14. OG eine Raumhöhe von 4,11 m aufweist, die Regelgeschoße jedoch nur 3,25 m, mussten vor der Erstellung der Sichtbetonwände des letzten Geschoßes noch sämtliche Schalelemente aufgedoppelt werden.

Dazu wurde zunächst eine saubere Arbeitsfläche geschaffen, um während des Umbaus die Schalhaut nicht zu beschädigen. Die alten Elemente wurden zum Teil zerlegt, die I-Profile mit Holzträgern verlängert, das Ganze mit Hilfe von Stahlprofilen ausgesteift und alles verschraubt. Zum Schluss wurde die fehlende Schalhaut ergänzt.

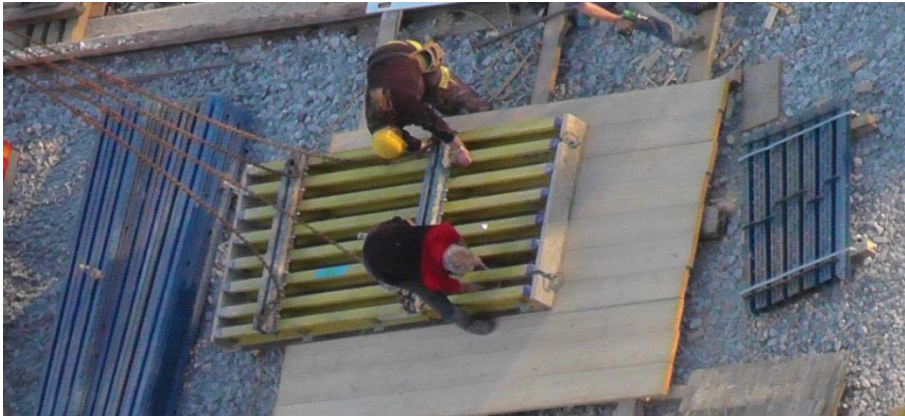


Abbildung 4.106 Schalungsaufdoppelung (Schritt 1: Vorbereiten des alten Elementes)



Abbildung 4.107 Schalungsaufdoppelung (Schritt 2: Aufstocken des Grundträgergerüsts)



Abbildung 4.108 Schalungsaufdoppelung (Schritt 3: Aussteifen mit Doppel-C-Profilen)



Abbildung 4.109 Schalungsaufdoppelung (Schritt 4: Montieren der Schalhaut)



Abbildung 4.110 Schalungsaufdoppelung (Schritt 5: Ergebnis)

4.10.2 Reinigung der Schalung

Die Reinigung der Schaltafeln wurde am 18.03.2014 am Nachmittag und am 19.03.2014 ganztags durchgeführt.

4.10.3 Schließen der Schalung

Das Schließen der Schalung erfolgte wie immer zeitgleich mit der Reinigung. Der Vorgang wurde am 18.03.2014 zu Mittag begonnen und am 19.03. am Nachmittag abgeschlossen.

4.10.4 Betonlieferung

Die Betonlieferung wurde für den 20.03.2014 um 9.00 Uhr festgesetzt.

Die Frischbetontemperatur ist der Tabelle 4.17 zu entnehmen, welche die Temperaturentwicklung in Abhängigkeit der Zeit abbildet. Dabei wird jeder LKW in einer anderen Farbe dargestellt und die Temperatur sowohl beim Einfüllen in den Kübel (unten) als auch beim Einbau in die Scha-

lung (oben) gezeigt. Die fünf Punkte jedes LKWs stehen für die Beladung im Werk und die 4 Betonkübel. Die maximale Lieferdauer beträgt hier 1h 36min (1. LKW) und übersteigt somit die in der Norm festgesetzte maximale Einbauzeit.

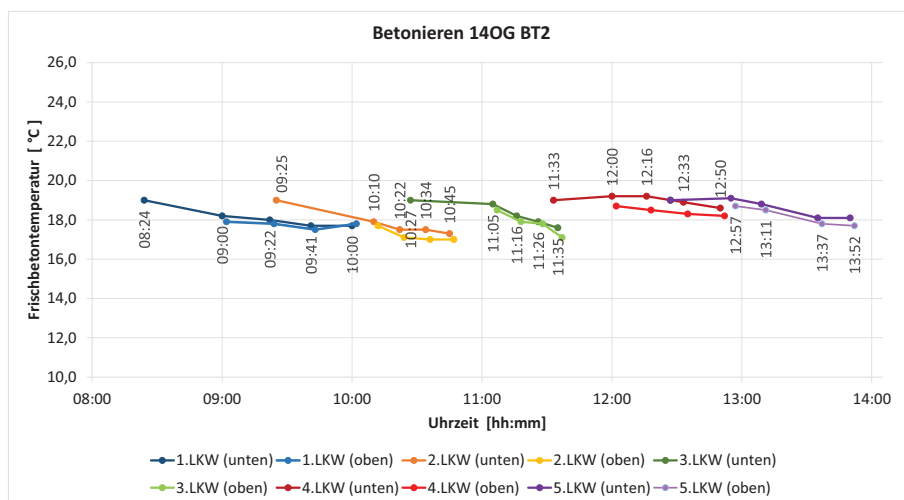


Tabelle 4.17 Frischbetontemperatur 14OGBT2

4.10.5 Betoneinbringung

Der Beton wurde unter den in Tabelle 4.18 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut.

Datum		20.03.2014
Uhrzeit		09:00 - 14:00
Wetter	Temperatur	18 °C
	Luftfeuchtigkeit	45 %
	Wind	1,0 km/h
	Niederschlag	-
Beton	Betonsorte	BSBQ2
	Festigkeitsklasse	C 25/30
	Expositionsclassen	XC3, XD2, XF1, XA1L, SB (A)
	Größtkorn	22
	Konsistenz	F52
	Festigkeitsentwicklung	mittel
	W/B-Wert	0,55
	Zement	CEM II A-M 42, 5N Ret
	Zusatzmittel	Readyplast S
	Lieferant	Fa. Cemex
	Betonmenge	37 m ³
	Frischbetontemperatur (Ø)	18,4 °C

Tabelle 4.18 Betonierbedingungen 14OGBT2

4.10.6 Ergebnis

Das Ergebnis dieses Bauteils macht einen guten Gesamteindruck, sowohl bezüglich der Farbgleichheit als auch hinsichtlich der Porigkeit.

Poren:

Stellenweise sind kleine Poren vorhanden, Größe und Anzahl liegen aber in einem angemessenen Bereich. Somit ist die Porigkeit dieses Bauteils in Ordnung.



Abbildung 4.111 Porigkeit im 14. OG, Bauteil 2

Farbgleichheit:

Die Farbgleichheit dieses Bauteils ist größtenteils zufriedenstellend. Es treten leichte Farbunterschiede auf, diese sind aber im Toleranzbereich.



Abbildung 4.112 Farbgleichheit im 14. OG, Bauteil 2

Abplatzungen:

Im diesem Geschosß sind einige Abplatzungen zu erkennen. Grund dafür könnte zu frühes Ausschalen der Sichtbetonwand sein.



Bild 4.1 Abplatzungen im 14. OG

4.10.7 Sichtbetonbesprechung

Am 24.03.2014 fand um 16.00 Uhr eine Sichtbetonbesprechung mit folgenden Teilnehmern statt:

- Hr. Treffinger
- Hr. Hofstadler
- Fr. Marius
- Hr. Bauer
- Hr. Derler

4.10.7.1 Besichtigung der Sichtbetonwand

Alle Anwesenden besichtigten die Sichtbetonwand des 14. OG; Bauteil 2 und kamen zu folgenden Feststellungen:

- Farbgleichheit:
Das Ergebnis wird bezüglich der Farbgleichheit als ausreichend empfunden. Es sind leichte Farbunterschiede vorhanden, die sich auf zwei Arten aufteilen lassen:

Zum einen gibt es Bereiche, in denen ein komplettes Schalelement einen anderen Farbton aufweist als die benachbarten Elemente. Dies ist auf eine Staubablagerung an der Schalhaut nach der Reinigung zurückzuführen.

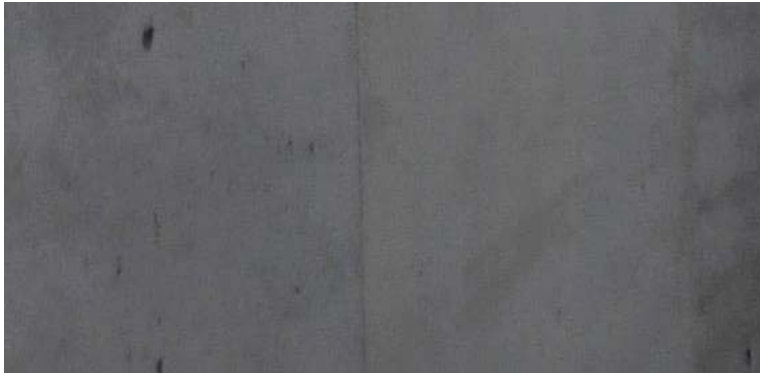


Abbildung 4.113 Farbunterschiede am Elementstoß

Weiters sind Bereiche erkennbar, in denen ein elementübergreifender Farbwechsel auftritt. Dies kann eventuell eine Folge von Verzögerungen beim Einbau sein.

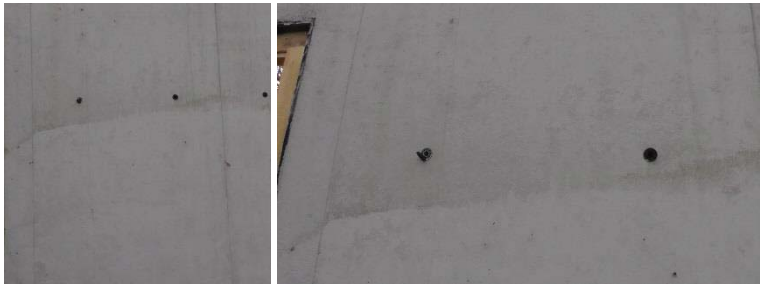


Abbildung 4.114 Farbgleichheit im 14.OG, Bauteil 2

- Porigkeit:
Sowohl die Anzahl als auch die Größe der Poren befinden sich in einem annehmbaren Rahmen. Das Ergebnis ist größtenteils zufriedenstellend.



Abbildung 4.115 Porigkeit im 14.OG, Bauteil 2

- Gesamteindruck:
Die Sichtbetonwand im 14. OG, Bauteil 2 weist weitestgehend ein optisch ansprechendes Ergebnis auf, welches den ausgeschriebenen Anforderungen entspricht.



Bild 4.2 Gesamteindruck des 14. OG

4.10.7.2 Besprechung im Baubüro

Aufgrund des zufriedenstellenden Ergebnisses der letzten Sichtbetonwand sind keine Veränderungen für die Erstellung der Sichtbetonwände des nächsten Bauteils erforderlich. Es wird jedoch auf eine erhöhte Sorgfalt bei und nach dem Reinigen geachtet, um eventuelle Verunreinigungen durch Staub zu vermeiden.

5 Ergebnisdarstellung

Dieses Kapitel teilt sich in zwei Abschnitte auf. Zuerst werden mögliche Einflussfaktoren, die Auswirkungen auf die Qualität des Sichtbetons haben, aufgelistet und erläutert. Dabei wird jeweils zuerst auf die Problematik auf der Baustelle des Bauvorhabens SMC eingegangen. Danach wird versucht, die im Zuge der Dokumentation und der weiteren Nachbearbeitung festgestellte Einwirkung der Faktoren auf die Sichtbetonqualität zu generalisieren.

Der zweite Abschnitt behandelt alle Maßnahmen, die zur Qualitätssicherung und –verbesserung der Sichtbetonergebnisse im SMC umgesetzt wurden.

5.1 Einflussfaktoren

Sichtbeton ist ein beliebtes Diskussionsthema zwischen Planern, Auftraggebern und Ausführenden. Die Qualität des Sichtbetonergebnisses war lange Zeit dem Zufall überlassen. Durch intensive Forschungstätigkeit und dem Sammeln von praktischem Know-how konnte die Situation deutlich verbessert werden. Eine Garantie für ein gelungenes Sichtbetonergebnis gibt es aufgrund immer wechselnden Umweltbedingungen leider nicht.

Das Bauunternehmen ist dafür verantwortlich, die durch den Architekten definierten Ziele des Bauherrn in geeigneter und fachgerechter Art umzusetzen und so das gewünschte Ergebnis zu erreichen. Dazu zählt einerseits eine zielführende Zusammenstellung der Komponenten Beton, Schalung, Reinigungsmittel und Trennmittel. Andererseits muss auch die Verarbeitung in fachgerechter und sorgfältiger Form durchgeführt werden.

Die Intention des folgenden Kapitels ist es, einen Überblick über mögliche Einflussfaktoren zum Herstellungsprozess „Sichtbeton“ zu geben. Dabei wird auf die Parameter Bewehrung, Schalung, Beton und Umweltbedingungen eingegangen. Neben den Erfahrungen, die auf der Baustelle SMC gesammelt wurden, werden auch aktuelle Forschungsergebnisse zu den jeweiligen Einflussfaktoren aufgezeigt.

5.1.1 Bewehrung

Die Bewehrung selbst hat eine große Bedeutung für die Tragfähigkeit eines Bauteils, welche im Zuge dieser Arbeit nicht berücksichtigt wird. Obwohl die Bewehrung an der Sichtbetonoberfläche nicht zu sehen ist, kann sie Einfluss auf das optische Erscheinungsbild der Betonoberfläche haben.

5.1.1.1 Betondeckung

Eine Untersuchung der Betondeckung wurde während dieser Baustellenanalyse nicht durchgeführt. Daher wurde die Einflusswirkung der Fachliteratur entnommen. Nach HOFSTADLER⁵³ führt eine höhere Betondeckung zu einem besseren Sichtbetonergebnis. Ein größerer Abstand zwischen Bewehrung und Schalhaut bewirkt eine bessere Verteilung des Betons bzw. eine reduzierte Behinderung der Betonausbreitung.

5.1.1.2 Bewehrungsgrad

Zur Abschätzung der Einflussnahme des Bewehrungsgrades auf die Qualität der Sichtbetonoberfläche wurden sechs verschiedene Bewehrungstypen gebildet. Diese Typen entstanden durch eine Aufteilung der Wandfläche nach sechs verschiedenen Bewehrungsgraden. Diese werden im Folgenden beschrieben. In der zugehörigen Abbildung wird jeweils von rechts nach links in der oberen Zeile ein Planausschnitt vom Grundriss des Bewehrungsplanes, ein Foto von der fertig gebundenen Bewehrung im Grundriss und der Bewehrungsgrad dargestellt. Die untere Zeile zeigt einen Bewehrungsplanausschnitt im Aufriss, eine Ansicht der verlegten Bewehrung und eine Ansicht der fertigen Betonoberfläche.

Bewehrungstyp 1: volle Wandhöhe

Der Bewehrungstyp 1 beschreibt die „Standardbewehrung“ und tritt überall dort auf, wo sich keine Zusatzbewehrung aufgrund einer Aussparung, Türöffnung oder Ecke befindet. Alle Bewehrungstypen, ausgenommen Bewehrungstyp 6, kommen bei einer Wandstärke von 25 cm vor.

⁵³ Vgl. HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 32

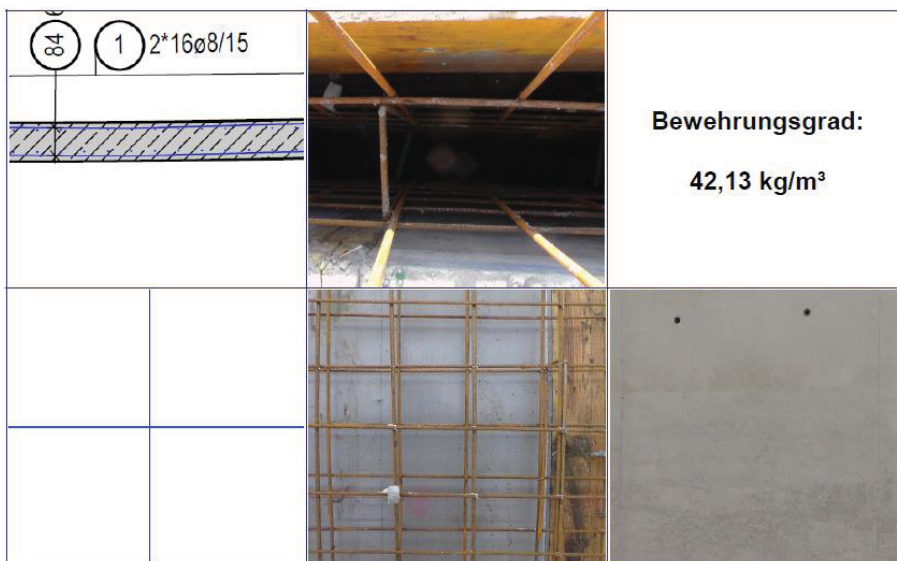


Abbildung 5.1 Bewehrungstyp 1

Bei diesem Bewehrungstyp wurde Stabstahl mit einem Durchmesser von 8 mm alle 15 cm an beiden Wandseiten vertikal und horizontal verlegt. Diese Mindestbewehrung wurde auch bei anderen Bewehrungstypen in Kombination mit weiteren Bewehrungsstäben verwendet.

Bewehrungstyp 2: Ecke bzw. Randabschluss

Der Bewehrungstyp 2 kennzeichnet - wie sein Name schon deutet - alle Ecken und Wandabschlüsse. Da der Grundriss des Bauvorhabens SMC keine Wandabschlüsse im eigentlichen Sinn aufweist, werden hier neben den Ecken noch bodennahe Bereiche von großen Türöffnungen und Arbeitsfugen dazugezählt.

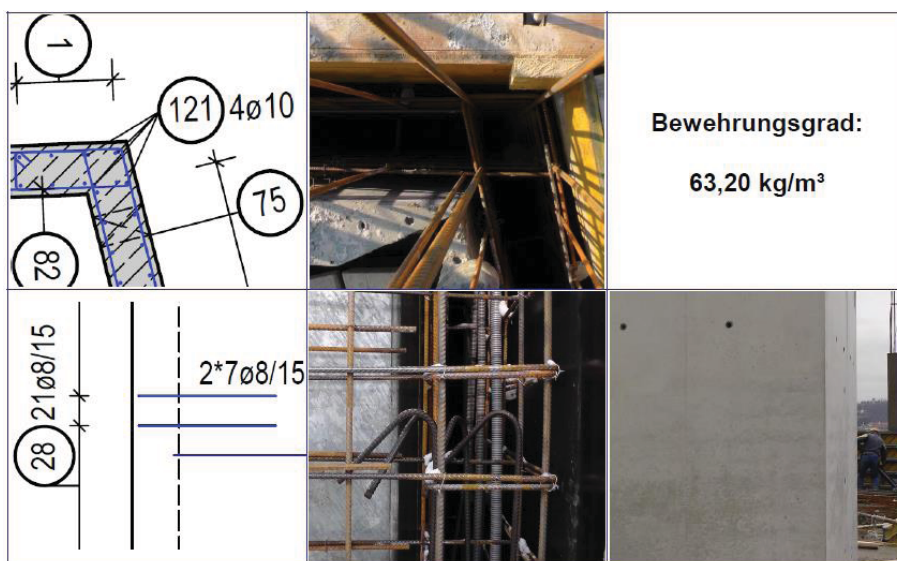


Abbildung 5.2 Bewehrungstyp 2

Bewehrungstyp 3: Tür

Der Bewehrungstyp 3 umfasst alle Stellen, die sich durch hohe Zusatzbewehrung rund um Türöffnungen charakterisieren.

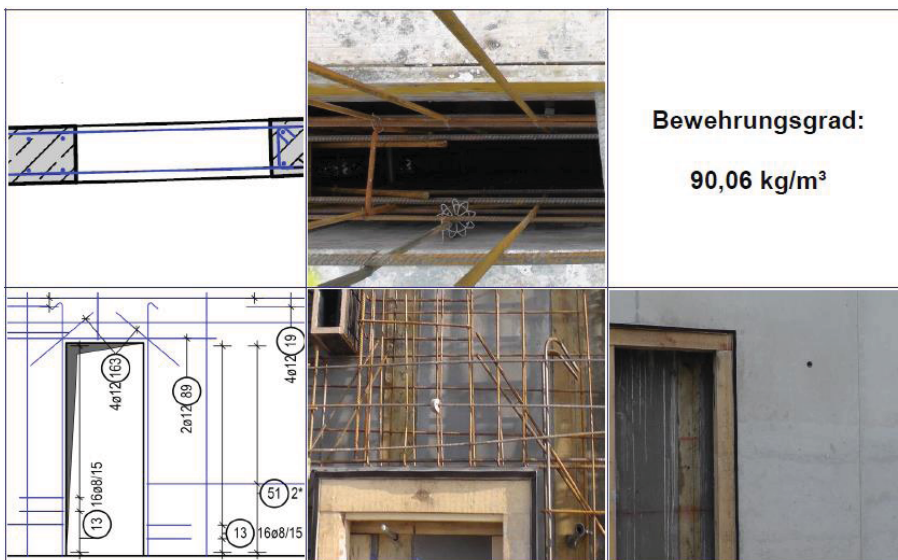


Abbildung 5.3 Bewehrungstyp 3

Bewehrungstyp 4: Tür + Aussparung

Bei Bewehrungsgrad 4 treffen große Türöffnungen und kleine Aussparungen aufeinander. Daher ergibt sich hier der größte Bewehrungsgrad und somit die meisten Erschwernisse beim Betoneinbau und beim Verdichten.

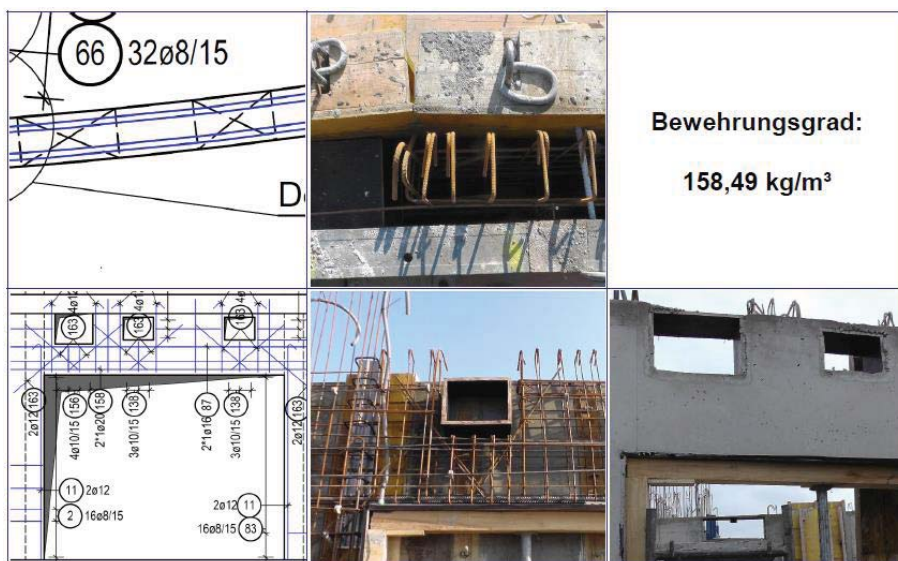


Abbildung 5.4 Bewehrungstyp 4

Bewehrungstyp 5: Aussparung

Der Bewehrungstyp 5 beschreibt alle kleineren Aussparungen, die nicht bis zur darunterliegenden Decke reichen.

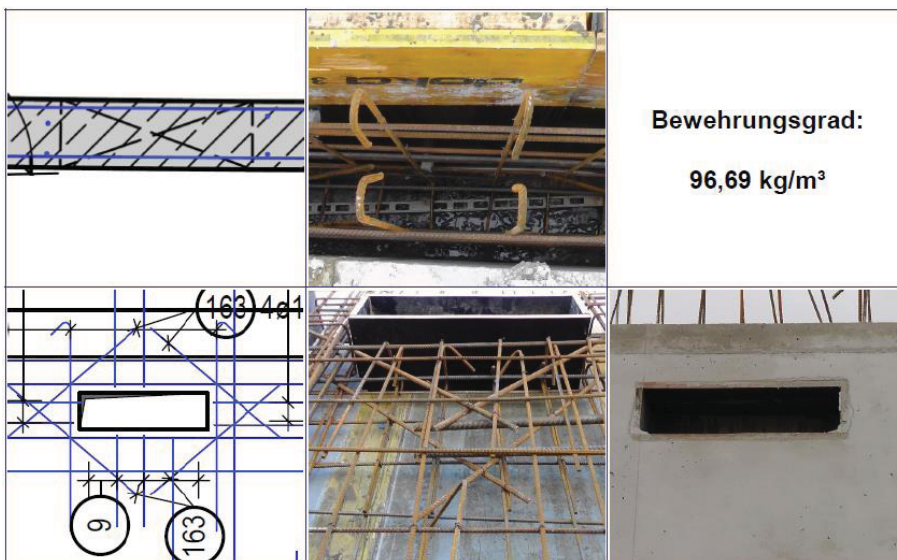


Abbildung 5.5 Bewehrungstyp 5

Bewehrungstyp 6: Dicke Wand

Der Bewehrungstyp 6 tritt an jenen Wandstellen auf, an denen die Wand eine Stärke von 75 cm aufweist. Da hier der Bewehrungsgrad am geringsten ist, ist auch hier die Betonverarbeitung (Einbringung und Verdichtung) am einfachsten.

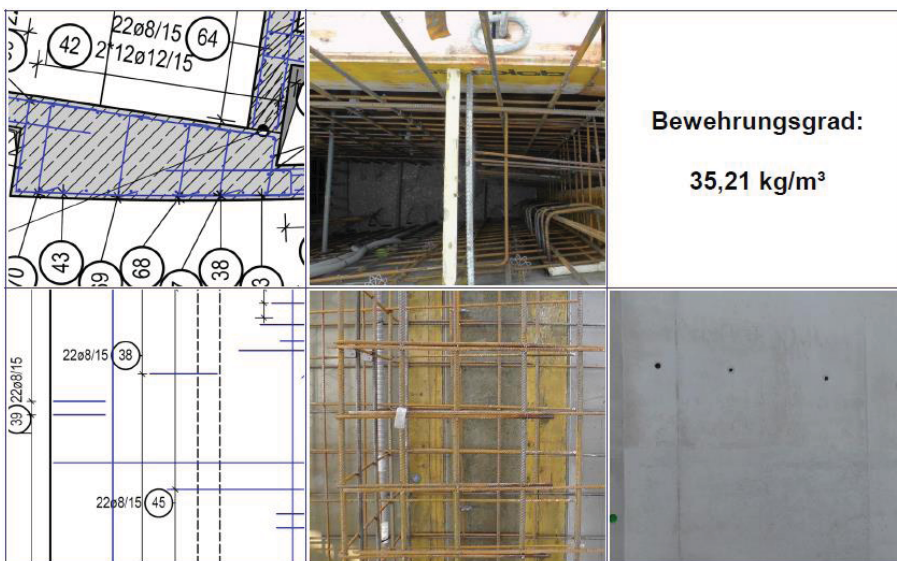


Abbildung 5.6 Bewehrungstyp 6

Wie an den Fotos der Betonoberflächen erkennbar, lassen sich nur geringe Rückschlüsse des Bewehrungsgrades auf die Oberflächenqualität von Sichtbeton ziehen. Auf den meisten Bildern lässt sich zwar ein leichtes Abzeichnen der Bewehrung feststellen, eine Differenzierung aufgrund des unterschiedlichen Bewehrungsgrades ist jedoch nicht möglich. Leichte Unterschiede sieht man nur anhand der Porenzahl: Je größer der Bewehrungsgrad, desto größer wird auch die Porenzahl. Dies ist auf ein erschwertes Einführen der Rüttelflasche zurückzuführen. Durch den Einbau von Rüttelgassen könnte für dieses Problem Abhilfe geschaffen werden.

Durch einen erhöhten Bewehrungsgrad wird auch das Einführen des flexiblen Einbringschlauches erschwert und somit ein reibungsloser Betoneinbau behindert. Zur Vermeidung sollen bereits bei der Planung ausreichend Betonieröffnungen in der Bewehrung vorgesehen werden. Nur so können geringe Fallhöhen und kurze horizontale Fließstrecken eingehalten werden.⁵⁴

5.1.2 Schalung

Das System „Schalung“ ist ein wesentlicher Parameter bei der Herstellung von Sichtbeton. Um die große Bedeutung der Schalung darstellen zu können, wird auf die Einflusswirkung von Reinigungsmittel, Trennmittel, Zustand der Schalung und Abdichtung der Fugen eingegangen.

5.1.2.1 Reinigungsmittel

Der erste Arbeitsschritt im Herstellungsprozess „Sichtbeton“, der die Schalung betrifft, ist die Reinigung der Schalhaut. Die Arbeitsweise während der Reinigung kann zwar stark variieren, aber die Auswirkungen der Reinigungsmethode auf das Sichtbetonergebnis sind gering. Auch die Witterungsbedingungen während der Reinigung der Schalhaut haben wenig Einfluss, solange eine saubere und trockene Schalhaut für den Trennmittelauftrag zu Stande gebracht werden kann.

5.1.2.2 Trennmittel

In aktuellen Forschungsergebnissen ist nachzulesen, dass durch Laborversuche herausgefunden wurde, dass das Betontrennmittel die Porig-

⁵⁴ HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 36.

keit von Betonflächen beeinflusst, jedoch nicht die einzige Einflussgröße darstellt.⁵⁵

Auch auf dieser Baustelle wurde ein Versuch durchgeführt, um die Auswirkung von verschiedenen Trennmitteln auf die Betonoberfläche zu testen. Dazu wurde eine Probewand mit vier Schalelementen hergestellt und die Kombination der Vorbehandlung und des Trennmittels an jedem Element variiert. Abbildung 5.7 stellt alle Einflussgrößen und deren Kombination dar.

Elementnummer	Schalhautalter	Vorbehandlung mit Zementschlemp	Reinigungsmittel	Trennmittel	Ablüßzeit
1	neu	nein	Seifenlauge	Doka Optix	1h 20 min
2	neu	ja	Seifenlauge	Doka Optix	1h 20 min
3	neu	ja	Seifenlauge	Doka Trenn	1h
4	neu	ja	Seifenlauge	Sika Separol	1h

Abbildung 5.7 Variierte Vorbehandlungs-Trennmittel-Kombination

Der baubetriebliche Ablauf der Erstellung dieser Probewand erfolgte in gleicher Weise wie bei einer Sichtwand.

Das Fazit dieses Versuches wird durch das Ergebnis der Betonoberfläche repräsentiert.



Abbildung 5.8 Elementnummer 1



Abbildung 5.9 Elementnummer 2

⁵⁵ BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. S. 155



Abbildung 5.10 Elementnummer 3

Abbildung 5.11 Elementnummer 4

Bei einer vergleichenden Betrachtung der oben gezeigten Ergebnisse lassen sich leichte Unterschiede in jedem Bild erkennen:

Die Schalungen mit Elementnummer 1 und 2 wurden mit demselben Trennmittel beauftragt, jedoch wurde Element 2 zusätzlich mit Zementschlempe vorbehandelt. Beide Ergebnisse zeigen leichte Fleckenbildung an der Sichtbetonoberfläche.

Die Schalungen mit den Elementnummern 2, 3 und 4 wurden alle auf gleiche Weise mit Zementschlempe vorbehandelt. Der Unterschied liegt hier in der Wahl des Trennmittels. An den Fotos der Sichtbetonergebnisse lassen sich Differenzen in der Fleckenbildung feststellen. Elementnummer 3 weist die stärksten Hell-Dunkel-Verfärbungen auf.

Trotz der erkennbaren Unterschiede an den Ergebnissen lässt sich ein direkter Einfluss des Trennmittels auf die Sichtbetonqualität nicht sicher feststellen. Um diesen beurteilen zu können, müssten Versuche mit größerer Wiederholungshäufigkeit und konstanter Trennmittelmenge durchgeführt werden.

Im Zuge der Herstellung einer weiteren Probewand, die der Eignungsprüfung eines alternativen Betonlieferanten dienen sollte, wurde die Auftragsart des Trennmittels variiert. Das Trennmittel wurde auf alle Schalelemente ganzflächig aufgesprüht und jeweils die untere Hälfte der Schalhaut wurde mit Mikrofasertüchern abgewischt. So sollte an ein und demselben Element die Wirkung des Nachwischens aufgezeigt werden.

Das Ergebnis der Probewand wird in Abbildung 5.12 und ein weiteres Mal, durch Linien erweitert, in Abbildung 5.13 dargestellt. Die Linien auf dem zweiten Foto sollen die Grenze kennzeichnen, bis zu der nachgewischt wurde. In den Bereichen oberhalb der Linie wurde das Trennmittel nur aufgesprüht, in den Bereichen darunter wurde zusätzlich mit einem Mikrofasertuch nachgewischt.

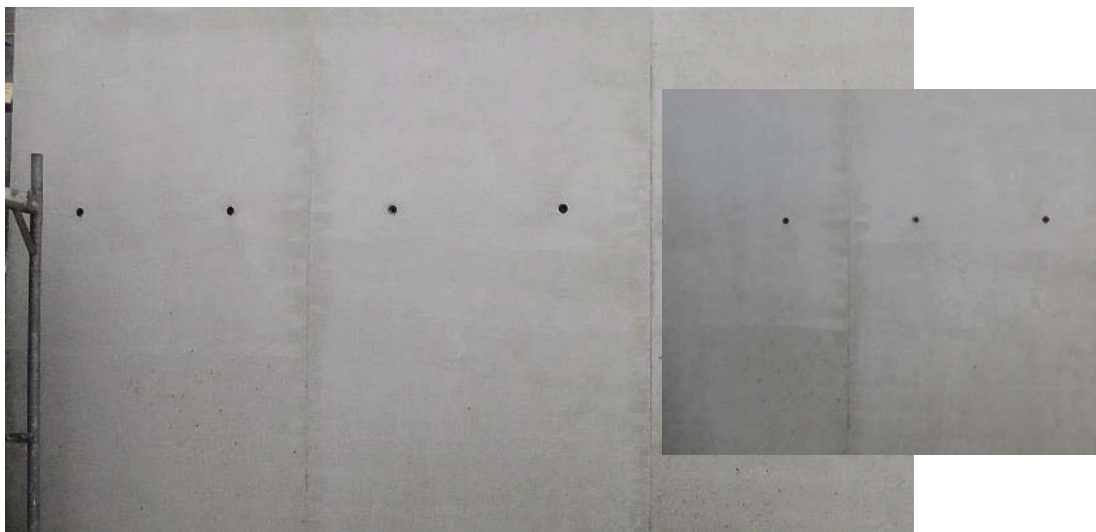


Abbildung 5.12 Ergebnis bei unterschiedlichem Trennmittelauftrag

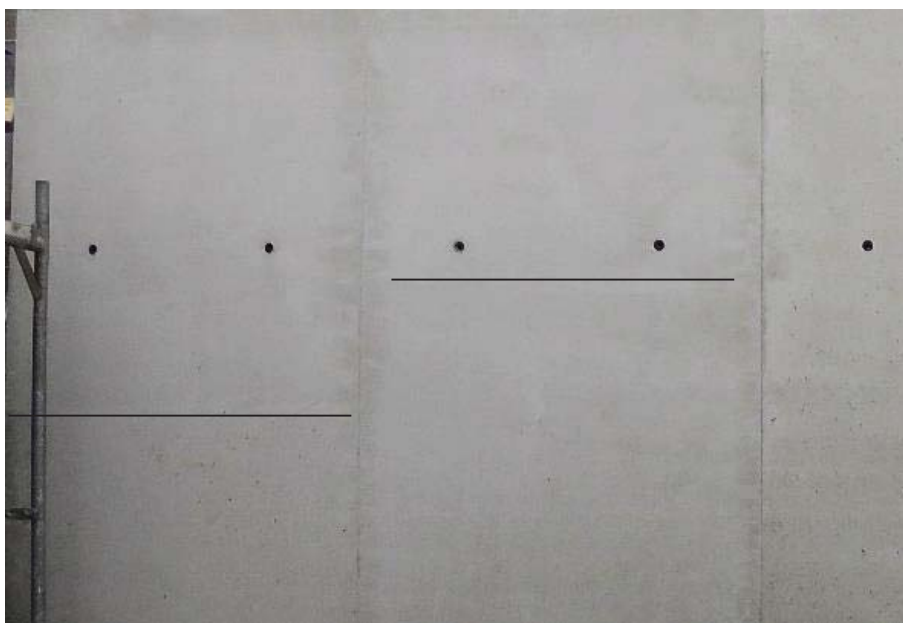


Abbildung 5.13 Ergebnis bei unterschiedlichem Trennmittelauftrag

Bei genauer Betrachtung der Abbildung 5.12 lässt sich ein leichter Unterschied zwischen den Stellen mit und ohne Nachwischen erkennen. Die Bereiche, in denen das Trennmittel mit einem Mikrofasertuch nachbehandelt wurde, weisen eine leichte Tendenz zu höherer Porigkeit auf. Die Farbgebung ist in jenen Bereichen minimal dunkler, der Unterschied im Ergebnis ist jedoch sehr gering.

Aufgrund des vermehrten Arbeitsaufwands und der höheren Porigkeit wird empfohlen, auf ein Nachwischen des angewendeten Trennmittels zu verzichten, vorausgesetzt, dass nicht zu viel Trennmittel aufgetragen wurde.

5.1.2.3 Zustand der Schalhaut

Die Schalhaut trägt neben der Formgebung bis zur Aushärtung des Betons auch wesentlich zur Oberflächenbeschaffenheit von Sichtbeton bei. Demnach wird das Sichtbetonergebnis maßgeblich vom Zustand der Schalhaut beeinflusst. Um diesen Effekt zu verdeutlichen, werden im Folgenden verschiedene Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen dem Zustand der Schalhaut und dem fertigen Betonergebnis dargestellt.

Dazu zählen Beschädigungen an der Schalhaut, Ripplings, die Versiegelung der Ankerlöcher und die Versiegelung der Kanten.

Schalhautbeschädigungen

Anhand von zwei unterschiedlichen Beispielen werden im Folgenden die Auswirkungen von Schalhautbeschädigungen aufgezeigt.

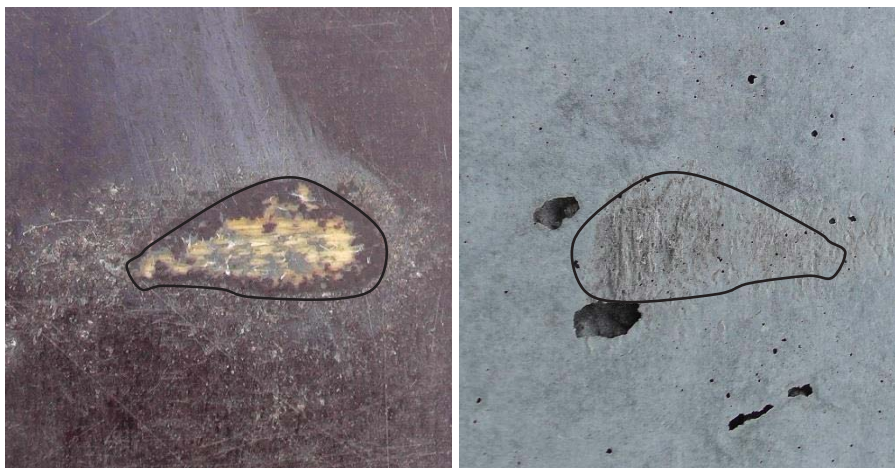


Abbildung 5.14 Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang Schalhautschäden 1

In Abbildung 5.14 wird der Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang einer Beschädigung der Schalhaut dargestellt. Das linke Bild zeigt einen Schaden in der Schalhaut, welcher die Ursache dieses Problems darstellt. Im rechten Bild ist die fertige Betonoberfläche, die mit Hilfe der links gezeigten Schalung hergestellt wurde, zu sehen. Als Wirkung der Beschädigung ist ein Abdruck auf der Betonoberfläche zu erkennen. Dabei bleiben sowohl der Umriss des Schadens wie auch einzelne Fasern der Holzplatte an der Betonoberfläche sichtbar.



Abbildung 5.15 Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang Schalhautschäden 2

In Abbildung 5.15 wird der Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang einer weiteren Beschädigung der Schalhaut dargestellt. Wiederum zeigt das linke Bild die Ursache, die sich aus einem Kratzer in der Schalhaut ergibt. Im rechten Bild ist die fertige Betonoberfläche, die mit Hilfe der links gezeigten Schalung hergestellt wurde, zu sehen. Als Wirkung der Beschädigung ist ein Abdruck des Kratzers auf der Betonoberfläche zu erkennen.

Ripplings

Unter Ripplings werden wellige Vertiefungen in der Schalhaut verstanden, die durch das Quellen des Holzes hervorgerufen werden. Im Folgenden werden anhand von Erfahrungen, die beim Bauvorhaben SMC mit Ripplings gemacht wurden, deren Auswirkungen auf die Qualität von Sichtbeton erörtert.



Abbildung 5.16 Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang Ripplings

In Abbildung 5.16 wird der Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang einer Schalhaut mit Ripplings dargestellt. Wiederum zeigt das linke Bild die Ursache, die sich aus Ripplings an der Schalhaut ergibt. Im rechten Bild ist die fertige Betonoberfläche, die mit Hilfe der links gezeigten Schalung hergestellt wurde, zu sehen. Als Wirkung der Ripplings ist ein Abdruck der welligen Vertiefungen auf der Betonoberfläche zu erkennen.

Die Auswirkung von Rippings auf die Textur von Betonoberflächen ist nur gering. Rippings haben keinen Einfluss auf den Farbton der Betonoberfläche und stören daher in der Regel den Gesamteindruck nicht.

Versiegelung von Ankerlöcher

Voraussetzung für die Dichtheit des Schalungssystems ist die Versiegelung aller Kanten und somit auch der Ankerlöcher. Selbst bei ordnungsgemäßer Herstellung der Ankerlochversiegelungen leiden diese unter dem Bau(stellen)betrieb. Spätestens ab dem 5. Einsatz einer Schaltafel sind deutliche Abnützungerscheinungen an den Ankerlöchern zu erkennen.

Nachfolgend werden die Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge einer frisch versiegelten Schaltafel bei ihrem ersten Einsatz und einer abgenutzten, unversiegelten Schaltafel bei ihrem fünften Einsatz gegenübergestellt.



Abbildung 5.17 Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang Ankerloch 1

In Abbildung 5.17 wird der Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang eines Ankerloches dargestellt. Wiederum zeigt das linke Bild die Ursache, die sich aus einem intakten, versiegelten Ankerloch ergibt. Im rechten Bild ist die fertige Betonoberfläche, die mit Hilfe der links gezeigten Schalung hergestellt wurde, zu sehen. Als Wirkung des versiegelten Ankerloches ist eine zufriedenstellende Betonoberfläche rund um das Ankerloch zu erkennen.



Abbildung 5.18 Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang Ankerloch 2

In Abbildung 5.18 wird der Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang eines weiteren Ankerloches dargestellt. Wiederum zeigt das linke Bild die Ursache, die sich aus einem abgenutzten und beschädigten Ankerloch ergibt. Im rechten Bild ist die fertige Betonoberfläche, die mit Hilfe der links gezeigten Schalung hergestellt wurde, zu sehen. Als Wirkung des unversiegelten Ankerloches ist eine unzufrieden stellende Betonoberfläche rund um das Ankerloch zu erkennen. Bei diesem Mangel handelt es sich um Kiesnester, da wegen unzureichender Dichtheit des Ankerloches Zementleim austreten konnte.

5.1.2.4 Abdichtung von Fugen

Die Dichtheit aller Fugen der Sichtbetonschalung ist eine Grundvoraussetzung zur Erreichung der gewünschten Sichtbetonqualität. In diesem Fall wird unter „Dichtheit“ die Beschaffenheit der Fugen verstanden, keinen Zementleim oder Beton entweichen zu lassen. Eine komplette Wasserdichtheit von Schalungsfugen ist praktisch unmöglich und auch nicht zwingend notwendig.

Die abzudichtenden Fugen einer einseitigen Sichtbetonwand umfassen alle Elementfugen, alle Arbeitsfugen und die horizontale Fuge zwischen der Unterkante des Schalelements und der Stahlbetondecke.

Bei unzureichender Abdichtung der Arbeitsfugen kann während der Betonage Zementleim austreten und die bereits ausgeführten Sichtbetonwände verunreinigen. Der überschüssige Beton bildet entlang der Arbeitsfugen einen Grat, der bei entsprechender Ausprägung als optischer Mangel war genommen werden kann.

Bei starker Abnutzung der Schalungsverbindungen oder unzureichender Abdichtung der Elementfugen kann wegen dem hohen Frischbetondruck ein Versatz zwischen den einzelnen Schalelementen entstehen. Bei Sichtbetonklasse SB3 ist ein Versatz bis zu 0,5 cm zulässig.

Neben rein optischen Mängeln *Betongratbildung* und *Versatz* können durch den Zementleimaustritt auch Mängel im Betongefüge oder der Farbgebung entstehen:

- Kiesnestbildung
- Kalkschleierausblühungen
- Sehr dünne Grautonstreifen
- Ausbruch von scharfen Kanten im Eckbereich

5.1.3 Beton

Unterschiedliche betontechnologische Faktoren bestimmen die Qualität von Sichtbeton mit. Die Eigenschaften und die Zusammensetzung der Bestandteile, die Konsistenz und Temperatur des Frischbetons, das Liefer- und Einbauverhalten und die Betonverdichtung sind nur einige Punkte, denen bei Sichtbeton größere Bedeutung als bei herkömmlichem Beton gebührt.

5.1.3.1 Betonrezeptur

Bei der Erarbeitung der Betonrezeptur empfiehlt es sich, nach dem „Betontechnologischen Konzept“ von TRAVNICEK vorzugehen. Dieses wurde dem Leitfaden Sichtbeton⁵⁶ entnommen und vom Verfasser nach den Bedürfnissen für Wände adaptiert.

Grundlagen:

Der Betonverwender (dies ist der ausführende AN) hat dem AG mindestens 8 Wochen vor Betonierbeginn ein betontechnologisches Konzept – Sichtbeton (kurz BK) entsprechend der vorgegebenen Gliederung inkl. der Erstprüfung der Betonsorte nach Punkt „Betonsorte/Betonfarbe und Betonprüfung“ in schriftlicher Form vorzulegen. Dieses Konzept hat die in den nachfolgenden Punkten angeführten Maßnahmen zu enthalten.

Betonhersteller (BH)

Das Betontechnologische Konzept (BK) hat zu enthalten:

- Bekanntgabe des Betonherstellers inkl. Ersatzwerk
- Vorlage des letzten Überwachungsberichtes des Betonherstellers

⁵⁶ HOFSTADLER, C.; SCHIEDER, A.: Leitfaden Sichtbeton. S. 111 ff.

- Erstprüfung (siehe „Betonsorte/Betonfarbe und Betonprüfung“)
- Angabe der Transportwege/-zeiten des Frischbetons hinsichtlich des Einsatzes von Beton mit verlängerter Verarbeitungszeit (siehe ebenso „Betonsorte/Betonfarbe und Betonprüfung“)
- Maßnahmen zur Erzielung und Einhaltung der Frischbetontemperatur gem. ÖNORM B 4710-1 Pkt. 4.2.5 Wärmeentwicklungsklassen

Anforderungen an die Betonoberfläche/Art der Schalung

Die geschalteten Betonoberflächen (Sichtbetonoberflächen) haben die in der Anlage X-X (der Ausschreibung) entsprechenden Anforderungen aufzuweisen.

Das BK hat zu enthalten:

- Art der Schalung/Elemente und Schalhaut
- Maßnahmen zur Erzielung der Anforderungen nach Anlage X-X (der Ausschreibung)
- Angabe des zu verwendenden Trennmittels inkl. Hersteller und Type

Betoniertakte und Arbeitsfugen

Das BK hat folgende Angaben der Betoniertermine zu enthalten:

- Geplante Betoniertermine (genereller Bauablauf für Sichtbetonteile/Bauzeitplan)
- Maßnahmen zur Einhaltung der Frischbetontemperatur beim Betoneinbau

Das BK hat folgende Punkte bzgl. Wände zu enthalten:

- Betoniertakte/Ausschalfestigkeiten
- Ausschalfristen
- Betonieröffnungen-Rüttelgassen/Lage und Ausbildung
- Definition und Lage der Arbeitsfugen, Ausbildung von Arbeitsfugen
- Nachbehandlung Nachweis W45 im Bauteil bei Wänden $d > 30 \text{ cm}$

Betoneinbau

Das BK hat zu enthalten:

- Trennmittel/Type, Hersteller und Methode des Auftrags
- Art der Betonförderung zur Einbaustelle
- Art des Betoneinbaus (Höhe der einzelnen Lagen, Maßnahmen zur Einhaltung der normativ zulässigen Fallhöhe des Frischbetons)
- Definition von Stell- und Schließschalung/Ansichtsfläche Sichtbeton
- Art der Verdichtung inkl. der zu verwendenden Verdichtungsgeräte
- Maßnahmen beim Ausfall von Verdichtungsgeräten
- Konzept für den Einsatz von Schalungsrüttlern (Umsetzen der Rüttler bzw. in Kombination mit Innenrüttlern)
- Maßnahmen des BV und des BH beim Ausfall der Mischanlage
- Maßnahmen bei plötzlichem Witterungsumschwung z.B. Regen
- Maßnahmen bei kühler und heißer Witterung, insbesondere Nachweise W45 im Bauteil
- Maßnahmen zur Verhinderung von Rostspuren an der Sichtbetonansichtsfläche

Nachbehandlung

Die Nachbehandlung hat gem. ÖNORM B 4710-1 Pkt. 14.5 bzw. ÖVBB RL zu erfolgen.

Das BK hat zu enthalten:

- Methode(n) der Nachbehandlung
 - Nachbehandlung der Wände/Zeitpunkt Ausschalen
- NB-Mittel sind auf Grund der evtl. zu erwartenden Fleckenbildung bei senkrechten Sichtbeton-Bauteilen **nicht** zulässig

Betonsorte/Betonfarbe und Betonprüfung

Als Betonsorte wird für die Bauteile XX XX XX

C XX XXX XXX

Festgelegt. Erst-, Konformitäts- und Identitätsprüfung sind gem. ÖNORM B 4710-1 und der ÖVBB RL durchzuführen. Die entsprechenden Erstprü-

fungen sind mindestens 8 Wochen – gleichzeitig mit dem Betonierkonzept – vor Betonierbeginn dem AG vorzulegen.

Anforderungen an die Ausschalfestigkeiten sind in der Erstprüfung zu berücksichtigen (z.B. Betoneinbau in der kühlen Jahreszeit).

Die Wahl der Ausbreitmaßklasse obliegt dem BV (AN). Diese ist entsprechend der Bauteilabmessungen bzw. gem. den Erprobungs-/Musterflächen festzulegen.

ID-Prüfungen sind durch den AG/ÖBA gem. ÖNORM B 4710-1/Anhang B zu veranlassen. Die Erstellung eines Prüfplanes ist gemeinsam mit BH und BV anlässlich der Startbesprechung vorzunehmen.

5.1.3.2 Frischbetontemperatur

Auf die Auswirkungen der Frischbetontemperatur wird kurz in Kapitel 5.1.4.2 eingegangen, in dem die Außentemperatur während der Betonage als Einflussgröße des Sichtbetonergebnisses beleuchtet wird.

5.1.3.3 Betonverdichtung

Im Zuge der Baustellendokumentation (Kapitel 4) wurden bereits zwei Rüttelversuche vorgestellt, mit deren Hilfe ein Einfluss der Rütteldauer auf die Sichtbetonoberfläche, speziell auf die Porigkeit, herausgefunden werden sollte. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigten, dass die Differenzen an der Sichtbetonoberfläche bei unterschiedlich langer Rütteldauer nur marginal sind. Auch eine Entmischung des Betons bei einer Rütteldauer von 2 min konnte nicht erkannt werden.

Ein anderer Einfluss auf das Sichtbetonergebnis lässt sich jedoch erkennen: Bei der Betonverdichtung ist von den Arbeitskräften stets darauf zu achten, dass die Bewehrung mit der Rüttelflasche nicht berührt wird. Ein Kontakt des Verdichtungsgeräts mit der Armierung würde diese in Schwingung versetzen und lokal eine unterschiedliche Verdichtungsintensität erzielen. Laut Horvath führt dieser Effekt zu partiellen Ungleichheiten des W/Z-Wertes, was in weiterer Folge Hell-/Dunkelverfärbungen hervorruft. Ein höherer Wasseranteil zieht eine hellere Farbgebung nach sich, durch einen geringeren Wasseranteil entstehen Dunkelverfärbungen. Das Muster dieser Farbgebung reflektiert die Bewehrungsführung.⁵⁷

Auch am Bauvorhaben SMC konnte der Effekt der Bewehrungsabzeichnung festgestellt werden. In einigen Sichtbetonwandabschnitten ist das

⁵⁷Vgl. BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. S. 272.

Muster der Bewehrung an der fertigen Betonoberfläche mehr oder weniger deutlich zu erkennen.



Abbildung 5.19 Abzeichnen der Bewehrung

Abbildung 5.19 stellt ein Beispiel einer Bewehrungsabzeichnung dar. Auf dem Foto werden Umrissse der horizontalen Bewehrungsseisen deutlich sichtbar. Dieses Phänomen kann wie oben beschrieben auf eine Berührung der Rüttelflasche mit der Bewehrung zurückgeführt werden.

5.1.3.4 Betonierdauer

Zur Untersuchung der Einflusswirkung der Betonierdauer wurden zuerst alle Gesamtdauern der Betonagen in einem Diagramm dargestellt.

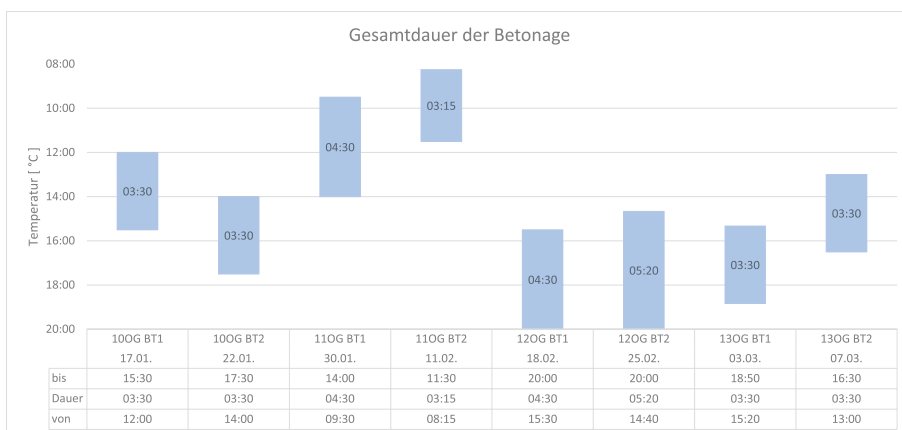


Abbildung 5.20 Gesamtdauer der Betonagen

Durch eine vergleichende Betrachtung konnte herausgefunden werden, dass die Gesamtdauer einer Betonage selbst nur wenig direkten Einfluss auf das Sichtbetonergebnis hat, solange die Steiggeschwindigkeit an die Tragfähigkeit der Schalung angepasst wird. Größere Auswirkungen ergeben sich durch die die Zusammensetzung dieser Dauer. Wartezeiten

während der Betonage führen dazu, dass der bereits eingefüllte Beton mit der Erstarrung beginnt, bevor die nächste Lage eingebracht werden kann. In Folge dessen werden die verschiedenen Lagen nicht ordnungsgemäß miteinander „vernäht“ und es kommt zu Farbunterschieden an der Betonoberfläche. Dieser Effekt wird als „Abzeichnen der Schüttlage“ bezeichnet und im Folgenden näher behandelt.

Um einen Überblick über die Einbaubedingungen am SMC zu bekommen, werden in Tabelle 5.1 alle Einflussgrößen zum Liefer- und Verbrauchsrhythmus eines Fertigungsabschnittes angegeben. Die Werte stellen einen Überblick über alle Bauteile, und somit Fertigungsabschnitte, der betrachteten Regelgeschoße dar.

Einflussgröße	
Anzahl der Fahrmischer	4 Stück
Anzahl der Betonkübel	15 bis 16 Stück
Länge des Betonierabschnitts	ca. 35 m
Zeitliches Abstand zwischen Schüttlagen	30 bis 40 min
Anzahl der Einfüllstellen/Kübel	4 bis 5
Anzahl der Lagen	6 Lagen
Freie Fallhöhe des Frischbetons	< 0,5 m
Lufttemperatur	0 bis 18 °C
Frischbetontemperatur	13,5 bis 21 °C
Beobachtungszeitraum	17.01.2014 bis 07.03.2014

Tabelle 5.1 Liefer- und Verbrauchsrhythmus für einen Betonierabschnitt

Ergänzend zu den Liefer- und Verbrauchsbedingungen wird in Abbildung 5.21 dargestellt, in welcher Reihenfolge der Beton eingebracht wird. Die Sichtbetonwände des SMC weisen einen U-förmigen Grundriss auf. Mit dem Betoneinbau wurde stets an einem Ende des Grundrisses begonnen und eine Lage über die gesamte Länge eingebracht. An der Endstelle dieser Lage wurde mit dem Betoneinbau der darauf folgenden Lage begonnen. Diese Schüttlagerfolge wurde solange wiederholt, bis die erforderliche Betonhöhe erreicht wurde. Auf Grund der Schüttlagerhöhe von ca. 0,5 m und einer Wandhöhe von 3,25 m wurden in jedem Fertigungsabschnitt sechs Schüttlager eingebracht.

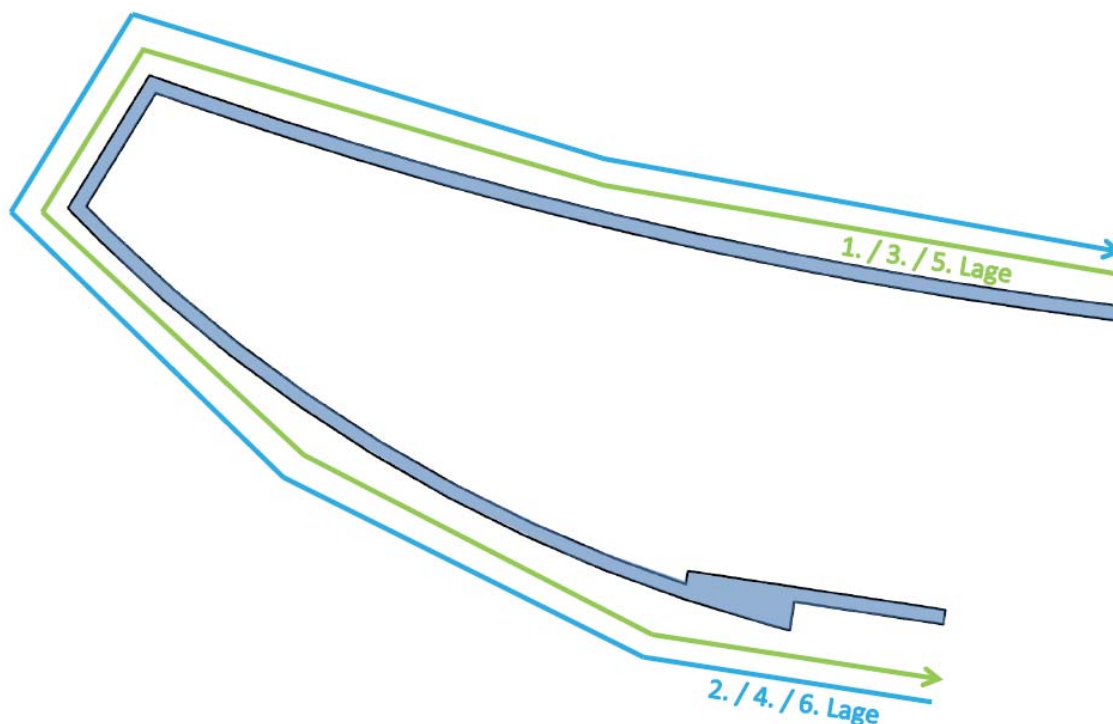


Abbildung 5.21 Schüttreihenfolge beim Betoneinbau

Bei genauer Betrachtung der Schüttreihenfolge kann festgestellt werden, dass an jenen Stellen, die am Beginn einer Schüttlage mit Beton gefüllt werden, mehr als eine Stunde vergeht, bis die nächste Lage an derselben Stelle eingebracht wird. Demnach wirken sich Betonierpausen besonders negativ auf das Sichtbetonbild aus, da sie die ohnehin schon sehr lange Zeit noch weiter erhöhen. Betonierpausen können unter anderem durch ein im Stau stecken des Mischwagens oder ungenügende Planung der Baustellenlogistik entstehen.

Wartezeiten während der Betonage haben einen großen Einfluss auf die Sichtbetonoberfläche, sie sind jedoch nicht die einzigen Einflussfaktoren. Laut Boska ist die Ursache für das Abzeichnen von Schüttlagen eine ungünstige Kombination der folgenden Faktoren:⁵⁸

- Reinigungsgrad der Schalungshaut
- Betontrennmittelmenge
- Zeitlicher Abstand aufeinanderfolgender Schüttlagen
- Dauer des Entladens pro Betonmischer
- Dauer des Entladens pro Kübel
- Schüttlagenhöhe

⁵⁸Vgl. BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. S. 262.

- Anzahl Entleerungsstellen pro Kübel

Auf dieser Baustelle wurde ein Großteil der genannten Faktoren gemessen und aufgezeichnet. Eine ausführliche Studie über die Kombination dieser Faktoren wurde aber aufgrund der fehlenden Notwendigkeit und der zu geringen Aussagekraft durch sich ständig ändernde Randbedingungen nicht durchgeführt.

5.1.4 Umweltbedingungen

Unter Umweltbedingungen werden physikalische und chemische Einwirkungen auf ein zu untersuchendes Objekt verstanden. In diesem Fall werden nur die natürlichen Einflüsse von der Außentemperatur, sowohl während der Schalungsreinigung wie auch während der Betonage, untersucht.

5.1.4.1 Außentemperatur Schalungsreinigung

Ein direkter Einfluss der Außentemperatur während der Schalungsreinigung und somit auch während des Trennmittelauftrages könnte im Zuge der Baustellenanalyse am SMC nicht festgestellt werden.

In den Wintermonaten wurde stets darauf geachtet, die Schalungsreinigung nicht bei Außentemperaturen von weniger als 0 °C durchzuführen. Bei der Herstellung des 11. OG, Bauteil 1 herrschte während der Reinigung der Schalhaut und dem Auftrag des Trennmittels eine Temperatur von ~ 0 C. An der folgenden Abbildung lässt sich erkennen, dass es trotz der niedrigen Temperaturen zu keiner Eisbildung an der Schalhaut gekommen ist, welche sich negativ auf die Qualität des Sichtbetonergebnisses auswirken würde.



Abbildung 5.22 Eisfreie Schalhaut bei einer Außentemperatur von 0 °C

5.1.4.2 Außentemperatur Betonieren

Auch die Außentemperatur während der Betonage kann negative Auswirkungen auf das Ergebnis der Sichtbetonoberfläche haben. Daher fordert die ÖVBB-Richtlinie:2009 eine Außentemperatur zwischen + 5 °C und + 30 °C während des Betoneinbaus. Sowohl bei niedrigeren Temperaturen im Winter als auch bei höheren Temperaturen im Sommer kann das Hydratationsverhalten des Betons beeinflusst werden, was zu unerwünschten Verfärbungen an der Oberfläche führt. Im Folgenden wird ausschließlich auf die Problematik durch tiefe Temperaturen in den Wintermonaten eingegangen, da die Dokumentation der Herstellung von Sichtbetonwänden im Rahmen dieser Arbeit in den Monaten Jänner, Februar und März durchgeführt wurde. In der folgenden Grafik lässt sich erkennen, dass von November bis März mit Temperaturen unter 5 °C zu rechnen ist.

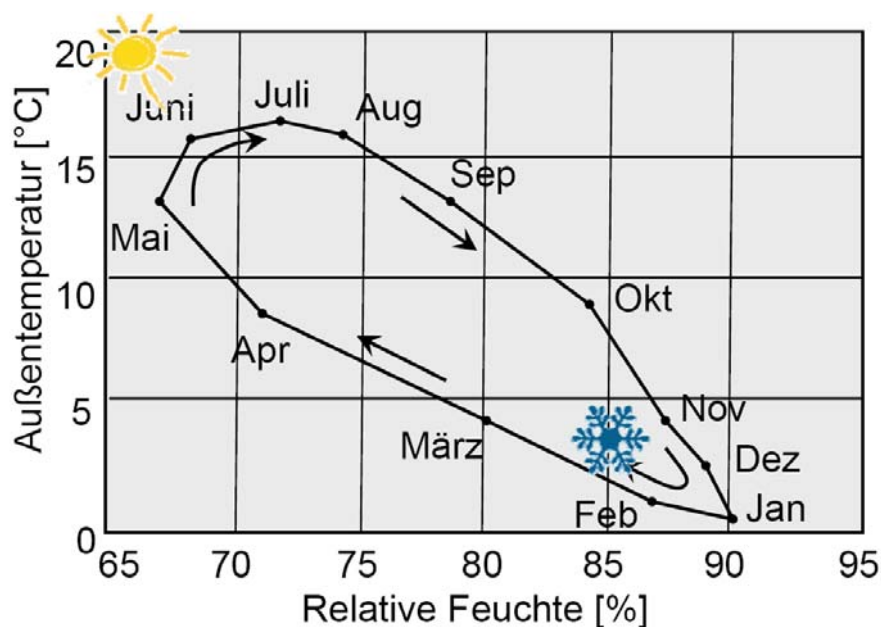


Abbildung 5.23 Zusammenhang Außentemperatur und relative Luftfeuchtigkeit⁵⁹

Um einen Zusammenhang zwischen der Außentemperatur und der Betonoberfläche herstellen zu können, wurde zunächst während jeder Betonage die Außentemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Frischbetontemperatur aufgezeichnet. Ein Verlauf der Ergebnisse dieser Messungen wird in Abbildung 5.24 chronologisch für jedes Bauteil dargestellt. Die genauen Werte können in der Tabelle unter dem Diagramm nachgelesen werden.

⁵⁹ CBM, T. U.: Schlussbericht für den Zeitraum: 01.05.2004 bis 30.04.2006. Schlussbericht. S. 56

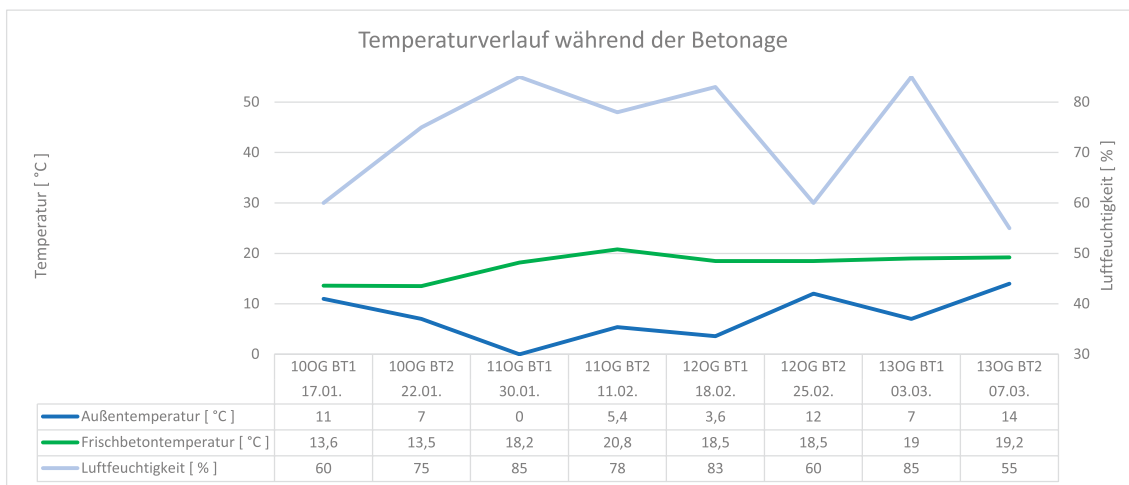


Abbildung 5.24 Lufttemperatur während den Sichtbetonbetonagen

Die folgenden Fotos zeigen für jedes angeführte Bauteil das Ergebnis der Sichtbetonwand.



Abbildung 5.25 10OG BT1



Abbildung 5.26 10OG BT2



Abbildung 5.27 11OG BT1



Abbildung 5.28 11OG BT2



Abbildung 5.29 12OG BT1



Abbildung 5.30 12OG BT2



Abbildung 5.31 13OG BT1

Abbildung 5.32 13OG BT2

Bei einer Gegenüberstellung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Außentemperatur während der Betonage lässt sich auf eine Einflusswirkung der Temperatur auf die Sichtbetonqualität schließen. Während der Betonage des 11. OG, sowohl Bauteil 1 wie auch 2, herrschten niedrige Temperaturen (0 bis 5 °C) und hier sind die schlechtesten Ergebnisse zu erkennen. Die besten Ergebnisse, abgesehen von oberflächigen Absandungen, wurden im 13. OG erzielt. Diese Bauteile wurden bei Temperaturen von 7 bzw. 14 °C hergestellt.

Ähnliche Rückschlüsse lassen sich auch aus einer vergleichenden Betrachtung bezüglich der Frischbetontemperatur ziehen. Der Beton für das 10. und 11. OG wurde mit einer sehr niedrigen Temperatur (zum Teil unter 15 °C) und jener für das 12. und 13. OG mit einer höheren Temperatur (ca. 19 °C) geliefert. Tendenziell sind die Sichtbetonergebnisse im 10. und 11. OG besser als im 12. und 13. OG.

Mit Hilfe der eben genannten Rückschlüsse kann der Einfluss der Außentemperatur während der Betonage und der Frischbetontemperatur auf die Sichtbetonqualität dargelegt werden. Um eine genauere Differenzierung zwischen beiden Einflüssen treffen zu können, wären Betonageversuche unter Laborbedingungen mit gleichbleibender Außentemperatur und variierender Frischbetontemperatur bzw. umgekehrt nötig.

Das eben genannte Phänomen lässt sich auch in der Literatur nachlesen:

Niedrige Temperaturen verlangsamen laut Boska die Hydratation und in Folge die Ausbildung eines dichten Betongefüges. Dadurch entsteht eine Verbesserung des Transportes der Porenlösung und des darin gelösten Calciumhydroxids von innen nach außen wegen einer höheren Kapillarleitfähigkeit des Betons. Daraus resultiert ein längerer, erster Trocknungsabschnitt. Weiters verursachen Calciumhydroxidkonzentrationen in der Porenlösung bei geringerem Hydratationsgrad eine Ablagerung dieser Lösung im oberflächennahen Bereich. Dieses oberflächennahe Cal-

ciumhydroxid, auch Portlandit genannt, führt zu einem dunklen Erscheinungsbild.⁶⁰

5.1.5 Baubetriebliche Einflüsse

Unter baubetrieblichen Einflüssen werden all jene Vorgänge des Baubetriebes verstanden, deren Ausführung einen Einfluss auf die Qualität der Sichtbetonoberfläche haben. Am Bauvorhaben SMC konnte ein direkter Einfluss von fehlender Abdeckung der Bewehrung bei Niederschlag, fehlender Abdichtung der Elektroeinlegearbeiten, fehlendem Kantenschutz und unzureichendem Schutz der fertigen Sichtbetonflächen festgestellt werden. Die Auswirkungen der oben angeführten Punkte werden im Folgenden dargestellt.

5.1.5.1 Fehlende Abdeckung der Bewehrung bei Niederschlag

Wird eine offenliegende Bewehrung bei Niederschlag nicht abgedeckt, kann es durch den Kontakt zwischen Bewehrung und Wasser zur Rostbildung kommen. Das Korrosionsprodukt der Eisenstäbe setzt sich an der Betonoberfläche ab und führt zu unerwünschter Verschmutzung der Sichtbetonoberfläche.

Die folgende Abbildung zeigt eine Sichtbetonwand des SMC, die durch Rostfahnen stark verschmutzt ist. Zwischen dem Ausschalen dieser Wand und der Betonage der darüber liegenden Decke wurde die Bewehrung trotz Niederschlag nicht abgedeckt.



Abbildung 5.33 Rostfahnen durch Kontakt der Bewehrung mit Regen

⁶⁰Vgl. BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. S. 271.

5.1.5.2 Fehlende Abdichtung der Elektroeinlegearbeiten

Aufgrund von unzureichender Abdichtung der Elektroeinlegearbeiten nach dem Ausschalungsvorgang kann Kondenswasser austreten, welches sich wegen der Hydratationswärme in den Elektroleitungen angesammelt hat. Dieses Wasser läuft entlang der Sichtbetonoberfläche bis zum Boden ab und erzeugt unerwünschte Wasserschlieren.

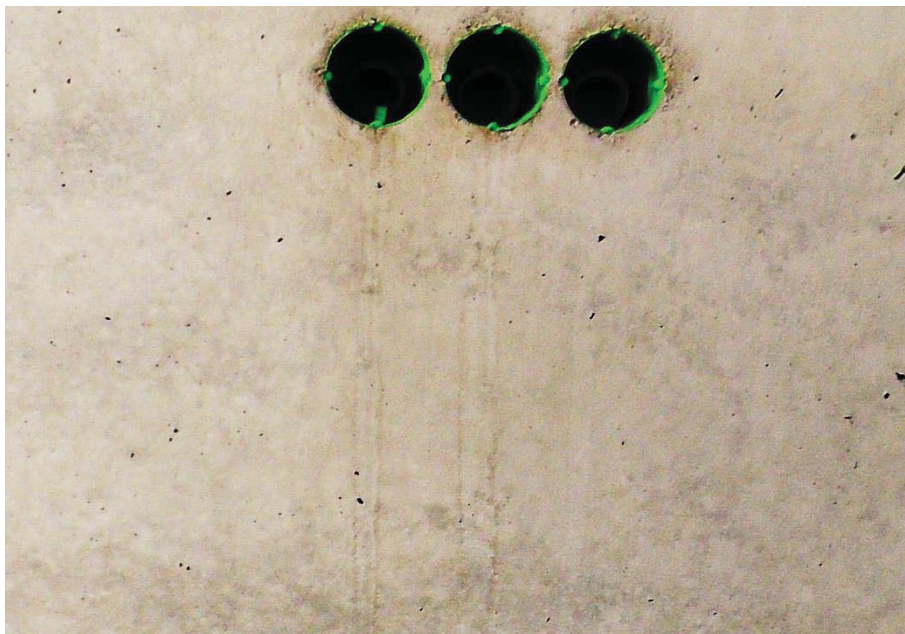


Abbildung 5.34 Wasserschlieren wegen unabgedichteten Elektroeinlegearbeiten

5.1.5.3 Fehlender Schutz der fertigen Sichtbetonbauteile

Auch nach zufriedenstellender Herstellung von Sichtbetonbauteilen sind diese während der verbleibenden Bauzeit vor äußeren Einflüssen zu schützen. Mechanische Beanspruchung oder mutwillige Verschmutzung durch andere Gewerke können sich negativ auf die Qualität der Sichtbetonoberfläche auswirken.

Sichtbetonkanten

Bei fehlendem Kantenschutz erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass eine gelungene Kante durch äußere Einwirkungen beschädigt wird und so den Gesamteindruck des Ergebnisses deutlich verschlechtert.

Sichtbetonflächen

Die folgende Abbildung zeigt eine Sichtbetonwand, die während der Betonage der darüber liegenden Decke durch Betonspritzer verschmutzt wurde.



Abbildung 5.35 Betonspritzer an fertiger Sichtbetonwand

5.2 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess während der Sichtbetonherstellung am Bauvorhaben SMC

Der folgende Abschnitt umfasst alle wesentlichen Maßnahmen, die im Zuge des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses am Bauvorhaben SMC umgesetzt wurden und zur Qualitätssteigerung der Sichtbetonoberfläche beigetragen haben.

Um einen Überblick über alle Maßnahmen zu bekommen, werden diese auf der nächsten Seite in einer Tabelle angezeigt. Es ist nach folgender Legende farblich markiert, bei welcher Sichtbetonbesprechung diese Maßnahme beschlossen wurde, in welchem Fertigungsabschnitt sie umgesetzt wurde und welche Produktionsfaktoren betroffen sind.

12OGBT2	Fertigungsabschnitt, in dem die Maßnahme umgesetzt wurde
20.02.2014	Datum der Sichtbetonbesprechung, bei der die Maßnahme beschlossen wurde
A B S D	Produktionsfaktoren, die betroffen sind:
	A ... Arbeit
	B ... Betriebsmittel
	S ... Stoffe
	D ... dispositive Produktionsfaktoren

Maßnahmenmatrix

Bauteil der Änderung	10OG8T1	10OG8T2	11OG8T1	11OG8T2	12OG8T1	12OG8T2	13OG8T1	13OG8T2	14OG8T1	14OG8T2						
Datum der Sichtbetonbesprechung			27.01.2014	10.02.2014	12.02.2014	20.02.2014	27.02.2014	05.03.2014	11.03.2014	24.03.2014						
	A	B	S	D	A	B	S	D	A	B	S	D	A	B	S	D
Bewehrung																
Arbeitsvorgang																
Kontakt zwischen Bewehrung und Trennmittel verhindern																
Kontakt zwischen Bewehrung und Schalhaut verhindern																
ausreichende Betondeckung vorsehen																
Rüttel- und Betoniergasen vorsehen																
Schalung																
Vorbereitung																
Bei Lagerung vor Sonneneinstrahlung und Witterung schützen																
Bei Lagerung vor mechanischer Beanspruchung schützen																
Bei horizontaler Lagerung textile Zwischenlagen verwenden																
Arbeitsvorgang																
Wechsel der Schalhaut																
Vorheizen der Schalung																
bessere Fugenabdichtung																
Schalungsreinigung																
Vorbereitung																
Säurefreien Wasserbehälter verwenden																
Arbeitsvorgang																
Wasser nach 3 Elementen wechseln																
Schalung nach der Reinigung mit Wasser abspritzen																
Sika Betonlöser																
DokaTrenn																
Trennmittelauftrag																
Optix																
Doka Trenn																
Betonrezeptur																
CEM III durch R-Zement ersetzen																
Füller durch Sand ersetzen																
max. 180l Wasser pro m³ Frischbeton																
Betoninbau																
Vorbereitung																
Schüttagenhöhe kennzeichnen (Latta)																
Schüttagenhöhe kennzeichnen (Schalhaut)																
Schüttagenhöhe kennzeichnen (Bewehrung)																
Frischbetontemperatur auf 16-18°C heben																
Temperaturfühler einbauen																
Arbeitsvorgang																
Fallhöhe Beton < 1m																
flexibler Einbringschlauch																
Frischbetontemperatur messen																
Steiggeschwindigkeit: 1,2 m/h zu Beginn: <2m/h																
Verdichten																
Vorbereitung																
Kabelbinder an Rüttelflasche anbringen																
Ersatzrüttler muss vor Ort sein																
Rüttelabstand markieren																
Arbeitsvorgang																
Bewehrung möglichst nicht berühren																
keine Luft einrütteln																
Ausschalen																
nach Lösen der Anker die Schaltafel sofort wegheben, um Kondensat zu verhindern																
sorgfältig ausschalen um mechanische Beschädigung zu verhindern																
Schutz der Sichtbetonwände																
Kantenschutz																
Kantenschutz (kein Holz berührt Beton)																
mehrsprachige Warnschilder																
alle Sub-Unternehmer müssen unterschreiben, dass sie Rücksicht auf SB nehmen																
Schutz durch transparente PVC-Folie																
Sonstiges																
mit Bauschutzmatte einhausen																
über Nacht beheizen																
Steckdosen beim Ausschalen mit einem Tuch ausstopfen (Kondenzwasser)																
Prüfungen																
Betonprüfungen																
Ausbreitmaß																
Frischbetontemperatur																
Erstarrungsdauer																
optische Prüfungen																
optischer Kontrolle der TM-Menge																
optische Kontrolle der Gleichmäßigkeit des TM-Auftrages																
optische Kontrolle auf Schalhautschäden																
sonstige Prüfungen																
Kontrolle des Verdichtungsgerätes																
pH-Wert-Kontrolle																
Messen der Aussentemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit																
Rüttelversuch																
Versuch Nr.1																
Versuch Nr.2																

Abbildung 5.36 Maßnahmenmatrix⁶¹

⁶¹ Die Abbildung wird im Anhang größer dargestellt.

5.2.1 Lagern der Sichtschalung

Während der Lagerung ist die Sichtschalung vor Sonneneinstrahlung, Witterungseinflüssen und mechanischer Beanspruchung zu schützen.

Dies kann wie in Abbildung 5.37 dargestellt nur durch eine Plane oder Bauschutzmatte erfolgen. Bei Bedarf muss eine stabile Konstruktion über den Schalelementen errichtet werden.

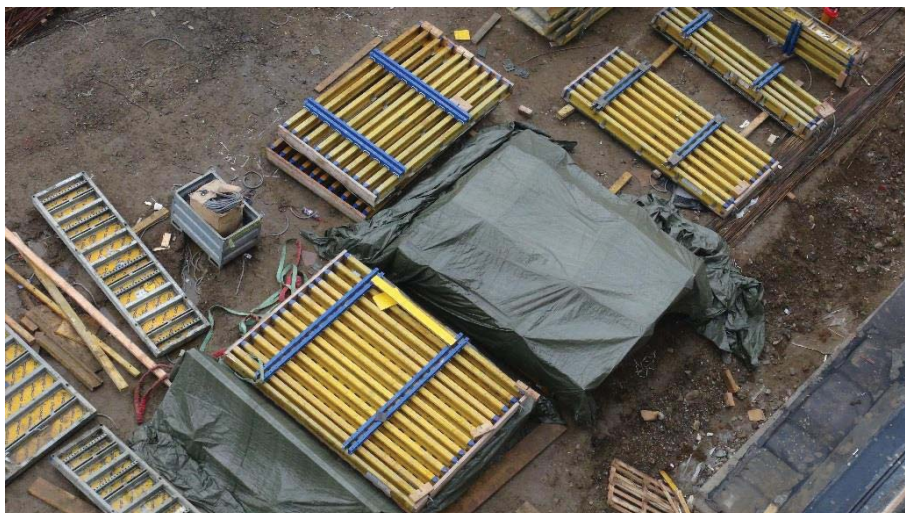


Abbildung 5.37 Abdecken der Sichtschalung während der Lagerung
[Foto: Hofstadler]

5.2.2 Bewehrung

Hier werden nur baubetriebliche Aspekte der Bewehrungsausführung angeführt.

5.2.2.1 Abstandhalter aus Faserzement

Um keinen optisch unschönen Abdruck der Plastikabstandhalter an der Sichtbetonoberfläche zu erhalten, können spezielle Faserzementabstandhalter für Sichtbeton verwendet werden. Diese garantieren die Einhaltung der Betondeckung und verbinden sich optimal mit Ortbeton.

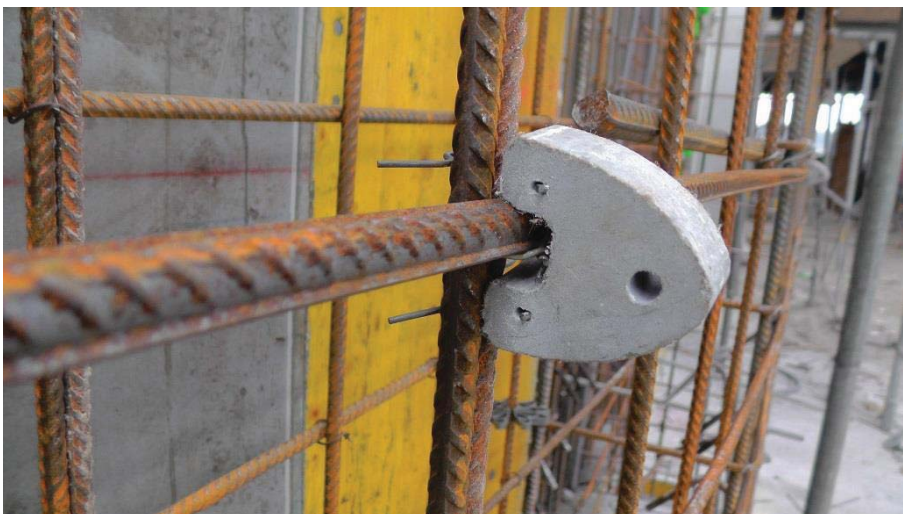


Abbildung 5.38 Faserzementabstandhalter für Sichtbeton

5.2.2.2 Markierung der Schüttlagen

Da das Abschätzen der Höhe des bereits eingebrachten Betons bei einer Wandhöhe von über 3 m größter Sorgfalt und viel Erfahrung bedarf, soll den Arbeitskräften eine Orientierungshilfe geboten werden, indem die Höhe der Schüttlage markiert wird. Diese Markierung wurde auf drei unterschiedliche Arten angebracht, bis eine zufriedenstellende Lösung gefunden wurde.

Durch eine Holzlatte:

Als erster Versuch wurde an einer Holzlatte die gesamte Höhe der Sichtwand gekennzeichnet und weitere Markierungen jeweils im Abstand von 50 cm darunter angebracht. Diese Latte wurde während der Betonage vertikal so zwischen der Schalung angebracht, dass zwischen der Unterkante der Latte und der Oberkante des Betons 50 cm Freiraum bleiben. Dann wurde so lange Beton eingebracht, bis dieser Freiraum komplett aufgefüllt wurde. Dieser Vorgang musste für jede Schüttlage wiederholt werden.

Auf Grund des großen Aufwandes dieser Methode wurde diese Art der Markierung schnell wieder verworfen.

An der Stellschalung:

Bei einem zweiten Versuch wurden vertikale Markierungen im Abstand von 50 cm mit einem Leuchtspray an der Stellschalung zur Orientierungshilfe beim Betoneinbau angebracht.



Abbildung 5.39 Markierung der Schüttlagen an der Stellschalung

An der Bewehrung:

Während der Betonage stehen die Arbeitskräfte auf einer Arbeitsbühne, die sich über der Stellschalung befindet. Daher sind Markierungen an der Stellschalung nur sehr schwer erkennbar. Markierungen an der Sichtschalung würden sich direkt an der Betonoberfläche abzeichnen und sind somit ungeeignet. Aus diesem Grund hat es sich als zielführend herausgestellt, die Markierungen zur Orientierungshilfe an der Bewehrung auf der Sichtseite anzubringen.



Abbildung 5.40 Markierung der Schüttlagen an der Bewehrung

5.2.3 Reinigung der Schalung

Während der Reinigung der Sichtbetonschalung muss mit besonders großer Vorsicht gearbeitet werden, da sich jede Beschädigung der Schalhaut auf der Sichtbetonoberfläche abzeichnet. Falls es nicht ausreicht, nur das Reinigungsmittel aufzutragen und wieder abzuwaschen, bedarf es einer mechanischen Behandlung der Schalung zur Entfernung

aller Betonreste. Um die empfindliche Schalhaut dabei nicht zu zerkratzen, wurde auf die Verwendung von metallischen Gegenständen, wie Spachtel oder Kelle, gänzlich verzichtet. Stattdessen wurde die Schalung mit einer Kunststoffspachtel oder einem Kantholz bearbeitet und damit alle Rückstände abgeschabt.



Abbildung 5.41 Reinigung der Schalhaut mit Kunststoffspachtel und Kantholz

5.2.4 Betoneinbau

Hier werden alle Maßnahmen, die einem reibungslosen Betoneinbau ermöglichen und verbessern, zusammengefasst.

5.2.4.1 Rüttelgasse durch eine kleine Aussparung

Um ein mangelfreies Betongefüge auch unter Aussparungen erzielen zu können, kann es, je nach Form und Größe der Aussparung, erforderlich sein, Rüttel- und auch Betoniergassen einzubauen.



Abbildung 5.42 Rüttelgasse

5.2.4.2 Sauberer, trockener Betonkübel

Der Betonkübel soll vor der Betonage immer sauber und möglichst trocken sein. Der in Abbildung 5.43 dargestellte Schnee würde zu einer ungewünschten Veränderung des Wassergehaltes im Beton führen und muss daher ausgewaschen werden.



Abbildung 5.43 Schneebedeckter Betonkübel

5.2.4.3 Schneefall während der Betonage

Auf eine Betonage während Schneefall oder starkem Regen soll immer verzichtet werden, da sich Wasser an der Schalhaut absetzen oder den Wasser-Bindemittel-Wert negativ verändern kann.



Abbildung 5.44 Schneebedeckte Schalung

5.2.4.4 Abdecken der Schalung

Bei Schneefall bzw. starkem Regen wurde die mit Beton gefüllte Schalung nach Fertigstellung der Betonage mit einer Bauschutzmatte abgedeckt, um den Beton während der Hydratation vor Umwelteinflüssen zu schützen.



Abbildung 5.45 Abdecken der Schalung

5.2.5 Betonprüfung

Laut ÖNORM B4710-1:2007 ist jeder Beton „unter der Verantwortung des Herstellers einer Produktionskontrolle zu unterziehen.“⁶² Diese Produktionskontrollen dienen der Qualitätssicherung des Lieferbetons und können im Werk durchgeführt werden. Um zu gewährleisten, dass der Beton auch noch an der Übergabestelle die vereinbarten Anforderungen aufweist, schreibt die Norm vor, mindestens einmal monatlich, sowohl im Transportbetonwerk als auch an der Übergabestelle (möglichst am Ende der Verarbeitungszeit) die Anforderungen zu überprüfen.⁶³

Neben statischen Anforderungen wie Druckfestigkeit, Spaltzugfestigkeit,... sind bei der Sichtbetonherstellung vor allem jene Betoneigenschaften von Bedeutung, die Einfluss auch das optische Erscheinungsbild der fertigen Betonoberfläche haben. Dazu zählen vor allem die Frischbetonkonsistenz, die Frischbetontemperatur und der Wassergehalt.

Die Norm schreibt folgende Prüfungen an Frischbeton vor:⁶⁴

- Datum und Ort der Probenahme

⁶² ÖNORM B 4710-1: Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 94

⁶³ Vgl. ÖNORM B 4710-1: Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 79

⁶⁴ ÖNORM B 4710-1: Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 95

- Lieferscheinnummer bzw. Chargenprotokoll, falls vorhanden
- Lage im Bauwerk, falls bekannt
- Konsistenz (verwendete Verfahren und Ergebnisse)
- Rohdichte, falls gefordert
- Betontemperatur, falls gefordert
- Luftgehalt, falls gefordert
- Menge der geprüften Betoncharge oder -ladung
- Nummer und Bezeichnung der zu prüfenden Probekörper
- Wassergehalt und Wasserzementwert, falls gefordert

Prüfung der Frischbetonkonsistenz

Zur Kontrolle der Frischbetonkonsistenz direkt an der Einbringstelle wurde der Beton zur Herstellung des 10. und 11. OG neben den vorgeschriebenen Kontrollen im Werk noch einer Überprüfung auf der Baustelle unterzogen. Die ausführende Baufirma verlangte im Zuge aller Maßnahmen zum kontinuierlichen Verbesserungsprozess, dass jeder Beton mit einer Mindestkonsistenz von F52 eingebaut wird, wie es auch in der ÖVBB-Richtlinie:2009 für BSBQ2 empfohlen wird. Aus diesem Grund nahm der Betonlieferant von jedem Mischwagen ca. 3 Betonproben und führte Messungen zum Ausbreitmaß durch.



Abbildung 5.46 Bestimmung des Ausbreitmaßes

In Abbildung 5.46 ist die Bestimmung des Ausbreitmaßes einer Betonprobe zu erkennen. Das Foto zeigt ausgetretenes Wasser an den Rändern der Betonprobe, was auf ein Bluten des Betons hindeutet.

Die Ergebnisse aller Messungen des 11. OG Bauteil 1 und 2 lassen sich in den Kapiteln 4.3.3 und 4.5.4 nachlesen.

Prüfung der Frischbetontemperatur

Zur Gewährleistung der in der ÖVBB-Richtlinie:2009 geforderten Frischbetontemperatur von +15 bis +27 °C wurde am Bauvorhaben SMC ab dem 11. OG die Frischbetontemperatur jedes einzelnen Betonkübels am Einfüllort in den Kübel und an der Einbringstelle in die Schalung von der ausführenden Baufirma gemessen. Die Ergebnisse der Messungen sind im Kapitel 4 „Baustellendokumentation SMC“ nachzulesen.

5.2.6 Schutz von Sichtbetonwänden

Auch nach erfolgreicher Herstellung von Sichtbeton sind alle Bauteile vor äußeren Einflüssen zu schützen, damit die Qualität der Oberfläche nicht wieder verringert wird.

5.2.6.1 Kantenschutz:

Während der Bauzeit sind Schutzmaßnahmen der Sichtbetonkanten zu treffen, um eine Beschädigung durch mechanische Einwirkungen zu vermeiden. Die einfachste Ausführung dieses Kantenschutzes besteht aus zwei Brettern, die zu einer Winkelkonstruktion zusammengefügt werden.

Bei der Montage dieser Schutzkonstruktion muss stets dafür Sorge getragen werden, dass der junge Beton nicht mit verschiedenen Materialien in Berührung kommt, da dies zu unterschiedlicher Hydratation führt und unerwünschte Farbunterschiede an der Betonoberfläche mit sich bringt.

Hier wurde die Holzwinkelkonstruktion über Ankerstäbe in den Ankerlöchern befestigt. Mit Hilfe von Abstandhaltern wurde die nötige Distanz zwischen Beton und Holz sichergestellt.



Abbildung 5.47 Distanzierung des Kantenschutzes durch Abstandhalter (ideal)



Abbildung 5.48 Kantenschutz für fertige Sichtbetonwände (oben: ideal; unten: nicht ideal)

5.2.6.2 Abdecken der Bewehrung bei Niederschlag

Auch nach der Betonage ist noch ein Abdecken der Bewehrung notwendig, wenn es zwischen dem Ausschalen der Sichtbetonwand und der Betonage der darüberliegenden Decke zu Niederschlag kommt. Die Abdeckung soll den Kontakt zwischen Bewehrung und Wasser verhindern, damit es zu keiner Rostbildung kommen kann. Das Korrosionsprodukt der Eisenstäbe würde sich sonst an der Betonoberfläche absetzen und zu unerwünschter Verschmutzung führen.



Abbildung 5.49 Abdeckung der Bewehrung bei Regen bzw. Schneefall

Da der Arbeitsaufwand für die Abdeckung der gesamten Anschlussbewehrung der Sichtwände bei kurzem und schwachem Regen verhältnismäßig groß ist und der Regen manchmal überraschend schnell kommt, wurde noch eine weitere Maßnahme gegen Rostspuren an der Sichtbetonoberfläche gesetzt. Dafür wurde an der Betonkrone entlang der Kante zur Sichtwand eine Silikonwulst aufgetragen. Diese soll ein Abrinnen von Regenwasser über die Sichtbetonwand verhindern.



Abbildung 5.50 Silikonwulst an der Betonkrone

6 Sanierung von Sichtbeton am SMC

Auf Grund der Komplexität des Baustoffes Sichtbeton kann eine Erreichung der erforderlichen Qualität bei Ortbetonweise trotz großem Fachwissen, Bemühen und Sorgfalt nie garantiert werden. Da viele Faktoren, die sich über die Herstellung mehrerer Fertigungsabschnitte zwangsläufig verändern, das Ergebnis beeinflussen, muss damit gerechnet werden, dass auch Sichtbetonbauteile entstehen, die saniert werden müssen.

6.1 Arten der Sichtbetonsanierung am SMC

Bei der Sichtbetonsanierung am SMC wurde zwischen den Begriffen Reinigung und Sanierung unterschieden.

6.1.1 Reinigung

Unter Reinigung wird hier die oberflächige Bearbeitung der Sichtbetonwände unter Abtragung von vorhandenem, unerwünschtem Material (Verschmutzungen) verstanden. Folgende Reinigungsmethoden und deren Resultate wurden am SMC getestet bzw. angewendet:⁶⁵

Ameisensäure

Auf Grund der guten Resultate von Sichtbetonsanierung mit Ameisensäure am Bauvorhaben Campus WU Wien wurde diese Methode auch am SMC getestet. Als Ergebnis kann eine komplette Aufhellung der behandelten Stellen verzeichnet werden, die Farbgebung wurde durch die Behandlung jedoch nicht gleichmäßiger.

Auf Grund der mittelmäßigen Resultate und der gefährlichen Handhabung der Säure wurde auf eine weitere Anwendung verzichtet.

Schleifpapier

Weiters wurde der Reinigungseffekt von handelsüblichem Schleifpapier der Körnungen 400, 600 und 1000 getestet. Die einfache Anwendung ermöglicht schnell gute Resultate. Erst bei genauerer Betrachtung kann erkannt werden, dass durch die Behandlung mit Schleifpapier große Unterschiede in der Rauigkeit (siehe Abbildung 6.1 – rechtes Bild) der

⁶⁵ Im Anhang befindet sich eine Liste mit allen Produkten, die zur Reinigung der Sichtbetonwände am SMC verwendet wurden.

Sichtbetonoberfläche entstehen, die im Streiflicht deutlich sichtbar werden.

Daher wird auch diese Reinigungsmethode nicht weiter verfolgt.

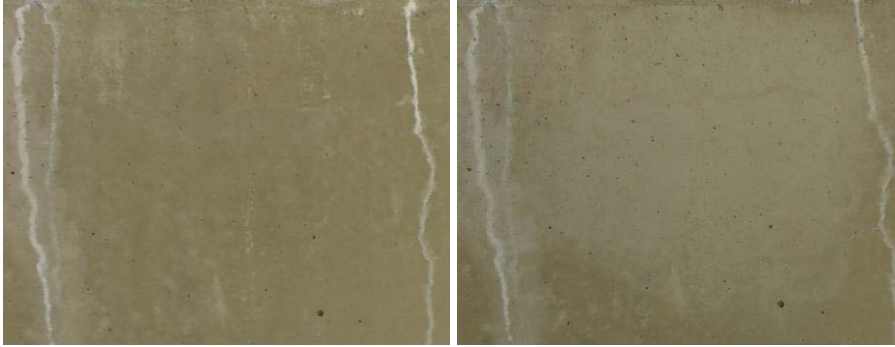


Abbildung 6.1 Reinigung mit Schleifpapier

Bimsstein

Eine Möglichkeit zur Sichtbetonreinigung bietet der Bimssteinriegel. Mit einem Bimsstein der Variante „soft-weich“ können durch kleine, oszillierende Bewegungen oberflächige Verschmutzungen entfernt werden. In der folgenden Abbildung ist zu erkennen, wie durch diese Reinigungsmethode Rostflecken vollständig von der Sichtbetonfläche beseitigt werden konnten.



Abbildung 6.2 Erfolgreiche Entfernung von Rostflecken mit einem Bimsstein

Schleifvlies

Auch durch Anwendung eines Schleifvliesbogens der Körnung „S med“ können gute Resultate bei der Sichtbetonreinigung erzielt werden. Das Vlies sollte in achterförmigen Bewegungen mit leichtem Druck über die Betonfläche gezogen werden. Diese Reinigungsmethode wirkt nur sehr oberflächlich und erzielt auch im Streiflicht ein gleichmäßiges Gesamtbild.

Auf der folgenden Abbildung ist eine fast vollständige Entfernung eines Farbflecks durch die Behandlung mit Schleifvlies zu sehen.



Abbildung 6.3 Reinigung mit Schleifvlies

Universalschleifmaschine

Für eine vollflächige Reinigung von Sichtbetonwänden eignet sich die Verwendung einer Universalschleifmaschine, da durch den Geräteeinsatz der Aufwandswert deutlich verringert werden kann und über große Flächen ein gleichmäßiges Ergebnis erzielt wird.

Zur Sichtbetonreinigung kann der Einsatz von Schleifvlies des Reinigungsgrades fein bis mittel empfohlen werden. Diese Vliesscheibe wird mit Klettverschluss direkt am der Schleifmaschine befestigt. Das Ergebnis der Reinigung mit einer Universalschleifmaschine ist in Abbildung 6.5 ersichtlich.



Abbildung 6.4 Sichtbetonwand vor der Reinigung mit Universalschleifgerät

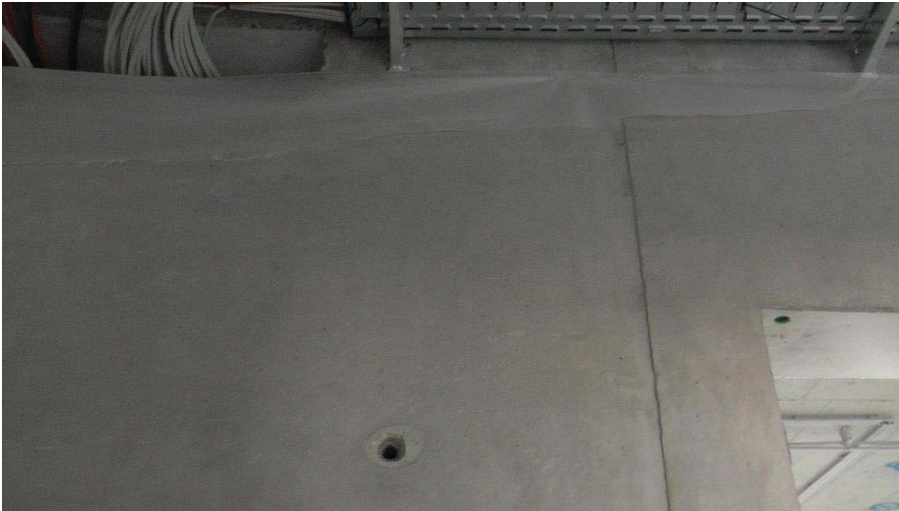


Abbildung 6.5 Sichtbetonwand nach der Reinigung mit Universalschleifgerät

6.1.2 Sanierung

Unter Sanierung wird hier die oberflächige Bearbeitung der Sichtbetonwände unter Aufbringung von zusätzlichem Material verstanden.

Die Sanierungsarbeiten sind immer von einem Experten durchzuführen. Beim Bauvorhaben SMC wurde hierzu ein Restaurator hinzugezogen. Diese schulte auch firmeninternes Personal im Umgang mit Bimsstein, Schleifvlies und Universalschleifmaschine.

6.2 Empfehlungen für die Sanierung von Sichtbeton

Auf Grund der Erfahrungen, die am SMC gemacht wurden, können folgende Empfehlungen für die Sanierung von Sichtbeton ausgesprochen werden:

Vollflächige Reinigung

Die vollflächige Reinigung einer Sichtbetonwand erzielt bei geringem zeitlichem Aufwand große Wirkung. Die Farbgebung einer Sichtbetonwand wird einheitlicher und der Gesamteindruck ansprechender.

Dabei ist folgender Arbeitsablauf empfehlenswert:

1. Vollflächige Reinigung mit Hilfe eines Universalschleifgerätes
2. Optische Kontrolle und Beurteilung des Ergebnisses
3. Nachbehandlung aller erforderlichen Flächen durch kleine Bewegungen mit einem Bimsstein und anschließend durch Achter-Bewegungen mit einem Schleifvlies

4. Bearbeitung aller Elementfugen durch einen Wandschaber mit Klinge und ggf. durch Bimsstein und Schleifvlies
5. Zum Schluss sollten alle Wände mit einem Kunststoffbesen abgefegt werden, um den losen Feinstaub zu entfernen.

Sanierung nur dort, wo die Reinigung nicht ausreicht

Die Erfahrung am SMC hat gezeigt, dass durch eine vollflächige Reinigung eine erhebliche Verbesserung der Sichtbetonqualität erzielt werden kann und es daher entgegen aller Erwartungen nicht immer notwendig ist, Sichtbetonoberflächen mit markanter Farbgebung zu sanieren.

Es empfiehlt sich, die Sichtbetonbauteile nach einer vollflächigen Reinigung gemeinsam mit dem Bauherrn zu begutachten und verbindlich zu entscheiden, an welchen Stellen eine zusätzliche Sanierung notwendig ist.

Sanierung von Poren nur dann, wenn es der Bauherrn verlangt

Bei der Sanierung von Poren werden diese unter Aufbringung von zusätzlichem Material verschlossen. Dabei ist es technisch unmöglich, eine komplett glatte Fläche herzustellen. Das Ergebnis einer Porensanierung wird bei direkter Betrachtung zu gutem Erfolg führen, bei schräger Betrachtung jedoch immer sichtbar bleiben.

Auch hier empfiehlt es sich, nach der vollflächigen Reinigung die porenreichen Sichtbetonbauteile dem Bauherrn zu zeigen, ihn auf die Auswirkungen einer Sanierung hinzuweisen und nur auf ausdrücklichen Wunsch eine Sanierung durchzuführen.

7 Leitfaden

„Die Merkmale von Sichtbetonflächen werden sowohl in der Planungs- als auch in der Ausführungsphase durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren bestimmt. Die Besonderheit der Einflussfaktoren besteht zum Einen in ihrer Veränderlichkeit und zum Anderen in ihrer Wechselwirkung untereinander. Dabei nehmen sie direkt und indirekt Einfluss auf die Qualität der Sichtbetonfläche.“⁶⁶

Um den Beteiligten der Sichtbetonherstellung eine Hilfestellung bei dieser komplexen Aufgabe zu geben, wurde im Zuge der Erstellung der vorliegenden Arbeit ein Leitfaden entwickelt, der auch auf den Erfahrungen und Ergebnissen der Baustellenanalyse des SMC basiert. Der Leitfaden wird in Form einer Checkliste ausgeführt. Dabei werden wesentliche Punkte, die bei der Planung, der Arbeitsvorbereitung und der Ausführung von Sichtbeton vom Fachplaner bzw. von der ausführenden Firma beachtet werden müssen, aufgelistet. Die Checkliste soll somit nur als Hilfestellung bzw. Gedankenstütze dienen und stellt keine Anleitung zur Sichtbetonherstellung dar.

Auf der linken Seite jeder Checkliste wird farblich markiert, welche Produktionsfaktoren bei dem jeweiligen Punkt besonders betroffen sind. Die Kennzeichnung erfolgt nach dieser Legende:

Betroffen			
A	B	S	D

Produktionsfaktoren, die besonders betroffen sind:

- A ... Arbeit
- B ... Betriebsmittel
- S ... Stoffe
- D ... dispositive Produktionsfaktoren

⁶⁶ MOTZKO, C.; BOSKO, E.: Neue Baubetriebliche Erkenntnisse zur Sichtbetontechnik. In: Bauportal , Nr. 10/2011. S. 1

7.1 Checkliste Planung

Bei der Planung wird das Führungsglied vom Architekten dargestellt, der bei Beachtung der Vorstellungen des Bauherrn Auflagen an das Steuerglied, den Planungsteamleiter, richtet. Diese Auflagen können z.B. Gestaltungsmerkmale für die Sichtbetonoberfläche und ein Kostenrahmen sein.

Die Vorgaben des Führungsgliedes werden durch das Steuerglied analysiert und in Steuergrößen umgewandelt, die z.B. als Planung der Gestaltungsmerkmale oder als Randbedingungen für die Statik an die Regelstrecke gerichtet werden. Auf der Regelstrecke findet die Ausarbeitung von Detaillösungen durch den Fachplaner statt.

„Das Messglied nimmt Ausarbeitungen von der Regelstrecke entgegen und vergleicht sie mit den Soll-Vorgaben. Abweichungen werden aufgezeigt und an das Führungsglied bzw. Steuerglied weitergeleitet.“⁶⁷

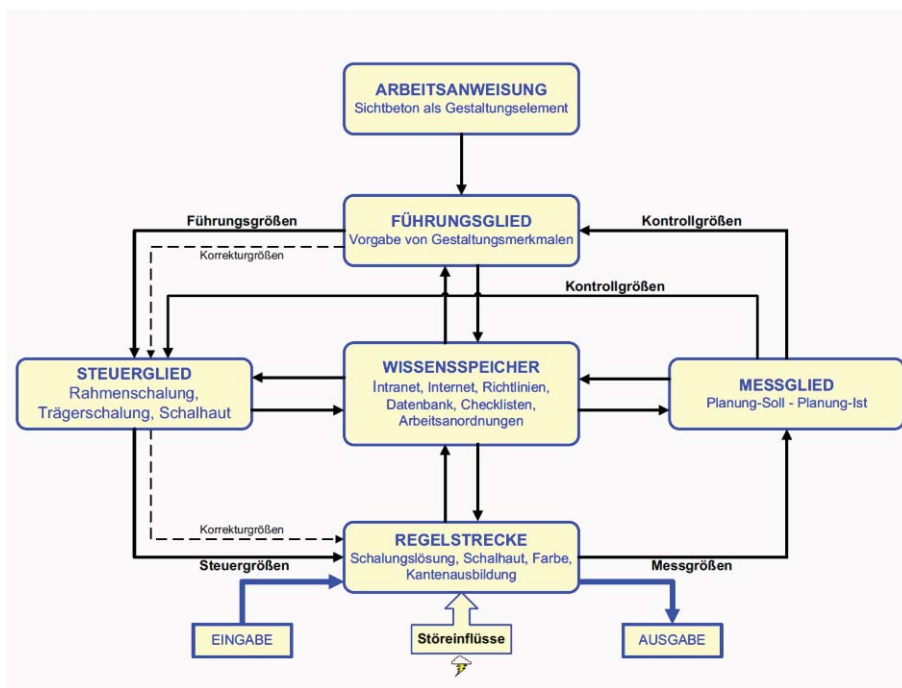


Abbildung 7.1 Regelkreis für die Planung – Sichtbeton [Hofstadler]⁶⁸

Die am Bauvorhaben SMC gesammelten Erfahrungen bezüglich der Planung wurden gemeinsam mit Erkenntnissen aktueller Forschungser-

⁶⁷ HOFSTADLER, C.: Schularbeiten. S. 242.

⁶⁸ HOFSTADLER, C.: Schularbeiten. S. 240

gebnisse in Form der folgenden Checkliste an den Wissensspeicher weiter gegeben und können so bei weiteren Baustellen genutzt werden.

Planung		Betroffen			
		A	B	S	D
gestalterische und technische Anforderungen					
	Referenzfläche festlegen				
	Anker- und Fugenbild festlegen				
	Schalungsbild festlegen				
	Kantenausführung festlegen				
Planung					
Schalung					
	Betonieröffnungen vorsehen				
	bei horizontaler oder geneigter Sichtfläche Entlüftungsöffnungen einplanen				
	Durchbrüche nur so groß planen, dass der Beton überall hinfließen und eingerüttelt werden kann				
Bewehrung					
	Festlegung des Bewehrungsgrades				
	möglichst hohe Betondeckung				
	vordefinierte Rüttelgassen (Spiralen)				
	Betonieröffnungen vorsehen				
Beton					
	Betontechnologisches Konzept beachten				
	Angaben zu Bauteilabmessungen				
	Angabe der Betondeckung				
	Angabe der Toleranzklasse				
	Angabe der Ebenheit				
	Festlegung der Betonsorte				
Sonstiges					
	sichtbetonkonforme Bauzeitplanung				
	Festlegung von Musterflächen				
	Planung eines Sichtbetonteam				

Tabelle 7.1 Checkliste Planung

7.2 Checkliste Arbeitsvorbereitung

Die am Bauvorhaben SMC gesammelten Erfahrungen bezüglich der Arbeitsvorbereitung wurden gemeinsam mit Erkenntnissen aktueller Forschungsergebnisse in Form der folgenden Checkliste an den Wissenspeicher weiter gegeben und können so bei weiteren Baustellen genutzt werden.

Arbeitsvorbereitung		Betroffen			
		A	B	S	D
Arbeitsvorbereitung					
	Referenzfläche festlegen				
	Referenzfläche begutachten				
	Musterfläche festlegen (ähnliche Abmessungen wie die Sichtwand)				
AV Schalung					
	Schalhaut wählen				
	Sichtseite ist immer die Schließseite				
	Schaltyp wählen				
	Schalöl wählen				
	Ankerhülsen wählen				
	Ankerlochstöpsel wählen				
	Anzahl der Bauabschnitte festlegen				
	Anordnung der Schalelemente festlegen				
	Ankerbild festlegen				
	Kantenausbildung festlegen				
	Abdichtung der Schalung festlegen				
	Ausschalfristen bestimmen				
AV Bewehrung					
	Stahlgüte festlegen				
	Betondeckung festlegen				
	Betonabstandhalter wählen (Faserzement)				
	Rödeldraht wählen (verzinkt)				
AV Beton					
	Betontechnologisches Konzept beachten				
	Betondruckfestigkeit festlegen				
	Betonqualität festlegen				
	Größtkorn festlegen				
	Ausbreitmaß festlegen				
	Frischbetontemperatur festlegen (15 - 27 °C)				
	Schüttlagenhöhe festlegen				
	Nachbehandlung festlegen				
AV Einlegearbeiten					
	alle Einbauteile müssen für Sichtbeton geeignet sein				
	Betondeckung festlegen				
	Betonabstandhalter wählen (Faserzement)				
	Rödeldraht wählen (verzinkt)				
Bauzeitplanung					
	sichtbetonkonforme Bauzeitplanung				
	Schalungsbau/-aufdopplung bei unterschiedlichen Raumhöhen im Bauzeitplan berücksichtigen				
Prüf- und Warnpflicht					
	vor Winterbedingungen warnen (Qualität leidet unter Schneefall)				
	vor Temperaturen warnen (Qualität leidet unter Temperaturen < 5 °C und > 35 °C)				

Tabelle 7.2 Checkliste Arbeitsvorbereitung

7.3 Checkliste Ausführung

Bei der Ausführung wird die Arbeitsanweisung in Form von Ausschreibungsunterlagen an das Führungsglied, den Bauleiter, gerichtet und von diesem hinsichtlich der Anforderungen an Sichtbeton analysiert. Das Führungsglied setzt, ggf. nach Zugriff auf vorhandene Ausführungsbeispiele im Wissensspeicher, Vorgaben für das Steuerglied, den Polier. Dieser überarbeitet die Führungsgrößen zu Steuergrößen für die Regelstrecke, in der die eigentliche Ausführung stattfindet. Hier wird der Fertigungsabschnitt eingeschalt, bewehrt, betoniert, ausgeschalt und nachbehandelt. Die Regelstrecke wird bei der Ausführung von den Arbeitspartien umgesetzt.

Durch Sichtbarwerden der Betonoberfläche nach dem Ausschalen kann die Sichtbetonqualität mit Ausnahme der Farbgleichheit beurteilt werden. Das Messglied, meist der Techniker, gibt Zielabweichungen in Form von Kontrollgrößen an das Führungs- bzw. Steuerglied weiter. Die Kontrollgrößen werden den Zielgrößen gegenübergestellt und auf Übereinstimmung geprüft. Wenn Abweichungen auftreten, werden diese dem Führungsglied gemeldet. Das Führungsglied ermittelt gemeinsam mit den Beteiligten mögliche Gründe für die Abweichungen und legt Gegensteuerungsmaßnahmen fest. Diese stellen die Korrekturgrößen im Regelkreis dar.

Gegebenenfalls sind dabei auch externe Experten in den Verbesserungsprozess einzubeziehen.

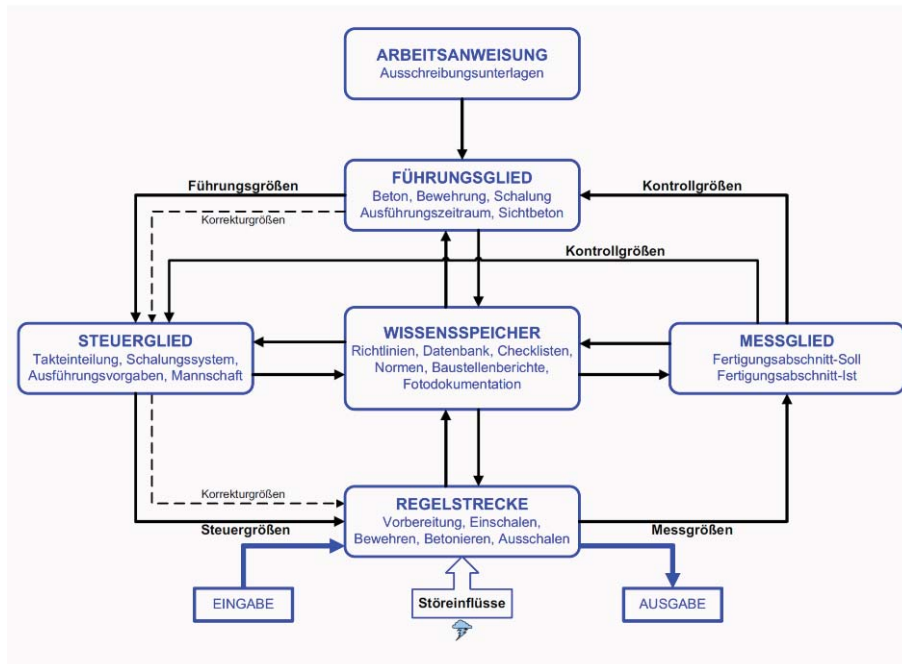


Abbildung 7.2 Regelkreis für die Ausführung – Sichtbeton [Hofstadler]⁶⁹

Die am Bauvorhaben SMC gesammelten Erfahrungen bezüglich der Ausführung wurden gemeinsam mit Erkenntnissen aktueller Forschungsergebnisse in Form der folgenden Checkliste an den Wissensspeicher weitergegeben und können so bei weiteren Baustellen genutzt werden.

Bei der Checkliste für die Ausführung ist noch anzumerken, dass die dispositiven Produktionsfaktoren in jeden Punkt durch eine kontrollierende Funktion betroffen sind. Hier wurden nur jene Punkte farblich markiert, bei denen direkten Handlungsbedarf der dispositiven Faktoren besteht.

⁶⁹ HOFSTADLER, C.: Schularbeiten. S. 247

Ausführung (1/3)	Betroffen			
	A	B	S	D
Sichtbetonteam				
Expertenteam bestehend aus				
Betontechnologe				
Baubetriebsexperte				
Schalungstechniker				
Sichtbetonbesprechungen				
mit Ausführenden				
mit Bauherrn				
mit Expertenteam				
bei Unsicherheit sofort Sachverständige hinzuziehen				
Sichtbetonpartie				
soll, wenn möglich, immer aus den gleichen Arbeitern bestehen				
Ersatzarbeitskräfte müssen bestimmt werden				
die beste Sichtbetonpartie der Firma wählen und rechtzeitig "reservieren"				
Schulungen				
Einschulung der Arbeitskräfte bereits vor der Herstellung der Musterfläche				
regelmäßige Videoschulungen bei allen großen Änderungen und Problemen				
Musterfläche				
Vorbereitung				
Musterfläche mit ähnlichen Abmessungen wie die Sichtwand wählen				
Arbeitsvorgang				
für Sommer- und Winterbeton eigene Musterflächen erstellen				
bei allen gravierenden Änderungen eine neue Probefläche erstellen				
Bewehrung				
Arbeitsvorgang				
Kontakt zwischen Bewehrung und Trennmittel verhindern				
Kontakt zwischen Bewehrung und Schalhaut verhindern				
ausreichende Betondeckung vorsehen und einhalten				
Rüttel- und Betoniergassen vorsehen und einhalten				
Schalung				
Lagerung				
bei Lagerung vor Sonneneinstrahlung und Witterung schützen				
bei Lagerung vor mechanischer Beanspruchung schützen				
bei gestapelter Lagerung textile Zwischenlage verwenden				
bei Bedarf die Schalung zur Lagerung einhausen				
Arbeitsvorgang				
Schalhautwechsel je nach Beanspruchung rechtzeitig vornehmen				
Vorheizen bei Temperaturen < 0 °C				
Schalungsreinigung				
Vorbereitung				
Säurefreien Wasserbehälter verwenden				
bei Bedarf den Reinigungsplatz einhausen bzw. überdachen sowie beheizen				
Arbeitsvorgang				
Reinigungsmittel mit Wasserschlauch vollkommen abspritzen				
nur mit Kunststoffspachtel und Gummilippe arbeiten				
Trennmittelauftrag				
Trennmittel erst direkt vor dem Einschalen auftragen				

Ausführung (2/3)		Betroffen			
		A	B	S	D
Einschalen					
Arbeitsvorgang					
	auf eine sorgfältige Fugenabdichtung achten	■			
Betonlieferung					
	Betonrezeptur mit Betontechnologen abstimmen			■	■
	max. 180 l Wasser pro m ³ Frischbeton			■	
	in der Trommel des Mischwagens darf kein Waschwasser zurückbleiben		■		
	im Winter Frischbetontemperatur auf 16 - 18 °C heben			■	
	im Sommer Frischbeton bei Bedarf kühlen			■	
	bei wiederholt ungeeignetem Beton einen Wechsel des Lieferanten in Betracht ziehen			■	■
Betoneinbau					
Vorbereitung					
	Schütthöhe an der Bewehrung kennzeichnen	■			
	Arbeitsbühne an der Normalbetonschalung befestigen	■			
	bei Bedarf Temperaturfühler einbauen	■			■
Arbeitsvorgang					
	Fallhöhe Beton < 1 m (besser 0,5 m)	■			
	flexibler Einbringschlauch		■		
	Frischbetontemperatur messen	■			■
	Steiggeschwindigkeit an die Gegebenheiten anpassen (z.B. Erstarrungsende)	■			
Verdichten					
Vorbereitung					
	Kabelbinder zur Markierung der Eintauchtiefe an Rüttelflasche anbringen	■			
	Ersatzrüttler muss vor Ort sein		■		
	Rüttelabstand an Schalung markieren	■			
Arbeitsvorgang					
	Bewehrung und Schalung mit der Rüttelflasche möglichst nicht berühren	■			
	keine Luft einrütteln	■			
Abdecken und Beheizen					
Abdecken					
	bei Niederschlag mit Bauschutzmatte einhausen	■	■		
	bei Temperaturen < + 5 °C mit Bauschutzmatte einhausen				
Beheizen					
	bei Temperaturen ≤ 0 °C über Nacht beheizen	■			
Ausschalen					
	nach Lösen der Anker die Schaltafel sofort wegheben oder einen Abstand von mind. 10 cm herstellen, um Kondensat zu verhindern	■	■		
	sorgfältig ausschalen um mechanische Beschädigung zu verhindern	■			
	Bewehrung bei Niederschlag abdecken	■			
	mehrsprachige Warnschilder an fertigen Sichtwänden anbringen				■
	Silikonwulst als Rostschutz anbringen	■			
	Schutz durch transparente PVC-Folie (Abstand zwischen Folie und Wand: mind. 10 cm)	■			

Ausführung (3/3)		Betroffen			
		A	B	S	D
Beurteilung der Sichtbetonwände					
	nicht direkt nach dem Ausschalen beurteilen, da sich die Farbgebung noch verändert				
	Gesamteindruck steht über den Einzelkriterien				
Dokumentieren					
Arbeitsvorgang					
	alle Produktionsfaktoren und deren Kombination sind zu dokumentieren				
	dient der Absicherung und Beweisführung				
	zur Änderungsmöglichkeit				
Prüfungen					
Betonprüfungen					
	Ausbreitmaß				
	Frischbetontemperatur				
	Erstarrungsende				
optische Prüfungen					
	optische Kontrolle der TM-Menge				
	optische Kontrolle der Gleichmäßigkeit des TM-Auftrages				
	optische Kontrolle auf Schalhautschäden				
sonstige Prüfungen					
	Kontrolle des Verdichtungsgerätes				
	pH-Wert-Kontrolle der Schalhaut				
	Messen der Aussentemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit				
Sanierung					
Arbeitsvorgang					
	Restaurator konsultieren				
	Restaurator benötigt Gutachten				
	Maßnahmenkatalog mit Sachverständigen zusammenstellen				

Tabelle 7.3 Checkliste Ausführung

Literaturverzeichnis

<http://www.beton.org/wissen/beton-bautechnik/sichtbeton/>. Datum des Zugriffs: 20.03.2014.

<http://derstandard.at/1361241307951>. Datum des Zugriffs: 22.04.2014.

BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Darmstadt. TU Darmstadt, 2014.

CBM, T. U.: Schlussbericht für den Zeitraum: 01.05.2004 bis 30.04.2006. Schlussbericht. München. centrum baustoffe und materialprüfung, 2006.

DOKA: Sichtbeton. <http://www.doka.com/>. Datum des Zugriffs: 20.03.2014.

DOKA: Technisches Merkblatt Doka-OptiX. Datenblatt. Amstetten. 2010.

DOKA: Technisches Merkblatt Doka-Trenn. Datenblatt. Amstetten. 2014.

DVB: Merkblatt Sichtbeton. Ostfildern. DVB, 2005.

EN ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe. Brüssel. Europäisches Normungsinstitut, 2000.

FDB: Merkblatt Nr. 1 über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton. Bonn. FDB, 2005.

GEIGER, W.: Handbuch Qualität. Wiesbaden. Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, 2008.

GROBBAUER, M.: Die Definition von Sichtbeton - eine Herausforderung. <https://www.zement.at/>. Datum des Zugriffs: 20.03.2014.

HOFSTADLER, C.: Schularbeiten. Berlin Heidelberg. Springer-Verlag, 2008.

HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb. Berlin Heidelberg. Springer-Verlag, 2014.

HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. Deutsch Goritz. Verband Österreichischer Biege- und Verlegetechnik (VÖBV), 2011.

HOFSTADLER, C.; SCHIEDER, A.: Leitfaden Sichtbeton. Graz. Verlag der Technischen Universität Graz, 2011.

JODL, H. G.: Nutzen der Qualitätssicherung für die Bauwirtschaft. Wien. Technische Universität Wien, 2009.

JUNGWIRTH, D.: Qualitätsmanagement im Bauwesen. Düsseldorf. VDI-Verlag GmbH, 1996.

KOSTKA, C.; KOSTKA, S.: Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess. München. Carl Hanser Verlag, 2007.

MOTZKO, C.; BOSKO, E.: Neue Baubetriebliche Erkenntnisse zur Sichtbetontechnik. In: Bauportal , Nr. 10/2011.

ÖNORM B 2211: Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, Werkvertragsnorm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2009-06-01.

ÖNORM B 4710-1: Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2007-10-01.

ÖVBB: Richtlinie: Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. Wien. ÖVBB, 2009.

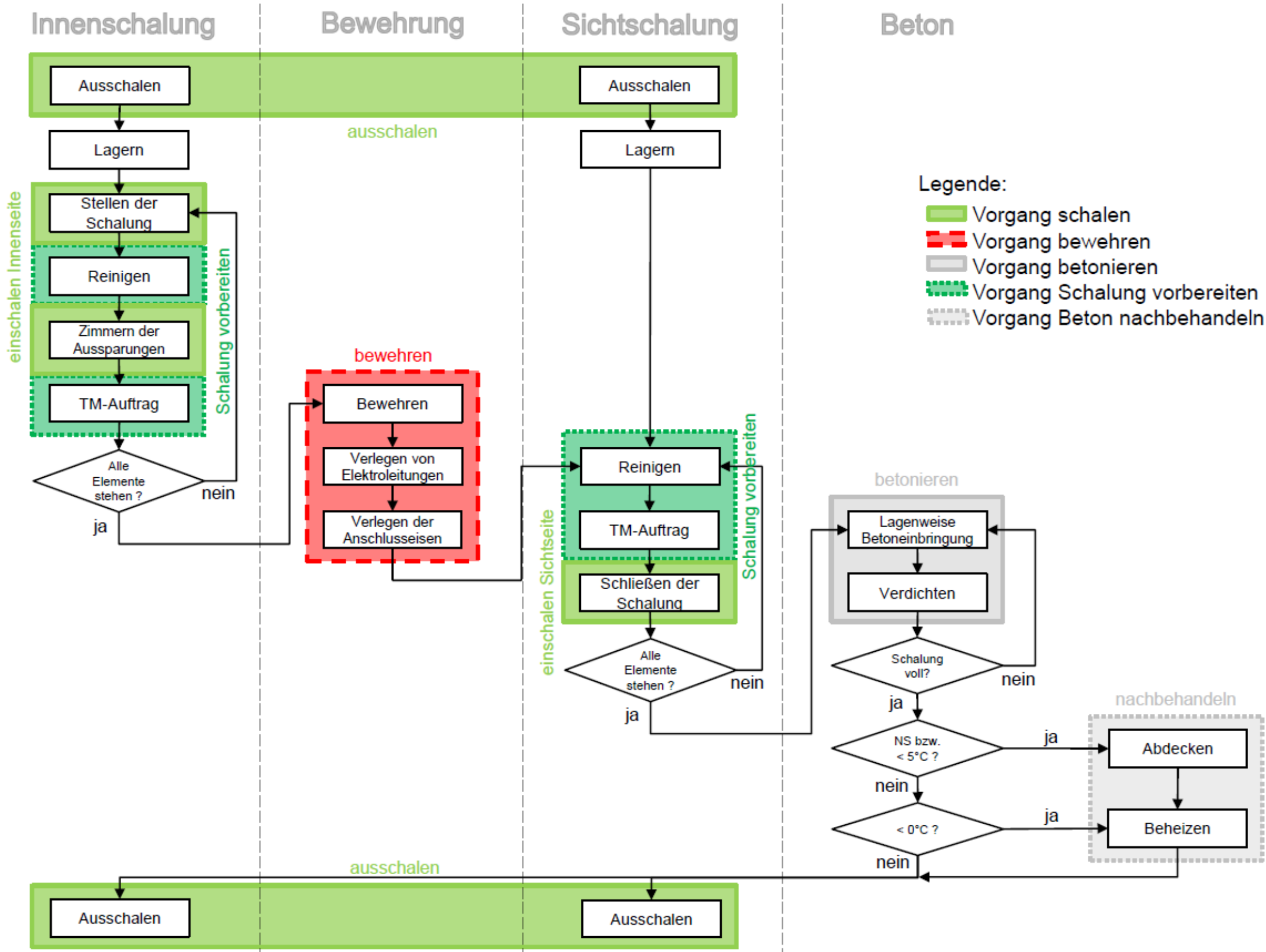
PECK, M.; BOSE, T.; BOSOLD, D.: Technik des Sichtbetons. Düsseldorf. Verlag Bau+Technik GmbH, 2007.

REISINGER, P.: Schalen von Sichtbeton. <http://www.zement.at/Service/literatur/detail.asp?wid=449>. Datum des Zugriffs: 31.03.2014.

SCHULZ, J.: Sichtbeton-Atlas. Wiesbaden. Vieweg +Teubner GWV Fachverlage GmbH, 2009.

A. Anhang

A.1 Sichtbetonprozess



A.2 Wärmeentwicklung 10OGBT2

Schwarzl-Zentrallabor	Gerät	Seite 1/1			
P:\Schwarzl\BetonLabor\Labor Daten\2014\BetonWerke\UP\Wärmeentwicklungen\Wär		K:1 [°C] LUFT	Min:	Max:	Mit:
C30/37 BSBO2 GK22 F52 CEMII 42.5R vom 22.01.2014		K:2 [°C] Wand mitte	3.00	5.20	4.00
Wand 10.OG			13.30	21.00	15.30
Wärmeentwicklung Prüfung im Bauteil					



Abbildung 7.3 Wärmeentwicklung 10OGBT2

Schwarzl-Zentrallabor	Gerät	Seite 1/1	Min:	Max:	Mit:
P:\Schwarzl\Beton\Labor\Labor Daten\2014\Beton\Werke\UP\Wärmeentwicklungen\Wär			-2.10	22.20	6.86
TEST C30/37 BSBQ2 GK22 F52 Rezept Nr.19 nur mit CEM1 42,5R	K:1 [°C] LUFT		12.90	21.30	15.38
Wand Teil 11.0G	K:2 [°C] BSBQ2 Wand mitt				
Wärmeentwicklung im Bauteil					

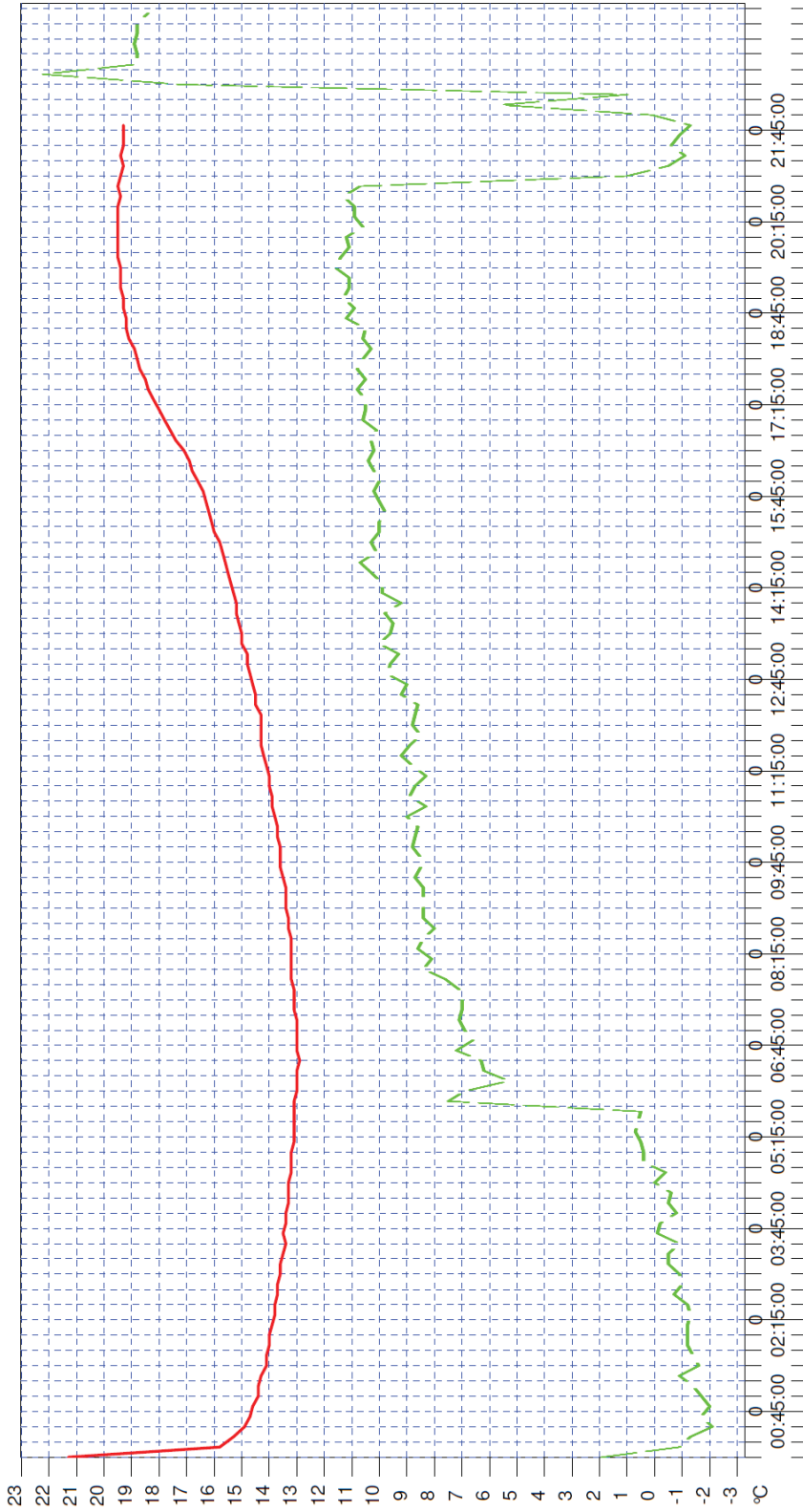


Abbildung 7.4 Wärmeentwicklung 110GBT1

Comfort-Software V4	Gerät	Seite 1/1	Min:	Max:	Mit:
P:\Schwarzl\Beton\Labor_Daten\2014\Beton\Werke\UPI\Wärmeentwicklung\			17.70	27.90	22.59
BSBQ2 Test Rezept lt Absprache vom 11.2.2014			5.80	36.50	28.77
			5.20	30.50	23.31
			1.10	17.40	5.02

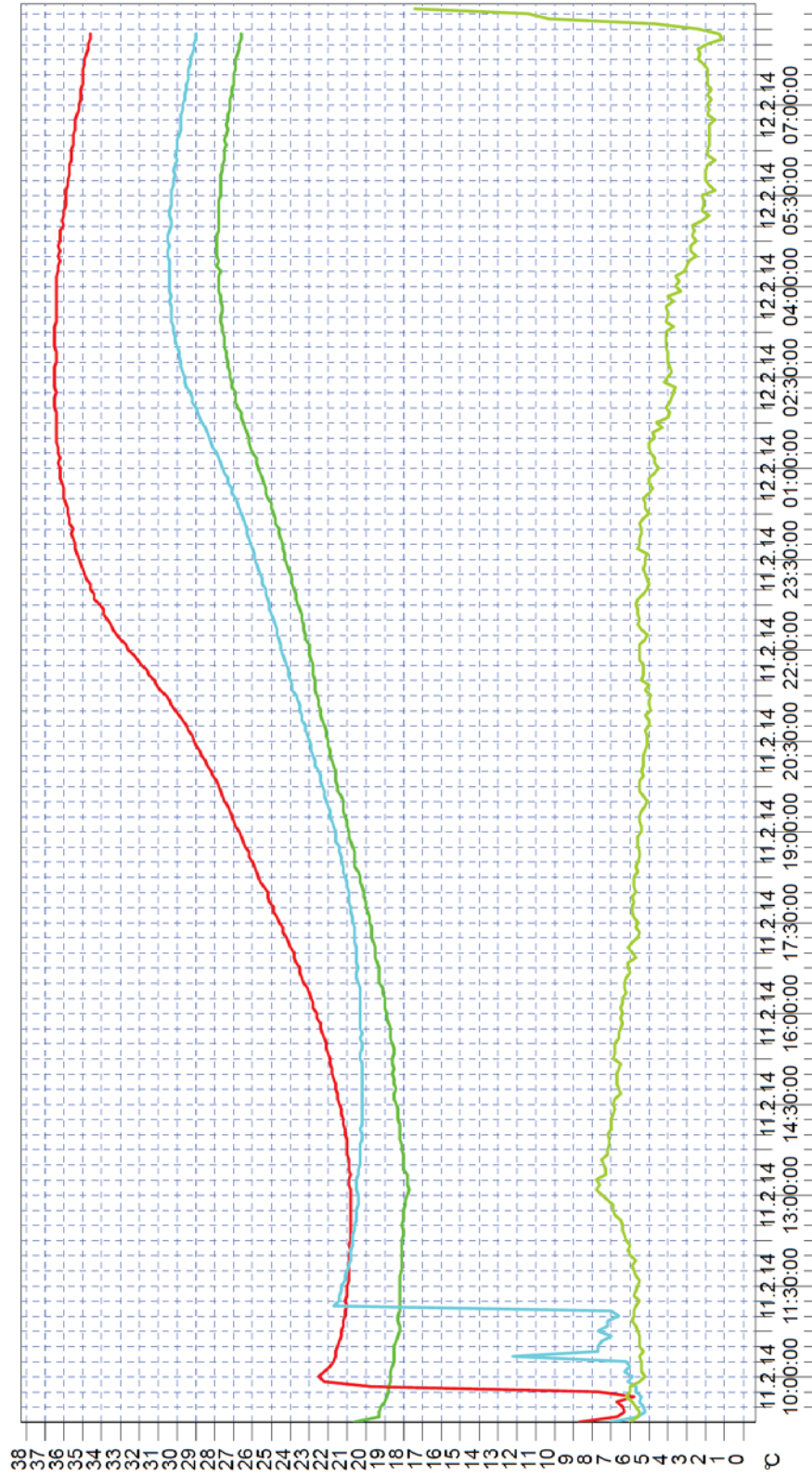


Abbildung 7.5 Wärmeentwicklung 110GBT2

A.3 Maßnahmenmatrix

Bauteil der Änderung	10OGBT1	10OGBT2	11OGBT1	11OGBT2	12OGBT1	12OGBT2	13OGBT1	13OGBT2	14OGBT2	14OGBT1																										
Datum der Sichtbetonbesprechung			27.01.2014	10.02.2014	12.02.2014	20.02.2014	27.02.2014	05.03.2014	11.03.2014	24.03.2014																										
	A	B	S	D	A	B	S	D	A	B	S	D	A	B	S	D	A	B	S	D	A	B	S	D	A	B	S	D	A	B	S	D				
Bewehrung																																				
Arbeitsvorgang																																				
Kontakt zwischen Bewehrung und Trennmittel verhindern	■				■				■				■				■				■				■				■				■			
Kontakt zwischen Bewehrung und Schalhaut verhindern	■				■				■				■				■				■				■				■				■			
ausreichende Betondeckung vorsehen			■				■				■				■				■				■				■				■				■	
Rüttel- und Betoniergassen vorsehen			■				■				■				■				■				■				■				■				■	
Schalung																																				
Vorbereitung																																				
Bei Lagerung vor Sonneneinstrahlung und Witterung schützen	■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■		
Bei Lagerung vor mechanischer Beanspruchung schützen	■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■		
Bei horizontaler Lagerung textile Zwischenlagen verwenden	■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■			■	■		
Arbeitsvorgang																																				
Wechsel der Schalhaut									■				■																							
Vorheizen der Schalung					■																															
bessere Fugenabdichtung													■																							
Schalungsreinigung																																				
Vorbereitung																																				
Säurefreien Wasserbehälter verwenden									■				■				■				■				■				■							
Arbeitsvorgang																																				
Wasser nach 3 Elementen wechseln									■				■				■				■				■				■							
Schalung nach der Reinigung mit Wasser abspritzen									■				■				■				■				■				■							
Sika Betonlöser							■				■				■				■				■				■				■					
DokaTrenn													■				■				■				■				■							
Trennmittelauftrag																																				
Optix			■				■				■				■				■				■				■				■					
Doka Trenn																																				
Betonrezeptur																																				
CEM III durch R-Zement ersetzen									■																											
Füller durch Sand ersetzen																																				
max. 180l Wasser pro m³ Frischbeton																																				
Betoneinbau																																				
Vorbereitung																																				
Schüttagenhöhe kennzeichnen (Latte)																																				
Schüttagenhöhe kennzeichnen (Schalhaut)	■				■				■				■				■				■				■				■							
Schüttagenhöhe kennzeichnen (Bewehrung)																																				
Frischbetontemperatur auf 16-18°C heben											■				■				■				■				■				■					
Temperaturfühler einbauen									■				■				■				■				■				■							
Arbeitsvorgang																																				
Fallhöhe Beton < 1m	■				■				■				■				■				■				■				■							
flexibler Einbringschlauch		■				■				■				■				■				■				■				■						
Frischbetontemperatur messen																																				
Steiggeschwindigkeit: 1,2 m/h zu Beginn: <2m/h																																				

A.4 Produktliste Sichtbetonreinigung

Produkt	Produktbezeichnung	Firma	Foto
Universalschleifgerät mit Schleifvlies (Reinigungsgrad: mittel bis fein)	ROKAMAT CHAMELEON Universal inkl. Stützteller u. 4 Stk. Schmirgel K16, im Koffer	Lorencic GmbH Nfg. & Co KG Puchstraße 208 8055 Graz	
Bimsstein (Reinigungsgrad: soft-fein)	Bimssteinriegel, weich, soft-fein (SF) Körnung 320	Deffner & Johann GmbH Mühlacker Straße 13 D-97520 Röhlein	
Handschleifvlies	Schleifvliesbogen 3M CP-HP/CF-HP Handpad Körnung: S med	Haberkorn Holding AG Modecenterstraße 7 1030 Wien	
Silizium-Carbid-Stein (grün-schwarz)	Kombiölstein Silizium-Carbid - fein/mittelfein	Haberkorn Holding AG Modecenterstraße 7 1030 Wien	
Wandschaber mit Klinge	Abschaberspachtel mit Klinge	Haberkorn Holding AG Modecenterstraße 7 1030 Wien	
Kunststoffbesen	Straßenbesen	Haberkorn Holding AG Modecenterstraße 7 1030 Wien	

Tabelle 7.4 Produktliste Sichtbetonreinigung