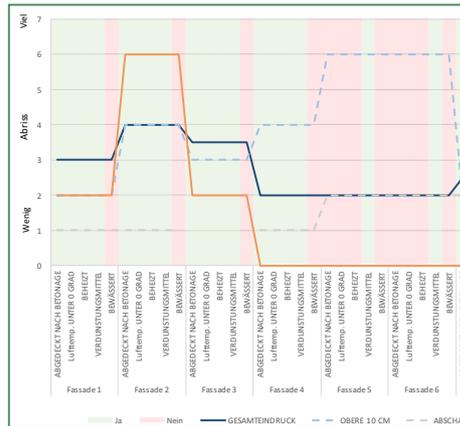


MASTERARBEIT



PLANUNG UND OPTIMIERUNG DES HERSTELLUNGSPROZESSES VON SICHTBETON MIT BRETTERSCHALUNG

Vorderegger Theresa, BSc

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

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

Mitbetreuender externer Mitarbeiter
Dipl.-Ing. Philipp Wörgötter

Graz, am 13. Jänner 2019

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

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

Graz, am
.....
(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

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

Graz,
date
(signature)

Anmerkung

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

Danksagung

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

Für die Betreuung und die großartige Hilfsbereitschaft von universitärer Seite bedanke ich mich ganz herzlich bei Herrn Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler und Herrn Dipl.-Ing. Philipp Wörgötter. Vielen Dank auch für die interessanten Vorträge über das Thema Sichtbeton. Dadurch wurde die Begeisterung für dieses Thema geweckt.

Großer Dank geht an den elterlichen Baumeisterbetrieb HV-Bau GmbH, der ermöglichte, dass diese Arbeit überhaupt zustande kam. Vielen Dank an meine Eltern und an alle Mitarbeiter, die mich dabei unterstützt haben. Besonders danken möchte ich Bauleiter Thomas Lerch und Polier Bernhard Blaickner für die sehr gute Zusammenarbeit.

Dank gebührt meinen Studienkollegen, die mich über die gesamte Ausbildungszeit begleiteten und das Lernen um einiges erleichterten. Ich bin sehr dankbar für die starken und engen Freundschaften, die ich dazugewonnen habe.

Für den guten Zusammenhalt, den familiären Umgang und die vielen lustigen Momente miteinander möchte ich mich bei meinen zwei Mitbewohnern Anna und Finger bedanken. Ich könnte mir keine besseren Mitbewohner erträumen.

Ein großer Dank gilt meinem Freund Matthias, der es auch schaffte, mich bei schlechter Laune aufzumuntern und mich immer bestärkte. Danke, dass du meine Träume unterstützt und mich niemals von meinen Wünschen abhältst.

Besonderer Dank gebührt meinen Eltern, die mir das Studium ermöglichten, mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch mit sehr viel Geduld, Interesse und Hilfsbereitschaft unterstützten und stets ein offenes Ohr für meine Sorgen hatten.

(Ort), am (Datum)

(Unterschrift des Studierenden)

Kurzfassung

Aufgrund der Komplexität des Herstellungsprozesses zählt Sichtbeton zur Königsdisziplin im Hochbau. Die Ansprüche der Auftraggeber zielen auf ein makelloses Ergebnis hin. Für ein gelungenes Sichtbetonergebnis bedarf es einer bestmöglichen Selektion und Überlagerung aller Produktionsfaktoren.

Der Hauptteil der vorliegenden Masterarbeit befasst sich mit der genauen Dokumentation und der Optimierung des Herstellungsprozesses vor und während der Sichtbetonarbeiten eines Bürogebäudes in Kitzbühel. Ein weiteres Kapitel befasst sich mit der Auswertung der gesammelten Aufzeichnungen. Diese Datenauswertung soll als Wissensspeicher für zukünftige Projekte dienen. Das größte Problem bei der Sichtbetonherstellung stellte der Oberflächenbetonabriss dar. Durch den Vergleich verschiedener Bauteile und deren Einflussgrößen und mit Hilfe der TU Graz konnte eine Hypothese für diese Problematik aufgestellt werden.

Abstract

Exposed concrete is the supreme discipline in building construction due to the complexity of the manufacturing process. The claims of the clients aim at an impeccable result. Successful fair-faced concrete results require the best possible selection and overlapping of all production factors.

The main part of this master thesis deals with the exact documentation and the optimization of the manufacturing process before and during the exposed concrete work of an office building in Kitzbühel. Another chapter involves the evaluation of the collected records. This data analysis should serve as a knowledge store for future projects. The biggest obstacle in the production of exposed concrete was the surface concrete demolition. By comparing different components and their influencing factors and with the help of Graz University of Technology, a hypothesis for this issue could be drawn up.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Situationsanalyse	1
1.2	Zielformulierung.....	2
1.3	Methodische Vorgangsweise	3
1.4	Gliederung der Arbeit	3
2	Sichtbeton Grundlagen	5
2.1	Definition Sichtbeton	5
2.2	Regelwerke	7
2.2.1	Übersicht.....	8
2.2.2	Sichtbeton in Österreich.....	10
2.2.2.1	ÖNORM B2211	10
2.2.2.2	Richtlinie Sichtbeton	12
2.2.2.3	ÖNORM B4710-1	21
2.3	Schalungshautausführungsarten.....	22
2.3.1	Saugende Schalungshaut	23
2.3.1.1	Massivholzplatten	24
2.3.1.2	Spanplatten	25
2.3.1.3	Faserplatten	25
2.3.2	Nicht saugende Schalungshaut	25
2.3.2.1	Sperrholzplatten	26
2.3.2.2	Kunststoffschalhaut	26
2.3.2.3	Stahlschalhaut	27
2.4	Herstellungsprozess Sichtbeton.....	27
3	Produktionsfaktoren	29
3.1	Dispositive Produktionsfaktoren	31
3.2	Elementare Produktionsfaktoren	31
3.2.1	Arbeit	31
3.2.2	Betriebsmittel	32
3.2.3	Stoffe	37
4	Projektbeschreibung	46
4.1	Allgemeine Projektdaten	47
4.2	Lage	47
5	Sichtbetontechnologisches Konzept	49
5.1	Betontechnologisches Konzept.....	50
5.2	Waagriß.....	51
5.3	Sichtbetonteam	51
5.4	Schalungssystem	51
5.5	Anordnung der Bretter.....	52
5.6	Textur und Schalungshaut	53
5.7	Ankersystem.....	53
5.8	Vorbehandlung der Schalungshaut.....	54
5.9	Reinigung der Schalungselemente	54
5.10	Bewehrung	54
5.11	Betonsorte	55
5.12	Betonieren	55
5.13	Ausschalzeitpunkt	56

5.14	Dokumentation und Einschulung.....	56
5.15	Nachbehandlung	56
5.15.1	Schutz der Sichtbetonflächen vor Witterung	57
5.15.2	Schutz der Sichtbetonflächen vor Verschmutzung	57
5.15.3	Kantenschutz	58
5.16	Attika	58
5.17	Musterwände.....	58
5.18	Nachbesserungsmaßnahmen	58
6	Baustellendokumentation	59
6.1	Musterfläche 1	61
6.1.1	Bewehrung	62
6.1.2	Sichtbetonschalung belegen	64
6.1.3	Zementleimanstrich.....	65
6.1.4	Trennmittelauftrag	68
6.1.5	Sichtbetonschalung schließen	69
6.1.6	Betonage.....	70
6.1.7	Ausschalen.....	75
6.1.8	Ergebnis	76
6.1.9	Nachbehandlung	78
6.2	Musterfläche 2.....	79
6.2.1	Sichtbetonschalung belegen	80
6.2.2	Trennmittelauftrag	82
6.2.3	Bewehrung	83
6.2.4	Schalung schließen.....	85
6.2.5	Betonage.....	85
6.2.6	Ausschalen.....	90
6.2.7	Ergebnis	91
6.2.8	Nachbehandlung	94
6.3	Musterfläche 3.....	95
6.3.1	Sichtbetonschalung belegen	96
6.3.2	Trennmittelauftrag	97
6.3.3	Bewehrung	99
6.3.4	Schalung schließen.....	102
6.3.5	Betonage.....	103
6.3.6	Ausschalen.....	105
6.3.7	Ergebnis	106
6.4	Tiefgaragenabfahrt Teil 1	108
6.4.1	Schalung	109
6.4.2	Schalung mit Brettern belegen.....	110
6.4.3	Bewehrung	111
6.4.4	Trennmittelauftrag	111
6.4.5	Bewässern	112
6.4.6	Betonage.....	112
6.4.7	Ausschalen.....	117
6.4.8	Ergebnis	117
6.5	Lüftungsschacht Teil 1	120
6.5.1	Schalung	122
6.5.2	Bewehrung	123
6.5.3	Trennmittelauftrag	124
6.5.4	Bewässern	124
6.5.5	Betonage.....	125
6.5.6	Ausschalen.....	127

6.5.7	Ergebnis	127
6.6	Säule 1 und 2	131
6.6.1	Schalung belegen	132
6.6.2	Bewehrung	133
6.6.3	Trennmittelauftrag	135
6.6.4	Bewässern	136
6.6.5	Betonage	136
6.6.6	Ausschalen	140
6.6.7	Ergebnis Säule 1	142
6.6.8	Ergebnis Säule 2	143
6.7	Musterfläche 4	145
6.7.1	Sichtbetonschalung belegen	147
6.7.2	Auftrag Imprägnier-Grund	148
6.7.3	Bewehrung	149
6.7.4	Sichtbetonschalung schließen	150
6.7.5	Betonieren	150
6.7.6	Ausschalen	155
6.7.7	Ergebnis	155
6.8	Musterfläche 5	156
6.8.1	Sichtbetonschalung belegen	157
6.8.2	Auftrag Trennmittel und Imprägnier-Grund	159
6.8.3	Bewehrung	160
6.8.4	Schalung schließen	162
6.8.5	Betonage	163
6.8.6	Ausschalen	165
6.8.7	Ergebnis	165
6.9	Musterfläche 6	168
6.9.1	Sichtbetonschalung belegen	169
6.9.2	Auftrag Voranstrich und Trennmittel	170
6.9.3	Schalung schließen	172
6.9.4	Betonage	173
6.9.5	Ausschalen	176
6.9.6	Ergebnis	177
6.10	Fassade 1	178
6.10.1	Dämmung und Bewehrung	179
6.10.2	Schalung belegen	181
6.10.3	Auftrag Verdunstungsmittel	182
6.10.4	Auftrag Trennmittel	183
6.10.5	Schalung schließen	183
6.10.6	Betonage	185
6.10.7	Ausschalen	189
6.10.8	Ergebnis Teil 1	190
6.10.9	Ergebnis Teil 2	193
6.11	Fassade 2	195
6.11.1	Dämmung und Bewehrung	196
6.11.2	Schalung belegen	198
6.11.3	Auftrag Verdunstungsmittel	199
6.11.4	Auftrag Trennmittel	200
6.11.5	Schalung schließen	201
6.11.6	Betonage	202
6.11.7	Beheizen	205
6.11.8	Ausschalen	206
6.11.9	Ergebnis	206

6.12	Fassade 3.....	209
6.12.1	Dämmung und Bewehrung	210
6.12.2	Sichtbetonschalung belegen	212
6.12.3	Auftrag Verdunstungsmittel.....	213
6.12.4	Auftrag Trennmittel.....	214
6.12.5	Betonage.....	216
6.12.6	Ausschalen.....	219
6.12.7	Ergebnis	219
6.13	Fassade 4.....	223
	Dämmung und Bewehrung.....	224
6.13.1	Schalung belegen	225
6.13.2	Auftrag Verdunstungsmittel.....	226
6.13.3	Auftrag Trennmittel.....	227
6.13.4	Betonage.....	228
6.13.5	Beheizen	230
6.13.6	Ausschalen.....	230
6.13.7	Ergebnis	231
6.14	Lüftungsschacht Teil 2	234
6.14.1	Schalung	236
6.14.2	Bewehrung	237
6.14.3	Auftrag Verdunstungsmittel.....	237
6.14.4	Trennmittelauftrag	238
6.14.5	Betonage.....	239
6.14.6	Ausschalen.....	241
6.14.7	Ergebnis	241
6.15	Mauer	244
6.15.1	Schalung	245
6.15.2	Bewehrung	246
6.15.3	Auftrag Verdunstungsmittel.....	247
6.15.4	Trennmittelauftrag	247
6.15.5	Betonage.....	248
6.15.6	Ausschalen.....	251
6.15.7	Ergebnis	252
6.16	Tiefgaragenabfahrt Teil 2	254
6.16.1	Schalung	256
6.16.2	Bewehrung	256
6.16.3	Auftrag Verdunstungsmittel.....	257
6.16.4	Trennmittelauftrag	257
6.16.5	Betonage.....	258
6.16.6	Ausschalen.....	260
6.16.7	Ergebnis	261
6.17	Fassade 5.....	262
6.17.1	Dämmung und Bewehrung	264
6.17.2	Schalung belegen	265
6.17.3	Auftrag Verdunstungsmittel.....	266
6.17.4	Auftrag Trennmittel.....	267
6.17.5	Betonage.....	268
6.17.6	Ausschalen.....	271
6.17.7	Ergebnis	271
6.18	Fassade 6.....	274
6.18.1	Dämmung und Bewehrung	276
6.18.2	Schalung belegen	277
6.18.3	Auftrag Verdunstungsmittel.....	278

6.18.4	Auftrag Trennmittel.....	279
6.18.5	Betonage.....	279
6.18.6	Ausschalen.....	281
6.18.7	Ergebnis.....	282
6.19	Fertigteile Abschnitt 1.....	285
6.19.1	Schalen.....	286
6.19.2	Auftrag Verdunstungsmittel.....	287
6.19.3	Trennmittelauftrag.....	288
6.19.4	Bewehren.....	289
6.19.5	Betonieren.....	290
6.19.6	Ausschalen.....	293
6.19.7	Ergebnis.....	293
6.20	Fertigteile Abschnitt 2.....	296
6.20.1	Schalen.....	297
6.20.2	Auftrag Verdunstungsmittel.....	297
6.20.3	Auftrag Wachs.....	298
6.20.4	Auftrag Trennmittel.....	299
6.20.5	Bewehren.....	300
6.20.6	Betonieren.....	300
6.20.7	Ausschalen.....	304
6.20.8	Ergebnis.....	305
6.21	Fassade 7.....	306
6.21.1	Dämmung und Bewehrung.....	308
6.21.2	Schalung belegen.....	309
6.21.3	Auftrag Verdunstungsmittel.....	310
6.21.4	Auftrag Trennmittel.....	311
6.21.5	Betonage.....	312
6.21.6	Ausschalen.....	315
6.21.7	Ergebnis.....	316
6.22	Fassade 9.....	318
6.22.1	Dämmung und Bewehrung.....	319
6.22.2	Schalung belegen.....	320
6.22.3	Auftrag Verdunstungsmittel.....	321
6.22.4	Auftrag Trennmittel.....	322
6.22.5	Betonage.....	323
6.22.6	Ausschalen.....	325
6.22.7	Ergebnis.....	326
6.23	Mauer Tiefgarageneinfahrt.....	328
6.23.1	Schalung.....	329
6.23.2	Bewehrung.....	330
6.23.3	Auftrag Epoxidharzgrundierung.....	330
6.23.4	Trennmittelauftrag.....	331
6.23.5	Betonieren.....	332
6.23.6	Ausschalen.....	335
6.23.7	Ergebnis.....	335
6.24	Fassade 8.....	338
6.24.1	Dämmung und Bewehrung.....	339
6.24.2	Stellschalung und Schließschalung.....	341
6.24.3	Bretter belegen.....	341
6.24.4	Schalung wässern.....	344
6.24.5	Auftrag Verdunstungsmittel.....	345
6.24.6	Auftrag Flüssigwachs.....	346
6.24.7	Auftrag Trennmittel.....	347

6.24.8	Betonage.....	348
6.24.9	Ausschalen.....	353
6.24.10	Ergebnis Stellschalung.....	353
6.24.11	Ergebnis SchlieÙschalung.....	358
7	Auswertung	363
7.1	Ausbreitmaß.....	363
7.2	Concremoteauswertung.....	364
7.2.1	Betontemperaturvergleich.....	364
7.2.2	Reifevergleich.....	366
7.3	Bauzeitplan mit Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit.....	367
7.4	Farbton.....	368
7.5	Oberflächenabriss.....	371
7.5.1	Musterflächen.....	372
7.5.2	Fassaden.....	374
7.5.3	Sonstige Sichtbetonelemente.....	376
7.6	Abrisshypothese.....	380
7.6.1	Ursache.....	380
7.6.2	Vermeidung.....	383
7.7	Ursache-Wirkungszusammenhänge.....	385
7.7.1	Planen.....	385
7.7.2	Schalen.....	385
7.7.3	Bewehren.....	386
7.7.4	Betonieren.....	387
7.7.5	Nachbehandlung.....	388
7.8	Aufwandswert.....	391
7.8.1	Bretter belegen.....	391
7.8.2	Verdunstungsschutz pro Auftrag.....	392
7.8.3	Vorbehandlung der Bretter mit Zementleimanstrich.....	392
7.8.4	Betonieren.....	393
7.8.5	Ausschalen.....	394
7.8.6	Gesamt- Aufwandswert Fassade 8.....	395
8	Zusammenfassung	396
8.1	Wesentliche Ergebnisse.....	396
8.2	Ausblick.....	397

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Leistungsbeschreibung	7
Abb. 2: Regelwerke	8
Abb. 3: Normen, Richtlinien und Merkblätter	9
Abb. 4: Ablaufschema Sichtbetonherstellung nach Hofstadler	28
Abb. 5: Produktionsfaktoren	29
Abb. 6: Einsatz der Produktionsfaktoren	30
Abb. 7: qualitative Darstellung des Verhältnisses von Arbeitskräfteanzahl und Produktivität	32
Abb. 8: Liebherr Oberdrehkran 85 EC-B 5	33
Abb. 9: geankerte Rahmenschalung	34
Abb. 10: Rahmenschalung einseitige Lastableitung	34
Abb. 11: Veränderung der Oberflächeneigenschaften nach Hofstadler	35
Abb. 12: Schalhautlagerung	36
Abb. 13: Rüttler	36
Abb. 14: Sprühgerät	37
Abb. 15: Betoneigenschaften	38
Abb. 16: Thermoanker	38
Abb. 17: Abstandhalter	40
Abb. 18: Prinzipielle Zusammensetzung der Trennmittel	41
Abb. 19: Trennmittel ALU 2000 von der Firma Ringer	42
Abb. 20: Trennmittel MasterFinish RL 411 der BASF	42
Abb. 21: Trennmittel Ortolan Classic 711 von der Firma MC Bauchemie	43
Abb. 22: Trennmittelpaste Ortolan Extra 791 von der Firma MC Bauchemie	43
Abb. 23: Agropox 2420	44
Abb. 24: Verdunstungsschutz Aquastat E	44
Abb. 25: Farben Lechner Lack Aquacryl CFB	45
Abb. 26: Farben Lechner Innenlasur	45
Abb. 27: Visualisierung	46
Abb. 28: Visualisierung	46
Abb. 29: Lageplan	47
Abb. 30: Baustelleneinrichtung	48
Abb. 31: Sichtbetonklassen der Richtlinie Sichtbeton	49
Abb. 32: Lage der geankerten Fassade	53
Abb. 33: Nachbehandlungsmaßnahme	57
Abb. 34: Warnhinweis	57
Abb. 35: Übersicht der Baustelle	59
Abb. 36: Planliche Darstellung der Sichtbetonwände im Erdgeschoß	60
Abb. 37: Planliche Darstellung der Fassade 9 im 1. Obergeschoß	60

Abb. 38: Bauzeitplan der Sichtbetonabschnitte.....	61
Abb. 39: Lage der Musterfläche 1	61
Abb. 40: Herstellungsprozess der Musterfläche 1.....	62
Abb. 41: Bewehrungsplan Grundriss der Musterfläche 1	63
Abb. 42: Bewehrung der Musterfläche 1	63
Abb. 43: Kennzeichnung der Schüttlagenhöhe	64
Abb. 44: Schalung belegen der Musterfläche 1	65
Abb. 45: Anrühren des Zementleims	66
Abb. 46: Zementleimaufrag der Musterfläche 1	66
Abb. 47: Zementleimaufrag der Musterfläche 1	67
Abb. 48: Abbürsten des Zementleimanstrichs.....	67
Abb. 49: Abbürsten der Randabschalung	68
Abb. 50: Trennmittelauftrag Musterfläche 1	69
Abb. 51: Aufbringen der Dreikantleiste.....	70
Abb. 52: Holzfeuchte beim Schließen der Schalung	70
Abb. 53: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 1	72
Abb. 54: Fallhöhe beim Betonieren	73
Abb. 55: Frischbetontemperatur der Musterfläche 1 und 3	74
Abb. 56: Ausbreitmaß der Musterfläche 1	74
Abb. 57: Ausschalen der Musterfläche 1	75
Abb. 58: Ergebnis Sichtbeton der Musterfläche 1	76
Abb. 59: Ausreißen der Betonoberfläche	76
Abb. 60: Ergebnis Sichtbeton der Musterfläche 1	77
Abb. 61: Ergebnis des Sichtbetons der Musterfläche 1	77
Abb. 62: Nachbehandlungsmaßnahmen der Musterfläche 1	78
Abb. 63: Nachbehandlungsmaßnahmen der Musterfläche 1	78
Abb. 64: Lage der Musterfläche 2	79
Abb. 65: Herstellungsprozess der Musterfläche 2.....	79
Abb. 66: Schalung belegen der Musterfläche 2	80
Abb. 67: Belegte Schalung.....	81
Abb. 68: Abdichten der Schalung.....	81
Abb. 69: Trennmittelauftrag Musterfläche 2	82
Abb. 70: Bewehrungsplan des Statikers	83
Abb. 71: Bewehrung der Musterfläche 1	84
Abb. 72: Kennzeichnung der Schüttlagenhöhe	84
Abb. 73: Schließschalung Musterfläche 2	85
Abb. 74: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 2	87
Abb. 75: Betonage der Musterfläche 2	87
Abb. 76: Fallhöhe beim Betonieren	88

Abb. 77: Frischbetontemperatur der Musterfläche 2	89
Abb. 78: 1. Ausbreitmaß des Betons der Musterfläche 2	89
Abb. 79: 2. Ausbreitmaß des Betons der Musterfläche 2	90
Abb. 80: Ausschalen der Musterfläche 2	90
Abb. 81: Ergebnis Sichtbeton der Musterfläche 2 direkt nach dem Ausschalen ..	91
Abb. 82: Ergebnis Sichtbeton der Musterfläche 2 direkt nach dem Ausschalen ..	92
Abb. 83: Abplatzungen der Betonoberfläche	92
Abb. 84: Abplatzungen der Betonoberfläche	93
Abb. 85: Sichtbetonergebnis Prüffläche	93
Abb. 86: Nachbehandlungsmaßnahmen der Musterfläche 2	94
Abb. 87: Nachbehandlungsmaßnahmen der Musterfläche 2	94
Abb. 88: Lage der Musterfläche 3	95
Abb. 89: Herstellungsprozess der Musterfläche 3	95
Abb. 90: Stellschalung der Musterfläche 3	96
Abb. 91: Schalung belegen	97
Abb. 92: Harzstelle	97
Abb. 93: Stellschalung vor dem Trennmittelauftrag	98
Abb. 94: Stellschalung nach dem Trennmittelauftrag	99
Abb. 95: Bewehrungsplan Grundriss mit Schnitt C-C	100
Abb. 96: Bewehrung der Musterfläche	101
Abb. 97: Schüttilagenkennzeichnung	101
Abb. 98: Schutz der fertiggestellten Schalung vor Witterung	102
Abb. 99: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 3	104
Abb. 100: Ausbreitmaß des Betons der Musterfläche 3	105
Abb. 101: Ergebnis Sichtbeton der Musterfläche 3	106
Abb. 102: Abplatzungen auf der Betonoberfläche	107
Abb. 103: Abplatzungen auf der Betonoberfläche	107
Abb. 104: Lage der Tiefgaragenabfahrt Teil 1	108
Abb. 105: Herstellungsprozess der Tiefgaragenabfahrt Teil 1	109
Abb. 106: Bretter auf die Schalung belegen	110
Abb. 107: Betonier- und Rüttelöffnungen der Tiefgaragenabfahrt Teil 1	112
Abb. 108: Betonage der Tiefgaragenabfahrt Teil 1	113
Abb. 109: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Tiefgaragenabfahrt Teil 1	115
Abb. 110: Ausbreitmaß der Betoncharge 1	116
Abb. 111: Ausbreitmaß der Betoncharge 1	116
Abb. 112: Frischbetontemperatur der Tiefgaragenabfahrt Teil 1 und Lüftungsschacht Teil 1	117
Abb. 113: Tiefgaragenabfahrt Teil 1 direkt nach dem Ausschalen	118
Abb. 114: Tiefgaragenabfahrt Teil 1 direkt nach dem Ausschalen	118

Abb. 115: Tiefgaragenabfahrt Teil 1 direkt nach dem Ausschalen.....	119
Abb. 116: Tiefgaragenabfahrt Teil 1 direkt nach dem Ausschalen.....	119
Abb. 117: Rostspuren auf der Sichtbetonoberfläche.....	120
Abb. 118: Bewehrungsmatten gelagert auf der Tiefgaragenabfahrtsdecke	120
Abb. 119: Lage des Lüftungsschachts Teil 1	121
Abb. 120: Herstellungsprozess des Lüftungsschachts Teil 1	121
Abb. 121: Stellschalung mit Sichtbetonanforderung	122
Abb. 122: Bretter auf die Stellschalung belegen	123
Abb. 123: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage des Lüftungsschachts Teil 1	126
Abb. 124: Ergebnis des Sichtbetonabschnitts vom 05.04.2018	128
Abb. 125: Ergebnis des Sichtbetonabschnitts vom 05.04.2018	128
Abb. 126: Ergebnis des Sichtbetonabschnittes vom 05.04.2018	129
Abb. 127: Ergebnis nach der Betonkosmetikbehandlung	129
Abb. 128: Ergebnis nach der Betonkosmetikbehandlung	130
Abb. 129: Ergebnis nach der Betonkosmetikbehandlung	131
Abb. 130: Lage der Säulen 1 und 2.....	132
Abb. 131: Stellschalung Säulen 1 und 2	133
Abb. 132: Befestigung der Dreikantleiste auf die Schließschalung von Säulen 1 und 2	133
Abb. 133: Bewehrung Säule 1.....	135
Abb. 134: Schalungssäuberung Säulen 1 und 2	136
Abb. 135: Betonage Säule 1	138
Abb. 136: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Säulen 1 und 2.....	138
Abb. 137: Frischbetontemperatur der Säulen 1 und 2	140
Abb. 138: Ausbreitmaß des Frischbetons der Säulen 1 und 2.....	140
Abb. 139: Ergebnis der Säule 1 direkt nach dem Ausschalen	142
Abb. 140: Ergebnis der Säule 1 direkt nach dem Ausschalen	142
Abb. 141: Ergebnis der Säule 1 direkt nach dem Ausschalen	143
Abb. 142: Abstandhalter sichtbar auf der Betonoberfläche.....	144
Abb. 143: Ergebnis direkt und 2 Monate nach dem Ausschalen der Säule 2	144
Abb. 144: Ergebnis der Säule 2 direkt nach dem Ausschalen	145
Abb. 145: Lage der Musterfläche 4	146
Abb. 146: Herstellungsprozess der Musterfläche 4.....	146
Abb. 147: Schalung belegen Musterfläche 4.....	147
Abb. 148: Imprägnier-Grund Auftrag	148
Abb. 149: Bewehrungsplan des Statikers im Grundriss	150
Abb. 150: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 4	151
Abb. 151: Frischbetontemperatur der Musterfläche 4 und 5	153
Abb. 152: Ausbreitmaß des Frischbetons der Musterfläche 4 und 5	154

Abb. 153: Betonier- und Rüttelöffnungen	154
Abb. 154: Ergebnis der Musterfläche 4 nach dem Ausschalen.....	155
Abb. 155: Ergebnis der Musterfläche 4 nach dem Ausschalen.....	156
Abb. 156: Lage der Musterwand 5	156
Abb. 157: Herstellungsprozess der Musterfläche 5.....	157
Abb. 158: Bretter belegen	158
Abb. 159: Belegte Schalung	158
Abb. 160: verwendete Produktionsfaktoren	159
Abb. 161: Aufteilung der Schalung	160
Abb. 162: Bewehrungsplan im Grundriss und Schnitt G-G	161
Abb. 163: Bewehrung der Musterfläche 5	162
Abb. 164: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 5	164
Abb. 165: Ergebnis Sichtbetonwand direkt nach dem Ausschalen	166
Abb. 166: Aufteilung der Sichtbetonwand	166
Abb. 167: Ergebnis Auftrag mit Imprägnier-Grund + Trennmittel AL2000.....	167
Abb. 168: Ergebnis Sichtbeton mit 2x Trennmittelauftrag AL2000.....	167
Abb. 169: Herstellungsprozess der Musterfläche 6.....	168
Abb. 170: Schalung belegen	169
Abb. 171: Auftrag Teil 1 Musterfläche 6	170
Abb. 172: Auftrag Teil 2 Musterfläche 6	171
Abb. 173: Auftrag Teil 3 Musterfläche 6	171
Abb. 174: Schließschalung Musterfläche 6	173
Abb. 175: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 6	174
Abb. 176: Frischbetontemperatur der Musterfläche 6	175
Abb. 177: Betoneinbringung	175
Abb. 178: Betonverdichtung	176
Abb. 179: Ergebnis der Musterfläche 6	177
Abb. 180: Ergebnis mit Verdunstungsmittel	177
Abb. 181: Ergebnis mit Aquacryl und Innenlasur	178
Abb. 182: Lage der Fassade 1	178
Abb. 183: Herstellungsprozess der Fassade 1	179
Abb. 184: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 1	180
Abb. 185: Dämmung und Bewehrung der Fassade 1	181
Abb. 186: Schalung belegen Teil 1	182
Abb. 187: Schüttagenkennzeichnung.....	184
Abb. 188: Geschlossene Schalung von Fassade 1.....	184
Abb. 189: beschränkte Betonierbedingungen	186
Abb. 190: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 1	187

Abb. 191: Frischbetontemperatur der Fassade 1 und 4	188
Abb. 192: Ausbreitmaß des Betons von Fassade 1 und 4	189
Abb. 193: Ergebnis Fassade 1 Teil 1 direkt nach dem Ausschalen	190
Abb. 194: Ergebnis Fassade 1 Teil 1 direkt nach dem Ausschalen	191
Abb. 195: Bereich mit viel Abriss von Fassade 1	191
Abb. 196: Schalhaut direkt nach dem Ausschalen von Fassade 1	192
Abb. 197: Fassade 1 am 25.05.2018	192
Abb. 198: Ergebnis Fassade 1 Teil 2 direkt nach dem Ausschalen	193
Abb. 199: Schalhaut direkt nach dem Ausschalen von Fassade 1	194
Abb. 200: starker Abriss bei einzelnen Brettern	194
Abb. 201: Fassade 1 am 25.05.2018	195
Abb. 202: Lage der Fassade 2	195
Abb. 203: Herstellungsprozess der Fassade 2	196
Abb. 204: Dämmung der Fassade 2	197
Abb. 205: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 2	198
Abb. 206: Schalung belegen Fassade 2	199
Abb. 207: Verdunstungsmittelauftrag Fassade 2	200
Abb. 208: Trennmittelauftrag Fassade 2	201
Abb. 209: Fertiggestellte Schalung der Fassade 2	201
Abb. 210: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage von Fassade 2	203
Abb. 211: Frischbetontemperatur der Fassade 2	204
Abb. 212: Aufbringen der Rüttel- und Betonieröffnungen	204
Abb. 213: Ausbreitmaß des Betons der Fassade 2	205
Abb. 214: Beheizen der Fassade 2	205
Abb. 215: Ergebnis des Sichtbetons der Fassade 2 direkt nach dem Ausschalen	207
Abb. 216: Ergebnis des Sichtbetons der Fassade 2 direkt nach dem Ausschalen	207
Abb. 217: Ergebnis des Sichtbetons der Fassade 2 direkt nach dem Ausschalen	208
Abb. 218: Ergebnis des Sichtbetons der Fassade 2 am 25.05.2018	208
Abb. 219: Ergebnis des Sichtbetons der Fassade 2 am 25.05.2018	209
Abb. 220: Lage der Fassade 3	209
Abb. 221: Herstellungsprozess der Fassade 3	210
Abb. 222: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 3	211
Abb. 223: Bewehrung und Dämmung Fassade 3	212
Abb. 224: Bretter belegen Fassade 3	213
Abb. 225: Raue Oberfläche	214
Abb. 226: Trennmittelverbrauch Fassade 3	216
Abb. 227: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 3	217

Abb. 228: Frischbetontemperatur Fassade 3	218
Abb. 229: Ausbreitmaß des Betons von Fassade 3	218
Abb. 230: Vergleich Sichtbetonoberfläche mit Schalhaut	220
Abb. 231: Vergleich Sichtbetonoberfläche mit Schalhaut	220
Abb. 232: Schalhaut direkt nach dem Ausschalen	221
Abb. 233: Fassade 3 direkt nach dem Ausschalen	221
Abb. 234: Fassade 3 direkt nach dem Ausschalen	222
Abb. 235: Fassade 3 am 25.05.2018	222
Abb. 236: Lage der Fassade 4	223
Abb. 237: Herstellungsprozess der Fassade 4	223
Abb. 238: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 4	224
Abb. 239: Dämmung und Bewehrung der Fassade 4	225
Abb. 240: Schalhaut Fassade 4	226
Abb. 241: Auftrag des Verdunstungsschutzes	227
Abb. 242: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 4	229
Abb. 243: Vergleich Sichtbetonoberfläche und Schalhaut	231
Abb. 244: Sichtbetonwand der Fassade 4 direkt nach dem Ausschalen	232
Abb. 245: Schalhaut der Fassade 4 direkt nach dem Ausschalen	232
Abb. 246: Sichtbetonfassade 4 am 25.05.2018	233
Abb. 247: Sichtbetonprüffläche am 25.05.2018	234
Abb. 248: Lage des Lüftungsschachts Teil 2	235
Abb. 249: Herstellungsprozess des Lüftungsschachts Teil 2	235
Abb. 250: Bretter auf die Schalung belegen	236
Abb. 251: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage des Lüftungsschachts Teil 2	240
Abb. 252: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 direkt nach dem Ausschalen	241
Abb. 253: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 direkt nach dem Ausschalen	242
Abb. 254: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 direkt nach dem Ausschalen	242
Abb. 255: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 direkt nach dem Ausschalen	243
Abb. 256: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 vom 25.05.2018	243
Abb. 257: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 vom 25.05.2018	244
Abb. 258: Lage der Mauer	244
Abb. 259: Herstellungsprozess der Mauer	245
Abb. 260: Bewehrungsplan Grundriss der Mauer	247
Abb. 261: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Mauer	250
Abb. 262: Frischbetontemperatur der Mauer und des Lüftungsschachts Teil 2	251
Abb. 263: Mauer direkt nach dem Ausschalen	252
Abb. 264: Mauer direkt nach dem Ausschalen	253
Abb. 265: Mauer direkt nach dem Ausschalen	253

Abb. 266: Betonabriss	253
Abb. 267: Schalungselementversatz	254
Abb. 268: Ergebnis des Sichtbetons vom 25.05.2018	254
Abb. 269: Lage der Tiefgaragenabfahrt Teil 2.....	255
Abb. 270: Tiefgaragenabfahrt Teil 2.....	255
Abb. 271: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Tiefgaragenabfahrt Teil 2.....	259
Abb. 272: Frischbetontemperatur der Tiefgaragenabfahrt Teil 2	260
Abb. 273: Ergebnis der Tiefgaragenabfahrt Teil 2 direkt nach dem Ausschalen	261
Abb. 274: Ergebnis der Tiefgaragenabfahrt Teil 2 direkt nach dem Ausschalen	261
Abb. 275: Betonkosmetik	262
Abb. 276: Lage der Fassade 5	263
Abb. 277: Herstellungsprozess der Fassade 5	263
Abb. 278: Dämmung und Bewehrung der Fassade 5	264
Abb. 279: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 5.....	265
Abb. 280: Schalung belegen mit Brettern.....	266
Abb. 281: Schutz der Schalung vor der Witterung	267
Abb. 282: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 5	269
Abb. 283: Frischbetontemperatur der Fassaden 5 und 6	270
Abb. 284: Betonage der Fassade 5.....	270
Abb. 285: Betonabriss im obersten Bereich	272
Abb. 286: Vergleich der Betonoberfläche mit der Schalhaut direkt nach dem Ausschalen	272
Abb. 287: Unregelmäßigkeiten Fassade 6	273
Abb. 288: Fassade 5 am 25.05.2018	273
Abb. 289: Fassade 5 am 25.05.2018	274
Abb. 290: Lage der Fassade 6	275
Abb. 291: Herstellungsprozess der Fassade 6	275
Abb. 292: Dämmung der Fassade 6	276
Abb. 293: Bewehrung Grundriss der Fassade 6	276
Abb. 294: Schimmel auf den Brettern	277
Abb. 295: Verdunstungsmittelauftrag Fassade 6	278
Abb. 296: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 6	280
Abb. 297: Porigkeit der Fassade 6	282
Abb. 298: Vergleich der Betonoberfläche mit der Schalhaut direkt nach dem Ausschalen	283
Abb. 299: Fassade 5 und Fassade 6 direkt nach dem Ausschalen	283
Abb. 300: Betonabriss im oberen Bereich.....	284
Abb. 301: Fassade 6 am 25.05.2018	284
Abb. 302: Fassade 6 am 25.05.2018	285

Abb. 303: Fertigteile Abschnitt 1	286
Abb. 304: Herstellungsprozess der Fertigteile Abschnitt 1.....	286
Abb. 305: Schalen der Fertigteile Abschnitt 1	287
Abb. 306: Auftrag von Verdunstungsmittel.....	288
Abb. 307: Bewehren der Fertigteile Abschnitt 1	290
Abb. 308: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage des Fertigteilabschnitts 1	291
Abb. 309: Frischbetontemperatur der Fertigteile Abschnitt 1	292
Abb. 310: Betonage der Fertigteile Abschnitt 1	292
Abb. 311: Ergebnis der Fertigteile Abschnitt 1 direkt nach dem Ausschalen	294
Abb. 312: Ergebnis der Fertigteile Abschnitt 1 direkt nach dem Ausschalen	294
Abb. 313: Ergebnis der Fertigteile Abschnitt 1 direkt nach dem Ausschalen	295
Abb. 314: Schalung direkt nach dem Ausschalen	295
Abb. 315: Betonabriss der Fertigteile Abschnitt 1	295
Abb. 316: Fertigteile Abschnitt 2	296
Abb. 317: Herstellungsprozess der Fertigteile Abschnitt 2.....	296
Abb. 318: Schalen und mit Brettern belegen der Fertigteile Abschnitt 2.....	297
Abb. 319: Schalen der Fertigteile Abschnitt 2	298
Abb. 320: Bewehren der Fertigteile Abschnitt 2	300
Abb. 321: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fertigteile Abschnitt 2	302
Abb. 322: Frischbetontemperatur der Fertigteile Abschnitt 2	303
Abb. 323: Betonage der Fertigteile Abschnitt 2.....	303
Abb. 324: Frischbetontemperatur.....	304
Abb. 325: Ergebnis Fertigteile Abschnitt 2 direkt nach dem Ausschalen	305
Abb. 326: Ergebnis Fertigteile Abschnitt 2 direkt nach dem Ausschalen	306
Abb. 327: Betonabriss	306
Abb. 328: Lage der Fassade 7	307
Abb. 329: Herstellungsprozess der Fassade 7	307
Abb. 330: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 7.....	308
Abb. 331: Anschlussbewehrung der Fassade 7	309
Abb. 332: Schalung belegen mit Brettern.....	310
Abb. 333: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 7	313
Abb. 334: Schüttlagenkennzeichnung.....	313
Abb. 335: Betonier- und Rüttelöffnungen der Fassade 7	314
Abb. 336: Frischbetontemperatur der Fassade 7 und 9.....	315
Abb. 337: Fassade 7 direkt nach dem Ausschalen	316
Abb. 338: Vergleich Betonabriss mit neuen und alten Brettern direkt nach dem Ausschalen	316
Abb. 339: Fassade 7 direkt nach dem Ausschalen	317
Abb. 340: Fassade 7 am 25.05.2018	317

Abb. 341: Vergleich Betonabriss mit neuen und alten Brettern am 25.05.2018	318
Abb. 342: Lage der Fassade 9	318
Abb. 343: Herstellungsprozess der Fassade 9	319
Abb. 344: Bewehrungsplan im Grundriss der Fassade 9	320
Abb. 345: Bretter belegen auf die Schalung.....	321
Abb. 346: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 9	324
Abb. 347: Ausbreitmaß der Fassade 7 und 9.....	325
Abb. 348: Fassade 9 direkt nach dem Ausschalen	326
Abb. 349: Abdruck von der Hobelmaschine	326
Abb. 350: Verdichtungsfehler	327
Abb. 351: Nahaufnahme der Fassade 9 vom 28.05.2018.....	327
Abb. 352: Fassade 9 am 28.05.2018	328
Abb. 353: Herstellungsprozess der Mauer Tiefgarageneinfahrt.....	329
Abb. 354: Epoxidharzgrundlage	331
Abb. 355: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Mauer Tiefgarage.....	333
Abb. 356: Mauer Tiefgarage Frischbetontemperatur	334
Abb. 357: Ergebnis der Mauer Tiefgarage direkt nach dem Ausschalen	335
Abb. 358: Ergebnis der Mauer Tiefgarage direkt nach dem Ausschalen	336
Abb. 359: Ergebnis der Mauer Tiefgarage direkt nach dem Ausschalen	336
Abb. 360: Ergebnis der Mauer Tiefgarage vom 25.05.2018	337
Abb. 361: Ergebnis der Mauer Tiefgarage vom 25.05.2018	337
Abb. 362: Lage Fassade 8	338
Abb. 363: Herstellungsprozess der Fassade 8	339
Abb. 364: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 8.....	340
Abb. 365: Stellschalung Teil 1 und 2	342
Abb. 366: Stellschalung Teil 3 und 4	342
Abb. 367: Stellschalung Teil 5 und 6	343
Abb. 368: Schließschalung Teil 1 und 2	344
Abb. 369: Schließschalung Teil 3 und 4	344
Abb. 370: Bewässern der Bretter	344
Abb. 371: Verdunstungsmittelauftrag	345
Abb. 372: Auftrag Flüssigwachs	346
Abb. 373: fertiggestellte Schalung.....	348
Abb. 374: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 8	350
Abb. 375: Ausbreitmaß der Betoncharge 1	351
Abb. 376: Ausbreitmaß der Betoncharge 2	352
Abb. 377: Frischbetontemperatur der Fassade 8.....	352
Abb. 378: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen	353

Abb. 379: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen	354
Abb. 380: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen	354
Abb. 381: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen	355
Abb. 382: Schalungselementversatz	355
Abb. 383: Verdichtungsfehler	356
Abb. 384: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen	356
Abb. 385: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen	357
Abb. 386: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen	357
Abb. 387: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen	358
Abb. 388: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen	358
Abb. 389: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen	359
Abb. 390: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen	359
Abb. 391: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen	360
Abb. 392: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen	360
Abb. 393: Betonspritzer	361
Abb. 394: Ursache Betonspritzer	361
Abb. 395: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen	361
Abb. 396: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen	362
Abb. 397: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen	362
Abb. 398: Vergleich der Ausbreitmaße	363
Abb. 399: Betontemperaturvergleich	364
Abb. 400: Betontemperatur- und Umgebungstemperaturvergleich	365
Abb. 401: Betontemperatur- und Umgebungstemperaturvergleich	366
Abb. 402: Reifevergleich	366
Abb. 403: Bauzeitplan mit Temperaturverlauf	367
Abb. 404: Bauzeitplan mit relativer Luftfeuchtigkeit	367
Abb. 405: Grautonskala der Richtlinie Sichtbeton	368
Abb. 406: Farbtonvergleich der Musterwände	369
Abb. 407: Farbtonvergleich der Fassadenelemente	369
Abb. 408: Farbtonvergleich der sonstigen Sichtbetonelemente	370
Abb. 409: Farbtonabschnittsvergleich der Mittelwerte	371
Abb. 410: Musterfläche 1 und 2 direkt nach dem Ausschalen	372
Abb. 411: Musterfläche 3 und 4 direkt nach dem Ausschalen	372
Abb. 412: Musterfläche 5 und 6 direkt nach dem Ausschalen	373
Abb. 413: Betonoberflächenabriss der Musterflächen	373
Abb. 414: Fassade 1 und 3 direkt nach dem Ausschalen	374
Abb. 415: Fassade 3 und 4 direkt nach dem Ausschalen	374
Abb. 416: Fassade 5 und 6 direkt nach dem Ausschalen	375
Abb. 417: Fassade 7 und 8 direkt nach dem Ausschalen	375
Abb. 418: Fassade 9 direkt nach dem Ausschalen	375

Abb. 419: Betonoberflächenabriss der Fassadenbauteile.....	376
Abb. 420: Lüftungsschacht Teil 1 und 2 direkt nach dem Ausschalen.....	377
Abb. 421: Tiefgaragenabfahrt Teil 1 und 2 direkt nach dem Ausschalen.....	377
Abb. 422: Mauer Tiefgarage direkt nach dem Ausschalen	378
Abb. 423: Fertigteile Abschnitt 1 und 2 direkt nach dem Ausschalen	378
Abb. 424: Säule 1 und 2 direkt nach dem Ausschalen.....	378
Abb. 425: Gartenmauer direkt nach dem Ausschalen.....	379
Abb. 426: Betonoberflächenabriss der sonstigen Sichtbetonelemente.....	380
Abb. 427: Abrisshypothese	381
Abb. 428: Abrisshypothese	381
Abb. 429: Abrisshypothese	382
Abb. 430: Betonoberfläche nach dem Ausschalen	382
Abb. 431: Schalung nach dem Ausschalen.....	382
Abb. 432: optimiertes Ergebnis	383
Abb. 433: Optimierter Herstellungsprozess.....	384

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Porigkeit	11
Tab. 2: Struktur	11
Tab. 3: Arbeitsfugen	12
Tab. 4: Sichtbetonklassen Richtlinie Sichtbeton	13
Tab. 5: Überblick der Anforderungsklasse Bauteilbeschreibung.....	14
Tab. 6: klassenbildende Anforderungsklasse der Bauteilbeschreibung.....	14
Tab. 7: Überblick der Anforderungsklasse Betonfläche	15
Tab. 8: klassenbildende Anforderungen der Betonfläche	15
Tab. 9: nicht klassenbildende Anforderungen der Betonfläche.....	16
Tab. 10: Überblick der Anforderungsklasse Bauausführung.....	16
Tab. 11: klassenbildende Anforderungen der Bauausführung	17
Tab. 12: nicht klassenbildende Anforderungen der Bauausführung	18
Tab. 13: Überblick der Anforderungsklasse Schalungsmaterial, Trennmittleinsatz	18
Tab. 14: klassenbildende Anforderungen des Schalungsmaterials und Trennmittleinsatzes.....	19
Tab. 15: nicht klassenbildende Anforderungen des Schalungsmaterials und Trennmittleinsatzes.....	20
Tab. 16: Empfohlener Mehlkorngelalt	22
Tab. 17: Saugende Schalungshautarten.....	24
Tab. 18: nicht saugende Schalhaut.....	25
Tab. 19: Klassifizierung der Abstandhalter in Typgruppen.....	39
Tab. 20: Auswahl der Abstandhalter nach Art des Bauteils	40
Tab. 21: Betonangaben.....	55
Tab. 22: Bewehrung	62
Tab. 23: Start Schließen der Schalung der Musterfläche 1.....	64
Tab. 24: Trennmittelauftrag der Schließschalung der Musterfläche 1.....	68
Tab. 25: Ende des Schließens der Schalung	69
Tab. 26: Betonierbedingungen der Musterfläche 1	71
Tab. 27: Schüttagendokumentation der Musterfläche 1	72
Tab. 28: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	73
Tab. 29: Prüfergebnisse Betonlabor Musterfläche 1, 2 und 3	75
Tab. 30: Ausschaldokumentation der Musterfläche 1	75
Tab. 31: Stellschalung Musterfläche 2	80
Tab. 32: Trennmittelauftrag der Stellschalung der Musterfläche 2.....	82
Tab. 33: Bewehrungsbedingungen der Musterfläche 2.....	83
Tab. 34: Bewehrung Musterfläche 2	83
Tab. 35: Schließschalung der Musterfläche 2	85
Tab. 36: Betonierbedingungen der Musterfläche 2	86

Tab. 37: Schüttagendokumentation der Musterfläche 2	88
Tab. 38: Dokumentation der Frischbetontemperatur	88
Tab. 39: Ausschaldokumentation der Musterfläche 2	91
Tab. 40: Dokumentation beim Schalung stellen	96
Tab. 41: Dokumentation des Trennmittelauftrags auf die Sichtbetonfläche	98
Tab. 42: Bewehrungsbedingungen der Musterfläche 3	99
Tab. 43: Bewehrung Musterfläche 3	100
Tab. 44: Dokumentation des Schließens der Schalung	102
Tab. 45: Betonierbedingungen der Musterfläche 3	103
Tab. 46: Schüttagendokumentation der Musterfläche 3	104
Tab. 47: Dokumentation der Frischbetontemperatur	105
Tab. 48: Ausschaldokumentation der Musterfläche 3	106
Tab. 49: Dokumentation der Stell- und Schließschalung	109
Tab. 50: Bretter auf die Schalung belegen	110
Tab. 51: Dokumentation der Bewehrungsarbeiten	111
Tab. 52: Trennmittelauftrag Schließschalung	111
Tab. 53: Betonierbedingungen der Betoncharge 1	113
Tab. 54: Betonierbedingungen der Betoncharge 2	114
Tab. 55: Dokumentation der Frischbetontemperatur der Betoncharge 1	115
Tab. 56: Dokumentation der Frischbetontemperatur der Betoncharge 2	115
Tab. 57: Ausschaldokumentation der Tiefgaragenabfahrt Teil 1	117
Tab. 58: Dokumentation der Schalungsarbeiten	122
Tab. 59: Bretter auf die Schalung belegen	122
Tab. 60: Dokumentation der Bewehrungsarbeiten	123
Tab. 61: Bewehrung	124
Tab. 62: Dokumentation des Trennmittelauftrages	124
Tab. 63: Betonierbedingungen des Lüftungsschachts Teil 1	125
Tab. 64: Schüttagendokumentation	126
Tab. 65: Dokumentation der Frischbetontemperatur der Betoncharge 1	126
Tab. 66: Ausschaldokumentation	127
Tab. 67: Dokumentation der Schalung von Säule 1	132
Tab. 68: Dokumentation der Schalung von Säule 2	132
Tab. 69: Bewehrungsbedingungen der Säule 1	134
Tab. 70: Bewehrungsbedingungen der Säule 2	134
Tab. 71: Bewehrung	134
Tab. 72: Dokumentation des Trennmittelauftrags von Säule 1	135
Tab. 73: Dokumentation des Trennmittelauftrags von Säule 2	136
Tab. 74: Betonierbedingungen der Säule 1	137
Tab. 75: Betonierbedingungen der Säule 2	137
Tab. 76: Schüttagendokumentation der Säule 1	139

Tab. 77: Schüttagendokumentation der Säule 2	139
Tab. 78: Dokumentation der Frischbetontemperatur	139
Tab. 79: Ausschaldokumentation der Säule 1	141
Tab. 80: Ausschaldokumentation der Säule 2	141
Tab. 81: Stellschalung der Musterfläche 4	147
Tab. 82: Imprägnier-Grundauftrag der Musterfläche 4	148
Tab. 83: Bewehrungsbedingungen der Musterfläche 4	149
Tab. 84: Bewehrung Musterfläche 4	149
Tab. 85: Schließschalung Musterfläche 4	150
Tab. 86: Betonierbedingungen der Musterfläche 4	151
Tab. 87: Schüttagendokumentation Musterfläche 4	152
Tab. 88: Dokumentation der Frischbetontemperatur	152
Tab. 89: Ausschaldokumentation der Musterfläche 4	155
Tab. 90: Stellschalung Musterfläche 5	158
Tab. 91: Dokumentation vom Auftrag des Trennmittels und des Imprägnier- Grunds	159
Tab. 92: Bewehrungsbedingungen der Musterfläche 5	160
Tab. 93: Bewehrung Musterfläche 5	161
Tab. 94: Schließschalung Musterfläche 5	162
Tab. 95: Betonierbedingungen der Musterfläche 5	163
Tab. 96: Schüttagendokumentation der Musterfläche 5	164
Tab. 97: Dokumentation der Frischbetontemperatur	164
Tab. 98: Ausschaldokumentation der Musterfläche 5	165
Tab. 99: Stellschalung Musterfläche 6	169
Tab. 100: Auftrag Voranstrich	170
Tab. 101: Trennmittelauftrag	172
Tab. 102: Dokumentation des Schalung-Schließens	172
Tab. 103: Betonierbedingungen der Musterfläche 6	173
Tab. 104: Schüttagendokumentation	174
Tab. 105: Dokumentation der Frischbetontemperatur	175
Tab. 106: Ausschaldokumentation der Musterfläche 6	176
Tab. 107: Dokumentation der Bewehrungs- und Dämmarbeiten	180
Tab. 108: Bewehrung	180
Tab. 109: Dokumentation der Schalung stellen von Fassade 1	181
Tab. 110: Bretter belegen der Fassade 1	182
Tab. 111: Dokumentation des Auftrages von Verdunstungsmittel	182
Tab. 112: Dokumentation des Trennmittelauftrags von Fassade 1	183
Tab. 113: Schalung von Fassade 1 schließen	183
Tab. 114: Betonierbedingungen der Fassade 1	185
Tab. 115: Schüttagendokumentation Fassade 1	187

Tab. 116: Frischbetontemperatur Fassade 1	188
Tab. 117: Ausschaldokumentation der Fassade 1	189
Tab. 118: Bewehrungsbedingungen Fassade 2.....	197
Tab. 119: Bewehrung	197
Tab. 120: Schalung Fassade 2	198
Tab. 121: Bretter belegen der Fassade 2.....	198
Tab. 122: Auftrag Verdunstungsmittel Fassade 2	199
Tab. 123: Dokumentation des Trennmittelauftrages	200
Tab. 124: Betonierbedingungen Fassade 2	202
Tab. 125: Schüttagendokumentation Fassade 2.....	203
Tab. 126: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	203
Tab. 127: Ausschaldokumentation der Fassade 2	206
Tab. 128: Dokumentation der Bewehrung.....	211
Tab. 129: Bewehrung	211
Tab. 130: Schalung der Fassade 3	212
Tab. 131: Bretter belegen Fassade 3.....	213
Tab. 132: Dokumentation des Auftrages mit Verdunstungsmittel	214
Tab. 133: Dokumentation des Trennmittelauftrages	215
Tab. 134: Betonierbedingungen Fassade 3	216
Tab. 135: Schüttagendokumentation.....	217
Tab. 136: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	218
Tab. 137: Ausschaldokumentation der Fassade 3	219
Tab. 138: Dokumentation der Bewehrungsarbeiten	224
Tab. 139: Bewehrung	224
Tab. 140: Schalung der Fassade 4	225
Tab. 141: Bretter belegen Fassade 4	226
Tab. 142: Dokumentation des Verdunstungsmittelauftrages	227
Tab. 143: Dokumentation des Trennmittelauftrages	228
Tab. 144: Betonierbedingungen Fassade 4	229
Tab. 145: Schüttagendokumentation.....	230
Tab. 146: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	230
Tab. 147: Ausschaldokumentation der Fassade 4	231
Tab. 148: Schalungsarbeiten	236
Tab. 149: Bretter auf die Schalung belegen	236
Tab. 150: Bewehrungsbedingungen	237
Tab. 151: Bewehrung	237
Tab. 152: Auftrag Verdunstungsmittel	238
Tab. 153: Dokumentation des Trennmittelauftrages	238
Tab. 154: Betonierbedingungen	239
Tab. 155: Schüttagendokumentation.....	240

Tab. 156: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	240
Tab. 157: Ausschaldokumentation	241
Tab. 158: Schließschalungsarbeiten	245
Tab. 159: Bretter auf die Schalung belegen	246
Tab. 160: Bewehrungsbedingungen	246
Tab. 161: Bewehrung	247
Tab. 162: Auftrag Verdunstungsmittel.....	247
Tab. 163: Dokumentation des Trennmittelauftrages	248
Tab. 164: Betonierbedingungen der Wand	249
Tab. 165: Schüttagendokumentation.....	250
Tab. 166: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	251
Tab. 167: Ausschaldokumentation	252
Tab. 168: Dokumentation der Stellschalungsarbeiten.....	256
Tab. 169: Bewehrungsbedingungen	256
Tab. 170: Bewehrung	257
Tab. 171: Auftrag Verdunstungsmittel.....	257
Tab. 172: Dokumentation des Trennmittelauftrags	258
Tab. 173: Betonierbedingungen der Tiefgaragenabfahrt Teil 2.....	258
Tab. 174: Schüttagendokumentation.....	259
Tab. 175: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	260
Tab. 176: Ausschaldokumentation der Tiefgaragenabfahrt Teil 2.....	260
Tab. 177: Bewehrung	264
Tab. 178: Dokumentation der einseitigen Schalung stellen	265
Tab. 179: Bretter belegen Fassade 5.....	265
Tab. 180: Auftrag des Verdunstungsmittels der Fassade 5	266
Tab. 181: Trennmittelauftrag Fassade 5	267
Tab. 182: Betonierbedingungen der Fassade 5	268
Tab. 183: Schüttagendokumentation der Fassade 5.....	269
Tab. 184: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	269
Tab. 185: Ausschaldokumentation der Fassade 5	271
Tab. 186: Bewehrung	276
Tab. 187: Dokumentation der einseitigen Schalung der Fassade 6.....	277
Tab. 188: Schalung mit Bretter belegen der Fassade 6.....	277
Tab. 189: Auftrag des Verdunstungsmittels	278
Tab. 190: Dokumentation des Trennmittelauftrages der Fassade 6	279
Tab. 191: Betonierbedingungen der Fassade 6	280
Tab. 192: Schüttagendokumentation.....	281
Tab. 193: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	281
Tab. 194: Ausschaldokumentation	282
Tab. 195: Dokumentation der Schalarbeiten	287

Tab. 196: Auftrag von Verdunstungsmittel	288
Tab. 197: Dokumentation des Trennmittelauftrages	289
Tab. 198: Dokumentation der Schalungsarbeiten	289
Tab. 199: Betonierbedingungen der Fertigteile Abschnitt 1	290
Tab. 200: Fertigteile Abschnitt 1 Betonage	291
Tab. 201: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	291
Tab. 202: Ausschaldokumentation der Fertigteile Abschnitt 1	293
Tab. 203: Dokumentation der Schalungsarbeiten	297
Tab. 204: Auftrag von Verdunstungsmittel	298
Tab. 205: Dokumentation des Wachsauftrages	299
Tab. 206: Dokumentation des Trennmittelauftrages	299
Tab. 207: Dokumentation der Bewehrungsarbeiten	300
Tab. 208: Betonierbedingungen der Fertigteile Abschnitt 2	301
Tab. 209: Fertigteile Abschnitt 2 Betonage	302
Tab. 210: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	302
Tab. 211: Ausschaldokumentation	304
Tab. 212: Dokumentation der Bewehrungsarbeiten	308
Tab. 213: Bewehrung	308
Tab. 214: Dokumentation der einseitigen Schalung der Fassade 7.....	309
Tab. 215: Bretter auf die Schalung belegen	310
Tab. 216: Dokumentation des Auftrages von Verdunstungsmittel	311
Tab. 217: Dokumentation des Trennmittelauftrages	311
Tab. 218: Betonierbedingungen der Fassade 7	312
Tab. 219: Schüttlagendokumentation der Fassade 7.....	314
Tab. 220: Dokumentation der Frischbetontemperatur der Fassade 7.....	314
Tab. 221: Ausschaldokumentation der Fassade 7	315
Tab. 222: Bewehrungsbedingungen der Fassade 9	320
Tab. 223: Bewehrung	320
Tab. 224: einseitige Schalung der Fassade 9	321
Tab. 225: Bretter belegen auf die Schalung	321
Tab. 226: Auftrag Verdunstungsmittel.....	322
Tab. 227: Dokumentation des Trennmittelauftrages	322
Tab. 228: Betonierbedingungen der Fassade 9	323
Tab. 229: Schüttlagendokumentation der Fassade 9.....	324
Tab. 230: Ausschaldokumentation der Fassade 9	325
Tab. 231: Stellschalungsarbeiten	329
Tab. 232: Schalung belegen mit Brettern.....	330
Tab. 233: Bewehrungsbedingungen der Mauer Tiefgarageneinfahrt.....	330
Tab. 234: Dokumentation der Vorbehandlung mit Epoxidharz.....	331
Tab. 235: Dokumentation des Trennmittelauftrages	332

Tab. 236: Betonierbedingungen der Mauer Tiefgarage	333
Tab. 237: Schüttlagendokumentation.....	334
Tab. 238: Dokumentation der Frischbetontemperatur.....	334
Tab. 239: Ausschaldokumentation der Mauer Tiefgarage	335
Tab. 240: Bewehrungsbedingungen der Fassade 8	340
Tab. 241: Bewehrung	340
Tab. 242: Stellschalung Fassade 8	341
Tab. 243: Schließschalung Fassade 8	341
Tab. 244: Dokumentation der Stellschalung mit Brettern belegen	342
Tab. 245: Dokumentation der Schließschalung mit Brettern belegen	343
Tab. 246: Verdunstungsmittelauftrag Stellschalung	345
Tab. 247: Verdunstungsmittelauftrag Schließschalung.....	346
Tab. 248: Dokumentation des Wachsaufrags der Stellschalung.....	347
Tab. 249: Trennmittelauftrag Stellschalung.....	347
Tab. 250: Trennmittelauftrag Schließschalung.....	348
Tab. 251: Betonierbedingungen der Betoncharge 1	349
Tab. 252: Betonierbedingungen der Betoncharge 2	349
Tab. 253: Frischbetontemperatur Fassade 8 Betoncharge 1	350
Tab. 254: Frischbetontemperatur Fassade 8 Betoncharge 2.....	351
Tab. 255: Ausschaldokumentation der Fassade 8	353
Tab. 256: Kategorien des Abrisses	371
Tab. 257: Stärkegradeinteilung des Betonabrisses der Musterflächen.....	372
Tab. 258: Stärkegradeinteilung des Betonabrisses der Fassaden.....	374
Tab. 259: Stärkegradeinteilung der sonstigen Sichtbetonelemente.....	377
Tab. 260: Aufwandswert für das Belegen der Schalung mit Brettern.....	391
Tab. 261: Aufwandswert für den Verdunstungsschutzauftrag mit Pinsel	392
Tab. 262: Aufwandswert für den Verdunstungsschutzauftrag mit Spritze.....	392
Tab. 263: Aufwandswert für die Vorbehandlung mit Zementleim.....	393
Tab. 264: Aufwandswert für das Betonieren	393
Tab. 265: Aufwandswert für das Ausschalen der geankerten Rahmenschalung	394
Tab. 266: Aufwandswert für das Ausschalen der einseitigen Schalung.....	394
Tab. 267: Schalungsaufwandswert der Fassade 8	395

Abkürzungsverzeichnis

DBV	Deutscher Beton- und Bautechnikverein
BL	geringe Blutneigung
BVH	Bauvorhaben
ÖVBB	Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik
RGB	Rot Grün Blau
SB	Sichtbeton
UV	Ultraviolett
W/B	Wasser-Bindemittel
°Ch	Grad Celsius x Stunde

1 Einleitung

Sichtbeton muss gegenüber herkömmlichem Beton nicht nur Dauerhaftigkeit, Nachhaltigkeit und konstruktives Tragverhalten aufweisen, sondern auch kundenspezifischen optischen Ansprüchen entsprechen. Makelloser, gleichmäßiger und porenfreier Sichtbeton ist das Maß aller Dinge.

Daher zählt Sichtbeton zu der Königsdisziplin im Hochbau. Um diese zu bewältigen, bedarf es einer Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten. Von der Planung bis hin zu Ausführung und Detailplanung, alle müssen an einem Strang ziehen. Sichtbeton darf nicht unüberlegt und kurzentschlossen geplant werden. Sichtbeton braucht einen durchdachten Entwicklungsprozess und viele erfahrene Personen, die mit den Schwierigkeiten und Herausforderungen des Herstellungsprozesses umgehen können.

Jedes Ergebnis von Sichtbeton ist ein Unikat, anders und einzigartig. Das Zusammenspiel von Schalung, Beton, klimatischen Rahmenbedingungen kann sich aufgrund von veränderten projektspezifischen Anforderungen ständig ändern. Für ein gelungenes Ergebnis braucht es daher geschulte motivierte Arbeitskräfte, einen optimierten erprobten Herstellungsprozess und klimatische Voraussetzungen, die für eine gute Qualität von Sichtbeton sprechen.

Der übersättigte Markt im Bauwesen führt zu einem verschärften Konkurrenzkampf, weshalb es für Firmen immer wichtiger ist, sich von der breiten Masse abzuheben. Durch Spezialisierung auf eine gewisse Marktnische können sich Baufirmen einen Vorteil gegenüber allen anderen verschaffen. Infolge firmenintern erforschter Herstellungsprozesse, welche hervorragende Sichtbetonergebnisse erzielen, kann dieses einzigartige Know-how dazu beitragen, einen Auftrag zu erhalten.

Die zahlreichen Ausführungsarten von Sichtbeton – ob glatt, mit Bretterstruktur oder Matrizen – erfordern jeweils verschiedene Herstellungsprozesse. Um neue Kenntnisse in der Sichtbetonherstellung zu erforschen, bedarf es einer genauen Dokumentation aller Rahmenbedingungen. Dadurch können Optimierungsmaßnahmen gefunden und analysiert werden, um den Herstellungsprozess auf ein makellostes Ergebnis hinzuzielen.

1.1 Situationsanalyse

Die Firma HV-Bau errichtet gemeinsam mit einem Geschäftspartner einen zweiten Firmenstandort in Kitzbühel. Hauptsächlich arbeitet die Firma im Raum Kitzbühel mit internationalen Auftraggebern, welche oft Sichtbeton als Gestaltungselement verlangen. Mit dem Büro in Kitzbühel möchte HV-Bau ein Referenzprojekt für zukünftige Projekte realisieren, um so vor Ort den Kunden ein gelungenes Ergebnis zu präsentieren.

Die Firma hat bereits Sichtbetonerfahrung mit mehreren Aufträgen gesammelt. Durch die ständig wechselnden Anforderungen von Auftraggebern und veränderten Rahmenbedingungen, soll dieses Projekt im Zuge einer Masterarbeit begleitet und genauestens dokumentiert werden. Durch die Verknüpfung von angeeignetem Wissen und mit Hilfe der Technischen Universität Graz kann die Firma HV-Bau optimal unterstützt werden, dass sich diese Königsdisziplin zum Aushängeschild des Baumeisterbetriebs entwickelt. Um dieses Ziel zu erreichen, optimiert die Diplomandin den Herstellungsprozess vor und während der Bauphase und schult die Arbeiter auf die Schwierigkeiten von Sichtbeton. Die daraus gesammelten Kenntnisse sollen als Wissensspeicher für spätere Projekte dienen.

1.2 Zielformulierung

Ziel der Arbeit ist es, den Herstellungsprozess von Sichtbeton mit Bretterschalung zu analysieren, zu planen und in weiterer Folge zu optimieren. Des Weiteren muss eine Dokumentationsgrundlage geschaffen werden, die die Aufzeichnung und Auswertung vollständig ermöglicht und vereinfacht. Die daraus gewonnenen Kenntnisse und Daten sollen analysiert und ausgewertet werden, um mögliche Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Bauteilen zu erlangen und erforschen zu können. In weiterer Folge können theoretische Hypothesen aufgrund der gesammelten Erfahrungen aufgestellt und Aufwandswerte für Kalkulationsgrundlagen ermittelt werden.

Eine Reihung der Ziele erfolgt in Muss-, Soll-, Kann- und Nicht- Ziele, welche folgende auszuführende Punkte enthalten:

Muss-Ziele:

- Anpassung des sichtbetontechnologischen Konzepts nach Hofstadler an die Baustelle
- Erstellung einer praktikablen Dokumentationsgrundlage
- Planung und Optimierung des Herstellungsprozesses
- Vollständige Dokumentation des Herstellungsprozesses

Soll-Ziele:

- Auswertung der gesammelten Erkenntnisse
- Darstellung der Ergebnisse mit den zugehörigen Einflussfaktoren
- Aufzeigen von Verbesserungspotenzialen

Kann-Ziele:

- Aufwandswert berechnen
- Hypothesen aufstellen

Nicht-Ziele:

- Entwicklung von allgemeingültigen Hypothesen

1.3 Methodische Vorgangsweise

Für das Aneignen des Fachwissens hat die Diplomandin neben der Literaturrecherche zusätzlich an einem Sichtbeton-Seminar teilgenommen. Eine weitere Grundlage schuf die Erarbeitung eines Masterprojekts gemeinsam mit Matthias Kolbitsch. Das Thema des Masterprojekts lautete: Dokumentation des Herstellungsprozesses von Sichtbeton beim Bauvorhaben Volksschule Nestelbach. Dabei konnte bereits ein Wissen angeeignet werden, welches für die Planung und Optimierung des Herstellungsprozesses beim Bauvorhaben Bürohaus Kitzbühel diene. Die ständigen Beobachtungen der Arbeitsschritte und Produktionsprozesse auf der Baustelle, bauspezifische Experimente und das Messen aller relevanter Einflüsse sorgten für eine umfangreiche Dokumentation. Diese Daten und Kennwerte wurden mit Unterstützung von den Betreuern der Technischen Universität Graz ausgewertet und analysiert.

1.4 Gliederung der Arbeit

Um die Komplexität des Herstellungsprozesses von Sichtbeton zu begreifen, beinhaltet die Arbeit zu Beginn einen theoretischen Teil. Allererst wird die Definition von Sichtbeton erläutert und in weiterer Folge behandelt dieses Kapitel die wichtigsten Normen und Richtlinien, die in Österreich zu tragen kommen, da diese die Grundlage bilden, um hochwertigen Sichtbeton herzustellen. Anschließend wird auf die verschiedenen Ausführungsarten der Schalungshaut eingegangen und der komplexe Sichtbetonherstellungsprozess nach Hofstadler näher erklärt.

Im dritten Kapitel werden die Produktionsfaktoren theoretisch nähergebracht und anhand von baupraktischen Beispielen erläutert. Kapitel vier gibt einen Überblick zu den Kenndaten und zur Beschreibung des Projekts. Vor Beginn der Sichtbetonarbeiten wurde ein sichtbetontechnologisches Konzept speziell für die Baustelle entwickelt. Dieses dient der besseren Arbeitsvorbereitung und soll schon im Vorhinein Fehler verhindern. Dieses Thema wird in Kapitel fünf behandelt.

Einen Hauptteil der Arbeit stellt die Dokumentation der Sichtbetonarbeiten dar. Dabei wurde jedes Sichtbetonbauteil beschrieben und deren unterschiedliche Herstellungsprozesse dargestellt. Die kontinuierliche Dokumentation und strukturierte Aufbereitung der Daten und Informationen schuf eine Grundlage für die weitere Auswertung, welche im Kapitel 7 zu finden ist. In diesem Kapitel werden Parameter untersucht, welche die Qualität der Sichtbetonbauteile begründen lassen oder keinerlei Auswirkungen darauf haben. Weiters behandelt dieser Abschnitt Ursache-Wirkungszusammenhänge, welche aufgetretene Fehler und Verbesserungsmaßnahmen aufzeigen. Aufgrund der dokumentierten Zeitaufwände, konnten Aufwandswerte berechnet werden, welche den Mehraufwand von Sichtbeton mit Bretterschalung wiedergeben.

Im letzten Kapitel erfolgt eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse sowie ein Ausblick für die Zukunft.

2 Sichtbeton Grundlagen

In diesem Kapitel wird zuerst der Begriff „Sichtbeton“ anhand von Zitaten aus Regelwerken, Normen und Büchern zu erklären versucht. Um die Vorstellungen der Planer und die richtige Umsetzung auf der Baustelle zu vereinen und zu erleichtern, schreiben die Normen und Richtlinien gewisse Kategorien an Anforderungen vor. Diese Beurteilungskriterien für Sichtbeton sowie die verschiedenen Ausführungsarten der Schalungshaut und der komplexe Herstellungsprozess wird in diesem Kapitel betrachtet.

2.1 Definition Sichtbeton

Die Begriffsdefinition der Diplomandin für Sichtbeton lautet:

Als Sichtbeton bezeichnet man Beton, der nach dem Ausschalen als „sichtbare Fläche“ bestehen bleibt. Dem Sichtbeton werden bestimmte Anforderungen und Ansprüche an das Aussehen gestellt. Er muss gegenüber der Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit auch ästhetische Anforderungen erfüllen, wie zum Beispiel Farbe, Porigkeit und Struktur.

Das Merkblatt Sichtbeton des DBV definiert Sichtbeton folgendermaßen:

Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen werden allgemein als „Sichtbeton“ bezeichnet.¹

Die Sichtbetondefinition der Richtlinie Sichtbeton lautet:

„[...] geschalteten Betonflächen mit bestimmten Anforderungen, die sich aus der architektonischen Gestaltung und/oder technischen Kriterien ergeben.“²

„[...] mit Schalungshaut gestaltete Betonflächen, die sichtbar bleiben (Sichtbeton).“²

Eine wirkliche Definition von Sichtbeton lässt sich in der ÖNORM B2211 nicht finden. Es wird lediglich erwähnt, dass Sichtbeton gewisse Anforderungen erfüllen muss.

Der Autor Joachim Schulz beschreibt Sichtbeton:

„Sichtbeton ist „Rohbeton“ d.h. er wird nach dem Entschalungsvorgang nicht weiter verkleidet [...]“³

„Als Sichtbeton werden gemein Flächen bezeichnet, die an einem Bauwerk sichtbar sind und somit die statische (tragenden) Funktion, falls vorhanden, als Bewertungskriterium gegenüber der architektonischen (gestalterischen) Funktion, falls vorhanden, in den Hintergrund rückt.“³

Die Beschreibung von Sichtbeton laut der ÖNORM B4710-1 heißt:

¹ DEUTSCHER BETON UND BAUTECHNIK VEREIN: Merkblatt Sichtbeton, Seite 8

² ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschaltete Betonflächen, Seite 2

³ SCHULZ, J.: Sichtbetonatlas, Seite 3

Beton für Bauteile, deren Oberflächen ein vorausbestimmtes Aussehen und/oder vorausbestimmte Eigenschaften aufweisen müssen, ist als Sichtbeton (SB) zu klassifizieren. Beton mit einer Klassifizierung (SB) ist hinsichtlich seiner Zusammensetzung für die Herstellung eines derartigen Betons geeignet. Die Anforderungen an das vorausbestimmte Aussehen der Oberfläche sind in der Werkvertragsnorm ÖNORM B 2211 oder in der ÖVBB- Richtlinie „Sichtbeton – Geschalte Betonflächen“ festgelegt. Für die Erfüllung dieser Anforderung sind zusätzliche Maßnahmen des Verwenders erforderlich.⁴

Die Definition von Sichtbeton ist nicht eindeutig, sondern sehr unterschiedlich. Es gibt keine allgemein gültige Erklärung. Es ist es sehr schwierig, die Komplexität von Sichtbeton in Worte zu fassen. Laut dem Sprichwort: „Ein Bild sagt mehr als tausend Worte“, sollte auch Sichtbeton immer anhand von Musterwänden oder Bildern beschrieben werden, um Missverständnissen vorzubeugen.

⁴ ÖNORM B4710-1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität, Seite 28

2.2 Regelwerke

Die subjektive Empfindung von Sichtbeton wird von verschiedenen Personen anders wahrgenommen. Für den Planer bzw. Ausschreiber stellt es eine große Herausforderung dar, die Qualität des Sichtbetons eindeutig und umfassend zu beschreiben. In der Ausführung liegen die Schwierigkeiten darin, die Vorstellungen des Planers richtig zu verstehen und umzusetzen. Dies kann durch wechselnde Baustellenbedingungen, nicht eindeutig beschriebene Positionen und äußerliche Einflüssen oft nicht realisiert werden. Die wesentlichen Eigenschaften, die eine Leistungsbeschreibung aufweisen soll, sind in der Abb. 1 veranschaulicht.

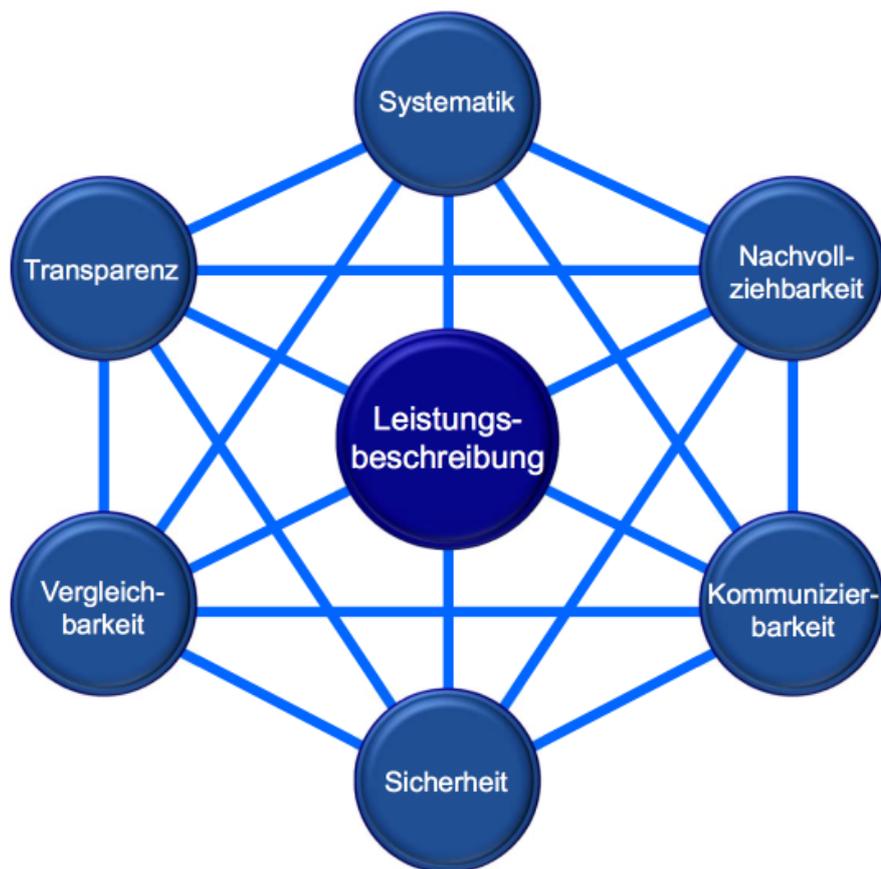


Abb. 1: Leistungsbeschreibung⁵

Eine Hilfestellung für die Beschreibung der Positionen stellen Regelwerke dar. Diese geben Anforderungsklassen und klare Zielvorstellungen zur Qualität von Sichtbeton vor. Somit soll die Schnittstelle zwischen Ausschreibern und Ausführenden vermieden werden und beide Parteien auf das richtige Ziel hinarbeiten.

⁵ HOFSTADLER, C.: Sichtbeton - 2-Tages Intensivseminar: Regelwerke, Folie 27

Die Abb. 2 zeigt die hierarchische Ordnung der technischen Regelwerke. Ganz oben auf der Pyramidenspitze stehen die Gesetze. Diese haben die höchste Rangordnung und ihre Verbindlichkeit ist zwingend. Dafür sind sie nicht detailliert formuliert. Richtlinien, Normen und Merkblätter sind flexibel anwendbar und besitzen eine geringe Gültigkeitsdauer, da sie in kurzen Zeitabständen, aufgrund neuer Forschungen ausgebessert und erneuert werden.⁶

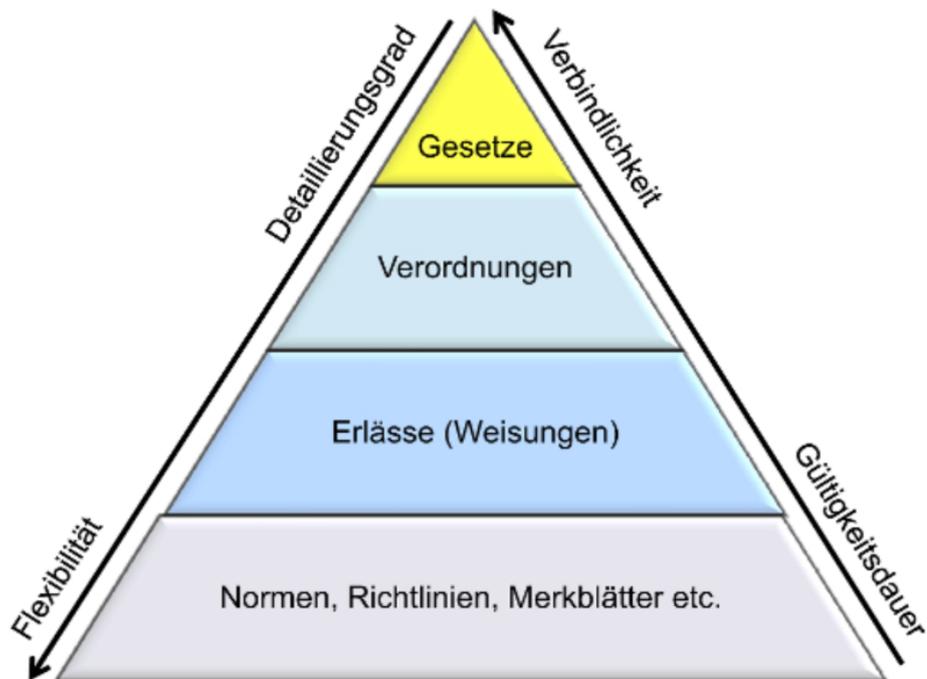


Abb. 2: Regelwerke⁷

2.2.1 Übersicht

Die folgende Abb. 3 zeigt einen Überblick der Normen, Richtlinien und Merkblätter von Österreich, Deutschland und der Schweiz. Aus der Darstellung geht hervor, dass in Österreich und Deutschland die Zahl der Normen, Richtlinien und Merkblätter weiter fortgeschritten ist als in der Schweiz.

⁶ Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schularbeiten, S.215 ff

⁷ HOFSTADLER, C.: Schularbeiten, S.215

Normen, Richtlinien und Merkblätter			
	Normen	Richtlinien	Merkblätter
Österreich	ÖN B 2211 Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm (2009)	Sichtbeton – Geschalte Betonflächen Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik - Richtlinie aus 2009	Selbstverdichteter Beton Österreichischer Verein für Beton- und Bautechnik - Merkblatt aus 2002
	ONR 23303 Nat. Anwendung der Prüfnormen für Beton und seiner Ausgangsstoffe aus 2010	Richtlinie Sichtbeton für Fertigteile aus Beton und Stahlbeton, VÖB 2009	Zement und Beton Österreichische Zementindustrie und Betonverein aus 2002
	ÖN EN 13369 Allg. Regeln für Betonfertigteile aus 2008	Wasserundurchlässige Betonbauwerke - Weiße Wanne, ÖVBB- Richtlinie 2009	Sichtbeton - Franz Huber Österreichische Zementindustrie und Betonverein aus 1995
	ÖN EN 1992-1-1 Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau aus 2009	RVS 8B.06.01 Forschg. f. d. Ver. u. Strw. Technische Vertragsbedingungen für Brückenbauten Beton- und Stahlbeton aus 2004	Wasserdichte Bauten mit Beton G. Huber i.A. für die Österreichische Zementindustrie aus 1992
	ÖN B 4710-1 Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität a. 2017	RVS 13.61 Forschg. f. d. Ver. u. Strw. Instandsetzung von Kunstbauten aus 1995	
Deutschland	DIN 18215 Schalungsplatten aus Holz für Beton- und Stahlbetonbauteile aus 1973	ZTV – Ing aus 2001	Merkblatt Sichtbeton Deutscher Beton- und Bautechnik Verein e.V. und Bundesverband der deutschen Zementindustrie e.V.; Fassung aus 2015
	DIN 18216 Schalungsanker für Betonschalungen aus 1986	ZTV - K 80 Zusätzliche Technische Vorschriften für Kunstbauten i.A. für den Bundesminister für Verkehr und die DB aus 1989	Sichtbetonflächen von FT Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V. aus 2005
	DIN 18217 Betonflächen und Schalungshaut aus 1981		Betonfl. mit Anforderungen an das Aussehen Güteschutzverband Betonschalung e.V. aus 2005
	DIN 18218 Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen aus 2010		DBV-Merkblattsammlung Merkblatt Sichtbeton, 2015 Merkblatt Betonoberfläche, 2004 Merkblatt Betonieren im Winter, 2004 Merkblatt Trennmittel f. Beton, 1997/99 Merkblatt Glasfaserbeton FT, 1996 Betonierbarkeit von Bauteilen, 2004 Merkblatt Begren. d. Rissbild., 2006 Merkblatt Fugenausbildung, 2001 Merkblatt Abstandhalter, 1997
	DIN 18331 Allg. Techn. Vertragsbed. für Bauleistungen (ATV) – Betonarbeiten aus 2010		
	DIN 1045-3 Tragwerke aus Beton, STB und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung aus 2008		
Schweiz	SIA 262-2003 Betonbau aus 2003 => Umsetzung der EN 206-1 für CH.		
	SN EN 13369 Allgemeine Regeln für Betonfertigteile aus 2005		

Abb. 3: Normen, Richtlinien und Merkblätter⁸⁸ HOFSTADLER, C.: Sichtbeton - 2-Tages Intensivseminar: Regelwerke, Folie 36

2.2.2 Sichtbeton in Österreich

Da sich das zu behandelnde Forschungsprojekt in Österreich befindet, wird die ÖNORM B 2211 (2009), die Richtlinie Sichtbeton (2009) und die ÖNORM B4710-1 in Bezug auf Sichtbeton genauer erörtert.

2.2.2.1 ÖNORM B2211

Die Werksvertragsnorm ÖNORM B2211 beschreibt für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten im Werk oder Ortbetonausführung die Verfahren und Vertragsbestimmungen.⁹

Diese Norm enthält zusätzliche Angaben zur ÖNORM B 2110 bei der Verwendung von Sichtbeton. Folgenden Punkte sollten in der Ausschreibung aufscheinen:

- Porigkeit
- Struktur
- Farbgleichheit
- besondere Anforderungen an die Schalung
 - besondere Anordnung der Schalelemente
 - besondere Ausbildung notwendiger Fugen
 - Ankerraster und deren Ausbildung
- Herstellung und Anforderungen von Musterflächen¹⁰

Ohne ausdrückliche Vereinbarung von erhöhten Anforderungen sind Porigkeitsklasse 3P, Strukturklasse S1 und Farbgleichheitsklasse F1 und für Arbeitsfugen die Klasse A1 einzuhalten. Die Einhaltung der Porigkeitsklasse und der Strukturklasse werden unmittelbar nach dem Ausschalen beurteilt, die Einhaltung der Farbgleichheitsklasse wird nach Erreichen der jeweiligen Betonfestigkeit beurteilt.¹¹

Die Porigkeit, Struktur, Farbgleichheit und Arbeitsfugen wurden in der Norm detaillierter mittels Klasseneinstufung beschrieben. Für die restlichen Anforderungen wurden keine spezifischen Anforderungen gestellt.

Porigkeit:

Die Einstufung der Porigkeit erfolgt in 3 Klassen P, 2P und 3P (siehe Tab. 1), wobei die Klasse 3P die geringste und P die höchste Anforderung stellt.

⁹ Vgl.: ÖNORM B2211, Seite 3

¹⁰ Vgl.: ÖNORM B2211, Seite 7-8

¹¹ ÖNORM B2211, Seite 11

Klasse	P		2P		3P	
Einheiten	%	cm ² /(2500 cm ²)	%	cm ² /(2500 cm ²)	%	cm ² /(2500 cm ²)
Offene Poren an der Betonoberfläche	≤ 0,3	≤ 8	≤ 0,6	≤ 15	≤ 0,9	≤ 23

Tab. 1: Porigkeit¹²

Die Prüfung erfolgt anhand einer Prüffläche mit den Abmessungen 50 x 50 cm (2500 cm²). Innerhalb dieser Prüffläche dürfen nicht mehr als der maximal angegebene Prozentanteil der geforderten Klasse an Poren vorhanden sein (z.B.: Klasse P darf maximal 0,3% Porenanteil an der Prüffläche besitzen). Es werden nur jene Poren ausgewertet, die die Größe 1 bis 15 mm aufweisen. Pro Bauteil muss diese Prüfung zweimal angewendet werden.¹³

Struktur:

Die Anforderungen an die Struktur werden in vier Klassen S1, S2, S3 und S4 unterteilt (siehe Tab. 2). S4 stellt dabei die höchste Anforderung dar. Bei dieser Klasse darf der Rahmenabdruck nicht sichtbar sein. Diese Klassen regeln weiters die zulässigen Feinmörtelaustritte, Versätze und Grate.

Struktur; Elementstoß	S1	<ul style="list-style-type: none"> – geschlossene, weitgehend einheitliche Betonoberfläche mit geschlossener Zementleim- oder Mörteloberfläche, – keine Grobkornansammlungen, – in den Elementstößen austretender Zementleim/Feinmörtel bis max. 20 mm Breite und 10 mm Tiefe, – Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen.
	S2	<p>Wie S1, jedoch:</p> <ul style="list-style-type: none"> – glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonoberfläche, – in den Elementstößen austretender Zementleim/Feinmörtel bis max. 10 mm Breite und 5 mm Tiefe, – Versatz der Elementstöße ≤ 5 mm, – verbleibende Grate ≤ 5 mm.
	S3	<p>Wie S2, jedoch:</p> <ul style="list-style-type: none"> – in den Elementstößen austretender Zementleim/Feinmörtel bis max. 3 mm Breite, – Versatz der Elementstöße ≤ 3 mm, – feine, technisch unvermeidbare Grate ≤ 2 mm.
	S4	<p>Wie S3, jedoch:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Rahmenabdruck des Schalungselements nicht zugelassen.

Tab. 2: Struktur¹⁴

¹² ÖNORM B2211, Seite 12

¹³ Vgl.: ÖNORM B2211, Seite 12

¹⁴ ÖNORM B2211, Seite 12

Farbgleichheit:

Die Einteilung der Farbgleichheit erfolgt in zwei Klassen F1 und F2. Für die Prüfung der Farbgleichheit wird nur der Gesamteindruck betrachtet.¹⁵

F1: *Flächige Verfärbungen, verursacht durch Rost, unterschiedliche Art und unsachgemäße Vorbehandlung der Schalhaut, unsachgemäße Nachbehandlung des Betons, Zuschläge verschiedener Herkunft sowie linienförmige Verfärbungen (Abzeichnung der Bewehrung) sind unzulässig. Weitergehende Anforderungen an die Gleichmäßigkeit der Farbe werden nicht gestellt.*¹⁶

- F2: *Zusätzlich zu den Anforderungen nach F1 sind Verfärbungen, die auf Zemente unterschiedlicher Art oder Herkunft oder auf unterschiedliche Betonzusätze zurückzuführen sind, unzulässig. Bei Einhaltung der Verarbeitung nach dem Stand der Technik sind unvermeidbar entstehende Unterschiede des Farbtones zulässig.*¹⁷

Arbeitsfugen:

Die Norm klassifiziert die Anforderung an Arbeitsfugen in die Klassen A1, A2, A3 und A4. Hierbei ändert sich der Inhalt der Klassen von dem maximal zulässigen Versatz und Feinmörtelaustritt und ob Dreikantleisten erlaubt sind oder nicht.

Arbeitsfugen	A1	– Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte ≤ 10 mm.
	A2	– Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte ≤ 10 mm, – allfällige Feinmörtelaustritte müssen entfernt werden, – Dreikantleiste.
	A3	– Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte ≤ 5 mm, – allfällige Feinmörtelaustritte müssen entfernt werden, – Dreikantleiste.
	A4	– Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte ≤ 3 mm, – allfällige Feinmörtelaustritte müssen entfernt werden, – Dreikantleiste o. dgl. nicht zugelassen.

Tab. 3: Arbeitsfugen¹⁸

2.2.2.2 Richtlinie Sichtbeton

Die Richtlinie Sichtbeton versucht die Ausführungsanforderungen der Planer an die machbare Umsetzung auf der Baustelle anzupassen. Für einen

¹⁵ Vgl.: ÖNORM B2211, Seite 13.

¹⁶ ÖNORM B2211, Seite 13

¹⁷ ÖNORM B2211, Seite 13

¹⁸ ÖNORM B2211, Seite 13

klar definierten Sichtbeton bedarf es bis zu 19 Einzelkriterien. Dabei erstellt diese Norm vier Sichtbetonklassen SB1, SB2, SB3 und SBS die zur Auswahl zur Verfügung stehen. SB1, SB2 und SB3 beinhalten klassenbildende Anforderungen und wählbare Einzelanforderungen. Bei der Klasse SBS sind alle 19 Einzelkriterien frei wählbar.

Die Tab. 5 zeigt einen Überblick der vier Sichtbetonklassen mit den jeweiligen festgelegten (grau markierten) und frei wählbaren (weiß markierten) Kriterien.

Sichtbetonklasse	Beispiel Betonflächen mit gestalterischen und/oder technischen Anforderungen	Anforderungsklasse Bauteilbeschreibung (PQ, Tab. 5/2)	Anforderungsklasse Betonfläche (BQ, Tab. 5/5)	Farbe (C, Tab. 5/3/2)	Anforderungsklasse Bauausführung (AQ, Tab. 5/4)	Kantenausbildung (K, Tab. 5/4/2)	Ankerstelle (AS, Tab. 5/4/2)	Verschluss der Ankerhücher (AV, Tab. 5/4/2)	Abbildung von Aufhängeseiten (AH, Tab. 5/4/2)	Anforderungsklasse Schalungsmaterial, Trennmittelsatz (SQ, Tab. 5/5)	Schalungssystem (SY, Tab. 5/5/2)	Textur der Betonfläche (T, Tab. 5/5/2)	Musterfläche	Sichtbetonteam
SB1	geringen Umfangs, überwiegend technische Anforderungen im Industrie- und Tiefbau	PQ1	BQ1		AQ1					SQ1				nicht erforderlich
SB2	normalen Umfangs, z.B. einfache Fassaden in Hochbauten, Sichtflächen im Industriebau mit großem Betrachtungsabstand	PQ2	BQ2	C1 C2 oder C3	AQ2	K1 oder K2	AS1 AS2 oder AS3	AV1 oder AV2	AH1 oder AH2	SQ2	SY1 SY2 oder SY3	T1 T2 oder T3	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													

Tab. 4: Sichtbetonklassen Richtlinie Sichtbeton¹⁹

Die Richtlinie gliedert die Anforderungen an eine sichtbare Betonoberfläche in die Kategorien Bauteilbeschreibung (PQ), Betonfläche (BQ), Bauausführung (AQ), Schalungsmaterial - Trennmittelsatz (SQ), Musterflächen und Sichtbetonteam. Diese Gliederungen werden in den folgenden Punkten näher erläutert.

Kriterien für die Bauteilbeschreibung (PQ)

Die Anforderungsklasse Bauteilbeschreibung gliedert sich in Abstimmung in den Planungsprozess und Gliederung der Betonfläche, welche jeweils wieder in drei Kategorien unterteilt sind (siehe Tab. 5). Bei der Sichtbetonklasse SB1 wird automatisch die Kategorie AP1 und GO1 definiert. Für diese Kriterien tragen die Planer und Ausschreibenden die Hauptverantwortung, da diese Abstimmungen im Planungsprozess erfolgen.

¹⁹ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 8

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

Tab. 5: Überblick der Anforderungsklasse Bauteilbeschreibung²⁰

Die Kategoriedefinition ist aus der Tab. 6 zu entnehmen.

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)

Tab. 6: klassenbildende Anforderungsklasse der Bauteilbeschreibung²¹

Kriterien für die Betonfläche (BQ)

Leitende Tätigkeit für eine qualitative Ausführung trägt bei diesen Kriterien der Betonhersteller.²² Die nachfolgenden Tab. 7 und Tab. 8 stellen die vereinbarten nicht wählbaren Kriterien fest.

²⁰ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 9

²¹ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 9

²² Vgl.: ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 6

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	

Tab. 7: Überblick der Anforderungsklasse Betonfläche²³

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

Tab. 8: klassenbildende Anforderungen der Betonfläche²⁴

Die Anforderungsklasse BQ stellt neben den klassenbildenden Anforderungen auch frei wählbare Kategorien dar (siehe Tab. 9). Hier wird die gewünschte Farbe des Betons definiert.

²³ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 10

²⁴ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 10

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)

Tab. 9: nicht klassenbildende Anforderungen der Betonfläche²⁵

Kriterien für die Bauausführung (AQ)

Für die qualitative Ausführung der folgenden Anforderungen ist die Bauausführung zum größten Teil verantwortlich.²⁶ Die klassenbildenden Anforderungen stellen bei dieser Klasse die Ausbildung der Ebenheit, Arbeitsfuge, Schalungselementstoß und Schalhautstoß dar. Einen Überblick über die klassenbildenden Anforderungen gibt die Tab. 10 und in Tab. 11 wird die genaue Definition erläutert.

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			HS2

Tab. 10: Überblick der Anforderungsklasse Bauausführung²⁷

Jede dieser Kategorie teilt sich in je zwei Unterkategorien. Die genaue Definition ist in Tab. 11 ersichtlich.

²⁵ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 11

²⁶ Vgl.: ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 6

²⁷ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 11

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

Tab. 11: klassenbildende Anforderungen der Bauausführung²⁸

Weitere vier Kategorien zählen zur Kategorie Bauausführung und sind frei wählbar (siehe Tab. 12). Diese beschreiben die Ausbildung der Kanten,

²⁸ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 12

Anordnung der Ankerstellen, Material des Verschlusstopfens und die Ausbildung der Aufhängestellen.

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)

Tab. 12: nicht klassenbildende Anforderungen der Bauausführung²⁹

Anforderungen an das Schalungsmaterial und den Trennmiteinsatz

Die ausführende Firma und der Lieferant wählen das geeignete Schalungsmaterial und Trennmittel aus und tragen dafür die größte Verantwortung. Die fixierten Anforderungsklassen beschreiben die Befestigung der Schalung, den zulässigen Schalungszustand und den Einsatz des Trennmittels. Zu den genannten Kategorien existieren wiederum je zwei Unterklassen. (siehe Tab. 13)

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

Tab. 13: Überblick der Anforderungsklasse Schalungsmaterial, Trennmiteinsatz³⁰

²⁹ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 13

³⁰ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 13

Der zulässige Schalhautzustand SZ weist eine Ausnahme auf. Zusätzlich zu SZ1 und SZ2 kann für die Klasse SBS auch SZ3 definiert werden. (siehe Tab. 14)

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
Trennmittelsatz (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

Tab. 14: klassenbildende Anforderungen des Schalungsmaterials und Trennmittelsatzes³¹

³¹ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 14

Welches Schalungssystem und welche Schalhautart gewählt wird, erfolgt beliebig. Jedoch müssen diese Kategorien auch in der Leistungsbeschreibung angegeben und definiert sein. Die nicht klassenbildenden Anforderungen und deren genaue Erklärung ist in Tab. 15 ersichtlich.

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)

Tab. 15: nicht klassenbildende Anforderungen des Schalungsmaterials und Trennmittleinsatzes³²

Musterflächen

Die Erstellung von Musterflächen dient zur Veranschaulichung der geforderten Vereinbarung. Der Herstellungsprozess wird an Flächen erprobt, die später rückgebaut werden oder untergeordnete Anforderungen aufweisen. Bei Einhaltung der geforderten Qualitätskriterien können die Musterflächen als Vertragsgrundlage und Vergleichsbasis für die Qualitätsbeurteilung herangezogen werden. Aufgrund von veränderten projektspezifischen Rahmenbedingungen können Referenzprojekte nur als Qualitätserwartung, aber nicht als Qualitätsbeschreibung verwendet werden.

Abmessung, Wandstärke und Bewehrungsgrad der Musterflächen sind so zu dimensionieren, dass diese den eigentlichen Sichtbetonbauteilen annähernd ähneln. Weiters ist der Herstellungsprozess und alle Produktionsfaktoren der Musterflächen zu dokumentieren.³³

³² Vgl.: ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 15

³³ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 23-24

Sichtbetonteam

Genauere Anforderungen an das Sichtbetonteam werden in der Richtlinie nicht näher erläutert. Es werden ausschließlich visuelle Hilfestellungen mittels Abbildungen zur Beurteilung der Flächen gestellt.

Die Definition des Sichtbetonteam laut Richtlinie lautet:

*Koordinationssteam für die Ausführung der Sichtbetonarbeiten, bestehend aus Planer (Architekt, Tragwerksplaner), örtlicher Bauaufsicht und Ausführenden (Beton, Schalung, Trennmittel, Einbau)*³⁴

2.2.2.3 ÖNORM B4710-1

Die ÖNORM B4710-1 „Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität“ legt einzuhaltende Regeln für die Betonherstellung für Normalbeton und Schwerbeton fest. Einige Punkte gibt die Norm für Sichtbeton vor.³⁵

*Beton für Bauteile, deren Oberflächen ein vorausbestimmtes Aussehen und/oder vorausbestimmte Eigenschaften aufweisen müssen, ist als Sichtbeton (SB) zu klassifizieren. Beton mit einer Klassifizierung (SB) ist hinsichtlich seiner Zusammensetzung für die Herstellung eines derartigen Betons geeignet. Die Anforderungen an das vorausbestimmte Aussehen der Oberfläche sind in der Werkvertragsnorm ÖNORM B 2211 oder in der ÖVBB- Richtlinie „Sichtbeton – Geschalte Betonflächen“ festgelegt. Für die Erfüllung dieser Anforderung sind zusätzliche Maßnahmen des Verwenders erforderlich.*³⁶

Für Sichtbeton sind folgende Punkte laut dieser Norm einzuhalten:

- Es wird ein Größtkorn für Sichtbeton vorgeschrieben, das nicht größer ist als das 0,8-fache der Betondeckung.³⁷ (Somit darf bei einer Betondeckung von 30cm maximal Größtkorn GK22 verwendet werden.)
- Um Entmischungen vorzubeugen muss Sichtbeton mit geringer Blutneigung hergestellt werden. Somit ist der Expositionsklasse ein BL (geringe Blutneigung) hinzuzufügen. Ab einer Fließgrenze von F59 kann diese Maßnahme nicht mehr gewährleisten, dass sich der Beton nicht entmischt. Dabei beschreibt die Norm, dass andere Verfahren angewendet werden müssen.³⁸

³⁴ ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen, Seite 4

³⁵ Vgl.: ÖNORM B4710-1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität, Seite 6

³⁶ ÖNORM B4710-1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität, Seite 28

³⁷ Vgl.: ÖNORM B4710-1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität, Seite 27

³⁸ Vgl.: ÖNORM B4710-1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität, Seite 28

- Bei Sichtbeton darf der Massenanteil von leichtgewichtigen organischen Verunreinigungen nicht 0,25% für feine Gesteinskörnungen und 0,05% für grobe Gesteinskörnungen übersteigen. Diese Verunreinigungen können Veränderungen auf der Oberfläche des Betons bewirken.³⁹
- Es muss mindestens die Betonklasse B2 angewendet werden.⁴⁰
- Der empfohlene Mehlkorngesamt für Normalbeton ist in Tab. 16 ersichtlich. Für Sichtbeton sollte der Anteil des Mehlkorns mindestens über der Hälfte und bis 10% darüber hinaus, des in Tab 16 empfohlenen Wertes liegen.⁴⁰

Größtkorn der Gesteinskörnung (GK)	Empfohlener Mehlkorngesamt
	kg/m ³
8	475 ± 25
16	400 ± 25
22	375 ± 25
32	350 ± 25

Tab. 16: Empfohlener Mehlkorngesamt⁴¹

2.3 Schalungshautausführungsarten

Die Schalung ist vergleichbar mit einer Kuchenbackform. Sie gibt dem Beton seine Gestalt vor. Die verschiedenen Schalungshauttypen geben dem Beton jeweils eine andere Struktur.

„Betonflächen sind das Spiegelbild der Schalungshaut oder das Ergebnis nachträglicher Bearbeitung und/oder Behandlung.“⁴²

Die optimale Kombination von Schalungshaut und Trennmittel muss für jeden Typ ermittelt werden, da ein untaugliches Trennmittel das Ergebnis verschlechtern kann.

Grundsätzlich wird das Schalungsmaterial in saugend und nicht saugend eingeteilt. Die Holzschalungshäute können mit einer Beschichtung vorbehandelt oder unvorbehandelt ausgeführt werden. Bei beschichteten Platten sinkt die Saugfähigkeit, jedoch können diese öfters eingesetzt werden.

³⁹ Vgl.: ÖNORM B4710-1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität, Seite 45

⁴⁰ Vgl.: ÖNORM B4710-1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität, Seite 63

⁴¹ ÖNORM B4710-1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität, Seite 54

⁴² DIN 18217

2.3.1 Saugende Schalungshaut

Eine Einteilung der saugenden Schalungshäute ist in Tab. 17 dargestellt. Zu den saugenden Schaltafeln zählen Massivholz, Dreischichtenschalungplatten, Spanplatten und Holzfasserplatten, welche alle der Holzschalungshaut zugeordnet werden.

Holzschalungen weisen folgende Vorteile auf:⁴³

- *Anpassungsfähigkeit*
- *Flexibilität*
- *Niedrige Materialkosten*
- *Robustheit*
- *Saugfähigkeit*
- *Unempfindlichkeit*
- *Verformungsvermögen*
- *Verfügbarkeit*
- *Wärmerückhaltevermögen etc.*

Die Nachteile sind folgende:⁴⁴

- *Arbeitendes Holzes (Schwinden und Quellen)*
- *Facharbeiterausbildung*
- *Hoher Schalungs- und Lohnaufwand*
- *Reaktion mit dem Beton*
- *Unkontrollierte Saugfähigkeit*
- *Wenige Einsätze etc.*

⁴³ HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 49

⁴⁴ HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 49

Schaltafeltyp	Polymere Feststoffschicht	Informationen zum Schalungsmaterial
Massivholz	sägerau	Oberfläche: Imprägnierung und/oder Trennmittel Holz: Holzstruktur- und Maserung, Nenndicke, E-Modul längs/quer, Biegebruchfestigkeit, Quellen und Schwinden bei Wasseraufnahme bzw. -abgabe (Verwerfungen, Bild Riffschnitt) Verbindung zwischen Schalbrettern, Spundung
	gehobelt	
	strukturiert	
Dreischichten-Schalungsplatten	durchgehende Bretter in drei Lagen, 3-S-Platte	Oberfläche: Imprägnierung oder Filmbeschichtung 3-S-Platte: Nenndicke, E-Modul, Biegebruchfestigkeit, Quellen und Schwinden bei Wasseraufnahme bzw. -abgabe
Spanplatten	mehrschichtig (3 bis 5 Schichten) filmbeschichtet	Beschichtung: einseitige/doppelseitige Filmbeschichtung Spanplatte: Nenndicke, E-Modul, Biegebruchfestigkeit, Quellen und Schwinden bei Wasseraufnahme bzw. -abgabe (Dickenquellung bis 20 % !), Schutz der offenen Schnittkanten
	Flachspanpressplatte	
Holzfaserplatten	Weichfaser	sehr porös, stark saugend, keine statische Funktion, für Oberflächen ohne Anforderungen
	Hartfaser	normal oder ölgehärtet, porös, keine statische Funktion, für Oberflächen ohne Anforderungen

Tab. 17: Saugende Schalungshautarten⁴⁵

2.3.1.1 Massivholzplatten

Massivholzplatten werden im Werk vorgefertigt und können einschichtig oder mehrschichtig produziert werden. Der Vorteil besteht darin, dass sie robuster sind und daher öfters eingesetzt werden können. Weiters ist der Schalungsaufwand aufgrund der größeren Plattenflächen geringer. Jedoch weisen die Massivholzplatten im Vergleich zu den Schalungsbrettern einen höheren Preis auf.⁴⁶

Die Ausführungsart der Holzschalungshaut erfolgt mit sägerauen oder gehobelten Brettern. Der Unterschied der beiden liegt in der Saugfähigkeit und der unterschiedlichen Oberflächenstruktur. Durch das Hobeln der Bretter verringert sich die Oberfläche und somit die Saugfähigkeit. Weiters entsteht eine gleichmäßigere und glattere Betonoberfläche als bei einer sägerauen Schalungshaut.⁴⁷

„Optisch ist das Hobelbrett nichts „Halbes und nichts Ganzes“. Mit anderen Worten bietet es eine mehr oder minder ausdruckslosere „flachere“ Struktur als Sichtbeton und beinhaltet zudem verarbeitungstechnisch mit seinem relativ geringen Rauigkeitskoeffizienten die Gefahr von Schleppwasserbildungen, Sedimentationen und damit partiellen Grautondifferenzen.“⁴⁸

⁴⁵ BERGMEISTER, K; FINGERLOOS, F; WÖRNER, J.: Betonkalender 2010 – Brücken Betonbau im Wasser, Kapitel 2, Seite 19

⁴⁶ Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 50

⁴⁷ Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 48 - 49

⁴⁸ SCHULZ, J.: Sichtbetonatlas, Seite 35

2.3.1.2 Spanplatten

Die Spanplatten bestehen aus Holzspänen und Bindemitteln. In der Herstellung werden mehrere Schichten (meistens drei) miteinander unter erhöhter Temperatur verpresst. Es wird zwischen Stangpressplatten, wo die Späne vertikal zur Plattenrichtung verlaufen, und Flachpressplatten mit horizontaler Ausrichtung der Späne unterschieden. Die Platten weisen geringe Festigkeitswerte auf und sind daher nicht oft einsetzbar, jedoch sind sie in der Anschaffung relativ günstig.⁴⁹

2.3.1.3 Faserplatten

Faserplatten bestehen zum Großteil aus Holzfasern oder Fasern aus Sägenebenprodukten, wobei der Anteil an Faserbündeln und Holzspänen variiert. Faserplatten können durch unterschiedliche Materialien und Herstellungsprozesse hart, mittelhart und porös produziert werden, jedoch eignen sich nur die harten als Schalungshaut.⁵⁰

2.3.2 Nicht saugende Schalungshaut

Tab. 18 gibt einen Überblick über die nichtsaugenden Schalungshäute. Dazu zählt das Furniersperrholz mit polymerer Beschichtung, Schalungshäute aus Kunststoffe und Stahl.

Schaltafeltyp	Polymere Feststoffschicht	Informationen zum Schalungsmaterial
Furniersperrholz	Phenolharz PH dünne Filmbeschichtung < 200 g/m ²	Beschichtung: Beschichtungsstärke, einseitige/ doppelseitige Beschichtung Trägerplatte: Nenndicke, E-Modul längs/quer, Biegebruchfestigkeit, Quellen und Schwinden bei Wasseraufnahme bzw. -abgabe
	Phenolharz PH dicke Filmbeschichtung > 200 g/m ²	
	Melamin-Phenolharz MHPH (Melaminmischharz)	
	Polypropylen PP	
	Polyurethan PU	
Vollkunststoff	Polypropylen PP	Kompositmaterial aus Funktionsschicht (Kunststoff) und Konstruktionsschicht (Aluminium/Schaumkunststoff-Kern) Beschichtungsstärke, doppelseitige Beschichtung Nenndicke, E-Modul längs/quer, Biegebruchfestigkeit
	Polymethylmethacrylat PMMA Polycarbonat	Plattendicke, Lichtdurchlässigkeit, Kratzfestigkeit hoch, Bruchfestigkeit, Einsatztemperatur, UV-Beständigkeit, Nenndicke, E-Modul längs/quer, Biegebruchfestigkeit
Stahl	Baustahl, Edelstahl	Walzunderoberfläche (schwarz) oder geschliffene Oberfläche (metallisch glänzend)
Matrizen (Schalungseinlagen)	Form- und Modellbauharze (Polyurethan-Elastomere)	Haftverbund mit biegesteifer Trägerschalung, spezielle Trennwachse

Tab. 18: nicht saugende Schalungshaut⁵¹

⁴⁹ Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 53-54

⁵⁰ Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 52

⁵¹ BERGMEISTER, K; FINGERLOOS, F; WÖRNER, J.: Betonkalender 2010 – Brücken Betonbau im Wasser, Kapitel 2, Seite 19

2.3.2.1 Sperrholzplatten

Alle Platten, die aus mindestens drei Furnierschichten bestehen und deren Fasern im rechten Winkel verleimt sind, werden Sperrholzplatten genannt. Der Vorteil besteht in der Kreuzung der Fasern. Durch die Kreuzung erhalten die Platten in beide Richtungen annäherungsweise die gleiche Stabilität und Tragfähigkeit. Sperrholzplatten können mit einer Phenolharz-, Melaminharz-, Polypropylen- oder einer Polyurethanbeschichtung hergestellt werden. Ob die Beschichtungen eine negative Auswirkung auf die Sichtbetonoberfläche bewirken, muss erprobt werden. Zum Beispiel bei hohen Außenlufttemperaturen kann die Phenolharzbeschichtung Farbrückstände auf der Oberfläche hinterlassen.⁵²

2.3.2.2 Kunststoffschalhaut

Kunststoffverbundplatten, kunststoffbeschichtete Platten, Kunststoffvlies und Matrizen zählen zu den Kunststoffschalhäuten.

- **Kunststoffverbundplatten**

Hauptbestandteil dieser Platten ist Polypropylen. Das Innere der Platte wird mit Sperrholz oder Aluminium hergestellt, um die Tragfähigkeit zu erhöhen. Im Vergleich zu Sperrholzplatten können die Kunststoffplatten öfters eingesetzt werden. Durch das Polypropylen sind die Platten resistent gegen Feuchte und die Betonhaftung wird reduziert.⁵³

- **Kunststoffbeschichtete Platten**

Kunststoffbeschichtete Platten, sind Sperrholzplatten mit einer Kunststoffbeschichtung über die gesamte Vorder- und Rückseite. Durch die Beschichtung ist der Anschaffungswert im Gegensatz zu Sperrholzplatten höher, aber dafür lassen sie sich häufiger einsetzen.⁵⁴

- **Kunststoffvlies**

Die Voraussetzung für die Verwendung von Kunststoffvlies ist ein Schalungsträger, auf dem das Vlies befestigt werden kann. Durch Temperaturerhöhungen kann sich das Vlies ausdehnen, was eine Faltenbildung verursacht. Daher ist es von Bedeutung das Vlies kurz vor dem Betonieren nachzuspannen.⁵⁵

⁵² Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 51 - 52

⁵³ Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 54

⁵⁴ Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 55

⁵⁵ Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 55

- **Matrizen**

Das Schalungshautmaterial von Matrizen ist elastischer Kunststoff. Dieser muss auf einer Trägerplatte befestigt werden. Bei Matrizenschalungen können Texturtiefen von bis zu 80 mm hergestellt werden. Durch die beliebige Formgestaltungen von Matrizen werden diese oft für Sondertexturanforderungen angewendet.⁵⁶

2.3.2.3 Stahlschalhaut

Stahlschalungen weisen gegenüber Holzschalungen eine 14-mal höhere Festigkeit auf. Dadurch ist das Gewicht auch um einiges größer. Ein Vorteil der Stahlschalhaut ist die hohe Beständigkeit gegen Feuchtigkeit und die mehrmalige Einsatzzahl. Die Stahlschalung zählt zu den nicht saugenden Schalungen. Durch Sandstrahlen der Schalhaut kann eine leicht saugende Wirkung erzielt werden.⁵⁷

2.4 Herstellungsprozess Sichtbeton

Um einen reibungslosen Bauablauf und die gewünschte Sichtbetonqualität sicherzustellen, muss das Zusammenspiel aller Beteiligten perfekt funktionieren. Nichts darf dem Zufall überlassen sein. Die Projektbeteiligten sollen „über den eigenen Tellerrand hinausschauen“, um eine Vernetzung der Aufgabengebiete zu schaffen. Dadurch können Fehler verhindert und der Kommunikationsablauf optimiert werden.

Eine genau durchdachte Planung und Ausschreibung bildet die Grundlage zum Erreichen des gewünschten Ziels und schafft eine gute Kalkulationsbasis für ausführende Firmen. Für die Erreichung der gewünschten Sichtbetonqualität müssen alle Arbeitsschritte eingehalten werden, von der Planung bis hin zur Ausführung und Nachbehandlung. Allein ein Fehler kann enorme Auswirkungen auf die Oberfläche bewirken und die gute Vorleistung nutzlos werden. Die Komplexität der Sichtbetonherstellung lässt sich anhand des Ablaufdiagramms von Hofstadler (Abb. 4) gut erkennen.

⁵⁶ Vgl.: <https://www.beton.org/fileadmin/beton-org/media/Dokumente/PDF/Service/Zementmerkbblätter/H8.pdf>, Datum des Zugriffs: 30.10.2018

⁵⁷ Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 58

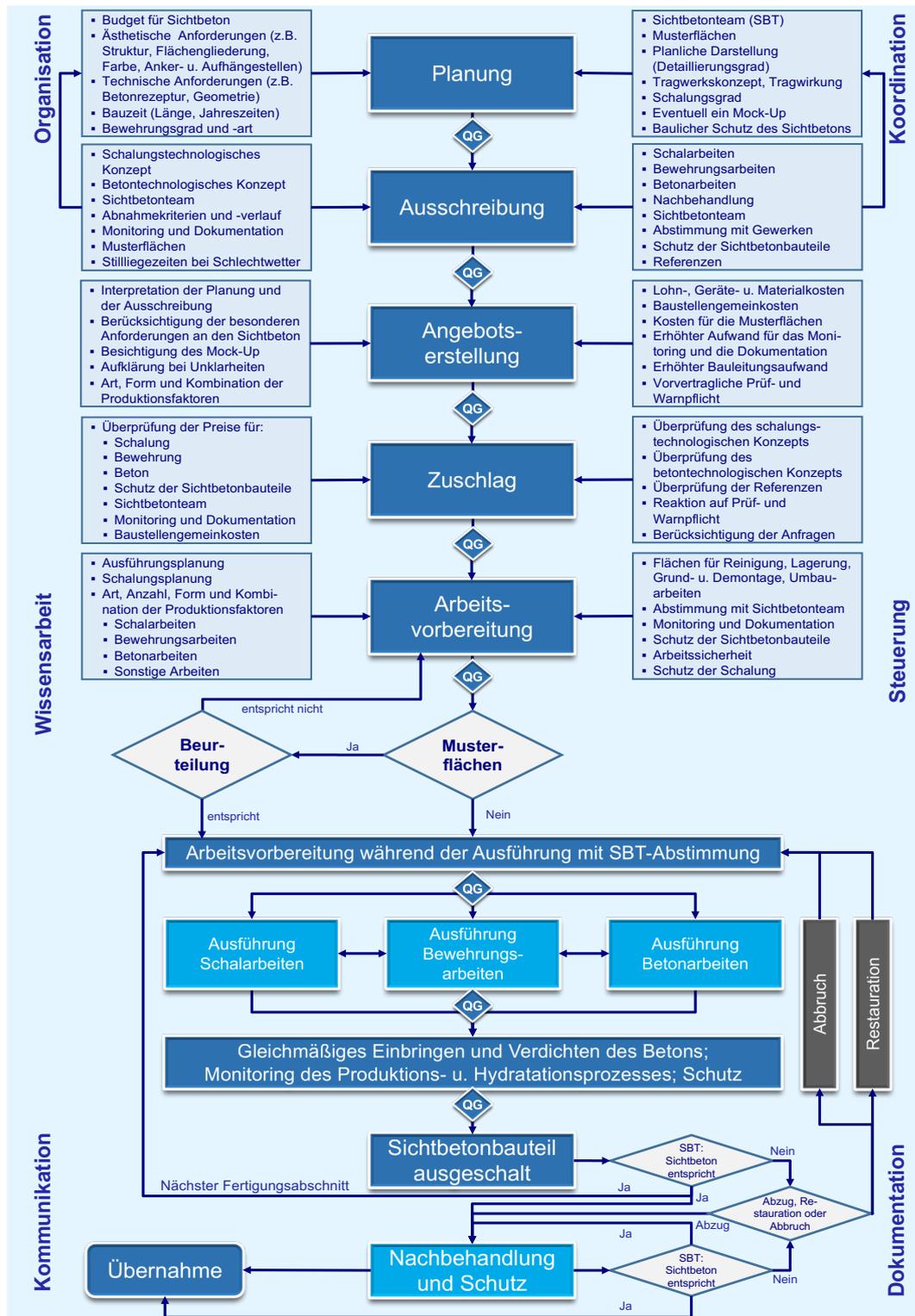


Abb. 4: Ablaufschema Sichtbetonherstellung nach Hofstadler⁵⁸

⁵⁸ HOFSTADLER, C.: 28. Kassel-Darmstädter Baubetriebsseminar: Schalungstechnik, Seite B4-3

3 Produktionsfaktoren

In diesem Kapitel werden alle Produktionsfaktoren, die für die Errichtung des Bauvorhabens notwendig sind, beschrieben. Diese werden in Elementare und Dispositive gegliedert. In welcher Beziehung die Faktoren zueinanderstehen, stellt die Abb. 5 dar.



Abb. 5: Produktionsfaktoren⁵⁹

„In technisch-organisatorischer Hinsicht läuft ein Fertigungsvorgang umso günstiger ab, je weniger Produktionsfaktoren für die gleiche Produktionsmenge benötigt werden. Um das zu beurteilen, stellt man das mengenmäßige Ergebnis eines Produktionsvorganges (Produktionsmenge) dem mengenmäßigen Einsatz an Produktionsfaktoren gegenüber:

$$P = \frac{\text{Produktionsmenge}}{\text{Menge der zur Herstellung benötigten Produktionsfaktoren}} \quad ,60$$

⁵⁹ HOFSTADLER C.: Zeitschrift für Vergaberecht und Bauvertragsrecht, Ausgabe: November 2016, Seite 464

⁶⁰ OBERNDORFER W, JODEL G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft, Seite 124

Wenn die Produktionsfaktoren effizient sind, aber nicht effektiv eingesetzt werden, wird das gewünschte Ziel nicht erreicht. Im Gegenteil, wenn effektive Faktoren verwendet werden, aber diese nicht effizient sind, dauert es länger, am gewünschten Ziel anzukommen. Daher bedarf es einer optimalen Kombination von Produktionsfaktoren, um das gewünschte Ziel effektiv und effizient zu erreichen. (siehe Abb. 6)

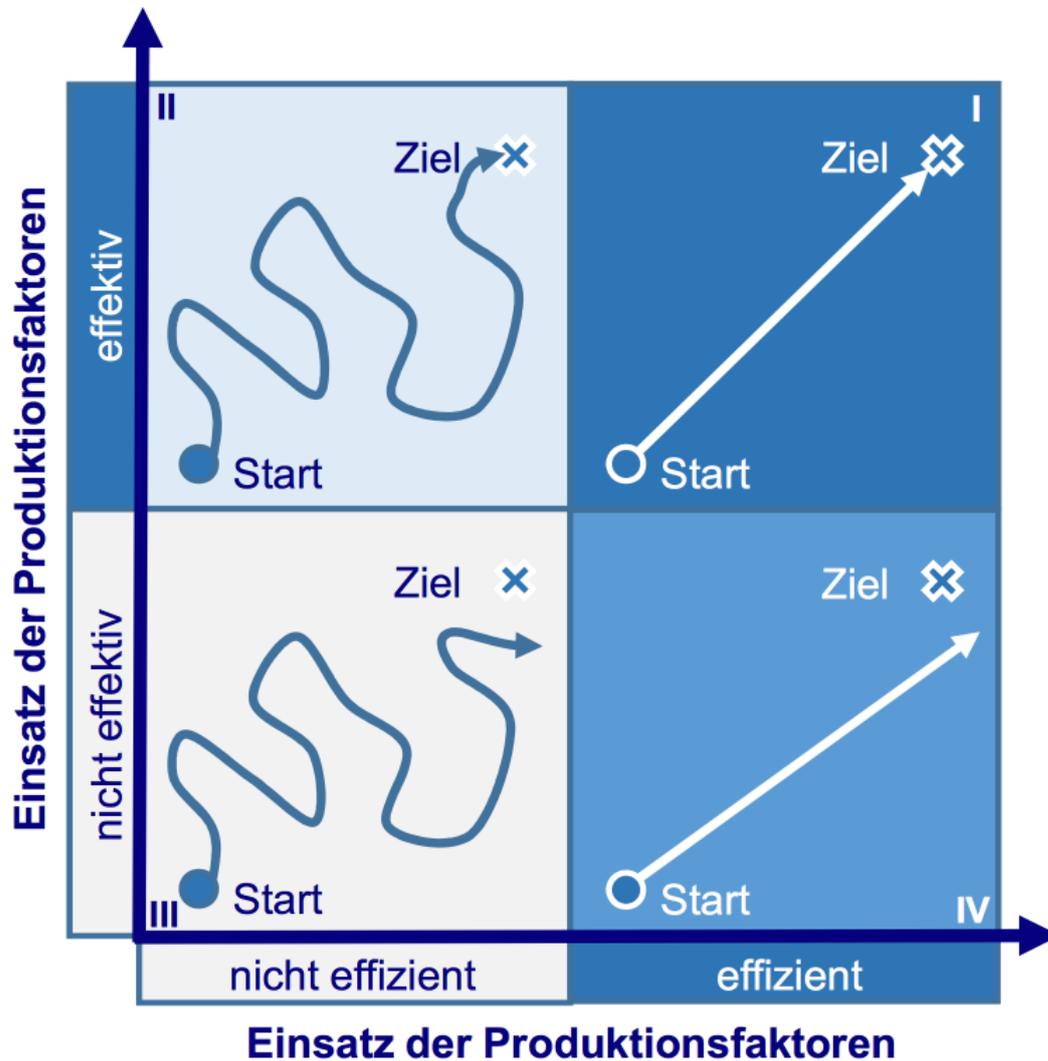


Abb. 6: Einsatz der Produktionsfaktoren⁶¹

⁶¹ HOFSTADLER, C; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft, Seite 4

3.1 Dispositive Produktionsfaktoren

Die dispositiven Produktionsfaktoren behandeln die gestalterischen, planerischen und steuerlichen Aufgaben des Projekts und haben daher keinen direkten Einfluss auf das Erzeugnis.

Unter diese Faktoren fallen die Aufgabengebiete:

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

3.2 Elementare Produktionsfaktoren

Unter den elementaren Produktionsfaktoren versteht man alle Sachgüter und Dienstleistungen, die direkt mit dem Leistungsprozess in Verbindung stehen. Diese Faktoren werden über Arbeit, Betriebsmittel und Stoffe beschrieben. In den folgenden Unterpunkten werden diese Faktoren beschrieben und die angewendeten Produktionsfaktoren auf der Baustelle Kitzbühel aufgezeigt.

3.2.1 Arbeit

Der elementare Faktor Arbeit beschreibt die Leistung, die direkt für den Produktionsprozess aufgewendet wird. Diese wird maßgeblich von Fachwissen, Know-how, Fähigkeit der Arbeiter und der Arbeitsgruppengröße beeinflusst.

Die gewählte Anzahl der Arbeitsgruppengröße beeinflusst die Produktivität auf der Baustelle. Abb. 7 stellt das Verhältnis von Produktivität und Arbeitskräfteanzahl qualitativ dar. Eine Senkung oder Erhöhung der optimalen Gruppengröße führt zu Produktivitätsverlusten. Je mehr Arbeiter auf der Baustelle tätig sind, desto weniger Arbeitsplatz pro Arbeiter ist zur Verfügung. Wenn der Mindestarbeitsraum unterschritten wird, kommt es zu

einer Überlagerung von Produktivitätsverlusten. Eine optimale Arbeitsgruppengröße ist erforderlich, um einen wirtschaftlichen Fortschritt der Baustelle zu gewährleisten.⁶²

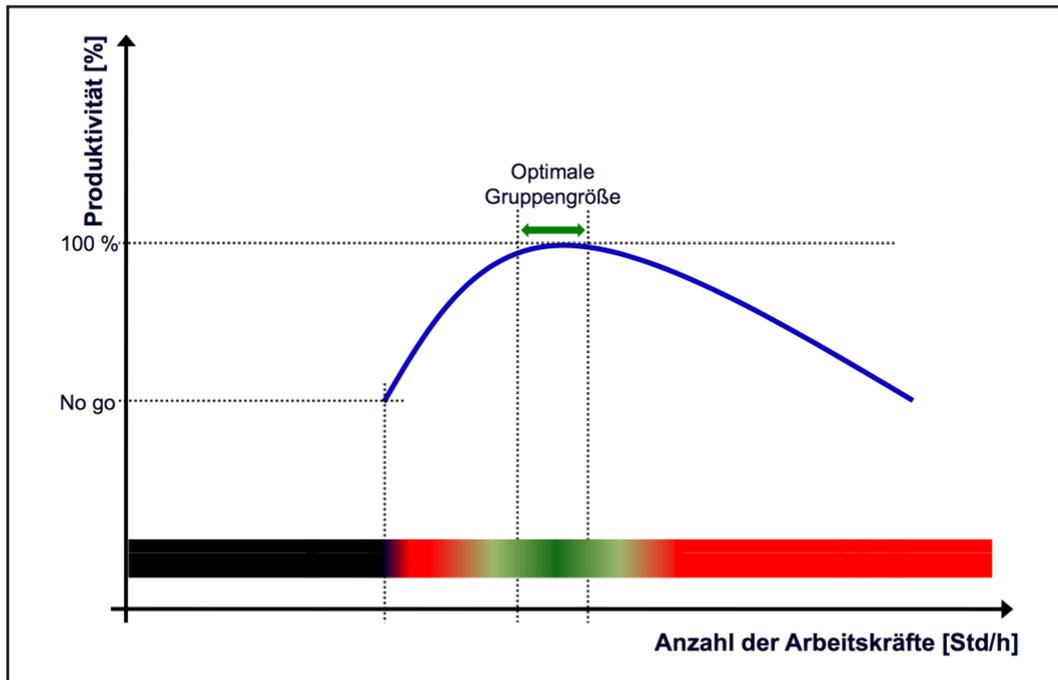


Abb. 7: qualitative Darstellung des Verhältnisses von Arbeitskräfteanzahl und Produktivität⁶³

Die Partie der ausführenden Baufirma bestand aus zwei Schalzimmerer und vier Mauerer. Aufgrund der gewählten Arbeitsgruppengröße konnte die Produktivität der Bauarbeiter gewährleistet werden. Alle sechs haben eine sehr fundierte Ausbildung und bereits Erfahrungen mit der Herstellung von Sichtbeton gesammelt. Die sehr motivierte Partie war bei ihrer bereits sehr genauen Arbeitsweise selbstkritisch und versuchte das Bestmögliche, um eine gute Sichtbetonqualität zu erzielen. Anweisungen beziehungsweise Veränderungen nahmen sie sehr gut auf.

3.2.2 Betriebsmittel

Unter Betriebsmittel werden alle Geräte und Objekte verstanden, die für die Erstellung des Prozesses notwendig sind, aber nicht Bestandteil des Endproduktes sind.

⁶² Vgl.: HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb, Seite 65 ff

⁶³ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb, Seite 66

Kran

Der Kran zählt zu den wichtigsten Betriebsmitteln auf einer Hochbaustelle, da er eine wesentliche Rolle für die Produktivitätslogistik darstellt. Die Krananzahl und Kranart muss optimal gewählt werden, dass keine Wartezeiten für die Bauarbeiter entstehen. Ansonsten führt dies zu Produktivitätsverlusten.⁶⁴

Aufgrund der sehr engen Baustellenbedingungen wurde ein Oberdrehkran der Firma Liebherr gewählt. Der Kran wurde im Liftschacht positioniert.

Die Tragfähigkeit des Kranes bei maximaler Ausladung von 50 m beträgt 1.300 kg, die maximale Tragfähigkeit 5.000 kg.

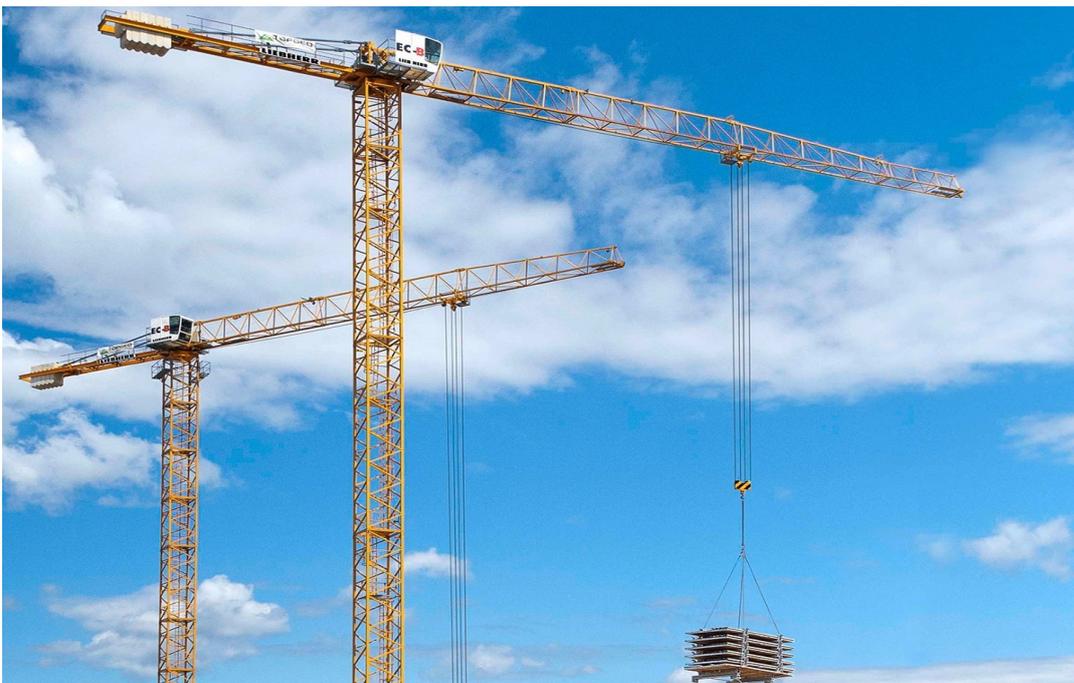


Abb. 8: Liebherr Oberdrehkran 85 EC-B 5⁶⁵

Schalungssystem

Die Auswahl des geeigneten Schalungssystems und geeigneter Ankerraster hängt mitunter von der Bauteilhöhe, -neigung, -form und des daraus resultierenden Frischbetondrucks ab. Um die Qualität des Sichtbetons und die geforderten Grenzwerte für Versatz und Grate einzuhalten, muss die Schalung und das Ankerraster zielsicher gewählt werden.

⁶⁴ Vgl.: HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb, Seite 74 ff

⁶⁵ <https://www.liebherr.com/de/aut/produkte/baumaschinen/turmdrehkrane/obendreherkrane/flat-top-ec-b/details/72036.html>, Datum des Zugriffs: 02.08.2018

Als Schalungssystem beim BVH Bürohaus Kitzbühel wurde eine Rahmenschalung der Firma Ringer verwendet. Die Lastableitung erfolgte teilweise durch Anker (siehe Abb. 9) und bei den Fassadenelementen zum Teil mit Abstützböcken. (siehe Abb. 10)



Abb. 9: geankerte Rahmenschalung



Abb. 10: Rahmenschalung einseitige Lastableitung

Schalhaut

Bei der Sichtbetonherstellung ist es wichtig, die Gleichmäßigkeit der Betonoberflächen sicherzustellen. Je nach Schalhauttyp und Anzahl der Einsätze verändert sich die Oberfläche unterschiedlich. Eine Stahlschalungshaut bleibt bei öfterer Verwendung fast unverändert. Bei einer säge-

rauen Schalungshaut findet schon beim zweiten Einsatz eine Oberflächenveränderung statt, weshalb beim mehrmaligen Einsatz die Gleichmäßigkeit der Oberfläche nicht mehr gewährleistet werden kann. Abb. 11 zeigt eine schematische Darstellung der sich verändernden Oberflächeneigenschaften mit steigender Einsatzzahl nach Hofstadler.

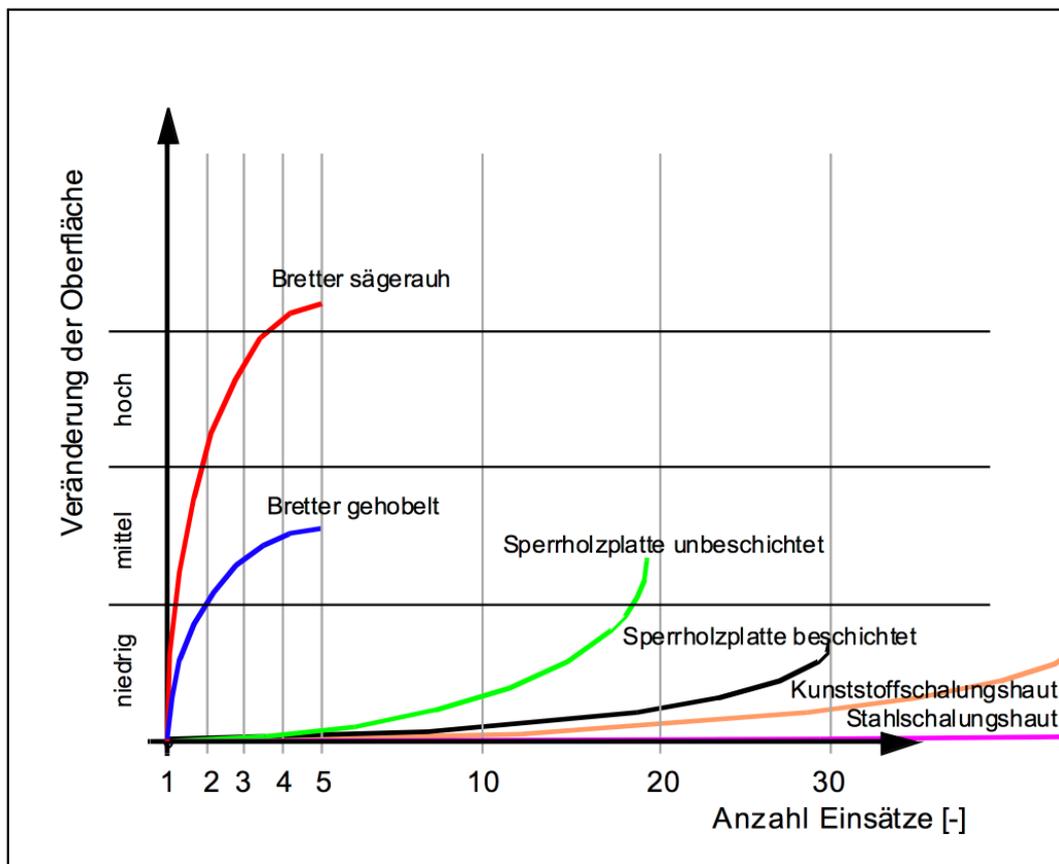


Abb. 11: Veränderung der Oberflächeneigenschaften nach Hofstadler⁶⁶

Die Schalung beim BVH Büro Kitzbühel besteht aus gehobelten und gebürsteten Fichtenbrettern mit einer Dicke von 19 mm und einer Breite von 12 cm. Die Länge der Bretter beträgt 4,00 m und 5,00 m. Diese wurden auf der Baustelle passgenau zugeschnitten. Bei jedem Einsatz wurden neue Bretter verwendet, um die Gleichmäßigkeit des Sichtbetons sicherzustellen. Die Lagerung der Schalung erfolgte direkt auf der Baustelle (siehe Abb. 12), bei Nichtgebrauch wurden die Bretter mit einer Plane abgedeckt.

⁶⁶ HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, Seite 65



Abb. 12: Schalhautlagerung

Verdichtungsgerät

Als Verdichtungsgerät wurde speziell für die Baustelle ein neuer Innenrüttler Wacker IRFU mit einem Durchmesser von 38 mm und einer Länge von 10 m gekauft. Aufgrund der geringen Wandstärke war dieser Durchmesser der größtmögliche, um noch zwischen den Bewehrungslagen durchzukommen. Dieser Rüttler erreicht einen Wirkungsdurchmesser von 50 cm.



Abb. 13: Rüttler⁶⁷

Trennmittelsprühgerät

Beim Produktionsfaktor Trennmittelsprühgerät ist darauf zu achten, dass ein gleichmäßiger Auftrag gewährleistet ist. Bei herkömmlichen Sprühgeräten ist es meist schwierig, den Druck annähernd konstant zu halten. Speziell für dieses Forschungsprojekt wurde das Sprühgerät Ultra Airless

⁶⁷ <http://www.wackerneuson.at/de/produkte/betontechnik/innenruettler/innenruettler-premium-linien/premium-innenruettler/model/irfu/>, Datum des Zugriffs 02.08.2018

mit Akkuladung von der Firma Graco gekauft. (siehe Abb. 14) Das Spritzgerät wiegt ohne Inhalt 2,4 kg und besitzt einen maximalen Betriebsdruck von 135 bar. Ein gleichmäßiger Auftrag soll dadurch garantiert sein.



Abb. 14: Sprühgerät

3.2.3 Stoffe

Die Einflussvariable „Stoffe“ beschreibt alle Werkstoffe, die die Grundlage für das Erstellen eines Werkes bilden. Diese bleiben ein Teil des Bauwerks.

Beton

Einen maßgebenden Qualitätsfaktor für die Sichtbetonherstellung stellt der Beton dar. Als Betonsorte wurde der Beton B5 – C20/25 GK8 F52 CEM II 42,5N gewählt. Die detaillierten Betoneigenschaften sind in Abb. 15 ersichtlich. Dieser weist nicht die empfohlene Betonzusammensetzung für die Klasse SB3 der Richtlinie Sichtbeton auf. Die gewählte Betonsorte B5 wurde aufgrund der auftretenden Umweltbedingungen gewählt. Das Bauvorhaben liegt direkt an der Bundesstraße B 161, daher muss bei den Fassadenelementen mit Tausalzbelastung gerechnet werden.

	A	B
1	Festigkeitsklasse Stützen	C 30/37
2	Festigkeitsklasse restlichen Sichtbetonbauteile	C 25/30
3	Expositionsklasse	B5 XC4/XD2/XF2/XA1L/SB
4	Zementsorte	CEM II 42.5N
5	Größtkorn	GK 8
6	Konsistenzklasse	F 52
7	Zusatzstoff	Fluasit
8	Zusatzmittel	Fließmittel
9		Luftporenbildner
10	Mindestfrischbetontemperatur	15 °C

Abb. 15: Betoneigenschaften

Bewehrung

Um die Qualität und Oberflächenästhetik von Sichtbeton sicherzustellen, muss die Bewehrung richtig dimensioniert und genau verlegt werden.⁶⁸

Mit einer höheren Betondeckung kann das Sichtbetonergebnis verbessert werden. Bei einer geringeren Betondeckung besteht die Gefahr von Farbunterschieden, offener Betonoberfläche und vermehrter Porenanzahl. Bei einem hohen Bewehrungsgrad und enger Bewehrungslage wird die Rüttelbarkeit des Betons beeinträchtigt. Der Statiker muss Rüttelgassen bei der Planung berücksichtigen, um die Verdichtbarkeit des Betons zu gewährleisten.⁶⁹

Die Bewehrung der Sichtbetonbauteile erfolgte mit Baustahlmatten und Stabstahl mit der Baustahlklasse B St 550. Die Betondeckung von den außenliegenden Bauteilen beträgt 4,00 cm.

Als Verankerung für die Fassadenelemente wurden Thermoanker aus Glasfaser von der Firma Schöck (siehe Abb. 16) eingesetzt. Diese stellen eine sehr geringe Leitfähigkeit sicher und vermeiden eine Wärmebrückenbildung. Die statische Berechnung der Firma Schöck ergab einen Thermoanker mit einem Durchmesser von 12 mm pro m², mit einer Einbindelänge der Außenschale von 100 mm und die der Innenschale von 130 mm.



Abb. 16: Thermoanker

⁶⁸ Vgl. HOFSTADLER, C; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb, Seite 29

⁶⁹ Vgl. HOFSTADLER, C; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb, Seite 32

Abstandhalter

Ein Kriterium für die Auswahl der Abstandhalter stellt die Form dar. Tab. 19 stellt eine Klassifizierung der Abstandhalter nach Typgruppen dar.

A Radform	
B 1 Punktförmig, nicht befestigt	
B 2 Punktförmig, befestigt	
C 1 Linienförmig, nicht befestigt ¹⁾	
C 2 Linienförmig, befestigt ¹⁾	
D 1 Flächenförmig, nicht befestigt	
D 2 Flächenförmig, befestigt	
¹⁾ mit Längenbegrenzung (350 mm bzw. $\leq 2 h$ oder $\leq 0,25 b$ mit h – Bauteildicke und b – Bauteilbreite.	

Tab. 19: Klassifizierung der Abstandhalter in Typgruppen⁷⁰

Je nach Bauteiltyp sind verschiedene Abstandhalter besser geeignet. Folgende Tab. 20 zeigt das Auswahlkriterium der Abstandhalter je unterschiedlichem Bauteiltyp.

Ein weiteres Kriterium für die Abstandhalterausswahl stellt das Material dar. Bei Sichtbeton sollen Abstandhalter aus Faserzement ausgewählt werden, da bei diesen der Abdruck augenscheinlich weniger deutlich erkennbar ist.

⁷⁰ FINGERLOOS, F.: Abstandhalter nach DIN 1045 und DBV-Merkblatt, Seite 8

Bauteil		Stütze			Wand		Balken		Decke Fundament
		waagerechte Bewehrung	waagerechte Bewehrung	lotrechte Bewehrung	waagerechte Bewehrung	lotrechte Bewehrung	waagerechte Bewehrung		
A	Radform	o ¹⁾	o ¹⁾	x	x	x	x		
B1	Punktförmig, nicht befestigt (Klotz, Bock)	x	x	x	o	x	o		
B2	Punktförmig, nicht befestigt (Klotz, Bock)	✓ ²⁾	✓ ²⁾	✓ ²⁾	✓	✓ ²⁾	✓		
C1	Linienförmig, nicht befestigt ³⁾	x	x	x	✓	x	✓		
C2	Linienförmig, befestigt ³⁾	✓	✓	o	✓	o	✓		
D1	Flächenförmig, nicht befestigt ³⁾	x	x	x	✓	x	✓		
D2	Flächenförmig, befestigt ³⁾	✓	✓	o	✓	o	✓		

Legende:
 ✓ geeignet
 o bedingt geeignet
 x ungeeignet

¹⁾ Vorsicht beim Zusammenspannen der Schalung, häufig nicht ausreichend Kippstabil
²⁾ wenn Kippen oder Verschieben nicht möglich ist
³⁾ mit Längenbegrenzung (350 mm bzw. $\leq 2h$ oder $\leq 0,25b$ mit h - Bauteildicke und b - Bauteilbreite)

Tab. 20: Auswahl der Abstandhalter nach Art des Bauteils⁷¹

Bei der Baustelle Büro Kitzbühel wurden Abstandhalter mit dem Typ Radform (A1) und Punktförmig befestigt (B2) (siehe Abb. 17) verwendet. Die punktförmigen, befestigten Abstandhalter (rechts) sind aufgrund der Kippstabilität besser geeignet, wie in Tab. 20 ersichtlich. Weiters verhindern diese durch die Faserzementausführung einen Kunststoffabdruck auf der Betonoberfläche.

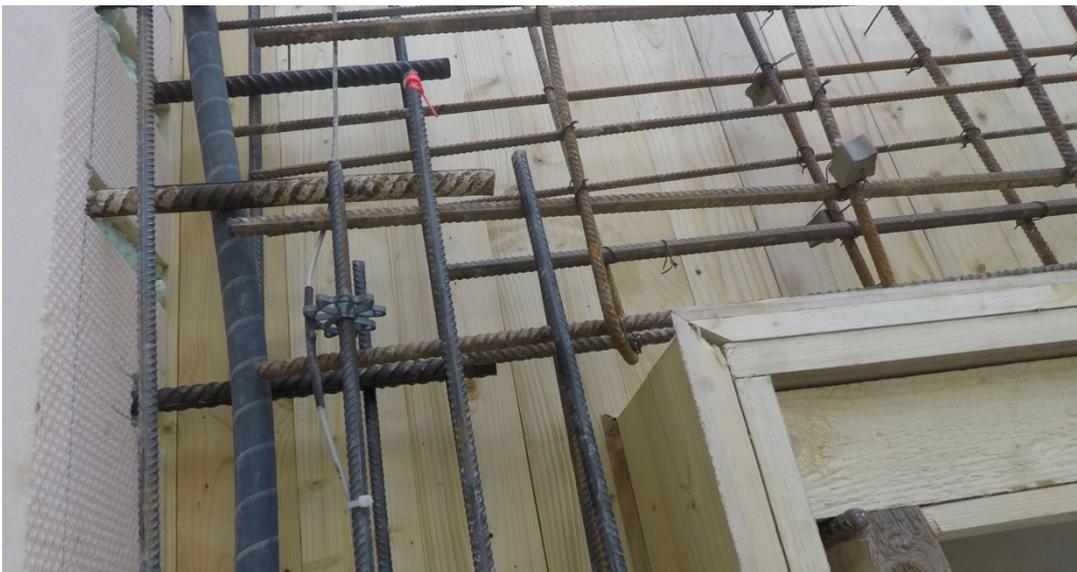


Abb. 17: Abstandhalter

⁷¹ DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIVERREIN: Abstandhalter, Seite 13

Trennmittel

Die Aufgabe des Trennmittels besteht darin, die Haftungskräfte zwischen Schalung und Beton zu minimieren. Das Trennmittel darf keine schädlichen Auswirkungen (z.B.: Verfärbungen) auf den Beton ausüben. Um die gewünschte Sichtbetonqualität zu gewährleisten, ist das Trennmittel an Musterflächen zu erproben.⁷²

Die Anforderungen an ein Trennmittel lauten:

- *Einwandfreie Abformung der Schalungshautoberfläche*
- *Konservierung und Schonung des Schalungsmaterials*
- *Verhinderung von Fleckenbildung und Marmorierungen*
- *Vermeidung von Absandungen, Abmehlungen und Kalkausblühungen*
- *Das Aufsteigen von Luftblasen begünstigen*
- *Keine Beeinträchtigung der Haftung von Anstrichen, Putzen, Klebern*⁷³

Abb. 18 zeigt die prinzipielle Zusammensetzung der Trennmittel nach Motzko:

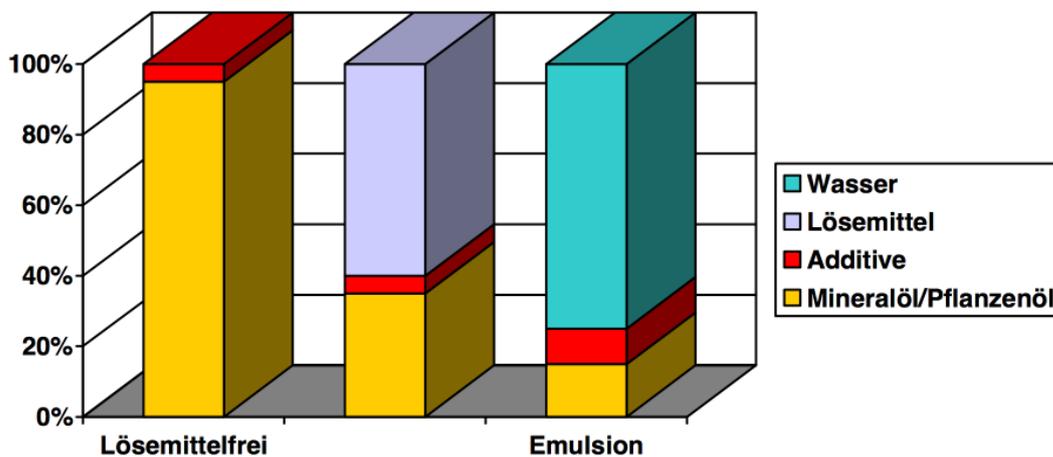


Abb. 18: Prinzipielle Zusammensetzung der Trennmittel⁷⁴

Um den Trennmittelauftrag zu erleichtern, werden Lösemittel beigemischt, um eine leichtere Verarbeitung zu gewährleisten. Wenig später nach dem Auftragszeitpunkt verdunsten diese. Somit entsteht ein dünner Film auf der Schalung.⁷⁵

⁷² Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schararbeiten, S. 66

⁷³ MOTZKO, C.; LÖW, D.: Sichtbeton- 2-Tages-Intensivseminar, Seite 12

⁷⁴ MOTZKO, C.; SCHNALKE, M.: Aktuelle Entwicklungen und Probleme beim Einsatz von Betontrennmitteln, Seite 3

⁷⁵ Vgl.: MOTZKO, C.; SCHNALKE, M.: Aktuelle Entwicklungen und Probleme beim Einsatz von Betontrennmitteln, Seite 3

Beim BVH Büro Kitzbühel wurden insgesamt vier verschiedene Trennmittel angewendet. (siehe Abb. 19, Abb. 20, Abb. 21 und Abb. 22). Das Trennmittel ALU 2000 der Firma Ringer hat die besten Ergebnisse erzielt und wurde daher zum Großteil eingesetzt. Im Anhang befindet sich das Datenblatt dieses Trennmittels.



Abb. 19: Trennmittel ALU 2000 von der Firma Ringer



Abb. 20: Trennmittel MasterFinish RL 411 der BASF



Abb. 21: Trennmittel Ortolan Classic 711 von der Firma MC Bauchemie



Abb. 22: Trennmittelpaste Ortolan Extra 791 von der Firma MC Bauchemie

Vorbereitung

Als Vorbereitung wurden mehrere Produkte getestet. (siehe Abb. 23, Abb. 24, Abb. 25 und Abb. 26) Dabei hat sich das Ergebnis mit der Anwendung von Verdunstungsschutz gegenüber den anderen durchgesetzt. Das Datenblatt vom Verdunstungsschutz ist im Anhang zu finden.



Abb. 23: Agropox 2420



Abb. 24: Verdunstungsschutz Aquastat E



Abb. 25: Farben Lechner Lack Aquacryl CFB



Abb. 26: Farben Lechner Innenlasur

4 Projektbeschreibung

Das Forschungsprojekt besitzt drei oberirdische Geschosse, welche rein als Büroflächen dienen, und einem unterirdischen Geschoss, das als Tiefgarage mit Lagerräumen genutzt wird. Im Erdgeschoß befindet sich an der Ostseite (Straßenseite) der Haupteingang und an der südseitigen Grundgrenze die Tiefgaragenabfahrtsrampe. Eine zusätzliche Einfahrt mit teilweise überdachten Stellplätzen ist an der Nordseite des Gebäudes situiert. An der gesamten westlichen Seite des Bauwerks ist eine Dachterrasse angeordnet. Das gesamte Gebäude wird in Massivbauweise in Stahlbeton hergestellt und mittels Vollwärmeschutz gedämmt. Ein Großteil der Fassadenelemente wird mit Sichtbetonelementen ausgeführt, der andere Teil mit dunkelgrauen Faserzementplatten. Aufgrund des firmeneigenen Bauwerks, welche die Baufirma eigenständig errichtet, sind keine Ausschreibungsunterlagen vorhanden.



Abb. 27: Visualisierung



Abb. 28: Visualisierung

4.1 Allgemeine Projektdaten

Die Grundstücksfläche des Bauvorhabens beträgt 738 m². Die folgenden Daten entstanden vor Beginn der Bauarbeiten und können somit von den real angefallenen Kennzahlen minimal abweichen. Die Baumassendichte beschreibt das Verhältnis von Brutto-Raum-Inhalt zu Grundstücksfläche. Die verbaute Fläche dividiert durch die Grundstücksfläche ergibt die Bebauungsdichte.

Brutto-Raum-Inhalt	2.720,09 m ³
Verbaute Fläche	363,54 m ²
Baumassendichte	3,70
Bebauungsdichte	0,50
Gesamtnutzfläche	511,90 m ²

Die Kennzahlen der Sichtbetonarbeiten wurden nach Fertigstellung der Bauarbeiten berechnet:

Schalungsfläche Sichtbeton Musterwände:	63,54 m ²
Schalungsfläche Sichtbeton:	261,72 m ²
Schalungsfläche Sichtbeton gesamt (inkl. Musterflächen):	325,26 m ²
Betonkubatur Sichtbeton Musterflächen:	11,72 m ³
Betonkubatur Sichtbeton:	38,13 m ³
Betonkubatur Sichtbeton gesamt (inkl. Musterflächen):	49,85 m ³

4.2 Lage

Das Bauvorhaben befindet sich direkt an der Bundesstraße B161 in Kitzbühel. Aufgrund der beengten Umgebungssituation musste eine Lagerfläche für die Container von 64 m² angemietet werden. Diese befindet sich ca. 80 m von der Baustelle entfernt. (siehe Abb. 29)

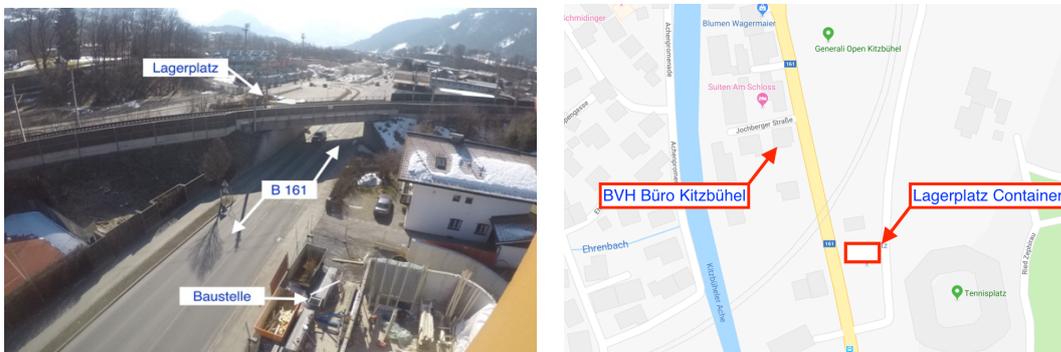


Abb. 29: Lageplan

Die Baustelleneinrichtung veränderte sich während des Baufortschritts ständig. Die Lagerflächen zum Zeitpunkt der Erdgeschoßbauarbeiten sind in der Abb. 30 (rot markiert) ersichtlich. Der Kran wurde baustellenlogistisch im Liftschacht positioniert. Die Lagerflächenplätze wurden mit Fortschreiten des Bauwerks immer geringer und logistisch schwieriger zu koordinieren.



Abb. 30: Baustelleneinrichtung

5 Sichtbetontechnologisches Konzept

Dieses Kapitel beinhaltet das sichtbetontechnologische Konzept der Baustelle Kitzbühel. Aufgrund der fehlenden Ausschreibungsunterlagen wurde vor Beginn der Sichtbetonarbeiten ein sichtbetontechnologisches Konzept entwickelt. Die Sichtbetonarbeiten sind durch die Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonoberflächen von der Ausgabe 2009 geregelt.⁷⁶

Sichtbetonteam	nicht erforderlich	empfohlen		erforderlich
		empfohlen		erforderlich
Musterfläche		empfohlen		erforderlich
Textur der Betonfläche (T, Tab. 5/5/2)		T1 T2 oder T3		
Schalungssystem (SY, Tab. 5/5/2)		SY1 SY2 oder SY3		
Schalungskategorie, Trennmittelsatz (SQ, Tab. 5/5)	SQ.1	SQ.2		SQ.3
Ausbildung von Aufhängestellen (AH, Tab. 5/4/2)		AH1 oder AH2		
Verschluss der Ankerlöcher (AV, Tab. 5/4/2)		AV1 oder AV2		
Ankerstelle (K, Tab. 5/4/2)		AS1 AS2 oder AS3		
Kantenausbildung (K, Tab. 5/4/2)		K1 oder K2		
Bauführung (AQ, Tab. 5/4)	AQ1	AQ2	AQ3	
Farbe (C, Tab. 5/3/2)		C1	C2 oder C3	
Betonfläche (BQ, Tab. 5/3)	BO1	BO2		BO3
Bauteilbeschreibung (PQ, Tab. 5/2)	PO1	PO2		PO3
Beispiel Betonflächen mit gestalterischen und/oder technischen Anforderungen	geringen Umfangs; überwiegend technische Anforderungen im Industrie- und Tiefbau	normalen Umfangs; z. B. einfachen Fassaden in Hochbauten, Sichtflächen im Industriebau mit großem Betrachtungswinkel		hohen Umfangs, z.B. repräsentative Oberflächen oder komplexe Fassaden in Hochbauten
Sichtbetonklassen	SB 1	SB 2		SB 3
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			

Abb. 31: Sichtbetonklassen der Richtlinie Sichtbeton⁷⁷

⁷⁶ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-1

⁷⁷ HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-1

Die Sichtbetonklasse SB3 wurde fixiert, welche die klassenbildenden Anforderungen festlegt. (siehe Abb. 31). Es sind alle aus dieser Klasse resultierenden Ansprüche und die in diesem Kapitel beschriebenen Anforderungen des „Sichtbetontechnologischen Konzepts“ auszuführen.⁷⁸

Für die nicht klassenbildenden Anforderungen werden die folgenden Klassen fixiert: C1 (Betonfarbe), K1 (Dreikantleiste 3 mm) AS3 (keine Sichtbaren Ankerstellen bzw. Ausnahme für die runde Schalung gilt AS2 (Ankerstelle mit geringen Feinmörtelaustritt) mit AV2, SY3 (ohne Rahmenabdruck), T1 (Textur: raue Betonoberfläche)⁷⁸

5.1 Betontechnologisches Konzept

Besonders ist darauf zu achten, dass für Sichtbeton qualifizierte Arbeitskräfte eingesetzt werden. Der Auftragnehmer hat die Aufgabe, ein Betontechnologisches Konzept auszuarbeiten, welche die nachfolgenden Punkte beinhalten sollte:⁷⁹

- *Angaben zum Betonhersteller und der Mischanlage sowie der gegebenen Mess-, Wiege- und Zuteilgenauigkeiten*
- *Vereinbarungen zur Übergabe der Chargenprotokolle*
- *Vereinbarungen zur Bestimmung des Erstarrungsendes*
- *Maßnahmen zur Einhaltung der Frischbetontemperatur*
- *Angabe zur Art der Schalung und der Schalungshaut*
- *Angaben zum verwendeten Trennmittel und zur Auftragechnik*
- *Angaben zu den geplanten Betonierterminen*
- *Angaben zu den Betoniertakten, Ausschalfestigkeiten und den Ausschalfrieten*
- *Angaben zur Lage und Ausbildung von Betonieröffnungen und Rüttelgassen*
- *Angaben zur Lage und Ausbildung der Arbeitsfugen*
- *Angaben zum geplanten Logistikkonzept des Betonantransports und der Beförderung auf der Baustelle (insbesondere Angaben zu Transportwegen und -zeiten)*
- *Angaben zur Art des Betoneinbaus und der Verdichtung*
- *Angaben zum Frischbetondruck und der maximal zulässigen Betoniergeschwindigkeit*
- *Angaben zum Erstarrungsende des Betons*
- *Maßnahmen bei Ausfall der Verdichtungsgeräte sowie der Mischanlage*

⁷⁸ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-2

⁷⁹ HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-3 - E3-4

- *Maßnahmen bei plötzlichem Witterungsumschwung bzw. bei kühler und heißer Witterung*
- *Maßnahmen zur Verhinderung von Rostspuren*
- *Angaben zur Nachbehandlung*
- *Angaben zu Schutzmaßnahmen während des Vorbereitungs- und Herstellungsprozesses*
- *Angaben zu Schutzmaßnahmen über die restliche Bauzeit*

5.2 Waagriß

Der Auftragnehmer hat sich darum zu kümmern, dass keine Waagrisse oder sonstige Beschriftungen auf die Sichtbetonoberfläche aufgezeichnet werden. Alle Personen, die Zutritt auf die Baustelle bekommen, müssen geschult werden. Die Sichtbetonbauteile sollen mit Hinweisschildern gekennzeichnet und geschützt werden. Diese Mehrarbeit ist in den Einheitspreis einzukalkulieren.⁸⁰

5.3 Sichtbetonteam

Das Sichtbetonteam beurteilt die Sichtbetonbauteile. Das Sichtbetonteam besteht aus einem Vertreter des Planers Sebastian Mitterer (Architekt), einem Vertreter der Bauausführung Thomas Lerch (Bauleiter), Dr. Christian Rehbichler (Bauherr) und der Diplomandin Theresa Vorderegger. Das Sichtbetonteam muss über die bedeutsamen Termine wie z.B.: Betonage der Sichtbetonbauteile, Ausschalzeitpunkt informiert werden. Das Ergebnis wird vom Sichtbetonteam analysiert. Das Team beschließt mögliche Herstellungsprozessänderungen oder Sanierungsmaßnahmen.⁸⁰

5.4 Schalungssystem

Eine bestehende einheitliche Sichtbetonqualität ist zu erzielen. Als Schalungssystem ist eine Rahmenschalung zu verwenden, worauf Bretter mit vertikaler Anordnung mit einer Stärke von 19 mm befestigt werden. Die Anordnung der Bretter ist vertikal und dürfen vertikal nicht gestoßen werden. Sie verlaufen über die gesamte Schalungshöhe durchgehend.⁸⁰

⁸⁰ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-4

5.5 Anordnung der Bretter

Eine neuwertige Rahmenschalung ist zu verwenden, um ein völliges „Dichtziehen“ der Elementfugen zu schaffen.⁸¹

Die Befestigung der Bretter auf der Schalungshaut erfolgt mit Luftnägeln (ohne Kopf) von der betonzugewandten Seite. Die Nägel dürfen sich nicht an der Sichtbetonoberfläche abzeichnen.

*Zur Vermeidung von undichten Fugen sind die nachfolgenden Punkte einzuhalten.*⁸²

- *Einhaltung der zulässigen Betoniergeschwindigkeit*
- *Erzielung von gleichmäßigen Betoniergeschwindigkeiten innerhalb eines Betonierabschnitts*
- *Kombination von Schalungshautelementen und Schalungselementen mit (annähernd) gleicher Einsatzzahl*
- *Auf Sauberkeit der Schalungshaut- und Elementstöße achten*
- *Auf ausreichende Anordnung von Verbindungsmitteln und Steifigkeit der Schalung achten; besonders sind dazu die Herstellerangaben zu berücksichtigen*

Zusätzliche Ausführungen für die Gewährleistung der Dichtheit:⁸³

- *Abdichten der Stöße mit Dichtstreifen*
- *Abdichten der Stöße mit Silikon (Silikonfuge ziehen, erhärten lassen und nach dem Erhärten mit einer Spachtel vorsichtig entfernen, um Rückstände an der Schalungshaut zu vermeiden. Nicht im weichen Zustand wegwischen!)*
- *Zusätzliche Aussteifungselemente im Bereich der Stöße*
- *Zusätzliche Verbindungsmittel in den Stößen*
- *Abdichten von Ankerstellen, Aussparungen und sonstigen Durchbrüchen oder Anschlüssen der Schalungshaut*
- *Sämtliche Verbindungselemente kurz vor dem Betonieren prüfen und nachziehen, damit Feuchtigkeits- und Temperaturschwankungen entgegengewirkt werden kann*

⁸¹ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-6

⁸² HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-6

⁸³ HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-6 - E3-7

5.6 Textur und Schalungshaut

Die Schalungshaut besteht aus einer rauen strukturierten Oberfläche. Die Bretter müssen vor dem Einsatz gehobelt und gebürstet werden, um Schalungsrückstände (Holzfasern) zu vermeiden. Weiters sind Harzstellen auf der Bretterschalung zu beseitigen, da diese Unregelmäßigkeiten auf der Sichtbetonoberfläche bewirken. Die Bretteranordnung verläuft vertikal über die gesamte Wandhöhe. Die Bretterschalung darf nur einmal eingesetzt werden und ist demnach nach jedem Einsatz durch eine neue Bretterschalung zu ersetzen. Die Dicke der Bretter beträgt durchgehend 19 mm, die Breite 12 cm.⁸⁴

Die Bretter sind 4,00 m und 5,00 m lang und werden auf der Baustelle passgenau zugeschnitten. (Höhe der Bretter = Höhe Schalung). Die vorgesetzten Wände weisen eine Stärke von 15 cm auf und die Wand im Bereich der Rampe ins Kellergeschoß eine Stärke von 30 cm.

Die Dichtheit der Fugen zwischen der Schalungshaut muss gewährleistet sein, so dass kein Feinmörtel austreten kann.⁸⁵

5.7 Ankersystem

Die Sichtbetonwände sind ohne Anker auszuführen, nur die Sichtbetonfassade im Erdgeschoß im Bereich des Chefbüros (siehe Abb. 32) darf geankert werden. (Wandhöhe = 4,35 m)

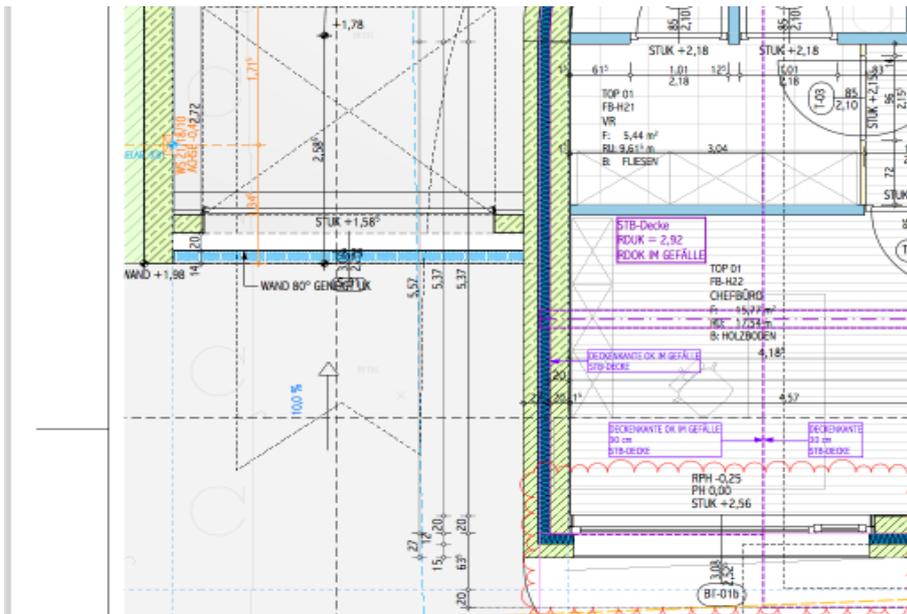


Abb. 32: Lage der geankerten Fassade

⁸⁴ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-7

⁸⁵ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-8

5.8 Vorbehandlung der Schalungshaut

Die Bauausführung hat zu überprüfen, ob die raue Bretterschalung eine Vorbehandlung durch Zementleim benötigt, um eine schädliche Reaktion mit der Betonoberfläche zu vermeiden. Die Erprobung der Vorbehandlung der Schalungsbretter mit Zementleim hat bei einer von den drei Musterflächen zu erfolgen. Das Ergebnis wird vom Sichtbetonteam begutachtet. Das Team entscheidet, ob die Vorbehandlung durch Zementleimanstrich bei den Sichtbetonwänden fortgesetzt wird.⁸⁶

5.9 Reinigung der Schalungselemente

Es ist darauf zu achten, dass die Rahmenschalung, die Bretter und die Schalung mit den bereits montierten Brettern vor Sonneneinstrahlung und Witterung geschützt werden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass die verwendeten Schalungsbretter gleich viel saugen und die Fugen zwischen den montierten Brettern nicht offen sind. Vor dem Trennmittelauftrag soll die Schalungshaut frei von Staub und Schmutz sein. Der zeitliche Abstand zwischen Trennmittelauftrag und Betonage soll beinahe derselbe sein. Nach dem Trennmittelauftrag soll die Schalung wiederum geschützt vor Witterung, Staub und UV-Strahlung gelagert werden.⁸⁶

5.10 Bewehrung

Bei der Ausführung der Bewehrungsarbeiten muss auf die Schalungsbretter Acht gegeben werden, dass diese nicht beschädigt oder verkratzt werden. Um den Verbund von Bewehrung und Beton zu gewährleisten, darf die Bewehrung keinen Kontakt mit dem Trennmittel erlangen. Einpressende Abstandhalter zeichnen sich auf der Betonoberfläche ab. Daher ist eine passgenaue Bewehrungsmontierung und die Verwendung von linienförmigen Abstandhaltern Voraussetzung, um diese Eindrücke zu vermeiden. Bei der Betonage darf der Rüttler nicht mit der Bewehrung in Berührung kommen, da bei Kontakt im oberen und unteren Bereich der Bewehrung sich die W/B- Werte verändern und dies zu Farbunterschieden auf der Sichtbetonoberfläche führt. Es soll ein verzinkter Draht für das Zusammenbinden der Bewehrung verwendet werden.⁸⁷

⁸⁶ Vgl: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-10

⁸⁷ Vgl: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-16

5.11 Betonsorte

Betonhersteller	Betonwerke Unterland - Rohrdorfer Gruppe
Betonwerkstandort	Brixen im Thale
Entfernung zur Baustelle	11,4 km (17min)
Art des Betoneinbaus	Mittels Krankübel

Tab. 21: Betonangaben

Die Betonrezeptur B5 – C25/30 F52 GK8 CEM II 42,5 N gilt als vereinbart, mit Berücksichtigung der verlangten Festigkeit und Dauerhaftigkeit. Aufgrund der direkt anliegenden Bundesstraße B161 muss mit Tausalzbeanspruchung gerechnet werden. Durch die Zugabe von Luftporenbildnern kann der Frostwiderstand erhöht werden. Diese Luftporen sind so klein, dass sie keine Auswirkung auf die Sichtbetonoberfläche haben. Bei Außenlufttemperaturen unter 0 °C sind die Bauteile nach der Betonage zu beheizen. Die Frischbetontemperatur von min. 15 °C ist über die gesamte Einbauzeit einzuhalten.⁸⁸

Es kann ausnahmsweise ein geringer Teil an Flugasche dem Beton beigemischt werden, um die Verarbeitbarkeit des Betons durch den großen Feinanteil besser zu gewährleisten. Wenn bei den Musterflächen die Flugasche eine negative Auswirkung auf die Sichtbetonfarbe bewirkt, muss der Zusatzstoff entfernt werden.⁸⁸

5.12 Betonieren

Bei jedem Abschnitt soll die maximale Betoniergeschwindigkeit kontinuierlich eingehalten werden. Die Temperatur des Frischbetons ist vor jedem Einbau zu kontrollieren, ob dieser die geforderte Mindesttemperatur einhält. Es darf kein Entmischen bzw. Bluten des Betons auftreten. Während des Schwenkens des Betonkübels ist der Einfüllschlauch vor Austropfen durch Klemmen oder dergleichen zu schützen. Dies verhindert die Verschmutzung bereits fertiggestellter Sichtbetonwände. Beim Versetzen des Innenrüttlers ist darauf zu achten, dass der Beton nicht die Schalung bespritzt.⁸⁹

Die Schüttlagenhöhe von 50 cm ist einzuhalten. Um die Gefahr des Vermischens zu minimieren, darf die maximale Fallhöhe nicht größer als 50 cm sein. Der Rüttler soll in die bereits verdichtete Schicht 10-15 cm eindringen. Die Zeit der Verarbeitung des Betons (ab der Wasserzugabe im Betonwerk) darf über die gesamte Einbaudauer, inklusive des Verdichtens, die spezifischen Richtlinien nicht überschreiten.

⁸⁸ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-11

⁸⁹ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-12

Aufgrund von sehr geringen Betonmengen je Betonierabschnitt werden nur ein bis zwei Betonchargen pro Abschnitt benötigt. Falls der Fall auftritt, dass die Mischanlage ausfällt, wird die Betonage verschoben, um identische Qualität und Farbgleichheit zu gewährleisten. Ein zusätzliches Verdichtungsgerät soll als Reserve auf der Baustelle deponiert sein, um bei Ausfall eines Gerätes die Betonage nicht unterbrechen zu müssen.⁹⁰

5.13 Ausschalzeitpunkt

Der passende Ausschalzeitpunkt wird mittels Concremote festgestellt. Dabei werden Sensoren in den Frischbeton eingebaut, welche die Temperatur messen. Mit diesen Messwerten und der Kalibrierung des Betons kann der Reifegrad berechnet werden. Dabei ist auf eine mittige Befestigung der Sensoren im Beton zu achten sowie dass diese lediglich mit dem Beton und nicht mit der Bewehrung in Berührung kommen.⁹⁰

Zudem sollte eine Qualitätssicherung des Hydratationsverhaltens durchgeführt werden. Der Beton sollte nach derselben Zeitspanne dieselbe Festigkeit aufweisen. Sollten aus den Messungen Abweichungen entstehen, ist dem über eine Erhöhung oder Verringerung der Frischbetontemperatur entgegen zu wirken. Tritt eine verminderte Festigkeitsentwicklung durch niedrige Frischbeton- und Lufttemperaturen ein, besteht ein erhöhtes Risiko für unerwünschte Schwarzverfärbungen.⁹¹

5.14 Dokumentation und Einschulung

Die Dokumentation und die Einschulung der Arbeitskräfte wird von der Diplomandin durchgeführt. Die Diplomandin schult die Arbeitskräfte auf die speziellen Schalungstechniken und sorgfältige handwerkliche Umsetzung. Es werden alle relevanten Einflüsse (Witterung, Herstellungsprozesse, Materialien, zeitlicher Ablauf der Herstellung), die für die Sichtbetonherstellung wichtig sind, dokumentiert, um gegebenenfalls Arbeitsabläufe frühzeitig steuern oder abändern zu können.⁹²

5.15 Nachbehandlung

Die fertiggestellten Sichtbetonflächen sind vor Witterung, Verschmutzung, Kantenbeschädigung, Rostfahnen zu schützen.

⁹⁰ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-12

⁹¹ HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-12

⁹² Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-13

5.15.1 Schutz der Sichtbetonflächen vor Witterung

Um keine Rostspuren auf den Wänden zu erhalten, muss die Anschlussbewehrung vor der Witterung geschützt werden. Dabei soll der direkte Kontakt mit der Wand vermieden werden.⁹³



Abb. 33: Nachbehandlungsmaßnahme

5.15.2 Schutz der Sichtbetonflächen vor Verschmutzung

Die fertiggestellten Sichtbetonwände sind mit Warnhinweisen zu kennzeichnen (siehe Bild), um auch weitere Gewerke darauf aufmerksam zu machen.⁹⁴



Abb. 34: Warnhinweis

⁹³ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-13

⁹⁴ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-14

5.15.3 Kantenschutz

Es ist darauf zu achten, alle Kanten und Flächen der Sichtbetonwände vor äußeren Einflüsse (Beschädigungen oder Verunreinigungen) zu schützen. Dabei soll der direkte Kontakt mit der Oberfläche vermieden werden.⁹⁵

5.16 Attika

Die Oberkante der Attika muss 5 % nach innen geneigt sein, um die Sichtbetonoberflächen nicht durch ab rinnendes Wasser zu verschmutzen.⁹⁵

5.17 Musterwände

Es sind drei Musterflächen zu errichten. Die Musterflächen dienen zur Erprobung der Brettverbodung mit aufgetragenen Trennmitteln und deren Auswirkung auf die Sichtbetonoberfläche. Die Sichtbetonmusterflächen werden vom Sichtbetonteam begutachtet.⁹⁶

Der komplette Herstellungsablauf der Musterwände wird von der Diplomandin dokumentiert. Es werden regelmäßig Fotos von den Flächen erzeugt.⁹⁶

5.18 Nachbesserungsmaßnahmen

Das Sichtbetonteam entscheidet bei aufgetretenen Mängeln, wie und ob die Bauteile auszubessern sind. Bei ausgewählter Verfahrensweise muss diese zuerst an einer Musterfläche erprobt werden. Danach wird festgelegt, ob diese Ausführung angewendet wird.⁹⁷

⁹⁵ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-14

⁹⁶ Vgl.: HOFSTADLER, C.: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-15

⁹⁷ Vgl.: HOFSTADLER, 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 23.11.-24.11.2017, Seite E3-16

6 Baustellendokumentation

Dieses Kapitel beinhaltet eine detaillierte Dokumentation der unterschiedlichen Herstellungsprozesse der Sichtbetonbauteile auf der Baustelle Bürohaus Kitzbühel. Der Herstellungsprozess der Bauteile wird dokumentiert, ausgewertet, beobachtet, analysiert und für die nachfolgenden Abschnitte angepasst und verbessert.

Um kein Risiko für die Sichtbetonqualität bei den Fassadenelementen einzugehen, wurden 6 Musterwände angefertigt. An diesen Musterwänden wurde die Sichtbetonqualität erprobt und optimiert, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen.

Abb. 35 zeigt einen Überblick der Baustelle während der Sichtbetonarbeiten. Auf diesem Bild sind die sehr engen Baustellenbedingungen gut erkennbar.



Abb. 35: Übersicht der Baustelle

Insgesamt beinhaltet die Dokumentation 24 Sichtbetonabschnitte mit einer Gesamtsichtbetonschalungsfläche von 319,27 m². Der Großteil der Sichtbetonabschnitte befindet sich im Erdgeschoß. In der Abb. 36 ist die planliche Darstellung der Sichtbetonwände vom Erdgeschoß ersichtlich. Die Lage der Fassade 9 im 1. Obergeschoß ist in der Abb. 37 dargestellt. Die Fertigteileabschnitte, welche die Bauarbeiter direkt auf der Baustelle herstellten, wurden im 1. Obergeschoß und im Dachgeschoß versetzt.

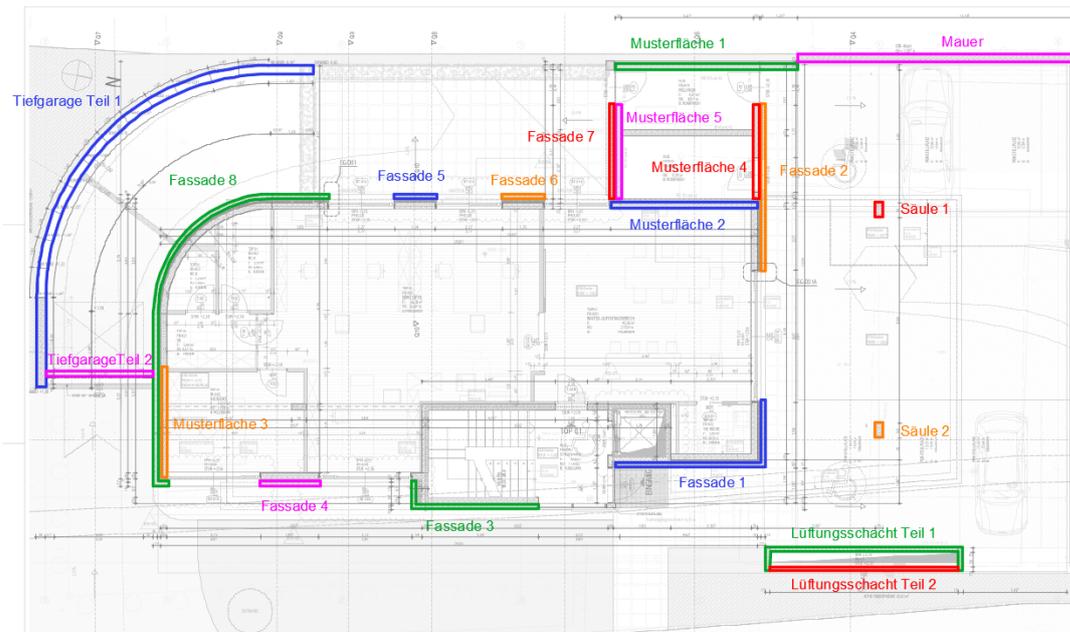


Abb. 36: Planliche Darstellung der Sichtbetonwände im Erdgeschoß

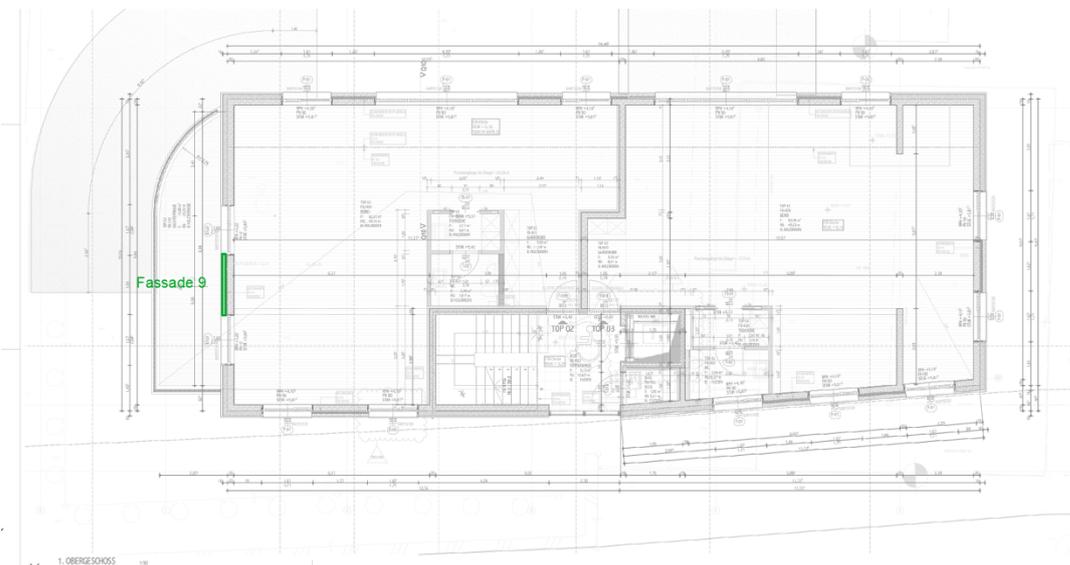


Abb. 37: Planliche Darstellung der Fassade 9 im 1. Obergeschoß

Die Baustellendokumentation ist zeitlich nach dem früheren Herstellungszeitpunkt der Bauteile gegliedert. In der Abb. 38 ist der Bauzeitplan aller Bauteile ersichtlich. Die Bauzeit der Sichtbetonbauteile erstreckt sich von 9. März bis 28. Mai 2018. Von 6. April bis 27. April gab es eine Sichtbetonherstellungsunterbrechung. In dieser Zeit führten die Bauarbeiter die restlichen Nicht-Sichtbetonbauarbeiten durch.

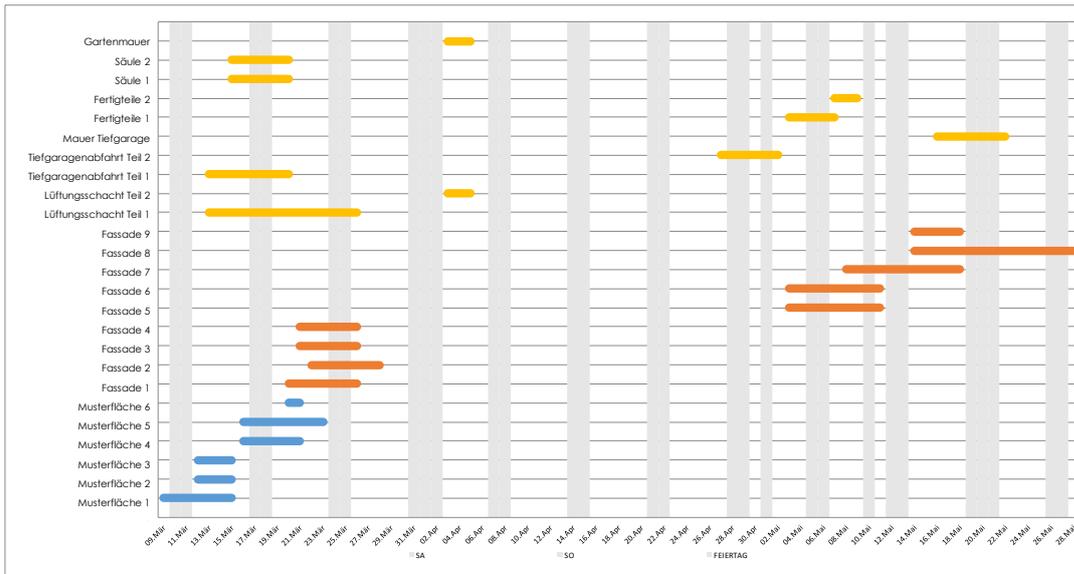


Abb. 38: Bauzeitplan der Sichtbetonabschnitte

6.1 Musterfläche 1

Die Herstellung der Musterfläche 1 erfolgte in der 10. und 11. Kalenderwoche. Dieser Bauteil befindet sich im Erdgeschoß, aus Abb. 39 ist die Lage ersichtlich. Bei diesem Bauteil wurde die Anwendung eines Zementleimanstriches an der Schließschalung der Musterfläche 1 erprobt. Der Herstellungsprozess der Musterfläche 1 ist in Abb. 40 dargestellt.

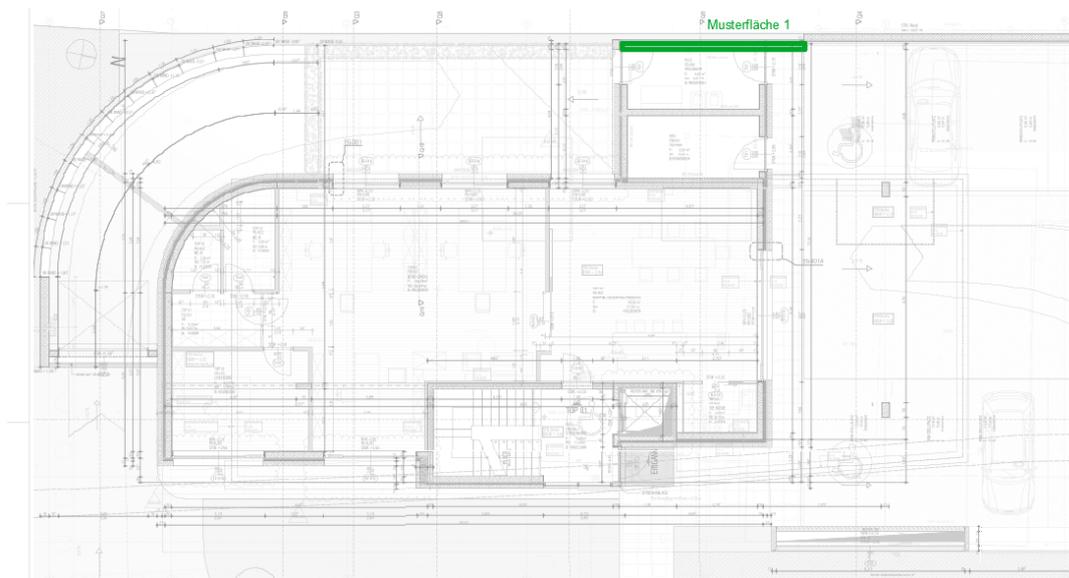


Abb. 39: Lage der Musterfläche 1

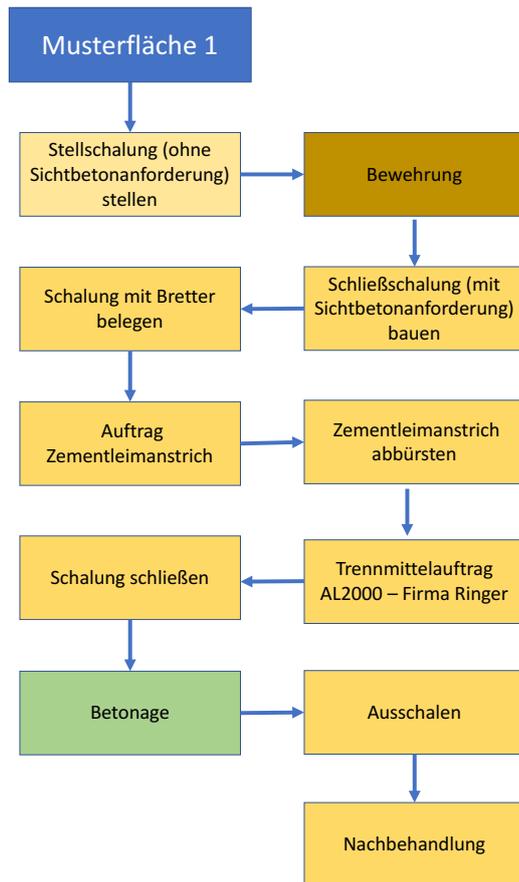


Abb. 40: Herstellungsprozess der Musterfläche 1

6.1.1 Bewehrung

Die Bewehrungsarbeiten erfolgten von zwei Arbeitskräften am 09.03.2018 von 09:15 Uhr bis 09:45 Uhr. In Abb. 41 ist der Bewehrungsplan der Musterfläche im Grundriss dargestellt. Die Betonüberdeckung beträgt 3,00 cm. Der Bewehrungsgrad des Bauteils laut Bewehrungsplan des Statikers liegt bei $113,76 \text{ kg/m}^3$ und ist in Tab. 22 dargestellt.

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		40,11	Stabstahl [%]
2			59,89	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		2,85	m ³
4	Bewehrungsmenge		324,22	kg
5	Bewehrungsgrad		113,76	kg/m ³

Tab. 22: Bewehrung

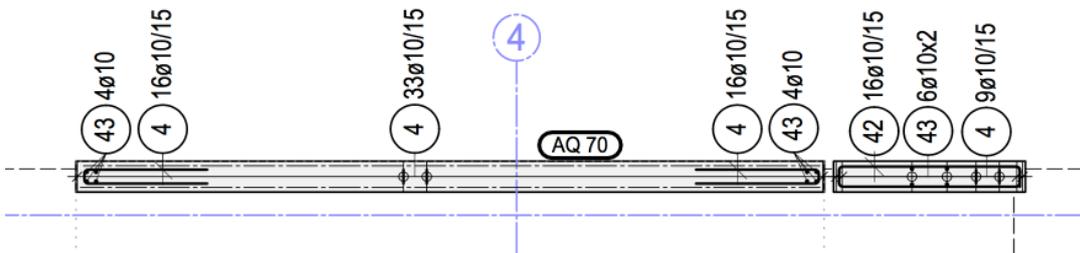


Abb. 41: Bewehrungsplan Grundriss der Musterfläche 1

Die fertiggestellte Bewehrung ist in der folgenden Abb. 42 ersichtlich. Insgesamt wurden 27 Abstandhalter auf der sichtbetonzugewandten Seite eingebaut. Das ergibt 1,78 Abstandhalter pro m² Schalfläche.



Abb. 42: Bewehrung der Musterfläche 1

Um beim Betonieren die Schüttagenhöhe von 50 cm einhalten und erkennen zu können, markierten die Arbeiter jeweils in 50 cm Abständen die Abstandhalter mit einem Leuchtspray (siehe Abb. 43).



Abb. 43: Kennzeichnung der Schüttaghöhe

6.1.2 Sichtbetonschalung belegen

Die Arbeiter begannen mit den Arbeiten der Schließschalung mit Sichtbetonanforderung am 12.03.18 um 15:05 Uhr unter den folgenden Bedingungen in Tab. 23.

	A	B	C	D
1	Schließschalung			
2	Start	12.03.18	tt.mm.jj	
3	Uhrzeit	15:05	hh:mm	
4	Witterung	bewölkt / leichter Regen		
5	Lufttemperatur	6,2	°C	
6	Luftfeuchtigkeit	84	%	

Tab. 23: Start Schließen der Schalung der Musterfläche 1

Für das Belegen der Schalung wurde sehr auf die Qualität der Bretter geachtet. Bretter mit großen Harzstellen oder großen Astlöchern wurden aussortiert und nicht verwendet. Insgesamt brauchten drei Arbeitskräfte 50 Minuten für das Belegen. Um einerseits die Schalhaut vor Witterung zu schützen und andererseits beheizen zu können, errichteten die Arbeiter eine Unterkonstruktion aus Holzlatten und befestigten darüber eine Plane. In Abb. 44 ist dies ersichtlich.



Abb. 44: Schalung belegen der Musterfläche 1

6.1.3 Zementleimanstrich

Um negativen Reaktionen mit der Betonoberfläche vorbeugen zu können, wurden die Bretter der Musterfläche 1 mit Zementleim bestrichen. Dieser trocknete über die Nacht und wurde am nächsten Tag wiederum abgebürstet. Durch die Vorbehandlung mit Zementleim verändert sich das Saugverhalten der Bretter und das Absanden der fertiggestellten Betonoberfläche kann verringert werden.

Die Arbeiter vor Ort wendeten diese Vorbehandlung der Schalhaut zum ersten Mal an. Für den Zementleimanstrich mischten die Arbeiter (siehe Abb. 45) Zement mit Wasser und erprobten die Konsistenz an einem Musterholzstück. Das richtige Mischverhältnis zu erreichen, erwies sich als eher schwierig, denn zu großer Zementanteil erschwert das Abbürsten am nächsten Tag. Ein Mischverhältnis Zement zu Wasser von 1:10 erzielte gute Ergebnisse.



Abb. 45: Anrühren des Zementleims

Beim Auftragen des Zementleimanstriches in Abb. 46 zeigte sich, dass der Zementanteil der Mischung zu groß war.



Abb. 46: Zementleimauftrag der Musterfläche 1

Im Vergleich zu Abb. 46 ist in Abb. 47 eine andere Konsistenz ersichtlich. Durch Beimengen von Wasser veränderte sich die Konsistenz und dadurch konnte der Zementleim leichter aufgetragen und somit am nächsten Tag wieder besser abgebürstet werden.



Abb. 47: Zementleimauftrag der Musterfläche 1

Am 13.04.2018 von 07:00 Uhr bis 07:49 Uhr bürsteten zwei Arbeitskräfte den Zementleim von der Schalung. Dabei konnte festgestellt werden, dass eine zu harte Bürste die weichen Holzfasern der Jahresringe ausreißt und dadurch die Schalung rauer und unregelmäßiger wird. Dies ist in Abb. 48 ersichtlich.

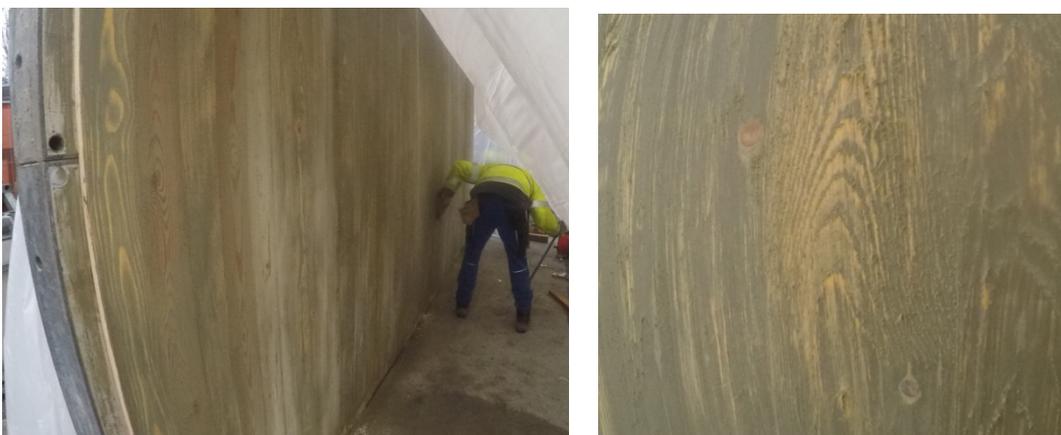


Abb. 48: Abbürsten des Zementleimanstrichs

Für die Randabschalung, in Abb. 49, wurden separate einzelne Bretter bestrichen und wiederum abgebürstet.



Abb. 49: Abbürsten der Randabschalung

6.1.4 Trennmittelauftrag

Der Trennmittelauftrag erfolgte am 13.03.2018 in der Früh, am selben Tag, an dem der Bauteil anschließend betoniert wurde. Der Trennmittelauftrag erfolgte unter den in Tab. 24 aufgelisteten Bedingungen. Bei diesem Bauteil wurde das Trennmittel AL2000 der Firma Ringer verwendet.

	A	B	C
1	Trennmittelauftrag Schließschalung		
2	Start	13.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:50	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	Himmelszustand
5	Lufttemperatur	2,0	°C
6	Luftfeuchtigkeit	81	%
7	Ende	13.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	08:20	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	Himmelszustände
10	Lufttemperatur	2,1	°C
11	Luftfeuchtigkeit	81	%
12	Gesamtdauer	30	min

Tab. 24: Trennmittelauftrag der Schließschalung der Musterfläche 1

Mit dem Düsenprünger erfolgte der Trennmittelauftrag von oben nach unten. Somit konnte ein homogenes und gleichmäßiges Auftragen erfolgen. In Abb. 50 ist dies ersichtlich.



Abb. 50: Trennmittelauftrag Musterfläche 1

6.1.5 Sichtbetonschalung schließen

Das Schließen der Schalung wurde unter den folgenden Bedingungen in der Tab. 25 vorgenommen.

	A	B	C	D
1	Ende	13.03.18		tt.mm.jj
2	Uhrzeit	09:30		hh:mm
3	Witterung	bewölkt		
4	Lufttemperatur	3,3		°C
5	Luftfeuchtigkeit	81%		%

Tab. 25: Ende des Schließens der Schalung

Für diesen Bauteil wurde eine kleine Kunststoffdreikantleiste, welche in der Abb. 51 erkennbar ist, verwendet. Diese wurde auf die Randabschalung geklebt und anschließend mit Nägeln ohne Köpfe fixiert.



Abb. 51: Aufbringen der Dreikantleiste

Die Holzfeuchte beim Schließen der Schalung betrug 16 %.



Abb. 52: Holzfeuchte beim Schließen der Schalung

6.1.6 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 26 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für diesen Abschnitt mit einer Einbaumenge von $2,85 \text{ m}^3$ wurde nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	MUSTERFLÄCHE 1		BETONAGE	
2				
3	Tag	13.03.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	14:04	hh:mm	
5	Einbaubeginn	14:54	hh:mm	
6	Einbauende	15:56	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	leicht bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	11,1	73	14:53
12	2	11,1	73	15:01
13	3	11,1	74	15:08
14	4	11,0	74	15:19
15	5	10,9	73	15:30
16	6	10,8	73	15:36
17	7	10,7	73	15:40
18	8	10,7	74	15:46
19	Witterung bei Ende	sonnig		

Tab. 26: Betonierbedingungen der Musterfläche 1

Die Musterfläche 2 wurde am selben Tag vor der Musterfläche 1 betoniert. Es kam zu einer langen Wartezeit des Mischwagens von 50 min, da die Betonage der Musterwand 2 länger dauerte als geplant.

Das Diagramm in Abb. 53 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade stellt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton dar. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die 5-Grad-Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer nicht unterschritten.

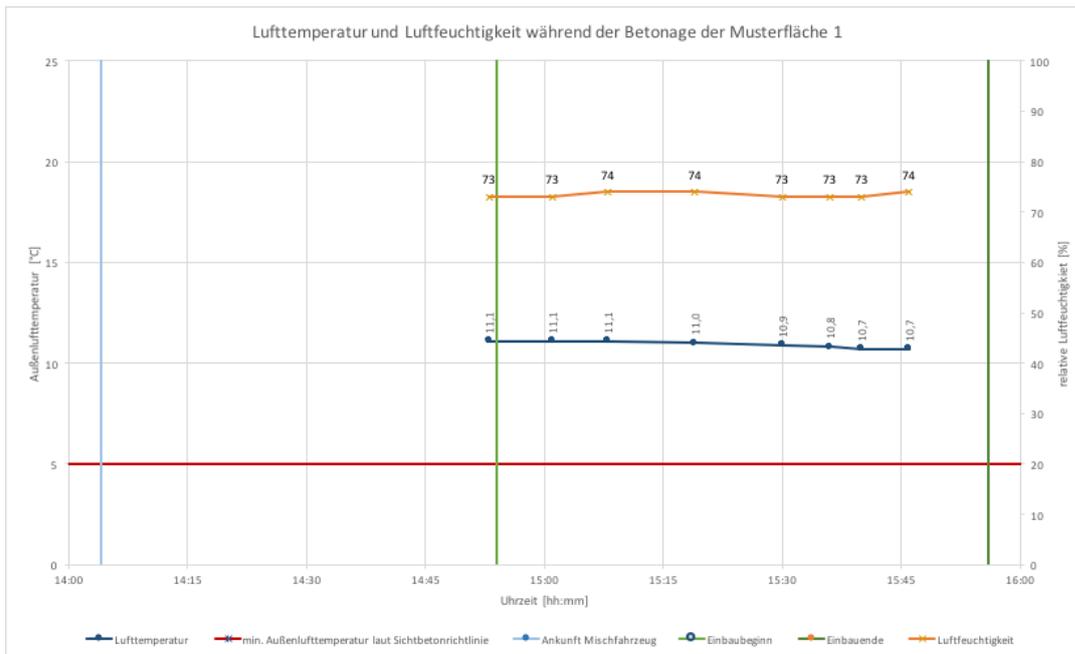


Abb. 53: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 1

Auf der Länge von 6,11 m wurde an 8 Einfüllstellen Beton eingebracht. Es wurde in 5 Schüttlagen betoniert, wobei die Schüttlagenhöhe aus der Tab. 27 zu entnehmen ist. Der gesamte Einbau dauerte 62 min, was mit der Einbaumenge von 2,85 m³ eine Einbauleistung von 2,76 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 2,33 m eine Steiggeschwindigkeit von 2,25 m/h ergibt. Es wurde durchschnittlich zwischen 8-11 Sekunden pro Eintauchen in den Beton verdichtet. Da die Blasenbildung im oberen Bereich des Bauteils am größten ist, wurde dieser 10 min nach Betonierende nochmals nachverdichtet.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	50	14:54	15:03	9,00	10
3	2	50	15:09	15:13	4,00	10
4	3	50	15:15	15:26	11,00	11
5	4	50	15:29	15:35	6,00	8
6	5	33	15:35	15:44	9,00	8

Tab. 27: Schüttlagendokumentation der Musterfläche 1

In der Abb. 54 ist die Eintauchtiefe des Schlauchs in die Schalung erkennbar. Die Arbeiter konnten den Einfüllschlauch bis zum Anschlag an die letzte Schüttlage hinunterreichen. Somit konnte die maximale Fallhöhe von 50 cm bei jeder Schüttlage eingehalten werden.



Abb. 54: Fallhöhe beim Betonieren

Die in Tab. 28 angeführte Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft. Durch das Einfädeln des Schlauches in die Schalung dauerte das Entleeren des ersten Kübels um Einiges länger als die darauffolgenden.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur		Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]
2	Kübel 1	19,6	14:50	15:03	13
3	Kübel 2	19,6	15:06	15:17	11
4	Kübel 3	19,6	15:19	15:26	7
5	Kübel 4	18,8	15:28	15:36	8
6	Kübel 5	20,0	15:38	15:44	6

Tab. 28: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Abb. 55 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit bei den Musterflächen 1 und 3. Die beiden Musterflächen wurden mit der gleichen Betoncharge betoniert und sind daher in einem Diagramm zusammengefasst. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die blaue Linie spiegelt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle wider. Die Einbaudauer der Musterfläche 1 wird durch die zwei grünen Linien und die der Musterfläche 3 durch die zwei gelben Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die Mindestfrischbetontemperatur über die gesamte Betonierdauer nicht unterschritten.

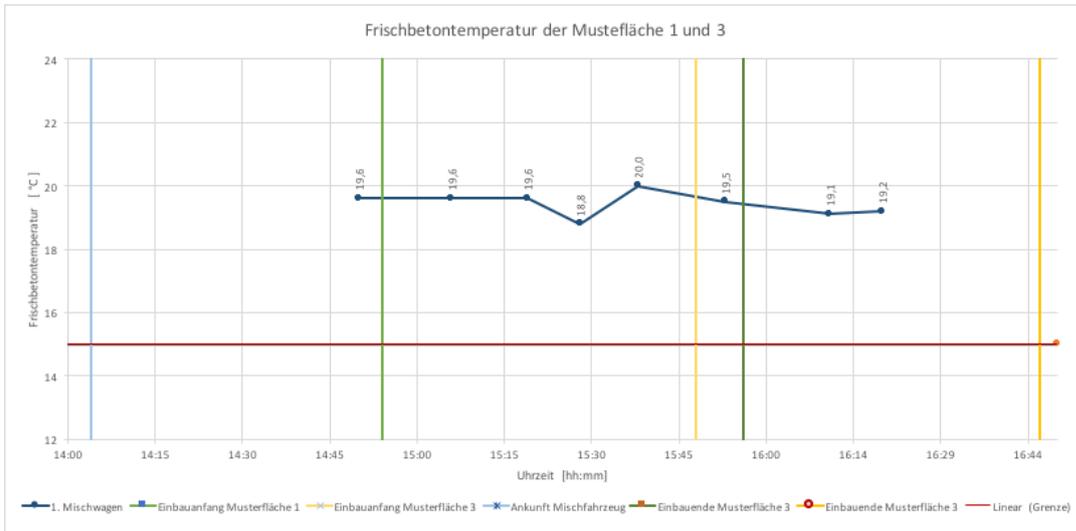


Abb. 55: Frischbetontemperatur der Musterfläche 1 und 3

Um 14:58 Uhr, kurz nach Einbaubeginn, lag das Ausbreitmaß bei 590 mm. Die geforderte Konsistenzklasse F52 wurde daher nicht eingehalten.



Abb. 56: Ausbreitmaß der Musterfläche 1

Die ermittelten Prüfergebnisse des Labors sind in der folgenden Tab. 29 angeführt.

Prüfergebnisse Betonlabor		
Ausbreitmaß	590	mm
Frischbetonrohddichte	2189	kg/m ³
Luftgehalt	4,9	%
Frischbetontemperatur	20	°C
Wassergehalt	190	kg/m ³
W/B-Wert	0,49	

Tab. 29: Prüfergebnisse Betonlabor Musterfläche 1, 2 und 3

6.1.7 Ausschalen

Am 15.03.2018 um 11:02 Uhr wurde die Musterfläche 1 zwei Tage nach Betonierende ausgeschalt. Die Ausschaldokumentation ist aus der Tab. 30 zu entnehmen.



Abb. 57: Ausschalen der Musterfläche 1

	A	B	C	D	E	F	G
1	MUSTERFLÄCHE 1		AUSSCHALEN		Entschalt nach	2	Tage
2					Entschaldauer	28	min
3	Öffnen Schließschalung				Öffnen Stellschalung		
4	Start	15.03.18	tt.mm.jj		Start	15.03.18	tt.mm.jj
5	Uhrzeit	11:02	hh:mm		Uhrzeit	11:25	hh:mm
6	Witterung	klar			Witterung	klar	
7	Lufttemperatur	5,2	°C		Lufttemperatur	6,3	°C
8	Luftfeuchtigkeit	81	%		Luftfeuchtigkeit	80	%
9	Ende	15.03.18	tt.mm.jj		Ende	15.03.18	tt.mm.jj
10	Uhrzeit	11:21	hh:mm		Uhrzeit	11:34	hh:mm
11	Witterung	klar			Witterung	klar	
12	Lufttemperatur	6,0	°C		Lufttemperatur	6,9	°C
13	Luftfeuchtigkeit	80	%		Luftfeuchtigkeit	79	%
14	Gesamtdauer	19	min		Gesamtdauer	9	min

Tab. 30: Ausschaldokumentation der Musterfläche 1

6.1.8 Ergebnis

Das Ergebnis dieser Musterwand in Abb. 58, Abb. 60 und Abb. 61 macht einen mittelmäßigen bis guten Gesamteindruck. Stellenweise sind kleine Poren vorhanden, jedoch liegt die Größe und Anzahl im angemessenen Rahmen. An einzelnen Stellen wurde die Betonoberfläche ausgerissen (Abb. 59), jedoch halten sich diese Stellen in Grenzen und könnten mit genauerem Abbürsten des Zementleims verbessert werden. Diese Methode, welche eine Vorbehandlung der Bretter mit Zementleimanstrich erfordert, ist jedoch sehr zeitaufwendig und braucht sehr viel Platz, um die Schalung aufzubereiten. Daher wurden noch weitere Musterwände 4,5 und 6 mit anderen, zeitlich schnelleren Vorbehandlungen erprobt.



Abb. 58: Ergebnis Sichtbeton der Musterfläche 1

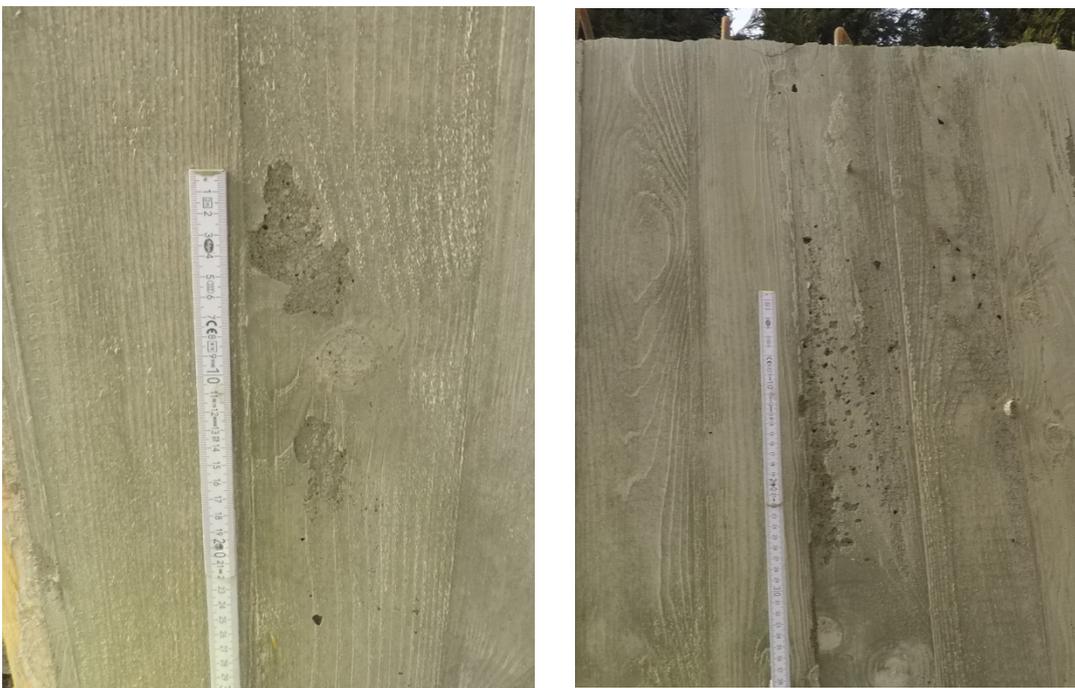


Abb. 59: Ausreißen der Betonoberfläche



Abb. 60: Ergebnis Sichtbeton der Musterfläche 1



Abb. 61: Ergebnis des Sichtbetons der Musterfläche 1

6.1.9 Nachbehandlung

Nach dem Ausschalen wurde die Wand vor Witterung und Verschmutzung mit einer Unterkonstruktion aus Holzlatten (in Abb. 62), worauf eine Plane (in Abb. 63) fixiert wurde, geschützt.



Abb. 62: Nachbehandlungsmaßnahmen der Musterfläche 1



Abb. 63: Nachbehandlungsmaßnahmen der Musterfläche 1

6.2 Musterfläche 2

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 11. Kalenderwoche. Die Musterfläche 2 befindet sich im Erdgeschoß, in Abb. 64 ist die Lage ersichtlich. Die Sichtbetonqualität wurde nur bei der Stellschalung erprobt. Bei dieser Musterfläche wurde das Trennmittel von der Firma Ringer AL2000 ausprobiert. Die Arbeitsschritte bei der Herstellung der Musterfläche 2 sind in der Abb. 65 dargestellt.

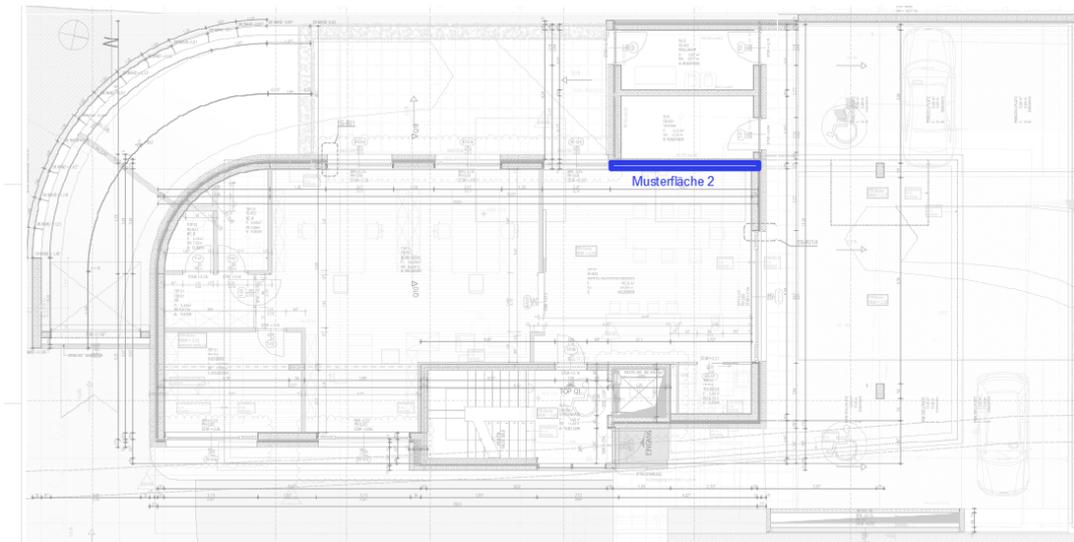


Abb. 64: Lage der Musterfläche 2

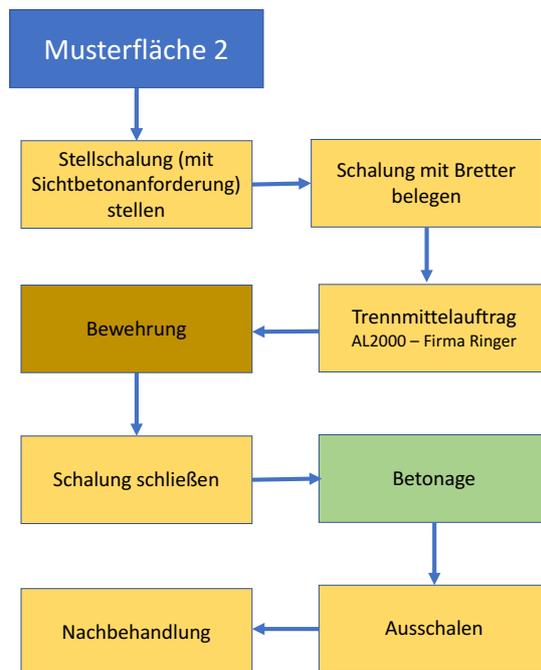


Abb. 65: Herstellungsprozess der Musterfläche 2

6.2.1 Sichtbetonschalung belegen

Die Arbeitskräfte begannen mit den Arbeiten der Stellschalung mit Sichtbetonanforderung am 12.03.18 in der Früh bei Arbeitsbeginn. Diese Arbeit erfolgte unter den folgenden Bedingungen aus Tab. 31.

	A	B	D
1	Stellschalung		
2	Start	12.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:00	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	4,3	°C
6	Luftfeuchtigkeit	54	%
7	Ende	12.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:11	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	6,7	°C
11	Luftfeuchtigkeit	66	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	176	min

Tab. 31: Stellschalung Musterfläche 2

Zuerst wurde die Schalung aufgestellt und darauf die Bretter mit einer Nagelpistole befestigt. Für das Belegen der Schalung (siehe Abb. 66) brauchten drei Arbeitskräfte 1 h und 49 min.



Abb. 66: Schalung belegen der Musterfläche 2

In Abb. 67 ist die fertigbelegte Sichtschalung zu sehen.



Abb. 67: Belegte Schalung

Die Unterkante sowie offene Stellen der Schalung wurden mit einem PU-Schaum versiegelt, sodass kein Beton entweichen kann.

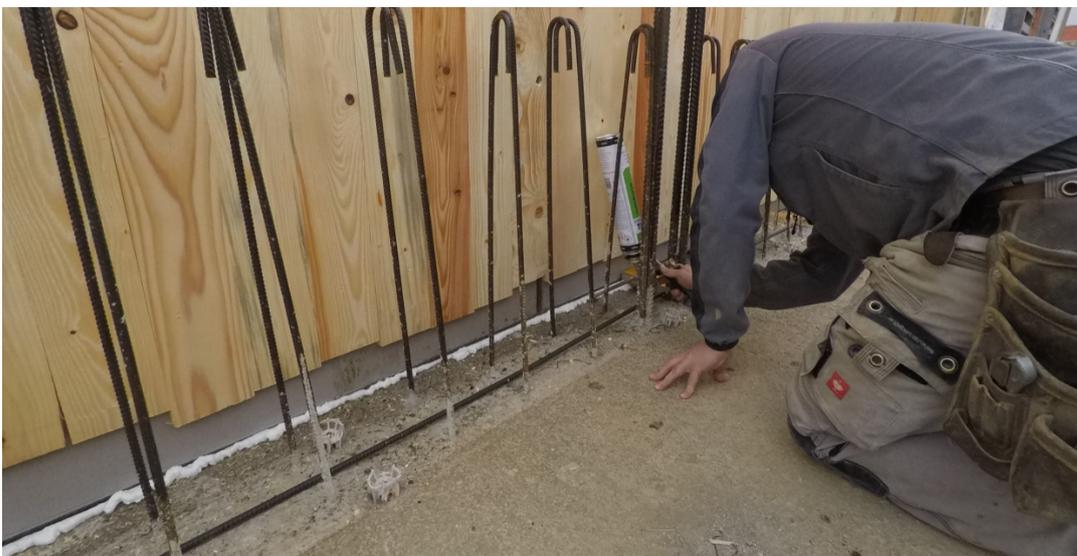


Abb. 68: Abdichten der Schalung

6.2.2 Trennmittelauftrag

Zur Erprobung wurden an den Musterflächen 2 und 3 verschiedene Trennmittel verwendet. Bei diesem Bauteil benutzten die Bauarbeiter das Trennmittel AL2000 der Firma Ringer. Der Trennmittelauftrag erfolgte am 12.03.18 um 10:03 Uhr, einen Tag vor der Betonage der Musterfläche.

	A	B	C
1	Trennmittelauftrag Stellschalung		
2	Start	12.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	10:03	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	6,7	°C
6	Luftfeuchtigkeit	66	%
7	Ende	12.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:08	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	6,7	°C
11	Luftfeuchtigkeit	66	%
12	Gesamtdauer	5	min

Tab. 32: Trennmittelauftrag der Stellschalung der Musterfläche 2

Bei diesem Bauteil erfolgte, im Gegensatz zu Musterfläche 1, der Trennmittelauftrag horizontal von links nach rechts. Ein homogeneres, gleichmäßigeres Ergebnis wird erzielt, wenn das Trennmittel vertikal von oben nach unten aufgetragen wird.



Abb. 69: Trennmittelauftrag Musterfläche 2

6.2.3 Bewehrung

Diesen Bauteil bewehrten drei Arbeitskräfte innerhalb von 1 h und 17 min am 12.03.18. Die Bewehrungsbedingungen sind aus der Tab. 33 zu entnehmen.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	12.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	10:14	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	6,7	°C
6	Luftfeuchtigkeit	66	%
7	Ende	12.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	11:31	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	9,5	°C
11	Luftfeuchtigkeit	63	%
12	Gesamtdauer	77	min

Tab. 33: Bewehrungsbedingungen der Musterfläche 2

In Abb. 70 ist der Bewehrungsplan der Musterfläche 2 im Grundriss dargestellt. Die Betonüberdeckung beträgt 3,00 cm. Der Bewehrungsgrad des Bauteils liegt laut Bewehrungsplan des Statikers bei 103,77 kg/m³ und ist in der Tab. 34 dargestellt.

Bewehrungsverhältnis	41,75	Stabstahl [%]
	58,25	Mattenstahl [%]
Einbaumenge	2,99	m ³
Bewehrungsmenge	310,27	kg
Bewehrungsgrad	103,77	kg/m ³

Tab. 34: Bewehrung Musterfläche 2

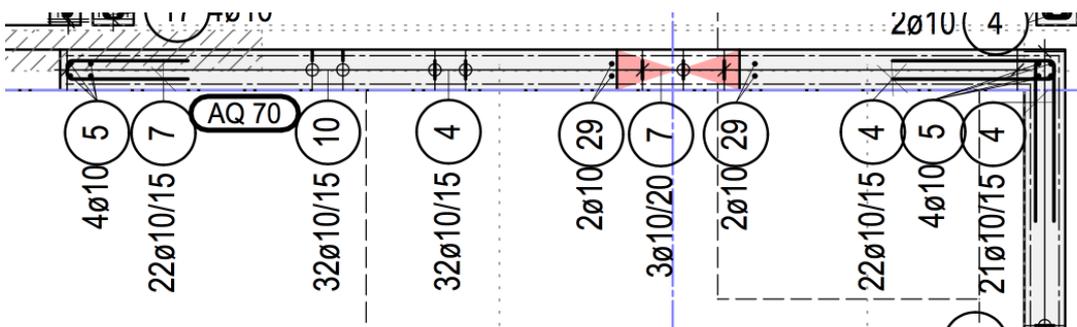


Abb. 70: Bewehrungsplan des Statikers

In der folgenden Abb. 71 ist die fertiggestellte Bewehrung des Bauteils zu sehen. Insgesamt wurden 53 Stück Abstandhalter auf der sichtbetonzu-gewandten Seite eingebaut. Das ergibt 3,54 Stück Abstandhalter pro m² Schalfläche.



Abb. 71: Bewehrung der Musterfläche 1

Um beim Betonieren die Schüttagenhöhe von 50 cm einhalten und erkennen zu können, besprühten die Bauarbeiter im Vorhinein Kabelbinder mit einem Leuchtspray, welche jeweils in 50 cm Abständen an die Bewehrung angebracht wurden. Abb. 72 zeigt die markierten Kabelbinder.



Abb. 72: Kennzeichnung der Schüttagenhöhe

6.2.4 Schalung schließen

Die Schließschalung ohne Sichtbetonanforderung wurde laut nachfolgenden Bedingungen aus Tab. 35 vorgenommen.

	A	B	C
1	Schließschalung		
2	Start	12.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	11:35	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	9,9	°C
6	Luftfeuchtigkeit	62	%
7	Ende	12.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	13:58	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	13,4	°C
11	Luftfeuchtigkeit	52	%
12	Vormittags/Mittagspause	15/30	min
13	Gesamtdauer	113	min

Tab. 35: Schließschalung der Musterfläche 2

Die fertiggeschlossene Schalung wurde mit einer Plane abgedeckt, um vor Bewitterung geschützt zu sein.



Abb. 73: Schließschalung Musterfläche 2

6.2.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 36 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für diesen Abschnitt mit einer Einbaumenge von 2,99 m³ wurde nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	Tag	13.03.18	tt.mm.jj	
2	Ankunft Mischfahrzeug	12:53	hh:mm	
3	Einbaubeginn	13:18	hh:mm	
4	Einbauende	14:55	hh:mm	
5	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
6	Witterung bei Start	leicht bewölkt		
7		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
8	Witterung	°C	%	hh:mm
9	1	10,2	75	13:20
10	2	10,4	75	13:41
11	3	10,4	75	13:48
12	4	10,7	75	14:01
13	5	10,9	74	14:13
14	6	10,9	74	14:22
15	7	11,0	73	14:37
16	8	11,0	73	14:44
17	Witterung bei Ende	leicht bewölkt		

Tab. 36: Betonierbedingungen der Musterfläche 2

Das Diagramm in Abb. 74 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade beschreibt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die 5-Grad-Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer nicht unterschritten.

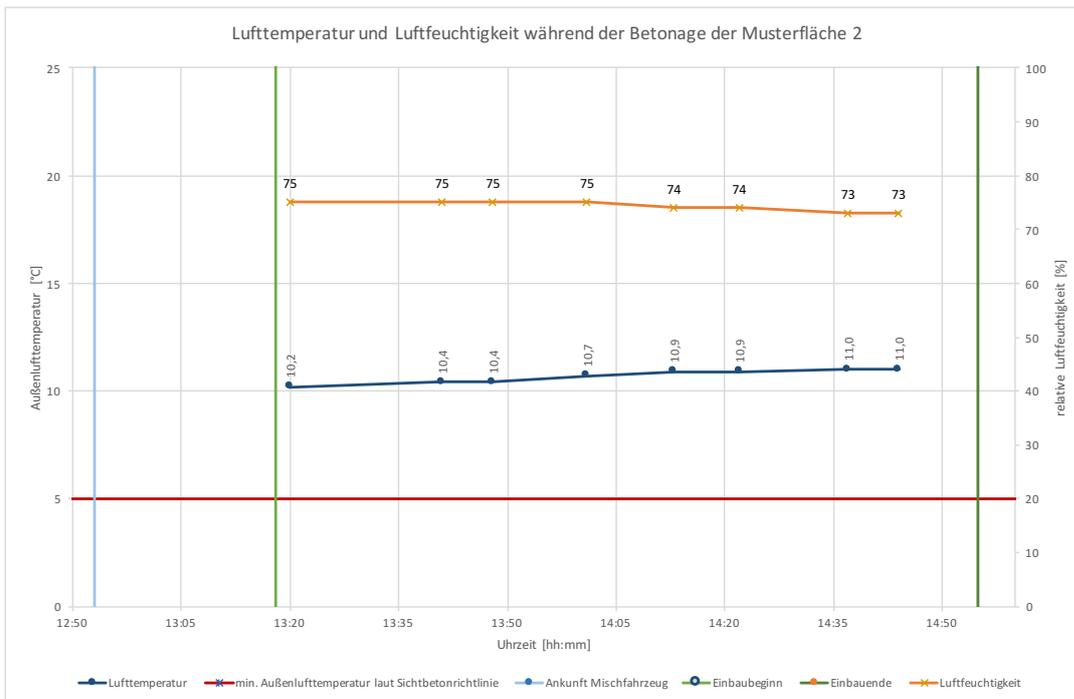


Abb. 74: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 2

Abb. 75 zeigt, dass der Einfüllschlauch beim Entleeren zusammengeklappt und auf den unteren Teil des Betonkübels hinaufgelegt wurde. Damit konnte eine Verschmutzung von anderen, fertiggestellten Bauteilen verhindert werden.



Abb. 75: Betonage der Musterfläche 2

Auf der Länge von 4,72 m wurde an 7 Einfüllstellen Beton eingebracht. Es wurde in 7 Schüttagen betoniert, wobei die Schüttagenhöhe aus der Tab. 37 zu entnehmen ist. Der gesamte Einbau dauerte 97 min, was mit der Einbaumenge von 2,99 m³ eine Einbauleistung von 1,85 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 3,17 m eine Steiggeschwindigkeit von 1,96 m/h ergibt. Es wurde durchschnittlich zwischen 10 und 11 Sekunden pro Einbaueintauchen in den Beton verdichtet. Da die Porenbildung im oberen Bereich

des Bauteils am größten ist, verdichtete ein Arbeiter die oberste Schicht 10 Minuten nach Betonierende nochmals nach.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten
2	1	50	13:18	13:29	11	12
3	2	50	13:30	13:45	15	13
4	3	50	13:50	14:05	15	11
5	4	50	14:14	14:17	3	10
6	5	50	14:18	14:28	10	8
7	6	50	14:29	14:37	8	10
8	7	17	14:38	14:44	6	10

Tab. 37: Schüttagendokumentation der Musterfläche 2

In Abb. 76 ist die Eintauchtiefe des Schlauchs in die Schalung erkennbar. Die Arbeiter konnten den Einfüllschlauch bis zum Anschlag an die letzte Schüttag hinunterreichen, somit konnte die maximale Fallhöhe von 50 cm bei jeder Schüttag eingehalten werden.



Abb. 76: Fallhöhe beim Betonieren

Die Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft (siehe Tab. 38).

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C		Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]
2	Kübel 1	20,2	13:15	13:31	16
3	Kübel 2	20,3	13:33	13:54	21
4	Kübel 3	20,0	13:55	14:09	14
5	Kübel 4	20,5	14:12	14:23	11

Tab. 38: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 77 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit bei der Musterfläche 2. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die gelbe Linie spiegelt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle wider. Die Einbaudauer der Musterfläche 2 wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt konnte die Mindestfrischbetontemperatur über die gesamte Betonierdauer eingehalten werden.

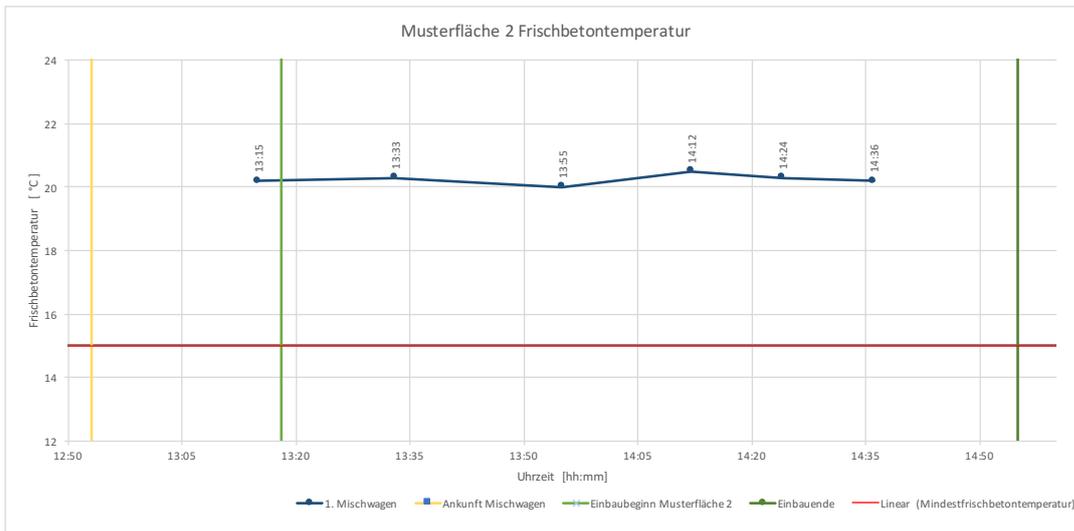


Abb. 77: Frischbetontemperatur der Musterfläche 2

Das Ausbreitmaß lag kurz nach Einbaubeginn, um 13:21 Uhr, bei 430 mm. (siehe Abb. 78). Diese zu steife Betonkonsistenz erreichte nicht die geforderte Klasse. Es erfolgte eine Wasserzugabe von 12 Liter. Daraufhin überprüfte der Laborant das Ausbreitmaß noch einmal. Dieses betrug 570 mm, was wiederum nicht die geforderte Konsistenzklasse einhielt. (siehe Abb. 79)



Abb. 78: 1. Ausbreitmaß des Betons der Musterfläche 2



Abb. 79: 2. Ausbreitmaß des Betons der Musterfläche 2

Die Prüfergebnisse des Betonlabors der Betoncharge der Musterfläche 2 sind aus der Tab. 29 zu entnehmen.

6.2.6 Ausschalen

Am 15.03.2018 um 13:12 Uhr wurde die Musterfläche 2 zwei Tage nach Betonierende entschalt. Beim Ausschalen des Bauteils rissen einzelne Bretter von der Schalung ab und blieben an der Betonoberfläche kleben. (siehe Abb. 80) Die Ausschaldokumentation ist aus der Tab. 39 zu entnehmen.



Abb. 80: Ausschalen der Musterfläche 2

	A	B	C	D	E	F	G
1	MUSTERFLÄCHE 2		AUSSCHALEN		Entschalt nach	2	Tage
2					Entschaldauer	53	min
3	Öffnen Schließschalung			Öffnen Stellschalung			
4	Start	15.03.18	tt.mm.jj	Start	15.03.18	tt.mm.jj	
5	Uhrzeit	13:12	hh:mm	Uhrzeit	13:40	hh:mm	
6	Witterung	sonnig		Witterung	klar		
7	Lufttemperatur	10,8	°C	Lufttemperatur	11,2	°C	
8	Luftfeuchtigkeit	74	%	Luftfeuchtigkeit	74	%	
9	Ende	15.03.18	tt.mm.jj	Ende	15.03.18	tt.mm.jj	
10	Uhrzeit	13:37	hh:mm	Uhrzeit	14:08	hh:mm	
11	Witterung	klar		Witterung	klar		
12	Lufttemperatur	11,2	°C	Lufttemperatur	11,4	°C	
13	Luftfeuchtigkeit	74	%	Luftfeuchtigkeit	73	%	
14	Gesamtdauer	25	min	Gesamtdauer	28	min	

Tab. 39: Ausschalldokumentation der Musterfläche 2

6.2.7 Ergebnis

Das Ergebnis der Musterwand 2 ist in den folgenden Abb. 81, Abb. 82, Abb. 83, Abb. 84 und Abb. 85 ersichtlich. Durch die saugenden, nicht vorbehandelten Bretter blieb der Beton an der Schalhaut haften. Die oberste Schicht des Bauteils wurde an gewissen Stellen abgerissen und die Holzstruktur ist bei diesen Bereichen nicht mehr zu erkennen.



Abb. 81: Ergebnis Sichtbeton der Musterfläche 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 82: Ergebnis Sichtbeton der Musterfläche 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 83: Abplatzungen der Betonoberfläche



Abb. 84: Abplatzungen der Betonoberfläche

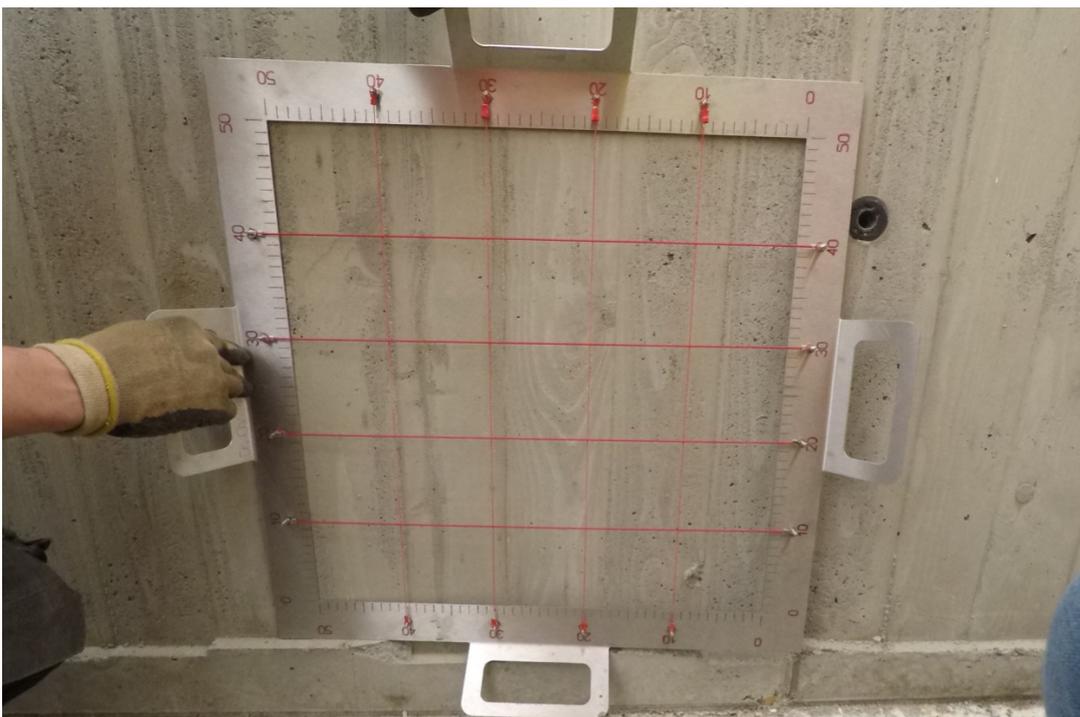


Abb. 85: Sichtbetonergebnis Prüffläche

6.2.8 Nachbehandlung

Da die komplette Ummantelung des Bauteils nicht über die gesamte Bauzeit vorhanden sein konnte, wurde im Anschluss an das Ausschalen die Anschlussbewehrung separat mit einer Folie abgeklebt (siehe Abb. 86). Weiters wurde die Wand vor Witterung und Verschmutzung mit einer Unterkonstruktion aus Holzlatten, worauf eine Plane fixiert wurde, geschützt. (siehe Abb. 87).



Abb. 86: Nachbehandlungsmaßnahmen der Musterfläche 2



Abb. 87: Nachbehandlungsmaßnahmen der Musterfläche 2

6.3 Musterfläche 3

Diese Probefläche wurde in der 11. Kalenderwoche produziert und befindet sich im Erdgeschoß. Abb. 88 zeigt die Lage. Bei diesem Bauteil wurde die Anwendung vom Trennmittel Ortolan Classic 711 der Firma MC Ortolan an der Stellschalung erprobt. Der Ablauf der Herstellung der Sichtbetonmusterwand ist in Abb. 89 dargestellt.

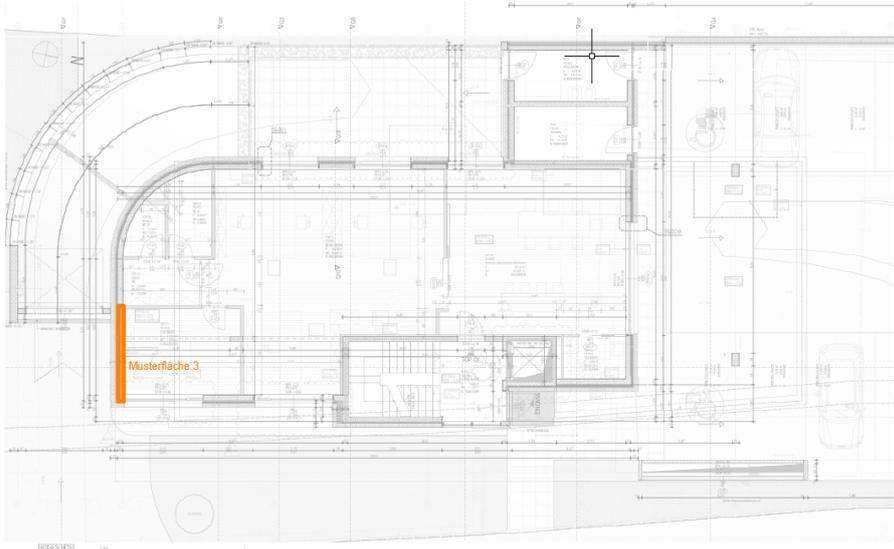


Abb. 88: Lage der Musterfläche 3

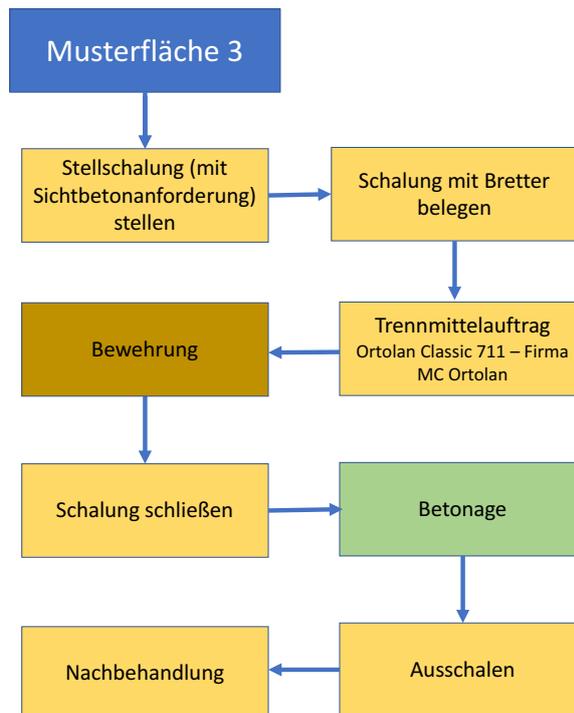


Abb. 89: Herstellungsprozess der Musterfläche 3

6.3.1 Sichtbetonschalung belegen

Die Arbeiter begannen mit den Arbeiten der Schließschalung mit Sichtbetonanforderung am 12.03.18 um 11:35 Uhr unter den folgenden Bedingungen aus Tab. 40.

	A	B	C
1	Stellschalung		
2	Start	12.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	11:35	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	9,9	°C
6	Luftfeuchtigkeit	62	%
7	Ende	12.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	13:59	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	12,6	°C
11	Luftfeuchtigkeit	56	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	114	min

Tab. 40: Dokumentation beim Schalung stellen

Aufgrund der Anschlussbewehrung des benachbarten Bauteils musste ein Teil der Bretter schon vor dem Stellen aufgebracht und mit Trennmittel besprüht werden. (siehe Abb. 90)

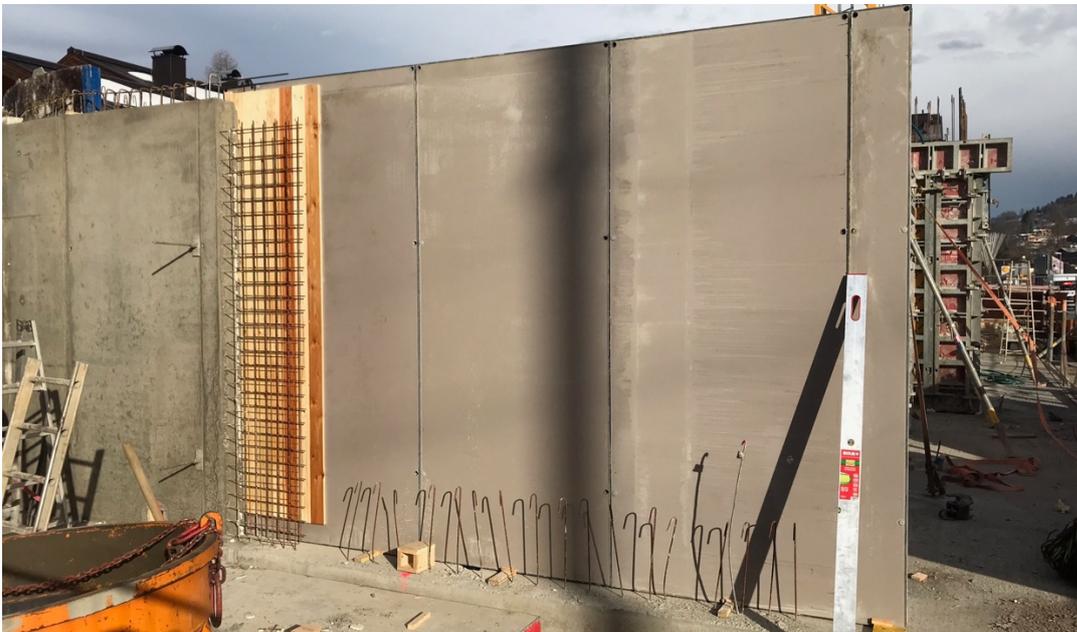


Abb. 90: Stellschalung der Musterfläche 3

Für das Belegen der Schalung mit Brettern, in Abb. 91 ersichtlich, benötigten drei Arbeiter 120 Minuten.



Abb. 91: Schalung belegen

Bretter mit großen Harzstellen wie in Abb. 92 wurden aussortiert und nicht für die Sichtbetonschalung verwendet.



Abb. 92: Harzstelle

6.3.2 Trennmittelauftrag

Bei dieser Musterwand verwendeten die Bauarbeiter das Trennmittel Ortolan Classic 711 der Firma MC Ortolan. Der Trennmittelauftrag erfolgte am 12.03.18 um 14:01 Uhr, einen Tag vor der Betonage der Musterfläche. Die Dokumentation des Trennmittelauftrags ist aus der Tab. 41 zu entnehmen.

	A	B	C
1	Trennmittelauftrag Stellschalung		
2	Start	12.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:01	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	13,6	°C
6	Luftfeuchtigkeit	51	%
7	Ende	11:00	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	14:07	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	13,6	°C
11	Luftfeuchtigkeit	51	%
12	Gesamtdauer	6	min

Tab. 41: Dokumentation des Trennmittelauftrags auf die Sichtbetonfläche

In Abb. 93 ist die Stellschalung vor dem Trennmittelauftrag und in Abb. 94 nach dem Trennmittelauftrag ersichtlich. Dieser erfolgte horizontal von rechts nach links. Der Auftragsverlauf ist in Abb. 94 gut zu erkennen. Unregelmäßiger Trennmittelauftrag kann sich auf der Sichtbetonoberfläche abzeichnen und ist daher zu vermeiden.



Abb. 93: Stellschalung vor dem Trennmittelauftrag



Abb. 94: Stellschalung nach dem Trennmittelauftrag

6.3.3 Bewehrung

Diesen Bauteil bewehrten zwei Arbeitskräfte innerhalb von 2 h und 33 min am 12.03.18. Die Bewehrungsbedingungen sind aus der Tab. 33 zu entnehmen.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	12.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:07	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	13,6	°C
6	Luftfeuchtigkeit	51	%
7	Ende	12.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	16:40	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	8,3	°C
11	Luftfeuchtigkeit	70	%
12	Gesamtdauer	153	min

Tab. 42: Bewehrungsbedingungen der Musterfläche 3

In Abb. 95 ist der Bewehrungsplan der Musterfläche 3 im Grundriss und im Schnitt dargestellt. Die Betonüberdeckung beträgt 3,00 cm. Der Bewehrungsgrad des Bauteils liegt, laut des Bewehrungsplans des Statikers, bei $79,14 \text{ kg/m}^3$ und ist in der Tab. 43 dargestellt.

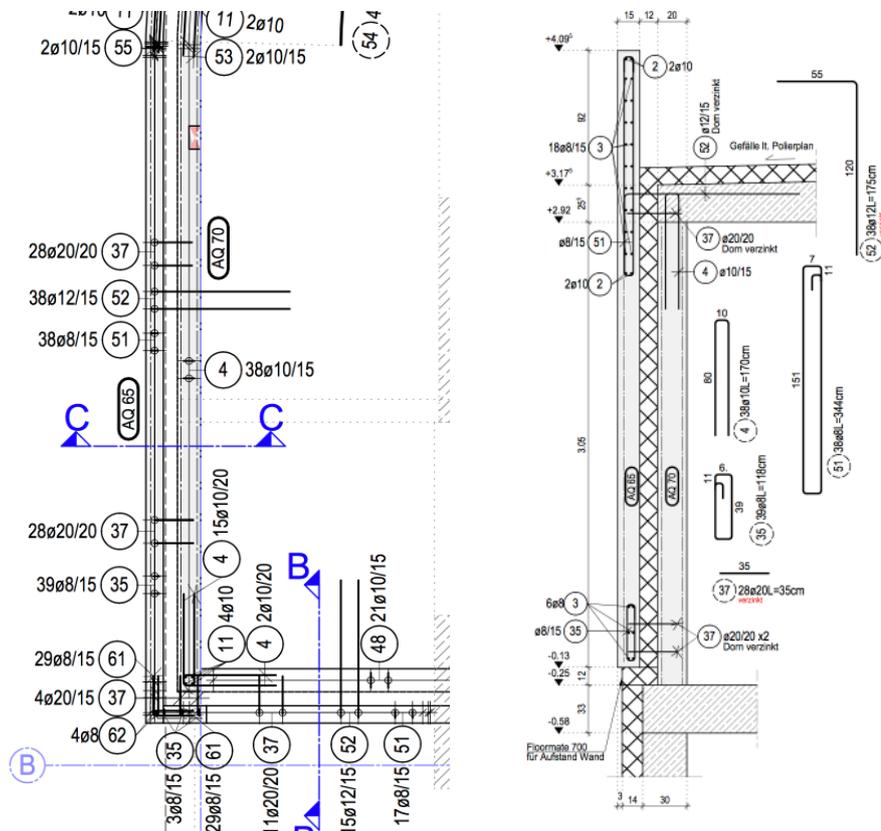


Abb. 95: Bewehrungsplan Grundriss mit Schnitt C-C

Bewehrungsverhältnis	23,6	Stabstahl [%]
	76,4	Mattenstahl [%]
Einbaumenge	2,35	m ³
Bewehrungsmenge	185,98	kg
Bewehrungsgrad	79,14	kg/m ³

Tab. 43: Bewehrung Musterfläche 3

In der folgenden Abb. 96 wird die Musterfläche bewehrt. Insgesamt wurden 44 Stück Abstandhalter auf der sichtbetonzugewandten Fläche von $11,79 \text{ m}^2$ eingebaut. Dies ergibt 3,73 Stück Abstandhalter pro m^2 Schalfläche.



Abb. 96: Bewehrung der Musterfläche

Für die Einhaltung der Schüttlagenhöhe befestigten die Bauarbeiter Kabelbinder in 50 cm Abständen an die Bewehrung und besprühten diese mit einem Leuchtspray, um sie dann beim Betonieren besser erkennen zu können. (siehe Abb. 97)



Abb. 97: Schüttlagenkennzeichnung

6.3.4 Schalung schließen

Die Schließschalungsarbeiten ohne Sichtbetonanforderung wurden unter folgenden Bedingungen aus Tab. 44 vorgenommen.

	A	B	C
1	Schließschalung		
2	Start	12.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	16:40	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	8,3	°C
6	Luftfeuchtigkeit	70	%
7	Ende	13.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	07:30	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	1,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	80	%
12	Gesamtdauer	65	min

Tab. 44: Dokumentation des Schließens der Schalung

Die fertiggestellte Schalung (Abb. 98) wurde mit einer Plane vor Witterung geschützt.



Abb. 98: Schutz der fertiggestellten Schalung vor Witterung

6.3.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 45 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Bei diesem Abschnitt mit einer Einbaumenge von 2,35 m³ wurde dieselbe Betoncharge wie bei Musterfläche 2 verwendet.

	A	B	C	D
1	Tag	13.03.18	tt.mm.jj	
2	Ankunft Mischfahrzeug	14:04	hh:mm	
3	Einbaubeginn	15:48	hh:mm	
4	Einbauende	16:47	hh:mm	
5	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
6	Witterung bei Start	leicht bewölkt		
7		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
9	Witterung	°C	%	hh:mm
10	1	10,7	74	15:46
11	2	10,6	75	15:55
12	3	10,6	74	16:00
13	4	10,2	73	16:17
14	5	10,1	73	16:24
15	6	9,9	73	16:33
16	7	9,7	73	16:40
17	8	9,3	73	16:49
22	Witterung bei Ende	sonnig / bewölkt		

Tab. 45: Betonierbedingungen der Musterfläche 3

Das Diagramm in Abb. 99 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade kennzeichnet die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die 5-Grad-Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer nicht unterschritten.

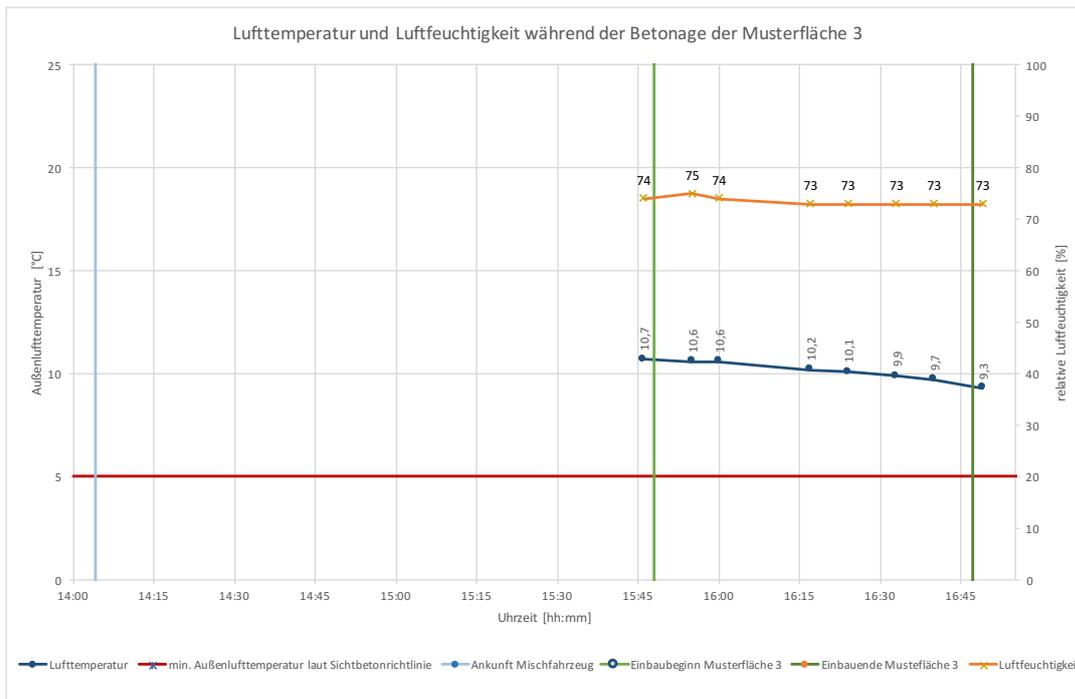


Abb. 99: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 3

Auf der Länge von 3,71 m wurde an 7 Einfüllstellen Beton eingebracht. Insgesamt wurden 7 Schüttlagen betoniert und die Schüttlagenhöhe ist aus Tab. 46 zu entnehmen. Der gesamte Einbau dauert 59 Minuten, was mit der Einbaumenge von 2,35 m³ eine Einbauleistung von 2,39 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 3,17 m eine Steiggeschwindigkeit von 3,22 m/h ergibt. Es wurde durchschnittlich zwischen 10 und 11 Sekunden pro Eintauchen in den Beton verdichtet. Um die Schalung beim Rütteln nicht mit Beton anzuspritzen, schaltete ein Arbeiter während des Versetzens den Rüttler aus. Da die Porenbildung im oberen Bereich des Bauteils am größten ist, verdichtete ein Arbeiter die oberste Schicht 10 Minuten nach Betonierende nochmals nach.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	0,5	15:48	15:57	9	12
3	2	0,5	16:00	16:04	4	13
4	3	0,5	16:05	16:13	8	11
5	4	0,5	16:16	16:19	3	10
6	5	0,5	16:23	16:26	3	8
7	6	0,5	16:27	16:33	6	10
8	7	0,17	16:33	16:37	4	10

Tab. 46: Schüttlagendokumentation der Musterfläche 3

Die Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft (siehe Tab. 47).

	Frischbetontemperatur °C	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
1	Kübel 5	20,0	15:38	15:51	13
2	Kübel 6	19,5	15:53	16:09	16
3	Kübel 7	19,1	16:11	16:19	8
4	Kübel 8	19,2	16:20	16:37	17

Tab. 47: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Das Diagramm der Frischbetontemperaturentwicklung ist aus der Abb. 55, vom Bauteil Musterfläche 1, zu entnehmen. (Seite 74)

Das Ausbreitmaß dieser Betoncharge wurde beim Einbaubeginn von der Musterfläche 1 überprüft. 10 min nach Einbaubeginn der Musterfläche 3 erfolgte wiederum eine Kontrolle. Das Ausbreitmaß ergab 570 mm. (siehe Abb. 100).



Abb. 100: Ausbreitmaß des Betons der Musterfläche 3

Die Prüfergebnisse des Betonlabors der Betoncharge der Musterfläche 3 sind aus der Tab. 29 (Seite 75) zu entnehmen.

6.3.6 Ausschalen

Am 15.03.2018 um 14:24 Uhr wurde die Musterfläche 3, zwei Tage nach Betonierende, entschalt. Beim Ausschalen wurde bald deutlich, dass dieser Bauteil kein gutes Ergebnis erzielen wird. Die Schalung klebte sehr auf der Betonoberfläche und ließ sich nur mit großen Kraftaufwand entfernen. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 48 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E	F	G
1	MUSTERFLÄCHE 3		AUSSCHALEN		Entschalt nach	2	Tage
2					Entschaldauer	89	min
3	Öffnen Schließschalung			Öffnen Stellschalung			
4	Start	15.03.18	tt.mm.jj		Start	15.03.18	tt.mm.jj
5	Uhrzeit	14:24	hh:mm		Uhrzeit	15:42	hh:mm
6	Witterung	bewölkt			Witterung	bewölkt	
7	Lufttemperatur	11,4	°C		Lufttemperatur	10,8	°C
8	Luftfeuchtigkeit	73	%		Luftfeuchtigkeit	72	%
9	Ende	15.03.18	tt.mm.jj		Ende	15.03.18	tt.mm.jj
10	Uhrzeit	15:42	hh:mm		Uhrzeit	15:53	hh:mm
11	Witterung	bewölkt			Witterung	bewölkt	
12	Lufttemperatur	10,8	°C		Lufttemperatur	10,7	°C
13	Luftfeuchtigkeit	72	%		Luftfeuchtigkeit	72	%
14	Gesamtdauer	78	min		Gesamtdauer	11	min

Tab. 48: Ausschalldokumentation der Musterfläche 3

6.3.7 Ergebnis

Das Ergebnis der Musterwand 3 ist in den folgenden Abb. 101, Abb. 102 und Abb. 103 ersichtlich. Bei den drei gleichzeitig ausgeschalteten Musterwänden lieferte diese Musterwand das schlechteste Ergebnis. Die Flächen, an denen die Betonoberfläche abriss und dadurch die Holzstruktur nicht mehr zu erkennen ist, überwogen. Somit wurde dieses Trennmittel für die weiteren Sichtbetonbauteile ausgeschieden.



Abb. 101: Ergebnis Sichtbeton der Musterfläche 3



Abb. 102: Abplatzungen auf der Betonoberfläche



Abb. 103: Abplatzungen auf der Betonoberfläche

6.4 Tiefgaragenabfahrt Teil 1

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 11. und 12. Kalenderwoche. Die Tiefgaragenabfahrt Teil 1 befindet sich im Erdgeschoß. In Abb. 276 ist die Lage ersichtlich. Nur die Schließschalung hatte Sichtbetonanforderung. Zum Zeitpunkt des Schalung Schließens der Tiefgaragenabfahrt Teil 1 waren die ersten 3 Musterflächen noch nicht ausgeschalt. Die Herstellungsschritte für die Tiefgaragenabfahrt Teil 1 sind in Abb. 105 dargestellt.

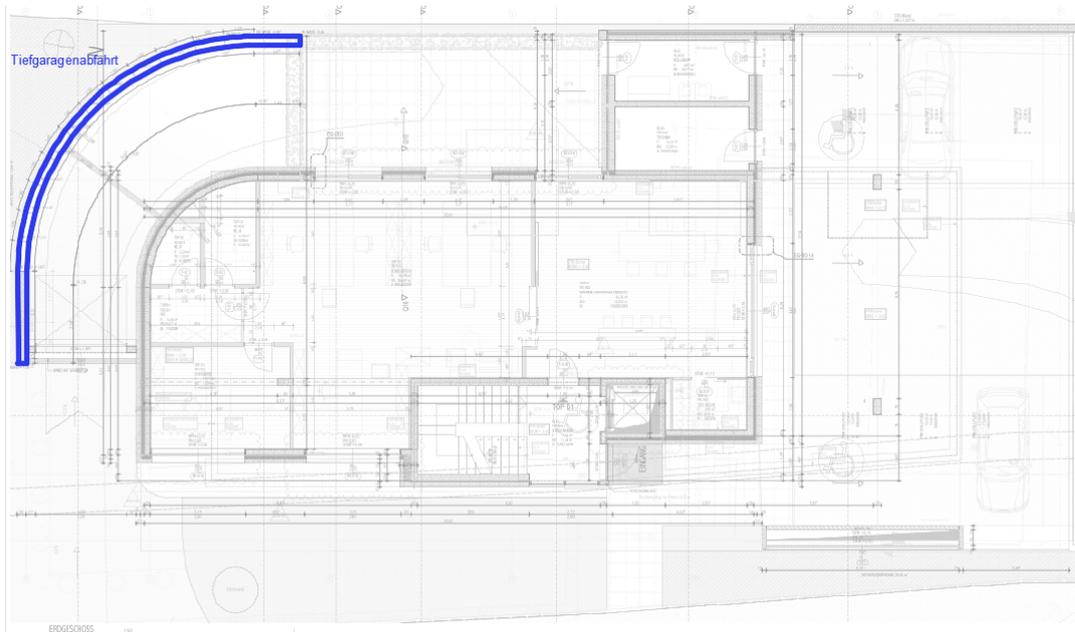


Abb. 104: Lage der Tiefgaragenabfahrt Teil 1

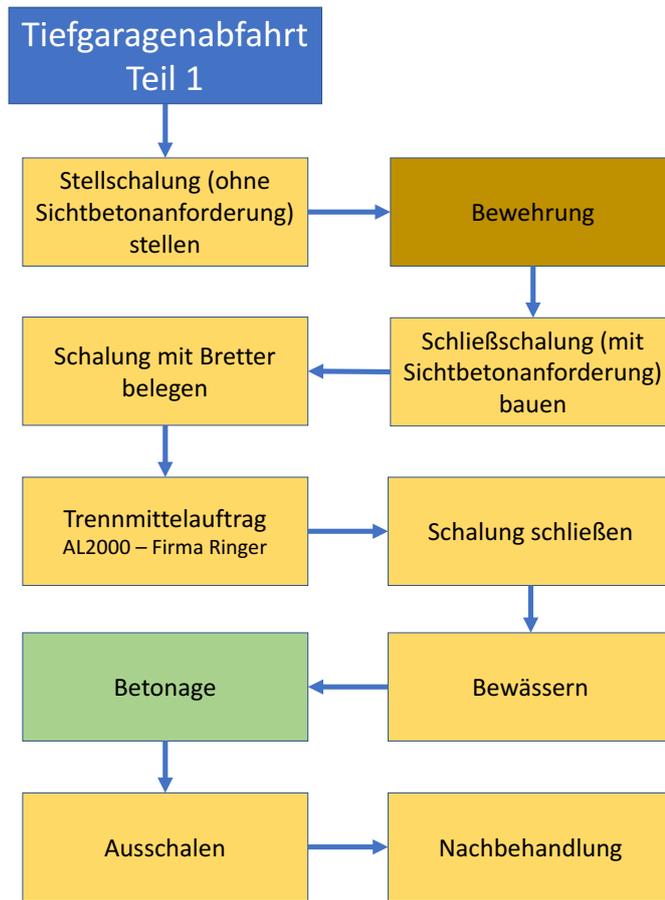


Abb. 105: Herstellungsprozess der Tiefgaragenabfahrt Teil 1

6.4.1 Schalung

Die Arbeiten der Stellschalung und Schließschalung erfolgten laut nachfolgenden Bedingungen aus der Tab. 49.

	A	B	C	D	E	F
1	Stellschalung			Schließschalung		
2	Start	13.03.18	tt.mm.jj	Start	14.04.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:00	hh:mm	Uhrzeit	10:25	hh:mm
4	Witterung	bewölkt		Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	1,8	°C	Lufttemperatur	4,9	°C
6	Luftfeuchtigkeit	80	%	Luftfeuchtigkeit	82	%
7	Ende	14.03.18	tt.mm.jj	Ende	15.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	08:52	hh:mm	Uhrzeit	10:58	hh:mm
9	Witterung	bewölkt		Witterung	klar	
10	Lufttemperatur	4,2	°C	Lufttemperatur	5,1	°C
11	Luftfeuchtigkeit	83	%	Luftfeuchtigkeit	81	%

Tab. 49: Dokumentation der Stell- und Schließschalung

6.4.2 Schalung mit Brettern belegen

Das Belegen der Schalung mit Brettern (siehe Abb. 106) dauerte mit 3 Arbeitskräften insgesamt 3h und 38 min. Die genauen Zeiten sind aus Tab. 50 zu entnehmen. Bei Teil 1 ist eine 30-minütige Mittagspause vorgenommen worden.

	A	B	C
1	Bretter belegen		
2	Teil 1	14.03.18	tt.mm.jj
3	Start	11:10	hh:mm
4	Ende	13:19	hh:mm
5	Teil 2	14.03.18	tt.mm.jj
6	Start	14:54	hh:mm
7	Ende	16:35	hh:mm
8	Teil 3	15.03.18	tt.mm.jj
9	Start	07:31	hh:mm
10	Ende	07:59	hh:mm

Tab. 50: Bretter auf die Schalung belegen



Abb. 106: Bretter auf die Schalung belegen

6.4.3 Bewehrung

Die Dokumentation der Bewehrungsarbeiten ist in Tab. 51 ersichtlich. Die Bewehrung wurde mit einer Betondeckung von 4,00 cm eingebaut.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	14.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:00	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	4	°C
6	Luftfeuchtigkeit	82	%
7	Ende	14.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	11:06	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	6,2	°C
11	Luftfeuchtigkeit	81	%
12	Gesamtdauer	246	min

Tab. 51: Dokumentation der Bewehrungsarbeiten

6.4.4 Trennmittelauftrag

Der Trennmittelauftrag erfolgte mit dem Trennmittel AL2000 der Firma Ringer nach den Bedingungen aus Tab. 52.

	A	B	C	D
1	Trennmittelauftrag Schließschalung			
2		Teil 1	Teil 2	
3	Start	14.03.18	14.03.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	13:40	15:30	hh:mm
5	Witterung	sonnig	sonnig	
6	Lufttemperatur	11,4	6,6	°C
7	Luftfeuchtigkeit	76	64	%
8	Ende	14.03.18	14.03.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	13:50	15:32	hh:mm
10	Witterung	sonnig	sonnig	
11	Lufttemperatur	11,4	6,6	°C
12	Luftfeuchtigkeit	76	64	%

Tab. 52: Trennmittelauftrag Schließschalung

6.4.5 Bewässern

Zum Zeitpunkt des Ausschalens der Musterfläche 1, 2 und 3 war die Schalung der Tiefgaragenabfahrt Teil 1 bereits fertig geschlossen. Um das schlechte Ergebnis der Musterwände nicht fortzuführen, wurden die Schalungsbretter am 15.03.18 nachmittags bewässert. Damit sollte die Saugfähigkeit der Bretter minimiert werden, um so den Betonabriss zu vermeiden. Bei diesem Bauteil war es, aufgrund der eingebauten Betonier- und Rüttelöffnungen an der Oberseite, sehr schwierig, die Schalhaut an jeder Stelle gleichmäßig zu bewässern. (siehe Abb. 107)



Abb. 107: Betonier- und Rüttelöffnungen der Tiefgaragenabfahrt Teil 1

6.4.6 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 53 und Tab. 54 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für diesen Abschnitt, mit einer Einbaumenge von 7,95 m³ wurden zwei Mischwägen bestellt, um die Verarbeitungszeit des Betons einhalten zu können. Die Betonage ist in Abb. 108 ersichtlich. Der Lüftungsschacht Teil 1 wurde mit diesem Bauteil mitbetoniert.



Abb. 108: Betonage der Tiefgaragenabfahrt Teil 1

	A	B	C	D
1	TIEFGARAGE TEIL 1		BETONCHARGE 1	
2				
3	Tag	16.03.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	09:28	hh:mm	
5	Einbaubeginn	09:34	hh:mm	
6	Einbauende	12:34	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	7	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	6,1	82	09:40
12	2	6,3	82	09:49
13	3	6,4	82	09:58
14	4	6,5	82	10:04
15	5	6,6	82	10:12
16	6	7,2	81	10:40
17	7	8,0	81	11:05
18	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 53: Betonierbedingungen der Betoncharge 1

	A	B	C	D
1	TIEFGARAGE TEIL 1		BETONCHARGE 2	
2				
3	Tag	16.03.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	10:27	hh:mm	
5	Einbaubeginn	11:21	hh:mm	
6	Einbauende	12:34	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	7	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	8,7	80	11:21
12	2	9,1	80	11:33
13	3	9,3	79	11:39
14	4	9,7	79	11:48
15	5	10,0	78	11:55
16	6	10,3	77	12:09
17	7	10,6	77	12:20
18	8	10,8	76	12:33
19	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 54: Betonierbedingungen der Betoncharge 2

Das Diagramm in Abb. 109 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade kennzeichnet die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton. Die blauen Linien zeigen die Ankunft der Mischwägen auf der Baustelle. Die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei der Tiefgaragenabfahrt Teil 1 wurde die 5 Grad Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer nicht unterschritten.

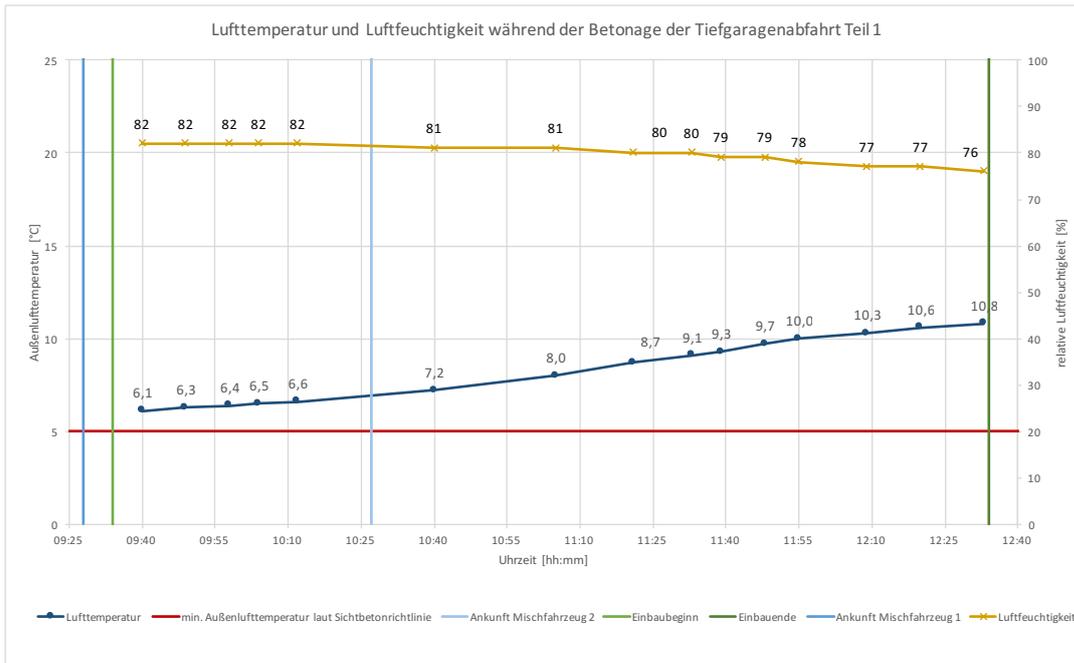


Abb. 109: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Tiefgaragenabfahrt Teil 1

Die Frischbetontemperatur je Kübel ist aus Tab. 55 und Tab. 56 zu entnehmen. Der Kübel 7 der Betoncharge 1 wurde in den Lüftungsschacht Teil 1 eingebaut.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur		Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]
2	Kübel 1	18,0	09:32	09:39	7
3	Kübel 2	18,5	09:42	09:45	3
4	Kübel 3	18,5	09:47	09:56	9
5	Kübel 4	18,4	09:57	10:02	5
6	Kübel 5	18,6	10:04	10:08	4
7	Kübel 6	18,4	10:10	10:31	21
8	Kübel 8	17,9	10:54	11:07	13

Tab. 55: Dokumentation der Frischbetontemperatur der Betoncharge 1

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur		Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]
2	Kübel 1	19,1	11:18	11:31	13
3	Kübel 2	19,4	11:32	11:48	16
4	Kübel 3	19,1	11:50	12:00	10
5	Kübel 4	19,4	12:01	12:09	8
6	Kübel 5	19,7	12:10	12:26	16
7	Kübel 6	20,0	12:27	12:33	6

Tab. 56: Dokumentation der Frischbetontemperatur der Betoncharge 2

Das Ausbreitmaß der ersten Betoncharge (siehe Abb. 110) bei Einbaubeginn lag bei 630 mm. Die Überprüfung des Ausbreitmaßes der zweiten Betoncharge ergab um 11:34 Uhr 530 mm. (siehe Abb. 111)



Abb. 110: Ausbreitmaß der Betoncharge 1



Abb. 111: Ausbreitmaß der Betoncharge 1

Abb. 112 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit von der Tiefgaragenabfahrt Teil 1 und des Lüftungsschachts Teil 1. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die gelbe Linie spiegelt die Ankunft des 1. Mischwagens und die orange Linie die des 2. Mischwagens auf der Baustelle wider. Die Einbaudauer der Tiefgaragenabfahrt Teil 1 wird durch die zwei grünen Linien und die des Lüftungsschachts Teil 1 durch die zwei roten Linien begrenzt. Die Mindestfrischbetontemperatur konnte bei beiden Mischwägen einge-

halten werden. Durch Komplikationen bei der Betonage der Tiefgaragenabfahrt Teil 1 wurde der Lüftungsschacht Teil 1 in der Zwischenzeit betonierte und anschließend wieder bei der Tiefgaragenabfahrt weitergearbeitet.

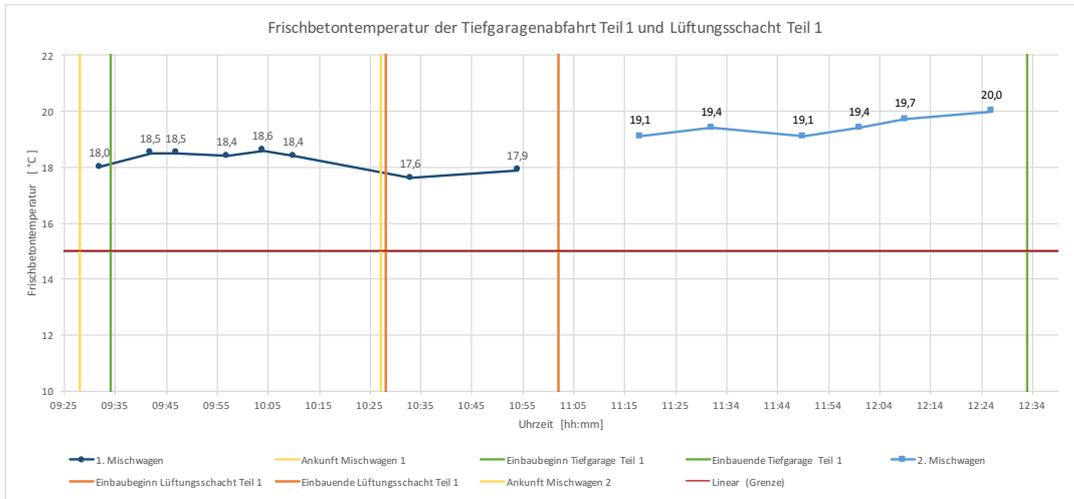


Abb. 112: Frischbetontemperatur der Tiefgaragenabfahrt Teil 1 und Lüftungsschacht Teil 1

6.4.7 Ausschalen

Am 19.03.2018 in der Früh wurde die Tiefgaragenabfahrt, drei Tage nach Betonierende, ausgeschalt. Die Ausschalddokumentation ist aus Tab. 57 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E	F	G
1	TIEFGARAGE TEIL 1		AUSSCHALEN		Entschalt nach	3	Tage
2					Entschaldauer	410	min
3	Öffnen Schließschalung			Öffnen Stellschalung			
4	Start	19.03.18	tt.mm.jj		Start	19.03.18	tt.mm.jj
5	Uhrzeit	08:00	hh:mm		Uhrzeit	13:10	hh:mm
6	Witterung	bewölkt			Witterung	leichter Schneefall	
7	Lufttemperatur	-0,6	°C		Lufttemperatur	1,7	°C
8	Luftfeuchtigkeit	85	%		Luftfeuchtigkeit	81	%
9	Ende	19.03.18	tt.mm.jj		Ende	19.03.18	tt.mm.jj
10	Uhrzeit	10:55	hh:mm		Uhrzeit	17:05	hh:mm
11	Witterung	leichter Schneefall			Witterung	leichter Schneefall	
12	Lufttemperatur	0,1	°C		Lufttemperatur	1,5	°C
13	Luftfeuchtigkeit	83	%		Luftfeuchtigkeit	83	%
14	Gesamtdauer	175	min		Gesamtdauer	235	min

Tab. 57: Ausschalddokumentation der Tiefgaragenabfahrt Teil 1

6.4.8 Ergebnis

Abb. 113, Abb. 114, Abb. 115 und Abb. 116 zeigen die Ergebnisse der Tiefgaragenabfahrt direkt nach dem Ausschalen. Das Ergebnis macht einen mittelmäßigen Gesamteindruck. An einzelnen Stellen entstand ein

Betonabriss, dies kann auf die unregelmäßige Bewässerung zurückzuführen sein.



Abb. 113: Tiefgaragenabfahrt Teil 1 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 114: Tiefgaragenabfahrt Teil 1 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 115: Tiefgaragenabfahrt Teil 1 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 116: Tiefgaragenabfahrt Teil 1 direkt nach dem Ausschalen

Aufgrund der geringen Baustellenlagerflächen lagerten die Arbeiter kurzfristig die Bewehrung auf der Decke der Tiefgaragenabfahrt (siehe Abb. 118). Durch die Beregnung der Bewehrung führte dies zu Rostspuren auf der fertiggestellten Sichtbetonwand. (siehe Abb. 117)



Abb. 117: Rostspuren auf der Sichtbetonoberfläche



Abb. 118: Bewehrungsmatten gelagert auf der Tiefgaragenabfahrtsdecke

6.5 Lüftungsschacht Teil 1

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 11. und 12. Kalenderwoche. Der Lüftungsschacht Teil 1 befindet sich im Erdgeschoß und in Abb. 119 ist die Lage ersichtlich. Nur die Stellschalung hatte Sichtbetonanforderung. Zum Zeitpunkt des Schalung-Schließens des Lüftungsschachts Teil

1 waren die ersten 3 Musterflächen noch nicht ausgeschalt. Die Arbeitsschritte für die Sichtbetonherstellung sind in Abb. 120 dargestellt.

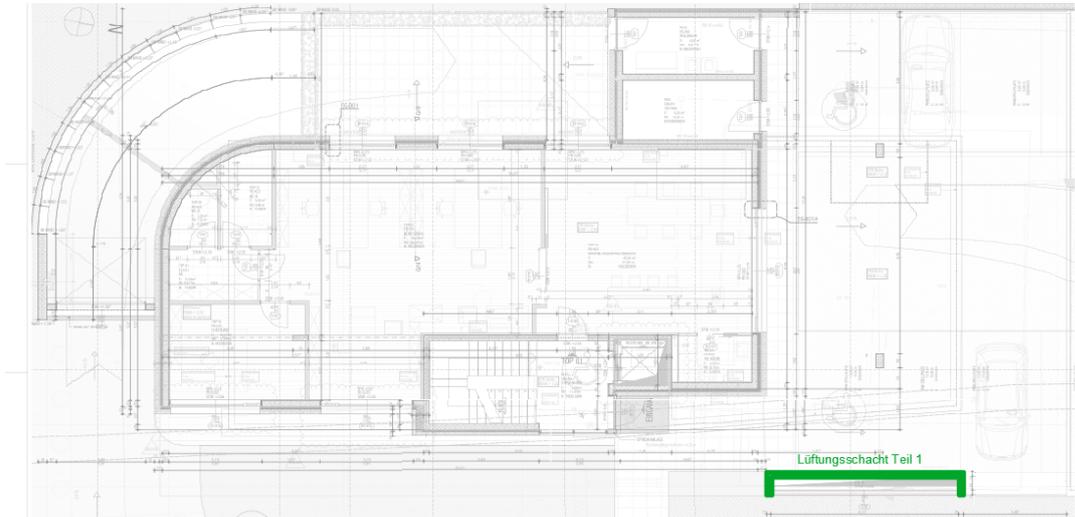


Abb. 119: Lage des Lüftungsschachts Teil 1

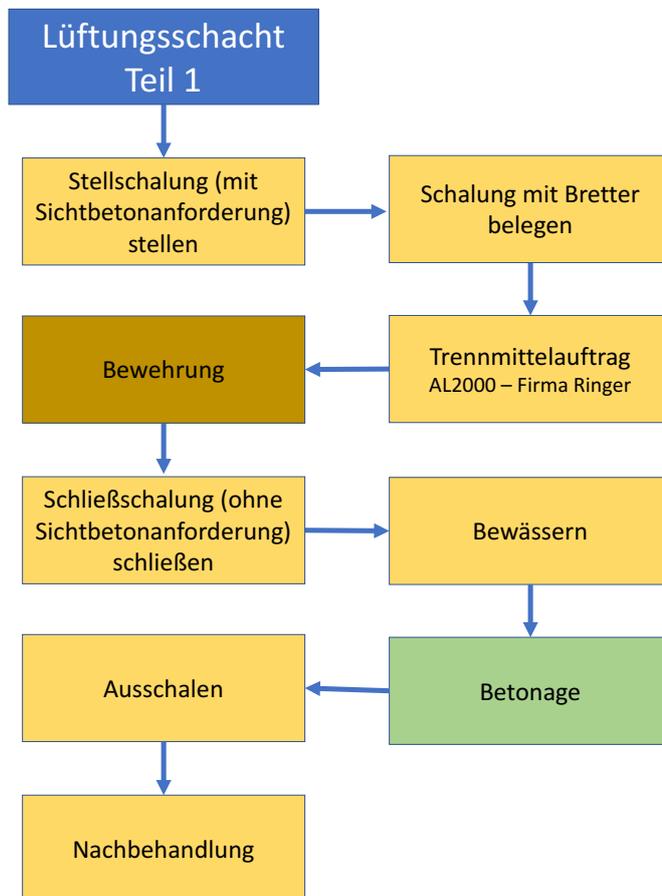


Abb. 120: Herstellungsprozess des Lüftungsschachts Teil 1

6.5.1 Schalung

Die Schalungsarbeiten wurden laut nachfolgenden Bedingungen aus der Tab. 58 durchgeführt.

	A	B	C	D	E	F
1	Stellschalung			Schließschalung		
2	Start	13.03.18	tt.mm.jj	Start	14.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	09:15	hh:mm	Uhrzeit	16:15	hh:mm
4	Witterung	sonnig		Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	4,2	°C	Lufttemperatur	10,2	°C
6	Luftfeuchtigkeit	82	%	Luftfeuchtigkeit	73	%
7	Ende	14.03.18	tt.mm.jj	Ende	15.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	14:42	hh:mm	Uhrzeit	08:20	hh:mm
9	Witterung	sonnig		Witterung	klar	
10	Lufttemperatur	11,4	°C	Lufttemperatur	-0,6	°C
11	Luftfeuchtigkeit	75	%	Luftfeuchtigkeit	82	%

Tab. 58: Dokumentation der Schalungsarbeiten

Abb. 121 zeigt die Stellschalung mit Sichtbetonanforderung. Die Schalung wurde gestellt und darauf die Bretter belegt. (siehe Abb. 122)



Abb. 121: Stellschalung mit Sichtbetonanforderung

Für das Belegen der Bretter benötigten, abzüglich der 30-minütigen Mittagspause, zwei Arbeitskräfte 82 min. (siehe Tab. 59)

Bretter belegen	14.03.18	tt.mm.jj
Start	11:35	hh:mm
Ende	13:27	hh:mm

Tab. 59: Bretter auf die Schalung belegen



Abb. 122: Bretter auf die Stellschalung belegen

6.5.2 Bewehrung

Die Bewehrungsbedingungen wurden unter folgenden Bedingungen aus Tab. 60 durchgeführt.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	14.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:51	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	11,4	°C
6	Luftfeuchtigkeit	75	%
7	Ende	14.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	15:30	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	11,2	°C
11	Luftfeuchtigkeit	73	%
12	Gesamtdauer	39	min

Tab. 60: Dokumentation der Bewehrungsarbeiten

Die Betondeckung beträgt 3,00 cm und der Bewehrungsgrad beträgt laut Statiker 53,89 kg/m³. (siehe Tab. 61)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		100	Stabstahl [%]
2			0	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		1,45	m ³
4	Bewehrungsmenge		78,14	kg
5	Bewehrungsgrad		53,89	kg/m ³

Tab. 61: Bewehrung

6.5.3 Trennmittelauftrag

Der Trennmittelauftrag der Stellschalung mit Sichtbetonanforderung erfolgte mit dem Trennmittel AL2000 der Firma Ringer nach den Bedingungen aus Tab. 62.

	A	B	C
1	Trennmittelauftrag Stellschalung		
2	Start	14.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:43	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	11,4	°C
6	Luftfeuchtigkeit	75	%
7	Ende	14.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	14:50	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	11,4	°C
11	Luftfeuchtigkeit	75	%
12	Gesamt Dauer	7	min

Tab. 62: Dokumentation des Trennmittelauftrages

6.5.4 Bewässern

Zum Zeitpunkt des Ausschalens der Musterfläche 1, 2 und 3 war die Schalung des Lüftungsschachts Teil 1 bereits fertig geschlossen. Um das schlechte Ergebnis der Musterwände nicht zu wiederholen, wurde die Schalungshaut im bereits geschlossenem Zustand am 15.03.18 nachmittags, einen Tag vor der Betonage, bewässert. So soll die Saugfähigkeit der Bretter minimiert werden, um so den Betonabriss zu vermeiden. Im geschlossenen Zustand war es sehr schwierig, die Schalhaut regelmäßig zu bewässern.

6.5.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 63 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Dieser Abschnitt wurde gemeinsam mit der Tiefgaragenabfahrt Teil 1 betoniert. Insgesamt wurden 2 Mischwägen für beide Bauteile bestellt. Die Einbaumenge des Lüftungsschachts Teil 1 betrug 1,45 m³.

	A	B	C	D
1	LÜFTUNGSSCH. TEIL 1		BETONAGE	
2				
3	Tag	16.03.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	09:28	hh:mm	
5	Einbaubeginn	10:27	hh:mm	
6	Einbauende	11:02	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	7	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	7,2	81	10:37
12	2	7,3	81	10:43
13	3	7,8	81	10:55
14	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 63: Betonierbedingungen des Lüftungsschachts Teil 1

Das Diagramm in Abb. 123 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade kennzeichnet die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle und die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die 5-Grad-Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer nicht unterschritten.

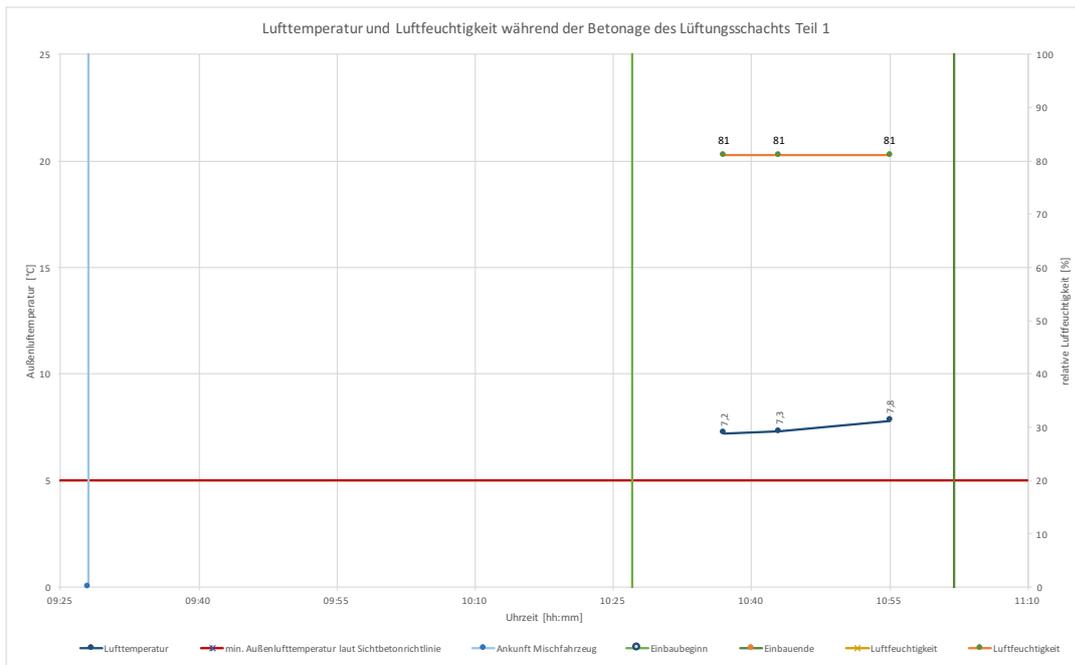


Abb. 123: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage des Lüftungsschachts Teil 1

Die Schüttagendokumentation ist aus Tab. 64 zu entnehmen. Der gesamte Einbau dauerte 35 Minuten, was mit der Einbaumenge von $1,45 \text{ m}^3$ eine Einbauleistung von $2,49 \text{ m}^3/\text{h}$ und mit einer Höhe des Bauteils von $1,22 \text{ m}$ eine Steiggeschwindigkeit von $2,09 \text{ m}/\text{h}$ ergibt.

	A	B	C	D	E
1	Schüttagen	Höhe [cm]	Start Schüttagel	Ende Schüttagel	Dauer [min]
2	1	50	10:27	10:31	4
3	2	50	10:37	10:48	11
4	3	22	10:51	11:01	10

Tab. 64: Schüttagendokumentation

Die Frischbetontemperatur ist aus Tab. 65 zu entnehmen. Die restlichen Kübel wurden in die Tiefgaragenabfahrt Teil 1 eingebaut.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 6	18,4	10:10	10:31	21
3	Kübel 7	17,6	10:33	10:52	19
4	Kübel 8	17,9	10:54	11:07	13

Tab. 65: Dokumentation der Frischbetontemperatur der Betoncharge 1

Das Frischbetontemperaturdiagramm ist aus Abb. 112 vom Bauteil Tiefgaragenabfahrt Teil 1 zu entnehmen. (Seite 117)

6.5.6 Ausschalen

Am 19.05.2018 in der Früh wurde der Lüftungsschacht Teil 1, 3 Tage nach Betonierende, ausgeschalt. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 66 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	LÜFTUNGSSCH. TEIL 1		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schließchalung			
4	Entschalt nach	3	Tage	
5	Start	19.03.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	07:45	hh:mm	
7	Witterung	bewölkt		
8	Lufttemperatur	-4,0	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	70	%	
10	Ende	19.03.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	08:20	hh:mm	
12	Witterung	bewölkt		
13	Lufttemperatur	-3,6	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	78	%	
15	Gesamtdauer	35	min	

Tab. 66: Ausschaldokumentation

6.5.7 Ergebnis

Das Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 1 ist in Abb. 124, Abb. 125 und Abb. 126 ersichtlich. Diese Fotos entstanden am 05.04.2018, 17 Tage nach dem Ausschalen. Durch das Abdecken des Lüftungsschachts mit einer Folie, welche direkt an der Sichtbetonoberfläche anlag, entstanden Kalkausblühungen. Des Weiteren konnte der Betonabriss bei diesem Bauteil nicht verhindert werden.



Abb. 124: Ergebnis des Sichtbetonabschnitts vom 05.04.2018



Abb. 125: Ergebnis des Sichtbetonabschnitts vom 05.04.2018



Abb. 126: Ergebnis des Sichtbetonabschnittes vom 05.04.2018

Gemeinsam mit dem Bauherrn wurde beschlossen, diesen Bauteil mit Betonkosmetik auszubessern. Das Ergebnis nach der Betonkosmetikbehandlung ist in Abb. 127, Abb. 128 und Abb. 129 ersichtlich.



Abb. 127: Ergebnis nach der Betonkosmetikbehandlung



Abb. 128: Ergebnis nach der Betonkosmetikbehandlung



Abb. 129: Ergebnis nach der Betonkosmetikbehandlung

6.6 Säule 1 und 2

Die Herstellung dieser beiden Bauteile erfolgte parallel und zeitgleich von Mitte 11. bis Mitte 12. Kalenderwoche. Die Säulen befinden sich im Erdgeschoß, in Abb. 130 ist die Lage dargestellt. Die gesamte Schalung hatte Sichtbetonanforderung. Zum Zeitpunkt des Schalung-Schließens der Säulen waren die ersten 3 Musterflächen noch nicht ausgeschalt.

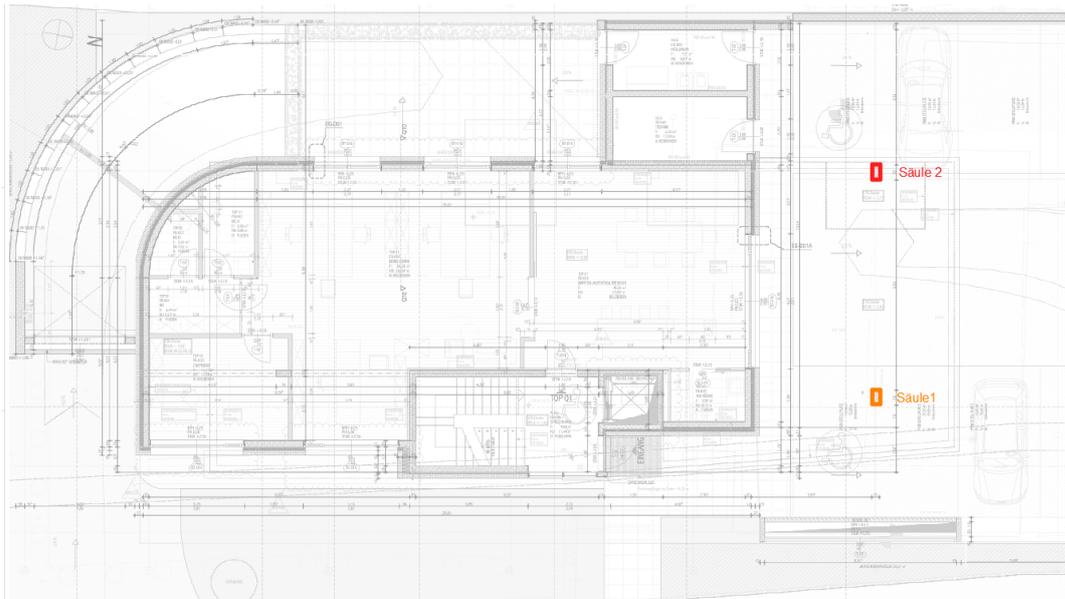


Abb. 130: Lage der Säulen 1 und 2

6.6.1 Schalung belegen

Die Arbeitskräfte belegten die Schalung der Säulen parallel (siehe Abb. 131). Die Dokumentation ist aus Tab. 67 und Tab. 68 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E	F
1	Stellschalung			Schließschalung		
2	Start	15.03.18	tt.mm.jj	Start	15.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	09:56	hh:mm	Uhrzeit	11:20	hh:mm
4	Witterung	sonnig		Witterung	klar	
5	Lufttemperatur	2,2	°C	Lufttemperatur	6,2	°C
6	Luftfeuchtigkeit	82	%	Luftfeuchtigkeit	80	%
7	Ende	15.03.18	tt.mm.jj	Ende	15.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:36	hh:mm	Uhrzeit	13:08	hh:mm
9	Witterung	sonnig		Witterung	klar	
10	Lufttemperatur	3,8	°C	Lufttemperatur	10,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	82	%	Luftfeuchtigkeit	74	%
12	Gesamtdauer	40	min	Gesamtdauer	78	min

Tab. 67: Dokumentation der Schalung von Säule 1

	A	B	C	D	E	F
1	Stellschalung			Schließschalung		
2	Start	15.03.18	tt.mm.jj	Start	15.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	10:00	hh:mm	Uhrzeit	11:20	hh:mm
4	Witterung	sonnig		Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	2,4	°C	Lufttemperatur	6,2	°C
6	Luftfeuchtigkeit	82	%	Luftfeuchtigkeit	80	%
7	Ende	15.03.18	tt.mm.jj	Ende	15.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:43	hh:mm	Uhrzeit	11:49	hh:mm
9	Witterung	sonnig		Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	4,3	°C	Lufttemperatur	7,3	°C
11	Luftfeuchtigkeit	82	%	Luftfeuchtigkeit	79	%
12	Gesamtdauer	43	min	Gesamtdauer	29	min

Tab. 68: Dokumentation der Schalung von Säule 2



Abb. 131: Stellschalung Säulen 1 und 2

Die Dreikantleisten wurden mit einem Silikonkleber fixiert und anschließend mit einer Schusspistole mit feinen Nägeln verstärkt. (siehe Abb. 132)



Abb. 132: Befestigung der Dreikantleiste auf die Schließschalung von Säulen 1 und 2

6.6.2 Bewehrung

Die Bewehrungsarbeiten erfolgten von den Arbeitskräften der Baufirma und wurden unter den in Tab. 69 und Tab. 70 angeführten Bedingungen erfüllt.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	15.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	10:25	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	3,2	°C
6	Luftfeuchtigkeit	82	%
7	Ende	15.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:43	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	4,3	°C
11	Luftfeuchtigkeit	82	%
12	Gesamtdauer	18	min

Tab. 69: Bewehrungsbedingungen der Säule 1

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	15.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	10:44	hh:mm
4	Witterung	klar	
5	Lufttemperatur	4,3	°C
6	Luftfeuchtigkeit	82	%
7	Ende	15.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:50	hh:mm
9	Witterung	klar	
10	Lufttemperatur	4,5	°C
11	Luftfeuchtigkeit	82	%
12	Gesamtdauer	6	min

Tab. 70: Bewehrungsbedingungen der Säule 2

Der Bewehrungsgrad der Stützen liegt laut Bewehrungsplan des Statikers bei $480,18 \text{ kg/m}^3$ und ist in Tab. 71 dargestellt. Die Betondeckung wurde mit 4,00 cm vorgegeben.

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		100	Stabstahl [%]
2			0	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		0,39	m ³
4	Bewehrungsmenge		187,27	kg
5	Bewehrungsgrad		480,18	kg/m ³

Tab. 71: Bewehrung

Die sehr dichte Bewehrungsführung der beiden Säulen ist in Abb. 133 ersichtlich. Daher konnte die maximale Fallhöhe bei den Säulen nicht eingehalten werden.



Abb. 133: Bewehrung Säule 1

6.6.3 Trennmittelauftrag

Der Trennmittelauftrag fand am 15.03.2018, einen Tag bevor die beiden Stützen betoniert wurden, statt. Der Trennmittelauftrag erfolgte unter den in Tab. 72 und Tab. 73 aufgelisteten Bedingungen. Bei den beiden Bauteilen wurde das Trennmittel AL2000 der Firma Ringer verwendet.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	SÄULE 1		TRENNMITTEL		Hersteller		Ringer	
2					Produkt		AL2000	
3	Trennmittelauftrag Stellschalung				Trennmittelauftrag Schließschalung			
4	Start	15.03.18	tt.mm.jj		Start	15.03.18	tt.mm.jj	
5	Uhrzeit	10:54	hh:mm		Uhrzeit	11:36	hh:mm	
6	Witterung	sonnig			Witterung	klar		
7	Lufttemperatur	4,9	°C		Lufttemperatur	6,9	°C	
8	Luftfeuchtigkeit	81	%		Luftfeuchtigkeit	79	%	
9	Ende	15.03.18	tt.mm.jj		Ende	15.03.18	tt.mm.jj	
10	Uhrzeit	10:55	hh:mm		Uhrzeit	11:37	hh:mm	
11	Witterung	sonnig			Witterung	klar		
12	Lufttemperatur	4,9	°C		Lufttemperatur	6,9	°C	
13	Luftfeuchtigkeit	81	%		Luftfeuchtigkeit	79	%	
14	Gesamtdauer	1	min		Gesamtdauer	1	min	

Tab. 72: Dokumentation des Trennmittelauftrags von Säule 1

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	SÄULE 2		TRENNMITTEL		Hersteller		Ringer	
2					Produkt		AL2000	
3	Trennmittelauftrag Stellschalung			Trennmittelauftrag Schließschalung				
4	Start	15.03.18	tt.mm.jj	Start	15.03.18	tt.mm.jj		
5	Uhrzeit	10:54	hh:mm	Uhrzeit	11:38	hh:mm		
6	Witterung	klar		Witterung	klar			
7	Lufttemperatur	4,9	°C	Lufttemperatur	6,9	°C		
8	Luftfeuchtigkeit	81	%	Luftfeuchtigkeit	79	%		
9	Ende	15.03.18	tt.mm.jj	Ende	15.03.18	tt.mm.jj		
10	Uhrzeit	10:55	hh:mm	Uhrzeit	11:39	hh:mm		
11	Witterung	klar		Witterung	klar			
12	Lufttemperatur	4,9	°C	Lufttemperatur	6,9	°C		
13	Luftfeuchtigkeit	81	%	Luftfeuchtigkeit	79	%		
14	Gesamtdauer	1	min	Gesamtdauer	1	min		

Tab. 73: Dokumentation des Trennmittelauftrags von Säule 2

Bevor der Trennmittelauftrag erfolgte, säuberten die Bauarbeiter die Schalhaut mit einem Luftdruckkompressor. Somit war die Schalhaut frei von Holzspänen und Staub. (siehe Abb. 134)



Abb. 134: Schalungssäuberung Säulen 1 und 2

6.6.4 Bewässern

Zum Zeitpunkt des Ausschalens der Musterflächen 1, 2 und 3 war die Schalung der beiden Säulen bereits fertig geschlossen. Um das schlechte Ergebnis der Musterwände nicht fortzuführen, wurden die Schalungsbretter am 15.03.18 nachmittags bewässert. Damit soll die Saugfähigkeit der Bretter minimiert werden, um so den Betonabriss zu vermeiden.

6.6.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 74 und Tab. 75 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für die beiden Säulen wurde eine höhere Betonklasse C30/37 vorgeschrieben.

	A	B	C	D
1	SÄULE 1		BETONAGE	
2				
3	Tag	16.03.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	07:43	hh:mm	
5	Einbaubeginn	08:26	hh:mm	
6	Einbauende	08:43	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	4,7	82	08:15
12	2	4,8	82	08:26
13	3	4,9	82	08:46
14	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 74: Betonierbedingungen der Säule 1

	A	B	C	D
1	SÄULE 2		BETONAGE	
2				
3	Tag	16.03.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	07:43	hh:mm	
5	Einbaubeginn	08:15	hh:mm	
6	Einbauende	08:25	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	4,7	82	08:15
12	2	4,8	82	08:26
13	3	4,9	82	08:46
14	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 75: Betonierbedingungen der Säule 2

Die engen Betonierverhältnisse sind in Abb. 135 gut erkennbar. Der Schlauch konnte zwischen der Bewehrung nicht durchgeführt werden. Mit dem Rüttler kamen die Bauarbeiter nur an einer Stelle gut durch.



Abb. 135: Betonage Säule 1

Das Diagramm in Abb. 136 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade zeigt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton. Die blaue Linie stellt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle dar. Die Einbaudauer der Säule 2 wird durch die zwei grünen Linien und die der Säule 1 durch die zwei gelben Linien begrenzt. Die Außenlufttemperatur lag über die gesamte Betonierdauer gering unter der 5 Grad Grenze.

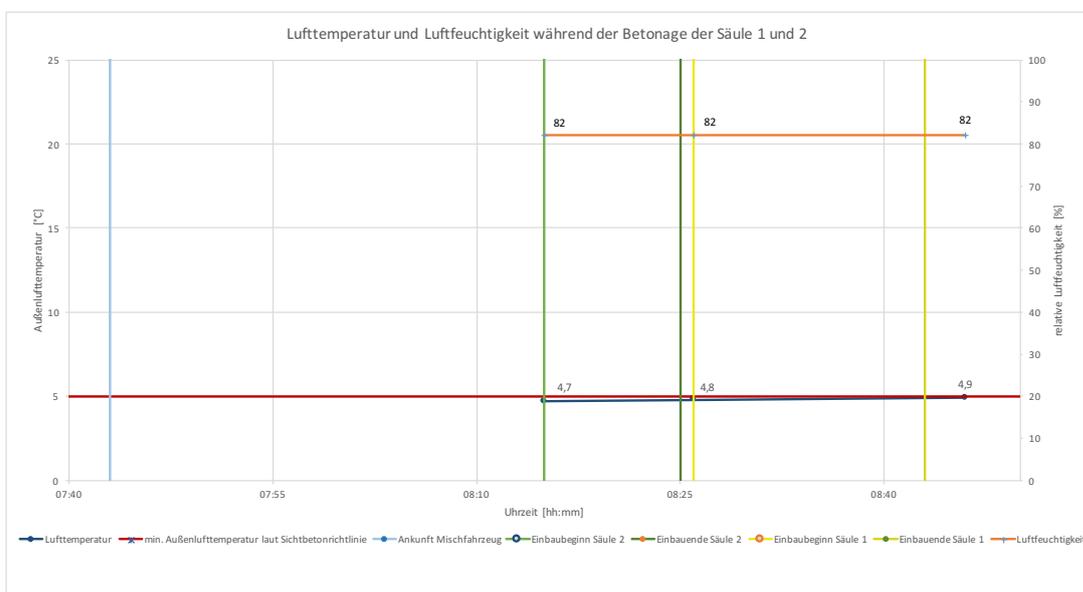


Abb. 136: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Säulen 1 und 2

Der Beton wurde bei beiden Stützen nur auf einer Stelle eingebracht. Die maximale Fallhöhe betrug 3,15 m. Der gesamte Einbau der Säule 1 dauert 17 Minuten, was mit einer Einbaumenge von 0,39 m³ eine Einbauleistung von 1,39 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 3,15 m eine Steiggeschwindigkeit von 11,12 m/h ergibt. Aufgrund der geringeren Einbaudauer von 10 Minuten bei der Säule 2, erbrachte dies eine höhere Steiggeschwindigkeit von 18,90 m/h und eine Einbauleistung von 2,36 m³/h. Aus Tab. 76 und Tab. 77 sind die Schüttlagendokumentationen der Säulen 1 und 2 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E
1	Schüttlagen	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	08:26	08:29	3	87
3	2	08:29	08:32	3	102
4	3	08:32	08:33	1	107
5	4	08:38	08:40	2	65
6	5	08:40	08:43	3	88

Tab. 76: Schüttlagendokumentation der Säule 1

	A	B	C	D
1	Schüttlagen	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]
2	1	08:15	08:19	4
3	2	08:19	08:21	2
4	3	08:21	08:23	2
5	4	08:23	08:25	2

Tab. 77: Schüttlagendokumentation der Säule 2

Die in Tab. 78 angeführte Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	13,9	08:12	08:33	21
3	Kübel 2	14,3	08:35	08:43	8

Tab. 78: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 137 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit bei den Säulen 1 und 2. Die beiden Musterflächen wurden mit der gleichen Betoncharge betoniert und sind daher in einem Diagramm zusammengefasst. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer der Säule 1 wird durch die zwei gelben Linien und die der Säule 2 durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die Mindestfrischbetontemperatur über die gesamte Betonierdauer unterschritten.

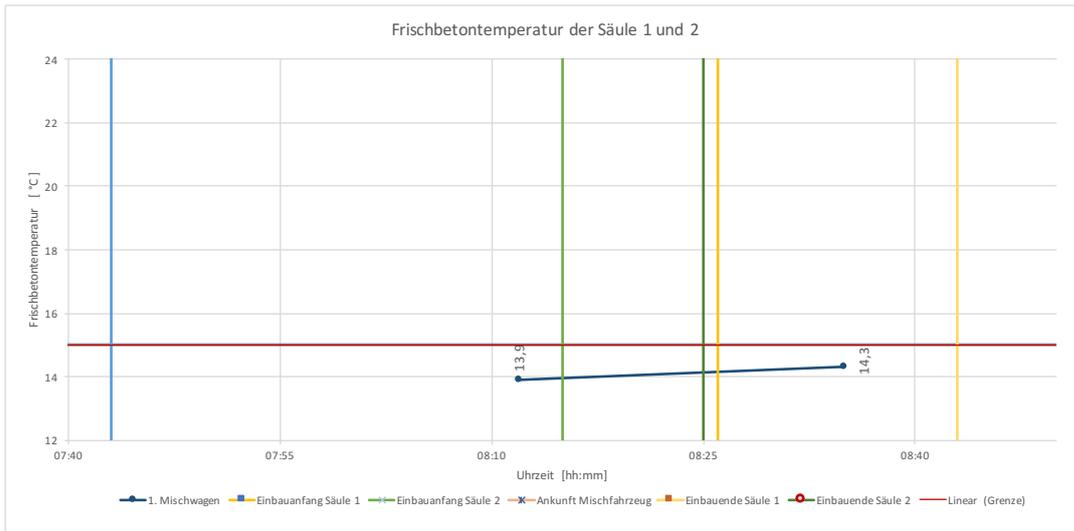


Abb. 137: Frischbetontemperatur der Säulen 1 und 2

Um 08:16 Uhr, bei Einbaubeginn der Säule 2, lag das Ausbreitmaß bei 490 mm. (siehe Abb. 138) Die geforderte Konsistenzklasse F52 wurde eingehalten.



Abb. 138: Ausbreitmaß des Frischbetons der Säulen 1 und 2

6.6.6 Ausschalen

Das Ausschalen der beiden Säulen verlief parallel. Es wurde 4 Tage nach Betonierende ausgeschalt. Die Ausschaldokumentation der Säule 1 ist aus Tab. 79 und die der Säule 2 aus Tab. 80 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	SÄULE 1		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schließchalung			
4	Entschalt nach	4	Tage	
5	Start	20.03.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	08:32	hh:mm	
7	Witterung	leichter Schneefall		
8	Lufttemperatur	-2,7	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	86	%	
10	Ende	20.03.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	08:45	hh:mm	
12	Witterung	leichter Schneefall		
13	Lufttemperatur	-2,5	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	85	%	
15	Gesamtdauer	13	min	

Tab. 79: Ausschalldokumentation der Säule 1

	A	B	C	D
1	SÄULE 2		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schalung			
4	Entschalt nach	4	Tage	
5	Start	20.03.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	08:45	hh:mm	
7	Witterung	leichter Schneefall		
8	Lufttemperatur	-2,5	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	85	%	
10	Ende	20.03.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	09:32	hh:mm	
12	Witterung	leichter Schneefall		
13	Lufttemperatur	-2,2	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	85	%	
15	Gesamtdauer	47	min	

Tab. 80: Ausschalldokumentation der Säule 2

6.6.7 Ergebnis Säule 1

Das Ergebnis der Säule 1 ist in Abb. 139, Abb. 141 und Abb. 140 direkt nach dem Ausschalen ersichtlich. Die Säule macht einen guten Gesamteindruck, sowohl bezüglich der Farbgleichheit, Porigkeit, Kantenabbruch als auch des Betonabrisses.



Abb. 139: Ergebnis der Säule 1 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 140: Ergebnis der Säule 1 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 141: Ergebnis der Säule 1 direkt nach dem Ausschalen

6.6.8 Ergebnis Säule 2

Das Ergebnis der Säule 2 ist in Abb. 143, Abb. 144 und Abb. 142 direkt nach dem Ausschalen ersichtlich. Wie auch das Ergebnis der Säule 1 erzielte dieser Bauteil ein sehr gutes Ergebnis bezüglich Farbgleichheit, Porrigkeit, Kantenabbruch und sowie des Betonabrisses. An zwei Stellen wurden nach dem Ausschalen Plastikabstandhalter an der Betonoberfläche sichtbar. (siehe Abb. 143)



Abb. 142: Abstandhalter sichtbar auf der Betonoberfläche



Abb. 143: Ergebnis direkt und 2 Monate nach dem Ausschalen der Säule 2



Abb. 144: Ergebnis der Säule 2 direkt nach dem Ausschalen

6.7 Musterfläche 4

Da das bestmögliche Ergebnis bei den ersten 3 Musterwänden noch nicht erzielt wurde und die Anwendung von Zementleimanstrich zu aufwendig und logistisch schwierig umzusetzen war, erfolgte die Errichtung weiterer Musterwände 4, 5 und 6.

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 11. und 12. Kalenderwoche. Die Musterfläche 4 befindet sich im Erdgeschoß und in Abb. 145 ist die Lage ersichtlich. Die Sichtbetonqualität wurde nur bei der Stellschalung erprobt. Bei dieser Musterfläche erfolgte die Erprobung mit einem Imprägnier-Grund der Firma Pullex. Ziel war es, eine abweisende Schicht zwischen Schalung und Beton zu erreichen, um den Abriss der Betonoberfläche zu minimieren. Die Arbeitsschritte für die Herstellung der Musterfläche 4 sind in Abb. 146 dargestellt.

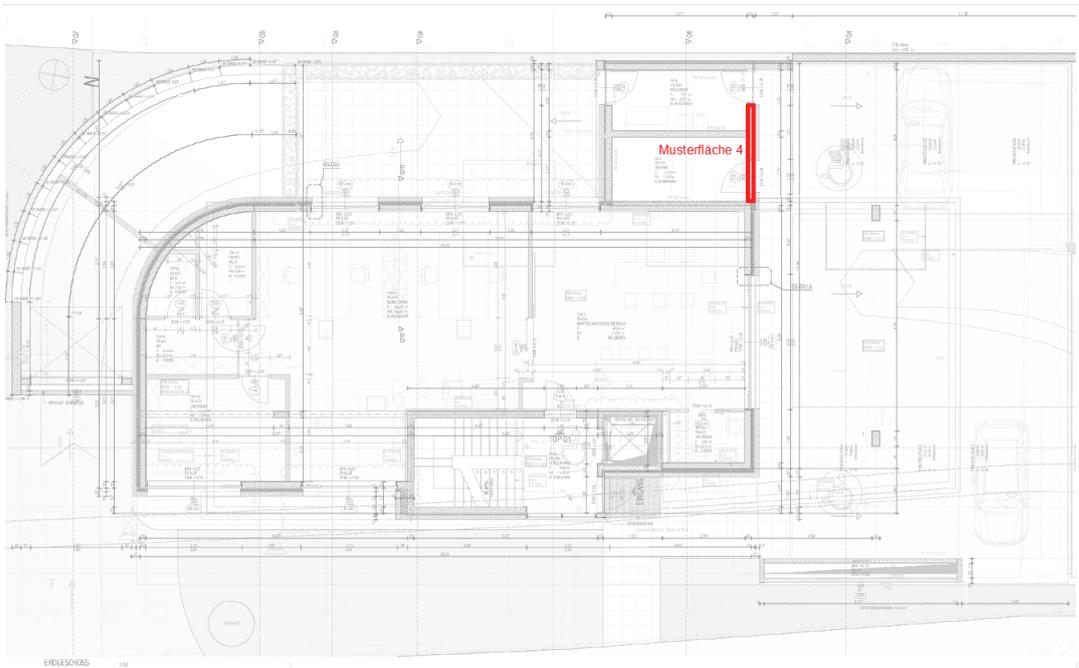


Abb. 145: Lage der Musterfläche 4

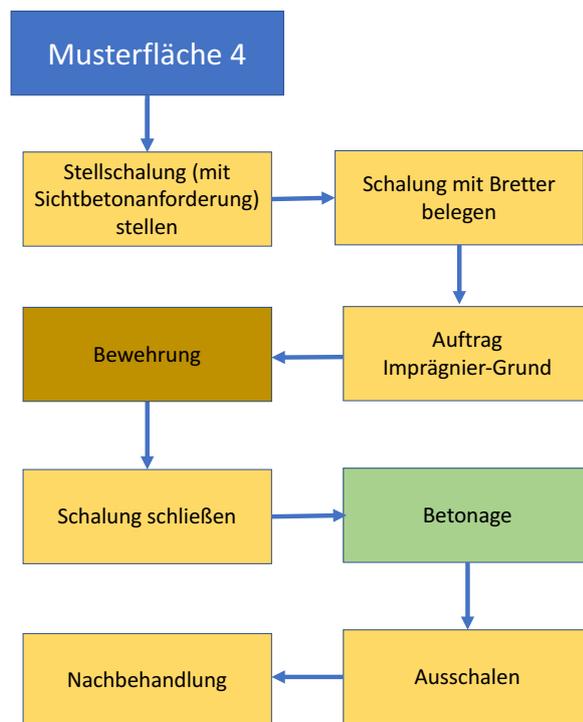


Abb. 146: Herstellungsprozess der Musterfläche 4

6.7.1 Sichtbetonschalung belegen

Die Arbeitskräfte begannen mit den Arbeiten der Stellschalung mit Sichtbetonanforderung, am 16.03.18 in der Früh bei Arbeitsbeginn. Diese erfolgte unter den folgenden Bedingungen aus Tab. 81.

	A	B	C
1	Stellschalung		
2	Start	16.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:00	hh:mm
4	Witterung	bewökt	
5	Lufttemperatur	4,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	82	%
7	Ende	16.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	15:05	hh:mm
9	Witterung	klar	
10	Lufttemperatur	10,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	74	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	485	min

Tab. 81: Stellschalung der Musterfläche 4

Die Musterwand 4 hat eine geneigte Oberkante (siehe Abb. 147). Die Arbeiter zeichneten die Oberkante mit einer Schlagschnur auf die belegte Schalung. Dies sollte vermieden werden, da sich die Schnur auf der Sichtbetonoberfläche abzeichnet. Da es sich hier aber lediglich um eine Musterwand handelte, war dies kein Problem.



Abb. 147: Schalung belegen Musterfläche 4

6.7.2 Auftrag Imprägnier-Grund

Der Auftrag des Imprägnier-Grunds (siehe Abb. 148) erfolgte am 16.03.18, 3 Tage vor Betonage der Musterwand. Die Dokumentation ist aus Tab. 82 zu entnehmen.

	A	B	C
1	Auftrag Stellschalung		
2	Start	16.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:59	hh:mm
4	Witterung	klar	
5	Lufttemperatur	10,8	°C
6	Luftfeuchtigkeit	75	%
7	Ende	16.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	15:17	hh:mm
9	Witterung	klar	
10	Lufttemperatur	10,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	74%	%
12	Gesamtdauer	18	min

Tab. 82: Imprägnier-Grundauftrag der Musterfläche 4



Abb. 148: Imprägnier-Grund Auftrag

6.7.3 Bewehrung

Die Bewehrungsarbeiten wurden von einer Subfirma durchgeführt und unter den in Tab. 83 angeführten Bedingungen erfüllt.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	19.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	08:31	hh:mm
4	Witterung	leichter Schneefall	
5	Lufttemperatur	-0,4	°C
6	Luftfeuchtigkeit	83	%
7	Ende	19.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:00	hh:mm
9	Witterung	leichter Schneefall	
10	Lufttemperatur	0,1	°C
11	Luftfeuchtigkeit	83	%
12	Gesamtdauer	89	min

Tab. 83: Bewehrungsbedingungen der Musterfläche 4

In Abb. 149 ist der Bewehrungsplan der Musterfläche 4 im Grundriss dargestellt. Die Betonüberdeckung beträgt 3,00 cm. Der Bewehrungsgrad des Bauteils liegt laut Bewehrungsplan des Statikers bei $124,12 \text{ kg/m}^3$ und ist in der Tab. 84 dargestellt.

Bewehrungsverhältnis	57,6	Stabstahl [%]
	42,4	Mattenstahl [%]
Einbaumenge	1,13	m ³
Bewehrungsmenge	140,25	kg
Bewehrungsgrad	124,12	kg/m ³

Tab. 84: Bewehrung Musterfläche 4

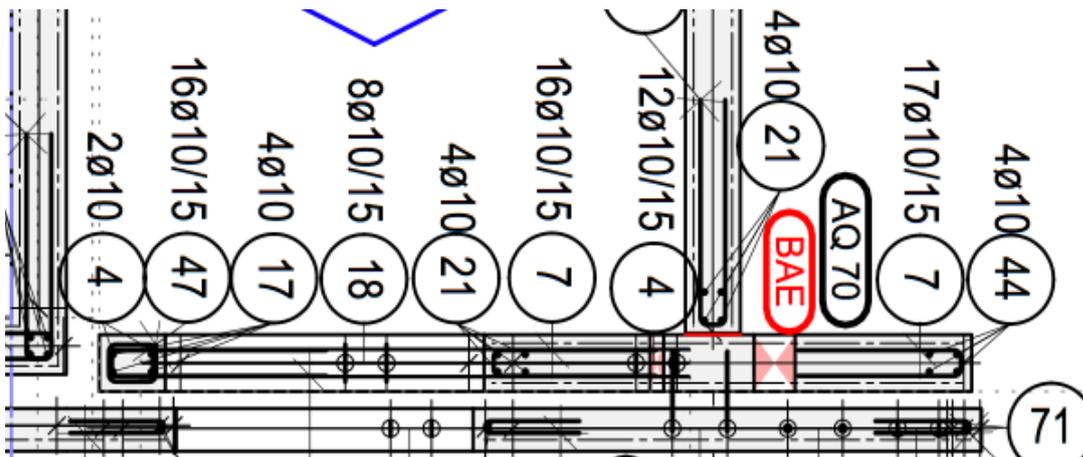


Abb. 149: Bewehrungsplan des Statikers im Grundriss

6.7.4 Sichtbetonschalung schließen

Die Schließschalungsarbeiten ohne Sichtbetonanforderung wurden unter folgenden Bedingungen aus Tab. 85 vorgenommen.

	A	B	C
1	Schließschalung		
2	Start	19.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	11:00	hh:mm
4	Witterung	leichter Schneefall	
5	Lufttemperatur	1,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	82	%
7	Ende	19.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	11:50	hh:mm
9	Witterung	leichter Schneefall	
10	Lufttemperatur	1,7	°C
11	Luftfeuchtigkeit	82	%
12	Gesamtdauer	50	min

Tab. 85: Schließschalung Musterfläche 4

6.7.5 Betonieren

Der Beton wurde unter den in Tab. 86 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für diesen Abschnitt, mit einer Einbaumenge von 1,13 m³ wurde gemeinsam mit der Musterfläche 5 und der Decke über dem Lüftungsschacht nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	Tag	19.03.18	tt.mm.jj	
2	Ankunft Mischfahrzeug	14:03	hh:mm	
3	Einbaubeginn	15:15	hh:mm	
4	Einbauende	16:10	hh:mm	
5	Arbeitsgruppengröße	4	Personen	
6	Witterung bei Start	leichter Schneefall		
7		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
8	Witterung	°C	%	hh:mm
9	1	1,7	81	15:14
10	2	1,7	81	15:20
11	3	1,6	81	15:34
12	4	1,6	82	16:03
13	Witterung bei Ende	leichter Schneefall		

Tab. 86: Betonierbedingungen der Musterfläche 4

Das Diagramm aus Abb. 150 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade spiegelt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton wider. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Die Außenlufttemperaturen unterschritten während der gesamten Betonierdauer die 5 Grad Grenze (rote Linie).

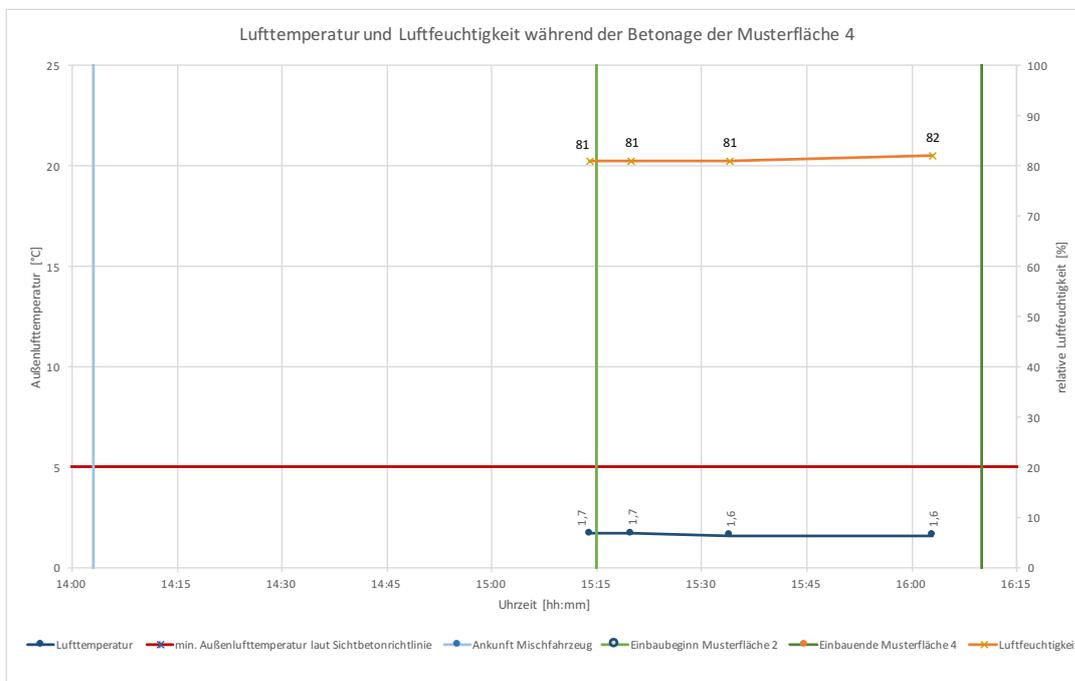


Abb. 150: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 4

Auf der Länge von 3,17 m wurde bis zum Einbau der Betonier- und Rüttelöffnungen an 3 Einfüllstellen Beton eingebracht. Nach dem Einbau wurde der Beton an 7 Einfüllstellen eingebracht. Der gesamte Betoneinbau dauerte 55 Minuten, was mit der Einbaumenge von 1,13 m³ eine Einbauleistung von 1,23 m³/h ergibt. Die Schüttlagendokumentation ist aus der Tab. 87 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]
2	1	50	15:15	15:21	6
3	2	50	15:22	15:30	8
4	3	50	15:33	15:37	4
5	4	50	15:40	15:44	4
6	5	33-84	15:59	16:10	11

Tab. 87: Schüttlagendokumentation Musterfläche 4

Die Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft (siehe Tab. 88). Der Beton des Kübels 3 wurde in die Decke des Lüftungsschachts eingebaut. In der Zwischenzeit bauten die Arbeiter die Betonier- und Rüttelöffnungen ein.

	A	B	C	D
1	Frischbetontemperatur °C		Start Befüllen	Ende Ausleeren
2	Kübel 1	17,4	14:46	15:23
3	Kübel 2	18,3	15:25	15:43
4	Kübel 3	17,0	15:46	
5	Kübel 4	14,5	15:58	16:07

Tab. 88: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 151 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit bei den Musterflächen 4 und 5. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die orange Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer der Musterfläche 4 wird durch die zwei grünen Linien begrenzt, die der Musterfläche 5 durch die zwei gelben Linien. Bei diesem Abschnitt wurde bis auf den letzten Kübel die Frischbetontemperatur eingehalten.

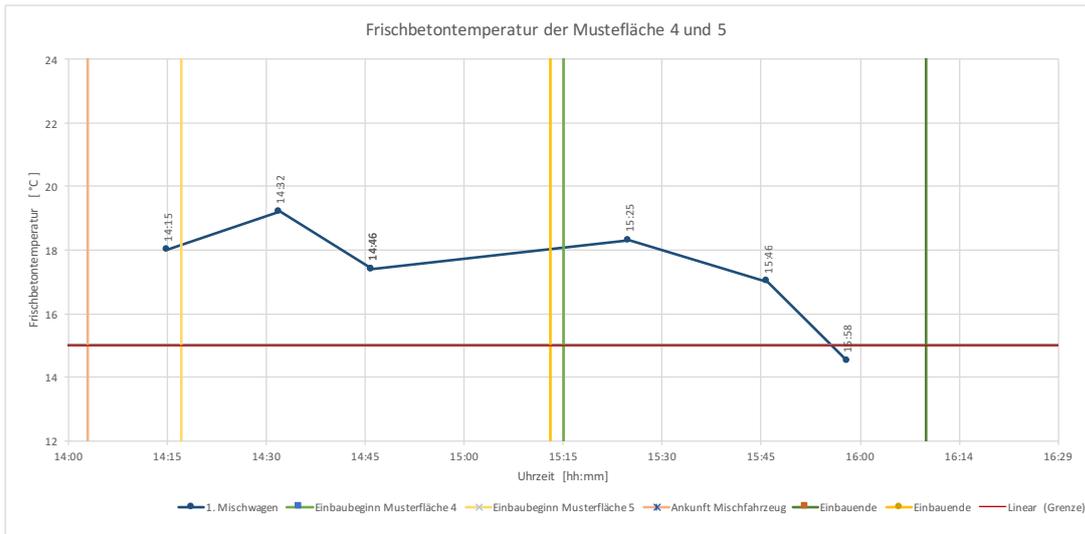


Abb. 151: Frischbetontemperatur der Mustefläche 4 und 5

Das Ausbreitmaß wurde vor Einbaubeginn der Mustefläche 5 gemessen und lag um 14:13 Uhr bei 560 mm. (siehe Abb. 152).



Abb. 152: Ausbreitmaß des Frischbetons der Musterfläche 4 und 5

Aufgrund der geneigten Oberkante bauten die Bauarbeiter Betonier- und Rüttelöffnungen mit 6 kreisrunden Öffnungen mit einem Durchmesser von 11,5 cm ein, um den Beton einbauen und rütteln zu können. (siehe Abb. 153)

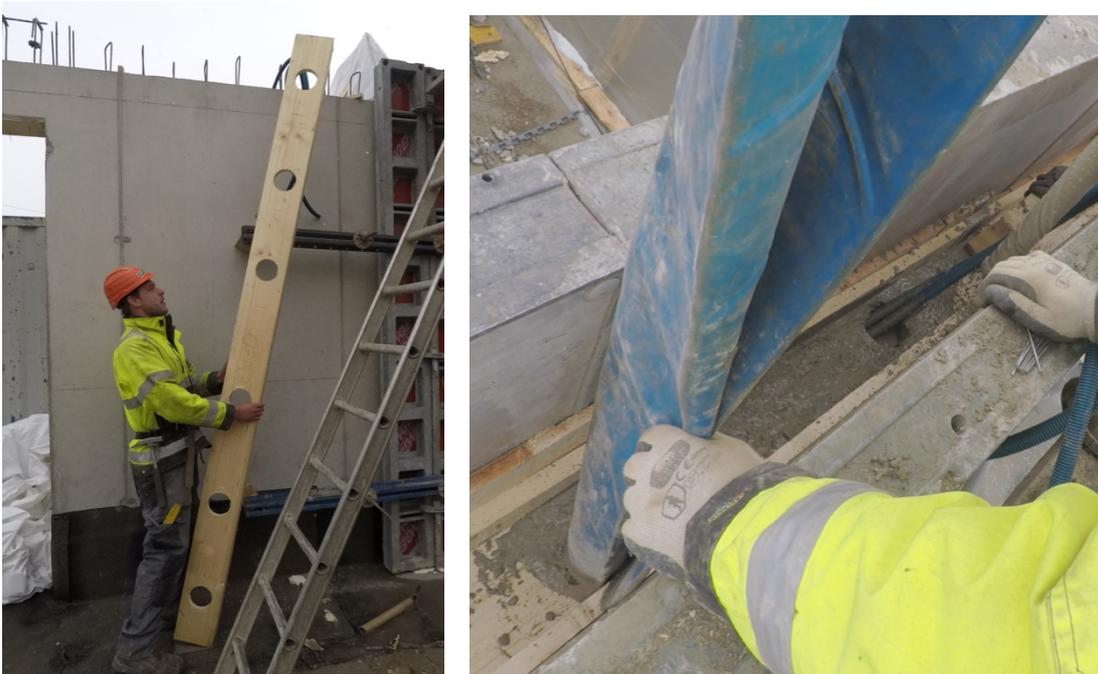


Abb. 153: Betonier- und Rüttelöffnungen

6.7.6 Ausschalen

Am 20.03.18 um 10:08 Uhr wurde die Schließschalung der Musterfläche 4 ohne Sichtbetonanforderung bereits einen Tag nach Betonage geöffnet. Die Stellschalung wurde erst am 21.03.18 um 12:45 Uhr, zwei Tage nach Betonierende, geöffnet. (siehe Tab. 89)

	A	B	C	D	E	F	G
1	MUSTERFLÄCHE 4		AUSSCHALEN		Entschalt nach	1 bis 2	Tage
2					Entschaldauer	33	min
3	Öffnen Schließschalung			Öffnen Stellschalung			
4	Start	20.03.18	tt.mm.jj	Start	21.03.18	tt.mm.jj	
5	Uhrzeit	10:08	hh:mm	Uhrzeit	12:45	hh:mm	
6	Witterung	leichter Schneefall		Witterung	bewölkt		
7	Lufttemperatur	-1,8	°C	Lufttemperatur	1,2	°C	
8	Luftfeuchtigkeit	85	%	Luftfeuchtigkeit	76	%	
9	Ende	20.03.18	tt.mm.jj	Ende	21.03.18	tt.mm.jj	
10	Uhrzeit	10:35	hh:mm	Uhrzeit	12:51	hh:mm	
11	Witterung	leichter Schneefall		Witterung	bewölkt		
12	Lufttemperatur	-1,8	°C	Lufttemperatur	1,2	°C	
13	Luftfeuchtigkeit	85	%	Luftfeuchtigkeit	76	%	
14	Gesamtdauer	27	min	Gesamtdauer	6	min	

Tab. 89: Ausschaldokumentation der Musterfläche 4

6.7.7 Ergebnis

Das Ergebnis der Musterwand 4 ist in den folgenden Abb. 154 und Abb. 155 ersichtlich. Aufgrund der geringen Außentemperaturen konnte der Beton keine ausreichend hohe Hydratationswärme aufbauen. Die Betonoberfläche ist fast auf der gesamten Fläche abgerissen. Die Musterflächen mit Auftrag eines Trennmittels erzielten ein besseres Ergebnis. Es wurde deshalb beschlossen, niemals auf Trennmittel zu verzichten und die weiteren Sichtbetonelemente bei kalten Außenlufttemperaturen (unter 0 °C) zu beheizen.



Abb. 154: Ergebnis der Musterfläche 4 nach dem Ausschalen

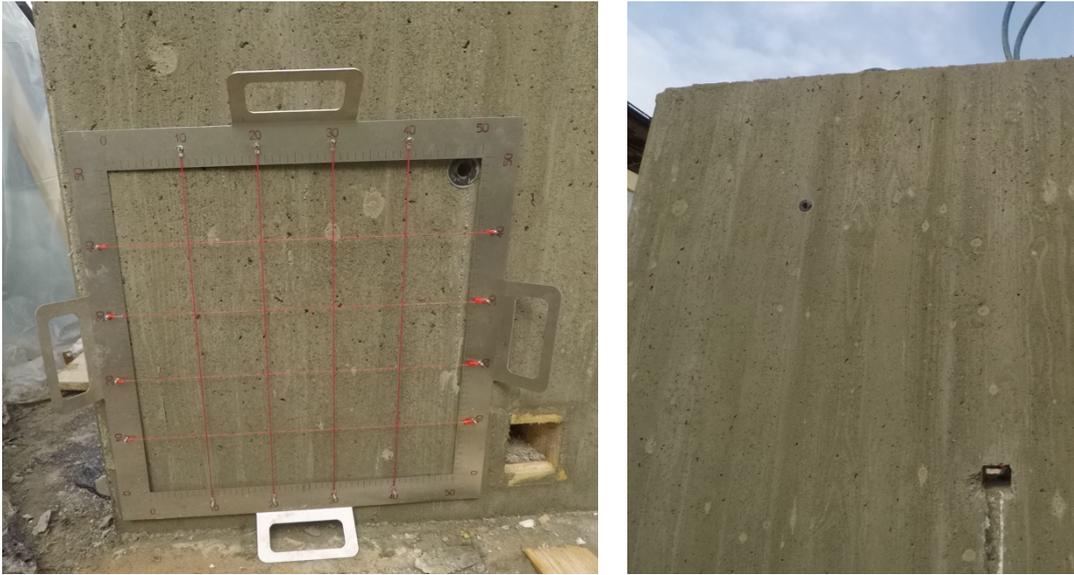


Abb. 155: Ergebnis der Musterfläche 4 nach dem Ausschalen

6.8 Musterfläche 5

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 11. und 12. Kalenderwoche. Die Musterfläche 5 befindet sich im Erdgeschoß und in Abb. 64 ist die Lage ersichtlich. Die Sichtbetonqualität wurde nur bei der Stellschalung erprobt. Diese Musterfläche wurde in zwei Hälften geteilt. Bei einer Hälfte erfolgte die Anwendung von einer Primärschicht mit Imprägnier-Grund der Firma Pullex und einer Sekundärschicht mit Trennmittel AL2000 der Firma Ringer. Bei der anderen Hälfte wurde doppelt Trennmittel AL2000 der Firma Ringer aufgetragen. Der Herstellungsprozess der Musterfläche 5 ist in Abb. 157 abgebildet.

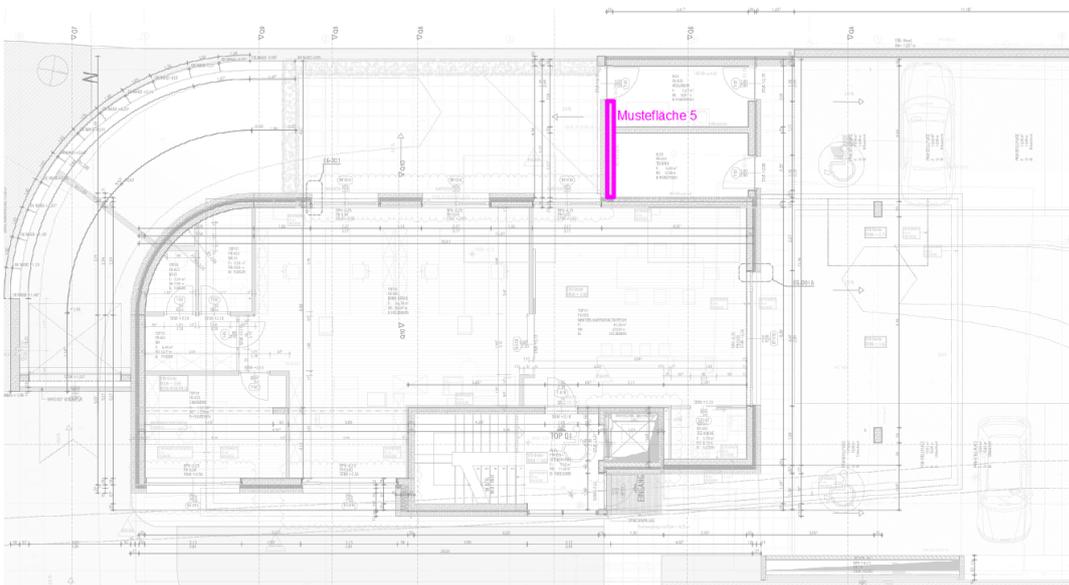


Abb. 156: Lage der Musterwand 5

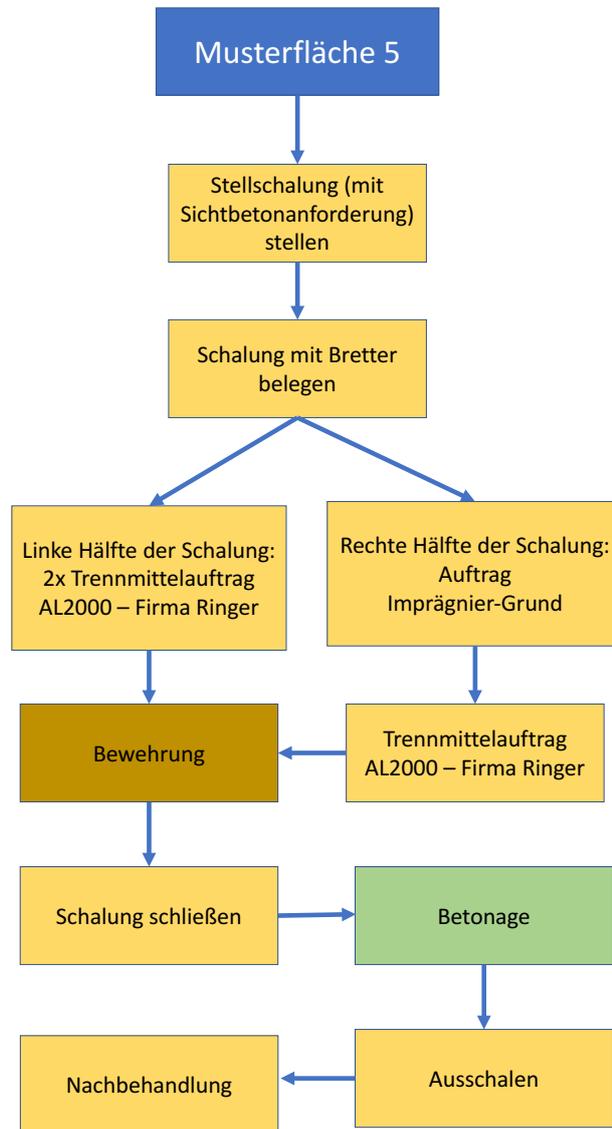


Abb. 157: Herstellungsprozess der Musterfläche 5

6.8.1 Sichtbetonschalung belegen

Die Arbeitskräfte begannen mit den Arbeiten der Stellschalung mit Sichtbetonanforderung am 16.03.18 in der Früh bei Arbeitsbeginn. Diese Arbeit erfolgte nach den folgenden Bedingungen aus Tab. 90.

Für das Belegen der Schalung (siehe Abb. 158) benötigten drei Arbeitskräfte 40 Minuten. In Abb. 159 ist die fertigbelegte Sichtschalung zu sehen.

	A	B	C
1	Stellschalung		
2	Start	16.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:00	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	4,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	82	%
7	Ende	16.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	14:10	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	10,7	°C
11	Luftfeuchtigkeit	74	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	385	min

Tab. 90: Stellschalung Musterfläche 5



Abb. 158: Bretter belegen



Abb. 159: Belegte Schalung

6.8.2 Auftrag Trennmittel und Imprägnier-Grund

Zur Erprobung verschiedener Anwendungen wurde die Schalung der Musterfläche 5 in zwei Hälften geteilt. (siehe Abb. 161) Die linke Hälfte wurde doppelt mit Trennmittel eingesprüht und die zweite Hälfte mit einem Imprägnier-Untergrund, worauf das Trennmittel AL2000 der Firma Ringer aufgesprüht wurde. Die Dokumentation des Auftrags ist aus Tab. 91 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	Auftrag Stellschalung			
2		Trennmittel	Imprägnier-Grund	
3	Start	16.03.18	16.03.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	14:13	14:22	hh:mm
5	Witterung	sonnig	sonnig	
6	Lufttemperatur	10,7	10,7	°C
7	Luftfeuchtigkeit	74	74	%
8	Ende	16.03.18	16.03.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	14:17	14:31	hh:mm
10	Witterung	sonnig	sonnig	
11	Lufttemperatur	10,7	10,7	°C
12	Luftfeuchtigkeit	74	74	%
13	Gesamtdauer	4	9	min

Tab. 91: Dokumentation vom Auftrag des Trennmittels und des Imprägnier-Grunds

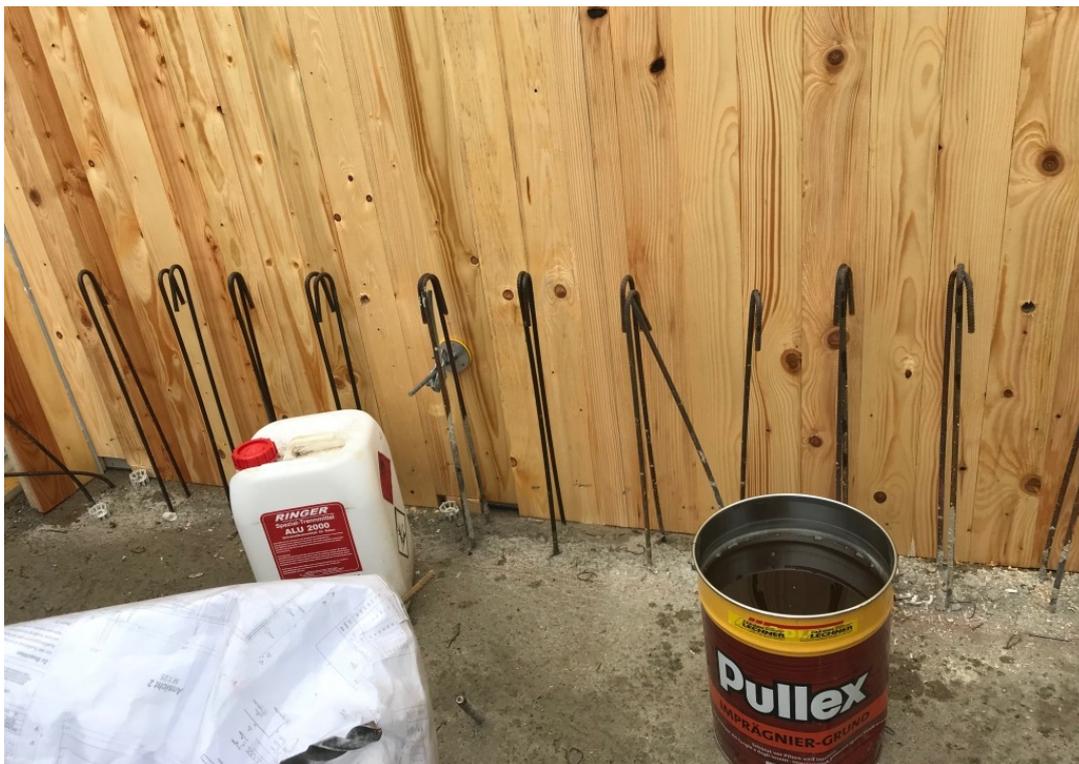


Abb. 160: verwendete Produktionsfaktoren



Abb. 161: Aufteilung der Schalung

6.8.3 Bewehrung

Diesen Bauteil bewehrte ein Subunternehmen. Die Bewehrungsbedingungen sind aus Tab. 92 zu entnehmen.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	19.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:30	hh:mm
4	Witterung	leichter Schneefall	
5	Lufttemperatur	-0,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	83	%
7	Ende	19.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	08:30	hh:mm
9	Witterung	leichter Schneefall	
10	Lufttemperatur	-0,4	°C
11	Luftfeuchtigkeit	83	%
12	Gesamtdauer	60	min

Tab. 92: Bewehrungsbedingungen der Musterfläche 5

Abb. 162 stellt den Bewehrungsplan der Musterfläche 5 im Grundriss dar. Die Betonüberdeckung beträgt 3,00 cm. Der Bewehrungsgrad des Bauteils liegt laut Bewehrungsplan des Statikers bei $105,09 \text{ kg/m}^3$ und ist in der Tab. 93 dargestellt.

Bewehrungsverhältnis	42,2	Stabstahl [%]
	57,8	Mattenstahl [%]
Einbaumenge	1,67	m ³
Bewehrungsmenge	175,5	kg
Bewehrungsgrad	105,09	kg/m ³

Tab. 93: Bewehrung Musterfläche 5

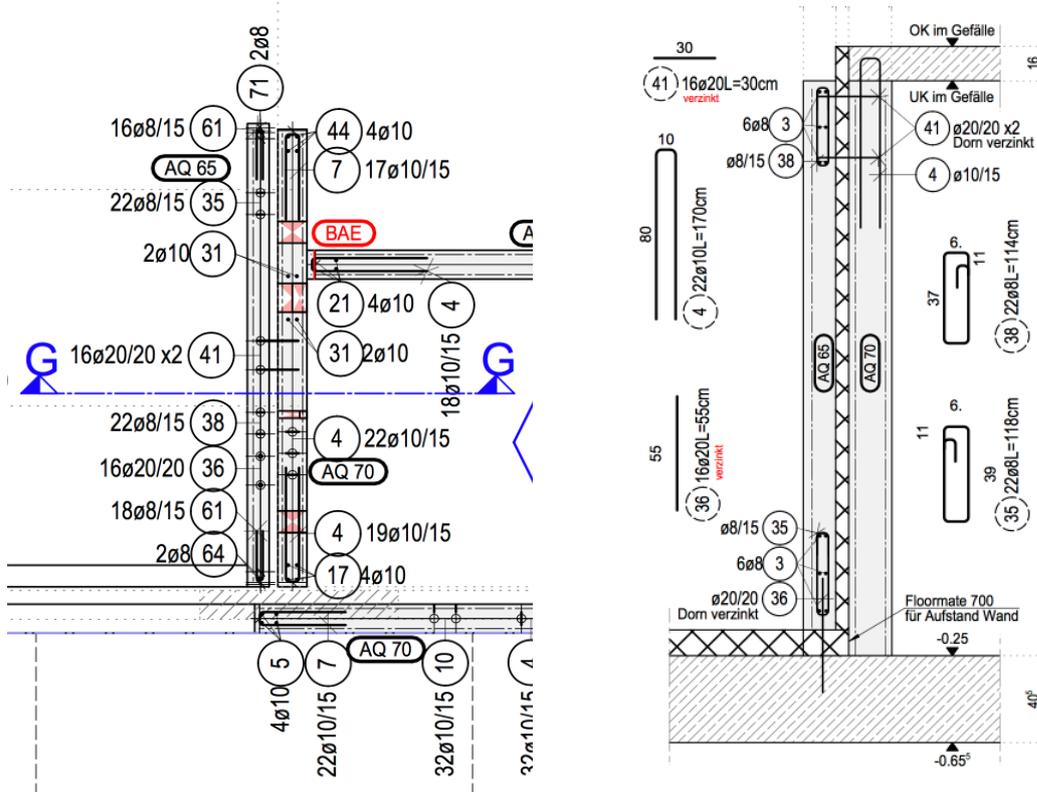


Abb. 162: Bewehrungsplan im Grundriss und Schnitt G-G

In der folgenden Abb. 163 ist die fertiggestellte Bewehrung des Bauteils zu sehen.

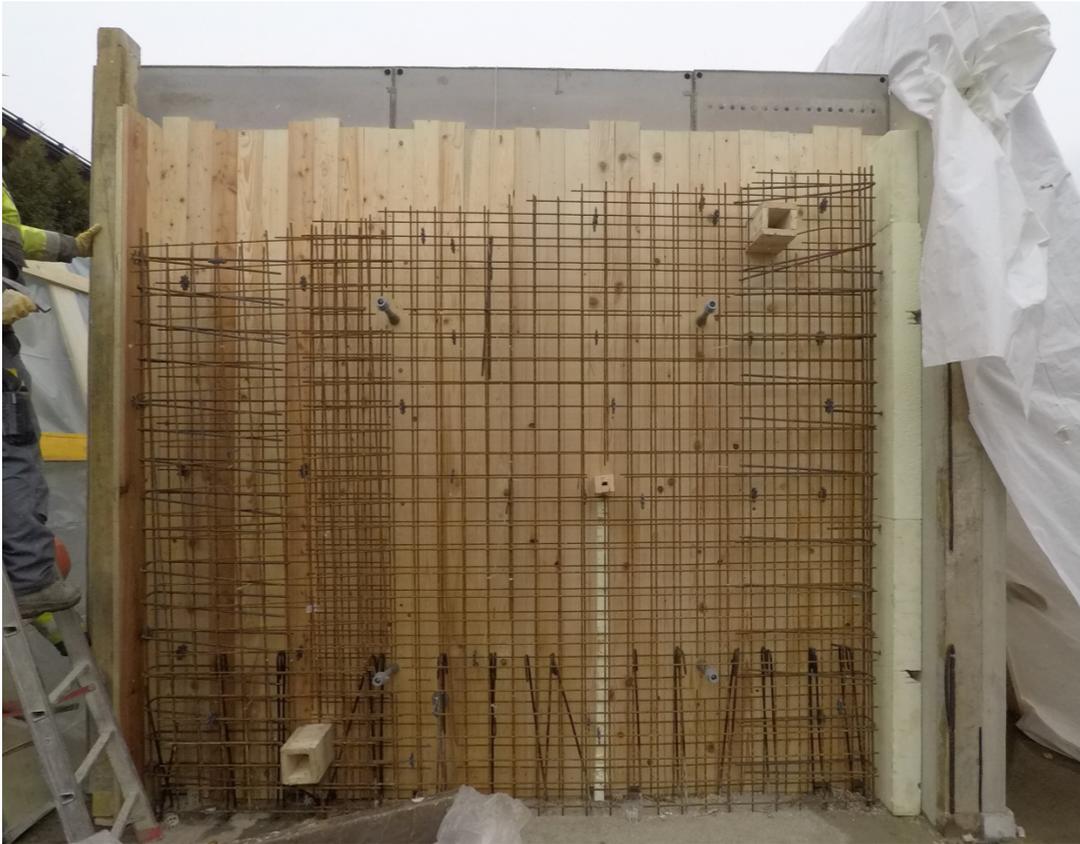


Abb. 163: Bewehrung der Musterfläche 5

6.8.4 Schalung schließen

Die Schließschalung ohne Sichtbetonanforderung wurde laut nachfolgenden Bedingungen aus Tab. 35 vorgenommen.

	A	B	C
1	Schließschalung		
2	Start	19.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	11:50	hh:mm
4	Witterung	leichter Schneefall	
5	Lufttemperatur	1	°C
6	Luftfeuchtigkeit	82	%
7	Ende	19.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	13:10	hh:mm
9	Witterung	leichter Schneefall	
10	Lufttemperatur	1,7	°C
11	Luftfeuchtigkeit	82	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	50	min

Tab. 94: Schließschalung Musterfläche 5

6.8.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 95 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für diesen Abschnitt mit einer Einbaumenge von 1,67 m³ wurde nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	Tag	19.03.18	tt.mm.jj	
2	Ankunft Mischfahrzeug	14:03	hh:mm	
3	Einbaubeginn	14:17	hh:mm	
4	Einbauende	15:13	hh:mm	
5	Arbeitsgruppengröße	4	Personen	
6	Witterung bei Start	leichter Schneefall		
7		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
8	Witterung	°C	%	hh:mm
9	1	1,9	81	14:06
10	2	1,9	81	14:29
11	3	1,9	81	14:39
12	4	1,9	81	14:48
13	5	1,8	81	15:01
14	6	1,7	81	15:14
15	Witterung bei Ende	leichter Schneefall		

Tab. 95: Betonierbedingungen der Musterfläche 5

Das Diagramm aus Abb. 164 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade kennzeichnet die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt konnte die 5-Grad-Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer nicht eingehalten werden.

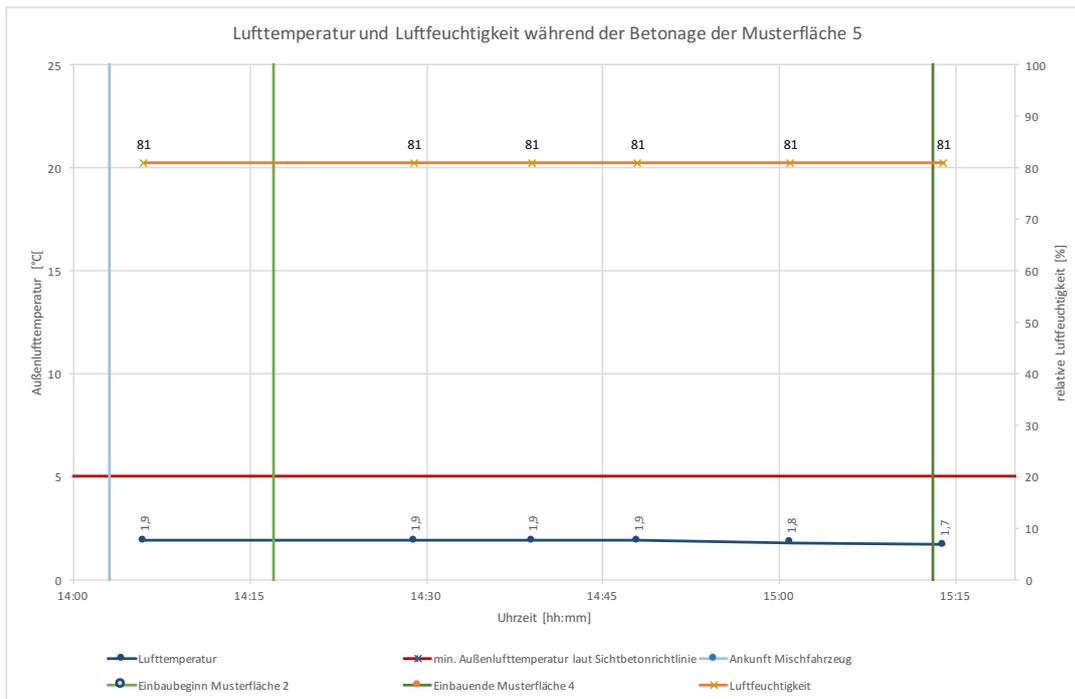


Abb. 164: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 5

Auf der Länge von 3,17 m wurde an 3 Einfüllstellen, also im Abstand von ca. 1,05 m, Beton eingebracht. Es wurde in 6 Schüttlagen betoniert und die Schüttlagenhöhe ist aus Tab. 96 zu entnehmen. Der gesamte Einbau dauerte 56 Minuten, was mit der Einbaumenge von 1,67 m³ eine Einbauleistung von 1,85 m³/h ergibt.

	A	B	C	D	E
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]
2	1	50	14:17	14:24	7
3	2	50	14:24	14:29	5
4	3	50	14:29	14:30	1
5	4	50	14:32	14:38	6
6	5	46-50	14:38	14:48	10
7	6	31	15:02	15:13	11

Tab. 96: Schüttlagendokumentation der Musterfläche 5

Die Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft. (siehe Tab. 97)

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C		Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]
2	Kübel 1	18	14:15	14:30	15
3	Kübel 2	19,2	14:32	14:44	12
4	Kübel 3	17,4	14:46	15:23	37

Tab. 97: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Das Diagramm der Frischbetontemperaturentwicklung ist vom Abschnitt Musterfläche 4 aus der Abb. 151 zu entnehmen. (Seite 153) Bei der Betonage der Musterfläche 4 und 5 wurde das Ausbreitmaß nur einmal kontrolliert. (siehe Seite 154 und Abb. 152)

6.8.6 Ausschalen

Die Schließschalung ohne Sichtbetonanforderung wurde zwei Tage nach Betonierende ausgeschalt. Erst einen Tag später wurde die Stellschalung geöffnet. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 98 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E	F	G
1	MUSTERFLÄCHE 5		AUSSCHALEN		Entschalt nach	2-3	Tage
2					Entschaldauer	56	min
3	Öffnen Schließschalung			Öffnen Stellschalung			
4	Start	22.03.18	tt.mm.jj	Start	23.03.18	tt.mm.jj	
5	Uhrzeit	10:41	hh:mm	Uhrzeit	12:34	hh:mm	
6	Witterung	sonnig		Witterung	leichter Schneefall		
7	Lufttemperatur	0,3	°C	Lufttemperatur	4,5	°C	
8	Luftfeuchtigkeit	52	%	Luftfeuchtigkeit	74	%	
9	Ende	22.03.18	tt.mm.jj	Ende	23.03.18	tt.mm.jj	
10	Uhrzeit	11:26	hh:mm	Uhrzeit	12:45	hh:mm	
11	Witterung	sonnig		Witterung	leichter Schneefall		
12	Lufttemperatur	1,3	°C	Lufttemperatur	4,5	°C	
13	Luftfeuchtigkeit	48	%	Luftfeuchtigkeit	74	%	
14	Gesamtdauer	45	min	Gesamtdauer	11	min	

Tab. 98: Ausschaldokumentation der Musterfläche 5

6.8.7 Ergebnis

Das gewünschte Ergebnis wurde bei beiden Hälften noch nicht erzielt. Wie bei den vorherigen Musterwänden riss die Betonoberfläche ab. In den Abb. 165, Abb. 166, Abb. 167 und Abb. 168 ist ersichtlich, dass die eine Hälfte, worauf nur Trennmittelauftrag erfolgte, ein schlechteres Ergebnis lieferte. (Abriss mehr als 50% der Betonoberfläche) Die Porigkeit liegt im angemessenen Rahmen.



Abb. 165: Ergebnis Sichtbetonwand direkt nach dem Ausschalen

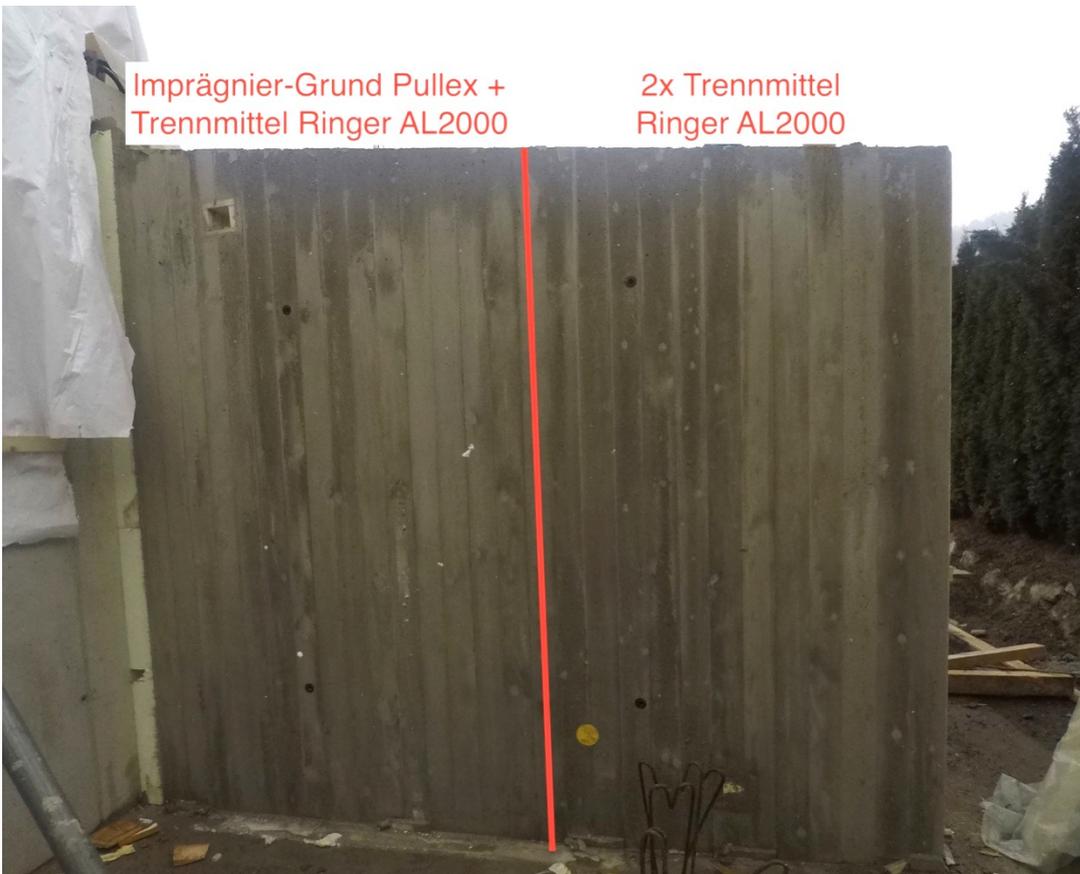


Abb. 166: Aufteilung der Sichtbetonwand



Abb. 167: Ergebnis Auftrag mit Imprägnier-Grund + Trennmittel AL2000

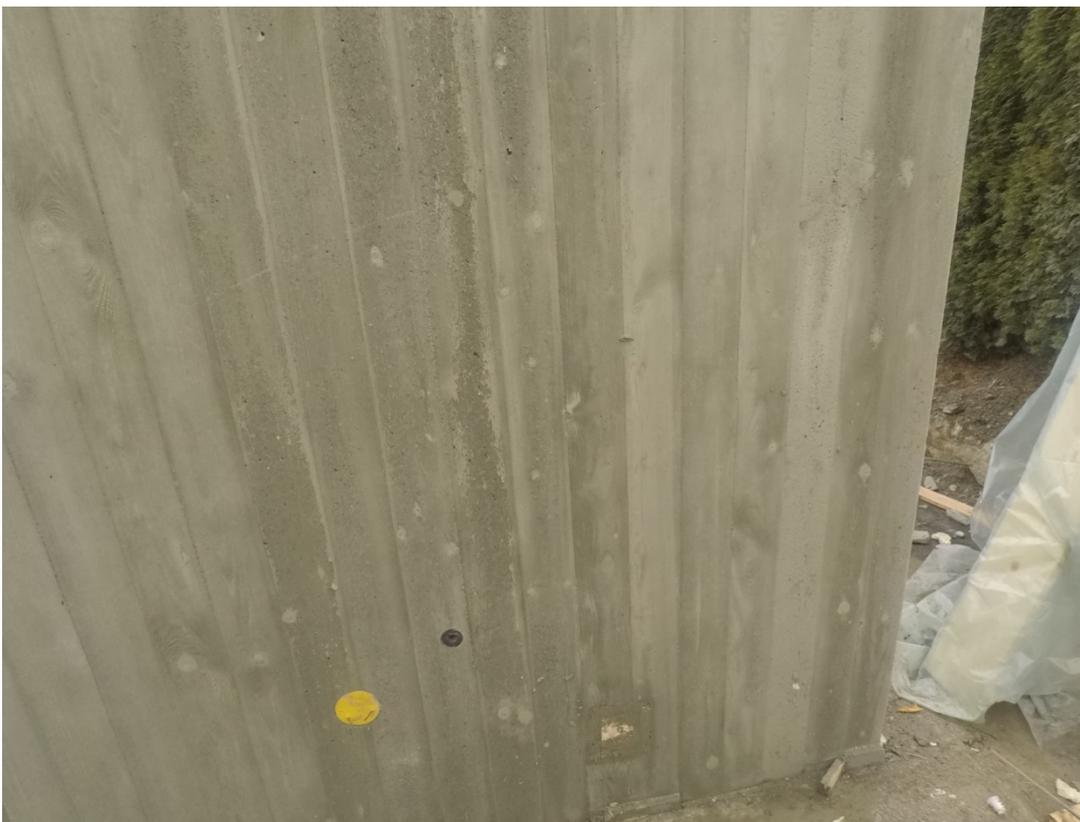


Abb. 168: Ergebnis Sichtbeton mit 2x Trennmittelauftrag AL2000

6.9 Musterfläche 6

Die Herstellung der Musterfläche 6 erfolgte in der 12. Kalenderwoche. Die Musterwand 6 wurde auf einer Plane errichtet und nach dem Ausschalen entsorgt. Die Herstellungsschritte für die Musterfläche 6 sind in der Abb. 169 dargestellt.

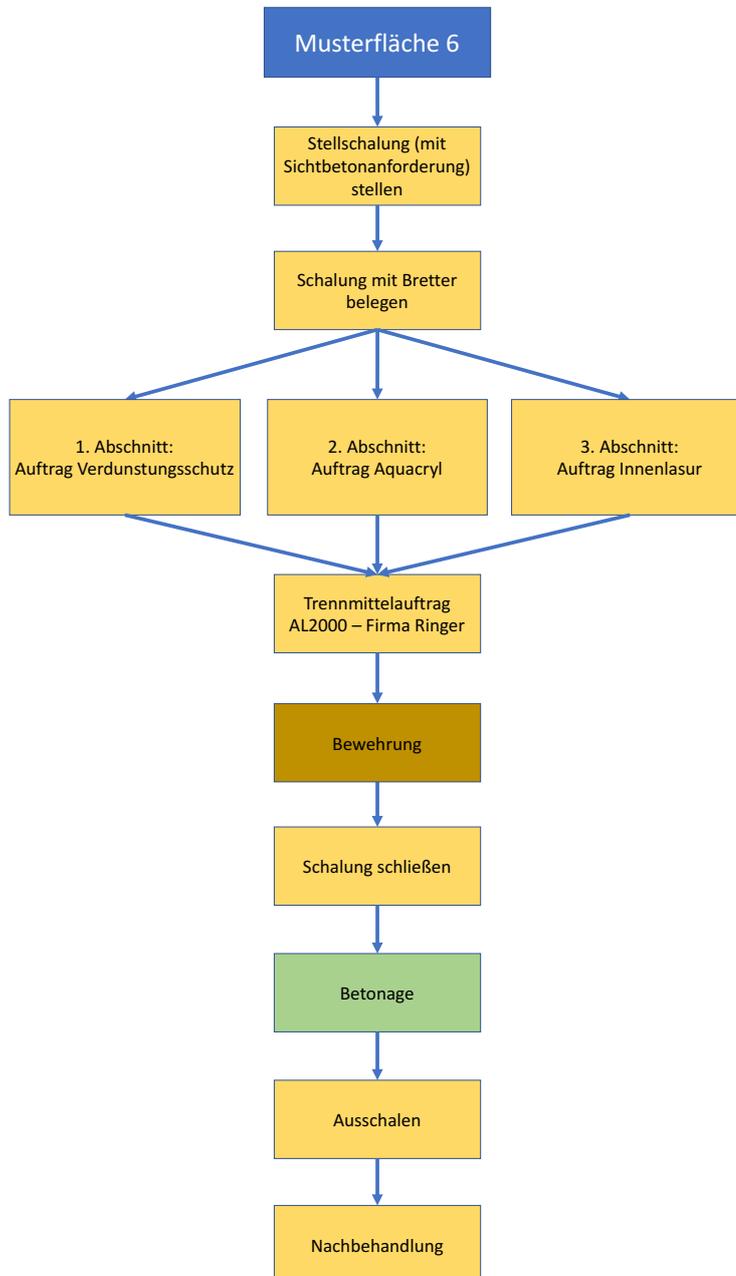


Abb. 169: Herstellungsprozess der Musterfläche 6

6.9.1 Sichtbetonschalung belegen

Die Arbeitskräfte begannen mit den Arbeiten der Stellschalung mit Sichtbetonanforderung am 20.03.18 um 07:21 Uhr. Diese Arbeit erfolgte nach den folgenden Bedingungen aus Tab. 99.

	A	B	C
1	Stellschalung		
2	Start	20.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:21	hh:mm
4	Witterung	leichter Schneefall	
5	Lufttemperatur	-2,9	°C
6	Luftfeuchtigkeit	86	%
7	Ende	20.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	07:57	hh:mm
9	Witterung	leichter Schneefall	
10	Lufttemperatur	-2,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	86	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	36	min

Tab. 99: Stellschalung Musterfläche 6

Für diese Musterwand verwendeten die Bauarbeiter die Holzreste von den letzten Abschnitten. Diese Musterwand diente nur dem Zweck, um zu sehen, bei welcher Anwendung die Betonoberfläche nicht abreißt.



Abb. 170: Schalung belegen

6.9.2 Auftrag Voranstrich und Trennmittel

Die Sichtbetonfläche der Musterwand wurde in 3 Abschnitte eingeteilt. Beim ersten Abschnitt erfolgte ein Primärschichtauftrag mit Verdunstungsmittel (siehe Abb. 171), der zweite Abschnitt mit Aquacryl (siehe Abb. 172) und der letzte mit einer Innenlasur (siehe Abb. 173). Der Auftrag der Primärschichten erfolgte nach den Aufzeichnungen aus Tab. 100. Aufgrund der kalten Außentemperaturen bauten die Arbeiter ein Zelt über die Schalung und beheizten es, da das Verdunstungsmittel nicht frieren darf.

	A	B	C	D	E
1	Auftrag Stellschalung				
2		Verdunstungsmittel	Aquacryl	Innenlasur	
3	Start	20.03.18	20.03.18	20.03.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	08:16	08:22	08:27	hh:mm
5	Witterung	leichter Schneefall	leichter Schneefall	leichter Schneefall	
6	Lufttemperatur	-2,8	-2,8	-2,8	°C
7	Luftfeuchtigkeit	86	86	86	%
8	Ende	20.03.18	20.03.18	20.03.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	08:21	08:26	08:30	hh:mm
10	Witterung	leichter Schneefall	leichter Schneefall	leichter Schneefall	
11	Lufttemperatur	-2,8	-2,8	-2,8	°C
12	Luftfeuchtigkeit	86	86	86	%
13	Gesamtdauer	5	4	3	min

Tab. 100: Auftrag Voranstrich



Abb. 171: Auftrag Teil 1 Musterfläche 6



Abb. 172: Auftrag Teil 2 Musterfläche 6



Abb. 173: Auftrag Teil 3 Musterfläche 6

Nach einer Trocknungszeit von 52 min wurde die gesamte Fläche mit dem Trennmittel AL2000 der Firma Ringer eingesprüht. Die Dokumentation des Trennmittelauftrags ist aus der Tab. 101 zu entnehmen.

	A	B	C
1	Trennmittelauftrag Stellschalung		
2	Start	20.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	10:22	hh:mm
4	Witterung	leichter Schneefall	
5	Lufttemperatur	-1,7	°C
6	Luftfeuchtigkeit	84	%
7	Ende	20.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:24	hh:mm
9	Witterung	leichter Schneefall	
10	Lufttemperatur	-1,7	°C
11	Luftfeuchtigkeit	84	%
12	Gesamtdauer	2	min

Tab. 101: Trennmittelauftrag

6.9.3 Schalung schließen

Die Schließschalung, ohne Sichtbetonanforderung, wurde laut nachfolgenden Bedingungen aus Tab. 102 vorgenommen.

	A	B	C
1	Schließschalung		
2	Start	20.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	10:26	hh:mm
4	Witterung	Schneefall	
5	Lufttemperatur	-1,7	°C
6	Luftfeuchtigkeit	85	%
7	Ende	20.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:39	hh:mm
9	Witterung	Schneefall	
10	Lufttemperatur	-1,7	°C
11	Luftfeuchtigkeit	85	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	13	min

Tab. 102: Dokumentation des Schalung-Schließens

Der erste Abschnitt wurde vom zweiten Abschnitt konstruktiv getrennt. (siehe Abb. 174)



Abb. 174: Schließschalung Musterfläche 6

6.9.4 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 103 aufgelisteten Daten eingebaut. Für diesen Abschnitt, mit einer Einbaumenge von 0,73 m³ wurde nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	Tag	20.03.18	tt.mm.jj	
2	Ankunft Mischfahrzeug	11:13	hh:mm	
3	Einbaubeginn	11:30	hh:mm	
4	Einbauende	11:46	hh:mm	
5	Arbeitsgruppengröße	4	Personen	
6	Witterung bei Start	Schneefall		
7		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
8	Witterung	°C	%	hh:mm
9	1	-0,8	85	11:18
10	2	-0,8	85	11:28
11	3	-0,8	84	11:39
12	4	-0,8	84	11:47
13	Witterung bei Ende	Schneefall		

Tab. 103: Betonierbedingungen der Musterfläche 6

Das Diagramm in Abb. 175 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade spiegelt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton wider. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs

auf der Baustelle. Die Einbaudauer wird durch die braune Linie (Einbaubeginn) und die grüne Linie (Einbauende) begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die 5 Grad Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer unterschritten.

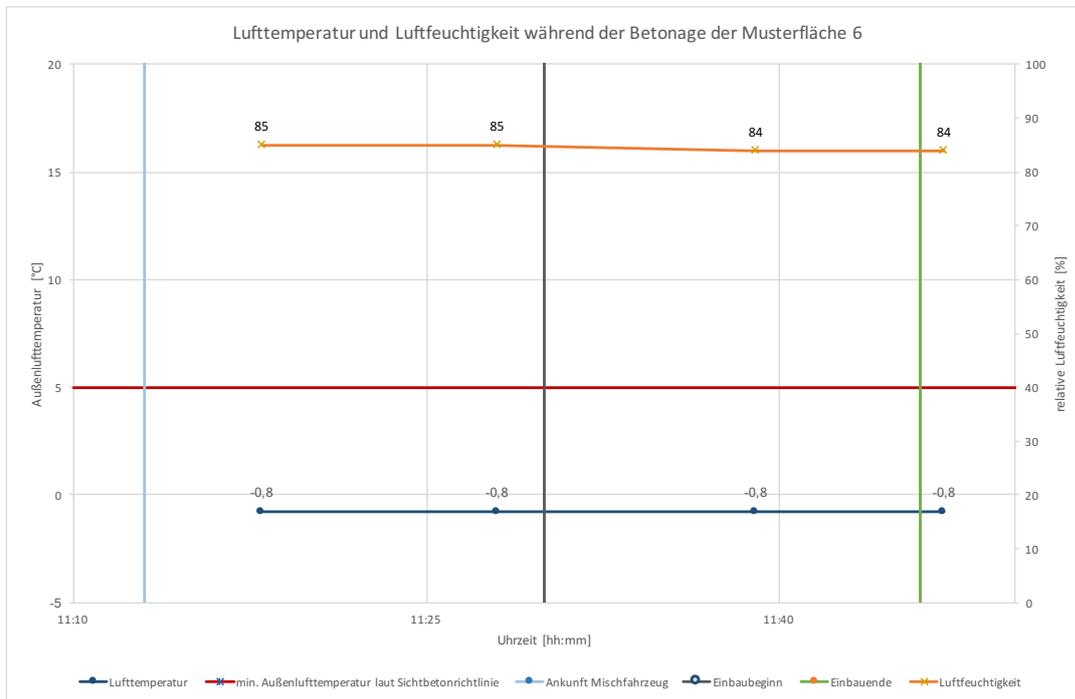


Abb. 175: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Musterfläche 6

Auf der Länge von 3,30 m wurde an 4 Einfüllstellen, also im Abstand von ca. 0,83 m, Beton eingebracht. Es wurde in 3 Schüttlagen betoniert, die Schüttlagendokumentation ist aus Tab. 104 zu entnehmen. Nach 16 Minuten war der Betoneinbau beendet. Die Einbaumenge von 0,73 m³ ergibt eine Einbauleistung von 2,76 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 2,33 m eine Steiggeschwindigkeit von 2,25 m/h.

	A	B	C	D	E
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]
2	1	50	11:30	11:32	2
3	2	50	11:34	11:41	7
4	3	10	11:42	11:45	3

Tab. 104: Schüttlagendokumentation

Die in Tab. 105 angeführte Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	9,8	11:25	11:36	11
3	Kübel 2	9,6	11:38	11:45	7

Tab. 105: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 176 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die gelbe Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die Mindestfrischbetontemperatur über die gesamte Betonierdauer unterschritten.

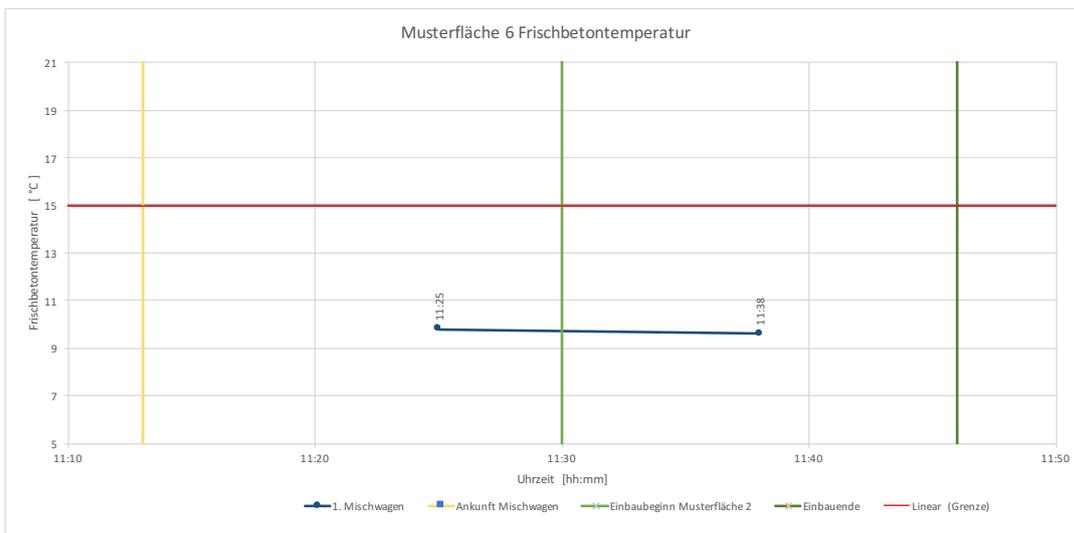


Abb. 176: Frischbetontemperatur der Musterfläche 6



Abb. 177: Betoneinbringung

Hierbei war kein Laborant anwesend. In Abb. 178 sind die aufsteigenden Luftblasen beim Rütteln des Betons gut zu erkennen.



Abb. 178: Betonverdichtung

6.9.5 Ausschalen

Einen Tag nach Betonierende wurde die Schalung der Musterfläche 6 geöffnet. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 106 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	MUSTERFLÄCHE 6		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schalung			
4	Start	21.03.18	tt.mm.jj	
5	Uhrzeit	07:00	hh:mm	
6	Witterung	leichter Schneefall		
7	Lufttemperatur	-4,7	°C	
8	Luftfeuchtigkeit	86	%	
9	Ende	21.03.18	tt.mm.jj	
10	Uhrzeit	07:12	hh:mm	
11	Witterung	leichter Schneefall		
12	Lufttemperatur	-4,7	°C	
13	Luftfeuchtigkeit	86	%	
14	Gesamtdauer	12	min	

Tab. 106: Ausschaldokumentation der Musterfläche 6

6.9.6 Ergebnis

Abb. 179 zeigt das Ergebnis der 3 verschiedenen erprobten Abschnitte der Musterwand 6. Alle Abschnitte in Abb. 180 und Abb. 181 erzielten ein gutes Ergebnis. Jedoch überzeugte der Abschnitt mit der Anwendung von Verdunstungsmittel und darauf auftragendem Trennmittel (siehe Abb. 180) hinsichtlich Abriss, Farbgleichheit und Holzstrukturerkennbarkeit am meisten. Darauf aufbauend wurde für die weiteren Sichtbetonbauteile diese Anwendung ausgewählt.



Abb. 179: Ergebnis der Musterfläche 6



Abb. 180: Ergebnis mit Verdunstungsmittel



Abb. 181: Ergebnis mit Aquacryl und Innenlasur

6.10 Fassade 1

Die Herstellung dieser Fassade 1 erfolgte in der 12. und 13. Kalenderwoche. Die Fassade 1 befindet sich im Erdgeschoß und in Abb. 182 ist deren Lage dargestellt. Der Ablauf des Herstellungsprozesses ist in Abb. 183 dargestellt.

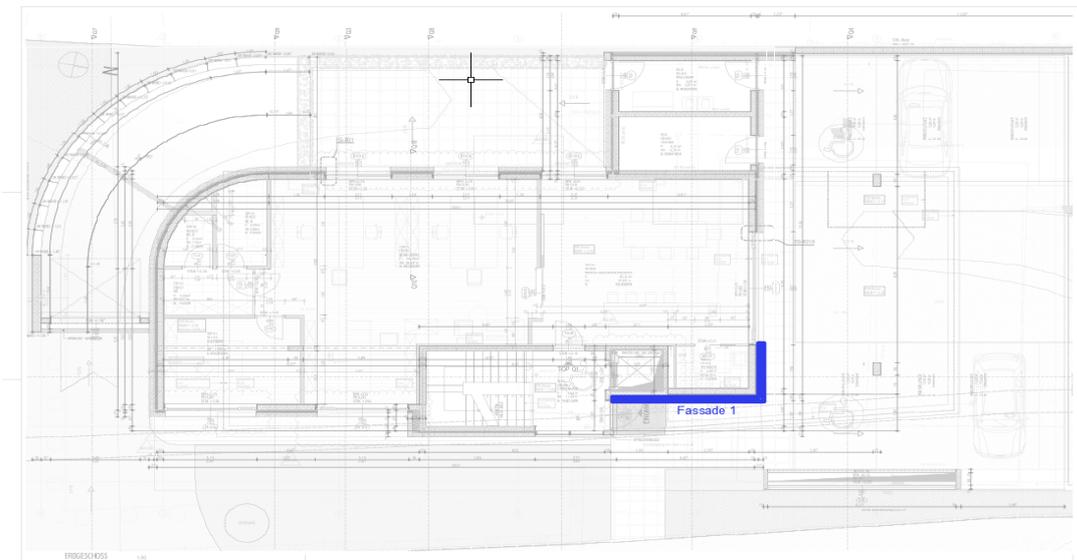


Abb. 182: Lage der Fassade 1

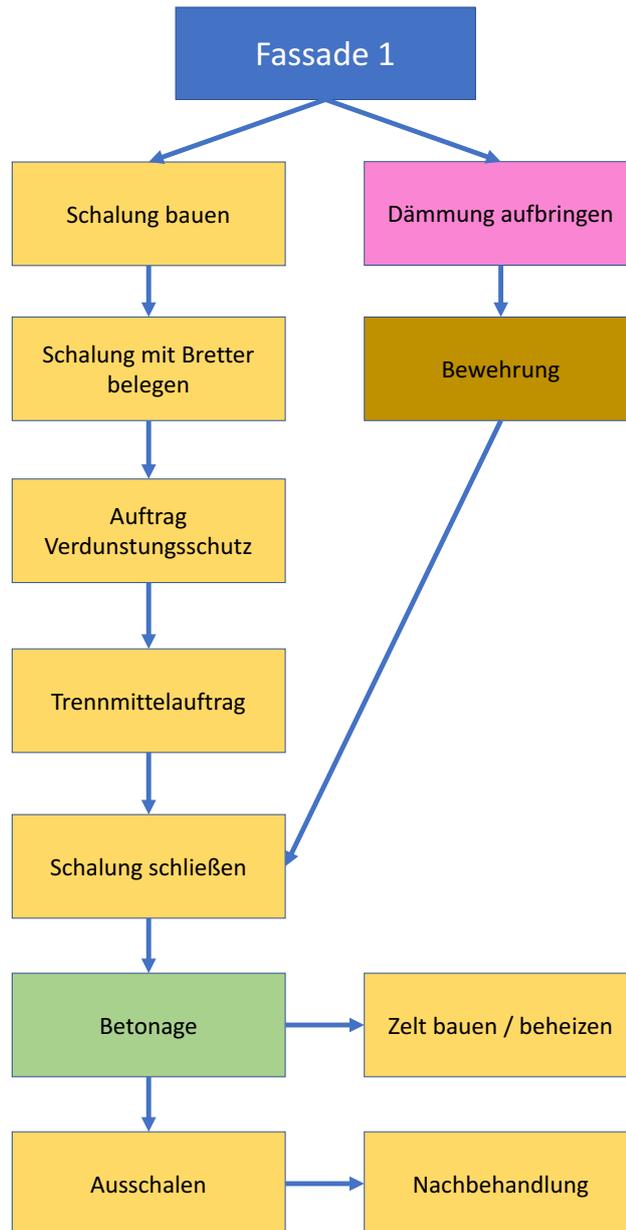


Abb. 183: Herstellungsprozess der Fassade 1

6.10.1 Dämmung und Bewehrung

Die Isolierarbeiten erfolgten am 19. und 20.03.2018, zwei Arbeitskräfte benötigten dafür insgesamt 1 h und 20 min. Die Dokumentation der Bewehrungsarbeiten ist in Tab. 107 ersichtlich.

Die folgende Abb. 185 zeigt die fertiggestellten Isolierungs- und Bewehrungsarbeiten.

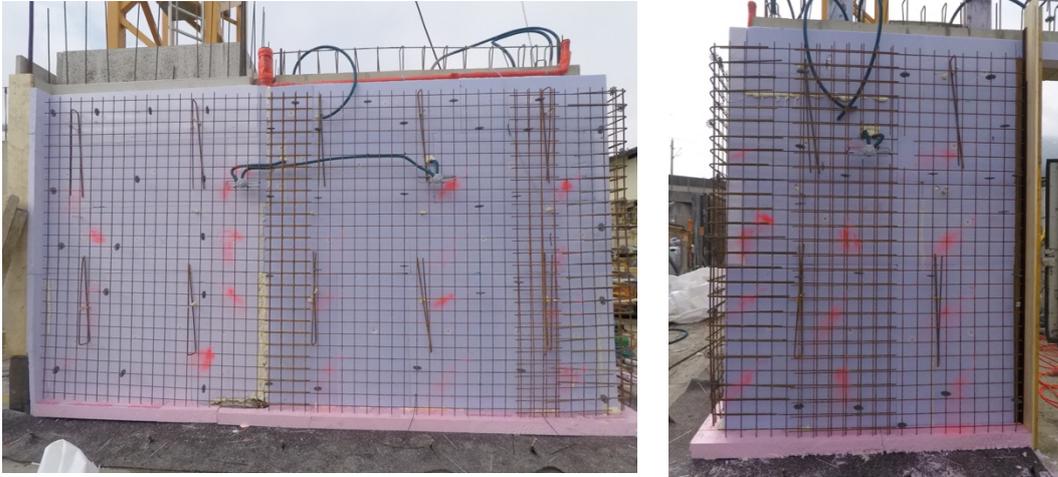


Abb. 185: Dämmung und Bewehrung der Fassade 1

6.10.2 Schalung belegen

Die Arbeitskräfte begannen mit den Arbeiten der einseitigen Schalung mit Sichtbetonanforderung am 20.03.18 nach der Mittagspause. Diese Arbeit erfolgte unter folgenden Bedingungen aus Tab. 109.

	A	B	C
1	Einseitige Schalung		
2	Start	20.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	12:32	hh:mm
4	Witterung	leichter Schneefall	
5	Lufttemperatur	0,0	°C
6	Luftfeuchtigkeit	86	%
7	Ende	21.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	14:55	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	2,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	70	%

Tab. 109: Dokumentation der Schalung stellen von Fassade 1

Das Belegen der Schalung mit Brettern (siehe Abb. 186) dauerte insgesamt 3h und 5 min wobei die genauen Zeiten aus Tab. 110 zu entnehmen sind.



Abb. 186: Schalung belegen Teil 1

Belegen Teil 1	20.03.18	tt.mm.jj
Start	13:00	hh:mm
Ende	14:55	hh:mm
Belegen Teil 2	20.03.18	tt.mm.jj
Start	15:32	hh:mm
Ende	16:42	hh:mm

Tab. 110: Bretter belegen der Fassade 1

6.10.3 Auftrag Verdunstungsmittel

Die Vorbehandlung der Schalhaut mit Verdunstungsmittel erfolgte unter folgenden Bedingungen aus Tab. 111.

	A	B	C
1	Auftrag Verdunstungsmittel		
2	TEIL 1 + TEIL 2		
3	Start	21.03.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	07:31	hh:mm
5	Witterung	bewölkt	
6	Lufttemperatur	-4,7	°C
7	Luftfeuchtigkeit	86	%
8	Auftrag	Pinsel	
9	Ende	21.03.18	tt.mm.jj
10	Uhrzeit	08:22	hh:mm
11	Witterung	bewölkt	
12	Lufttemperatur	-4,3	°C
13	Luftfeuchtigkeit	85%	%
14	Gesamtdauer	51	min

Tab. 111: Dokumentation des Auftrages von Verdunstungsmittel

6.10.4 Auftrag Trennmittel

Nachdem das Verdunstungsmittel getrocknet war, erfolgte der Trennmittelauftrag nach den Bedingungen aus Tab. 112.

	A	B		C
1	Auftrag Trennmittel			
2		TEIL 1	TEIL 2	
3	Start	21.03.18	21.03.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	10:23	13:44	hh:mm
5	Witterung	bewölkt	sonnig	
6	Lufttemperatur	-1,9	1,9	°C
7	Luftfeuchtigkeit	81	73	%
8	Zustand Sprühgerät	neu		
9	Ende	21.03.18	21.03.18	tt.mm.jj
10	Uhrzeit	10:31	13:44	hh:mm
11	Witterung	bewölkt	sonnig	
12	Lufttemperatur	-1,7	1,9	°C
13	Luftfeuchtigkeit	81	73	%
14	Gesamtdauer	10		min

Tab. 112: Dokumentation des Trennmittelauftrags von Fassade 1

6.10.5 Schalung schließen

Direkt nach dem Trennmittelauftrag begannen die Arbeiter mit dem Schließen der Schalung und nach 70 min war die Schalung fertig geschlossen. (Bedingungen siehe Tab. 113)

	A	B	C
1	Ende	21.03.18	tt.mm.jj
2	Uhrzeit	14:55	hh:mm
3	Witterung	sonnig	
4	Lufttemperatur	2,8	°C
5	Luftfeuchtigkeit	70	%

Tab. 113: Schalung von Fassade 1 schließen

Die Kennzeichnung der Schüttilagen in 50 cm Abständen erfolgte mit einem Leuchtspray. (siehe Abb. 187)

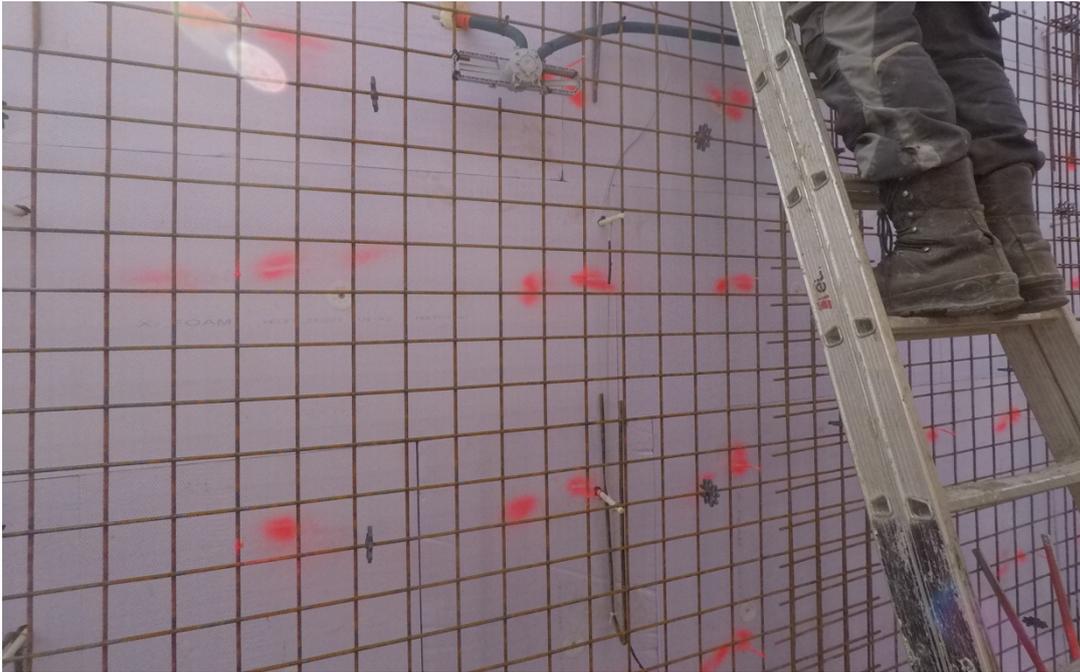


Abb. 187: Schüttagenkennzeichnung

Die fertiggestellte Schalung ist in Abb. 188 ersichtlich.



Abb. 188: Geschlossene Schalung von Fassade 1

6.10.6 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 114 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Dieser Fassadenabschnitt mit einer Einbaumenge von 3,05 m³ wurde gleichzeitig mit der Fassade 4 betoniert. Es wurde nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	FASSADE 1		BETONAGE	
2				
3	Tag	22.03.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	12:25	hh:mm	
5	Einbaubeginn	13:33	hh:mm	
6	Einbauende	15:01	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	sonnig		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	8,1	35	13:33
12	2	8,0	35	13:46
13	3	7,3	35	13:52
14	4	6,7	35	14:03
15	5	7,0	35	14:09
16	6	7,4	35	14:13
17	7	8,1	35	14:20
18	8	8,8	34	14:31
19	9	8,1	34	14:47
20	Witterung bei Ende	sonnig		

Tab. 114: Betonierbedingungen der Fassade 1

Der Kran-Mast lag direkt hinter der Fassade 1. Dadurch entstanden beschränkte Betonierbedingungen für die Arbeitskräfte. (siehe Abb. 189)



Abb. 189: beschränkte Betonierbedingungen

Das Diagramm in Abb. 189 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade stellt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton dar. Die blaue Linie spiegelt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle wieder. Die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die 5-Grad-Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer nicht unterschritten.

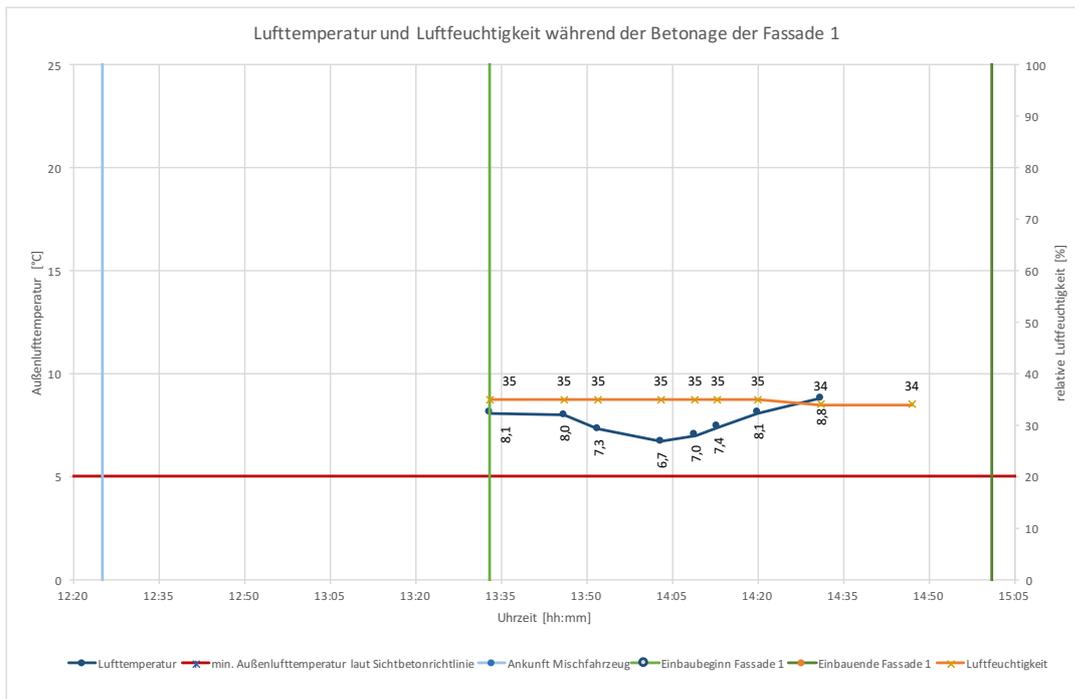


Abb. 190: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 1

Auf der Länge von 7,16 m wurde an 6 Einfüllstellen Beton eingebracht. Um die maximale Schüttlagenhöhe von 50 cm einhalten zu können, wurden insgesamt 6 Schüttlagen benötigt. Die Schüttlagenhöhe ist aus Tab. 115 zu entnehmen. Der gesamte Einbau dauerte 88 Minuten, was mit einer Einbaumenge von 3,05 m³ eine Einbauleistung von 2,08 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 2,84 m eine Steiggeschwindigkeit von 1,94 m/h ergibt. Da die Porenbildung im oberen Bereich des Bauteils am größten ist, verdichtete ein Arbeiter die oberste Schicht um 15:10 Uhr (9 Minuten nach Einbauende) nach.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (min)
2	1	50	13:34	13:48	14	8'30
3	2	50	13:49	13:56	7	8'55
4	3	50	14:06	14:19	13	8'34
5	4	50	14:24	14:38	14	8'52
6	5	50	14:39	14:44	5	
7	6	34	14:45	14:54	9	

Tab. 115: Schüttlagendokumentation Fassade 1

Der Betoneinbau begann bei der Fassade 4. Den zweiten Kübel begannen die Arbeitskräfte dort zu entleeren, den Rest füllten sie in die Fassade 1. Die Frischbetontemperatur jedes Kübels ist aus Tab. 116 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C		Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]
2	Kübel 2	20,7	von Fassade 4	13:42	32
3	Kübel 3	23,1	13:44	14:08	24
4	Kübel 4	21,7	14:11	14:31	20
5	Kübel 5	19,4	14:33	14:46	13
6	Kübel 6	19,6	14:48	14:59	11

Tab. 116: Frischbetontemperatur Fassade 1

Die Abb. 191 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit der Zeit von Fassade 1 und 4. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer der Fassade 1 wird durch die zwei gelben Linien und die der Fassade 2 durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesen zwei Fassadenabschnitten konnte die Mindestfrischbetontemperatur über die gesamte Betonierdauer eingehalten werden.

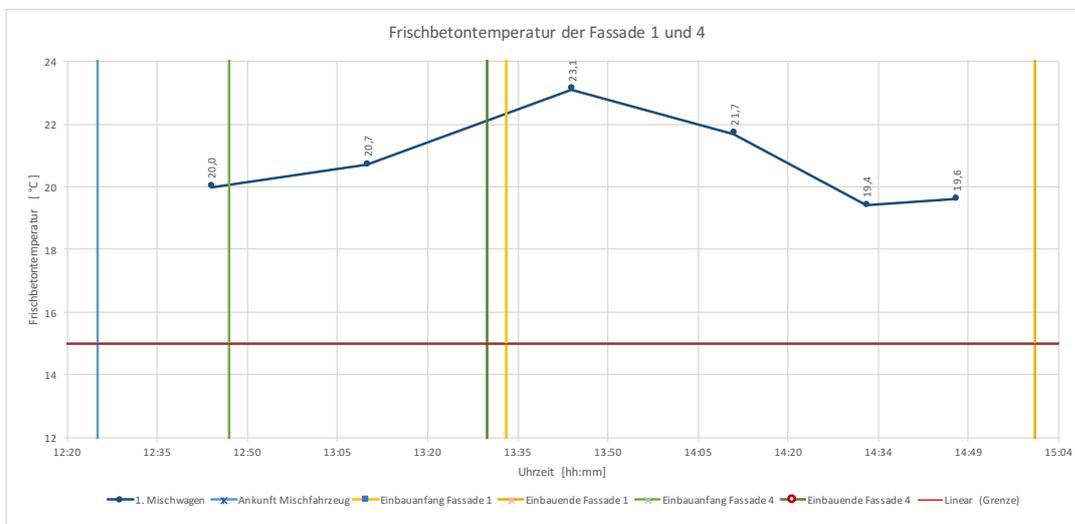


Abb. 191: Frischbetontemperatur der Fassade 1 und 4

Um 12:43 Uhr erfolgte nach augenscheinlicher Kontrolle des Laboranten eine Wasserzugabe von ca. 5 Litern. Das Ausbreitmaß lag um 13:12 Uhr bei 570 mm. (siehe Abb. 192).



Abb. 192: Ausbreitmaß des Betons von Fassade 1 und 4

6.10.7 Ausschalen

Am 26.03.2018 wurde bei Arbeitsbeginn die Fassade 1 vier Tage nach Betonierende ausgeschalt. Die Ausschaldokumentation ist aus der Tab. 117 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	FASSADE 1		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schalung			
4	Entschalt nach	4	Tagen	
5	Start	26.03.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	07:00	hh:mm	
7	Witterung	bewölkt		
8	Lufttemperatur	2,1	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	78	%	
10	Ende	26.03.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	10:55	hh:mm	
12	Witterung	bewölkt		
13	Lufttemperatur	3,5	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	79	%	
15	Gesamtdauer	235	min	

Tab. 117: Ausschaldokumentation der Fassade 1

6.10.8 Ergebnis Teil 1

Das Ergebnis des 1. Teils der Fassade 1 ist in den folgenden Abb. 193, Abb. 194, Abb. 195, Abb. 196 und Abb. 197 ersichtlich. Die Abb. 193 zeigt den Gesamteindruck des Fassadenabschnitts Teil 1. An gewissen Bereichen konnte der Betonabriss zum größten Teil vermieden werden (siehe Abb. 194), im Gegensatz zu Abb. 195, wo im unteren Eckbereich der Fassade häufigere Betonabriss entstanden. In Abb. 196 ist die Schalhaut direkt nach dem Ausschalen zu sehen. Hier ist gut zu erkennen, dass in diesem Bereich am meisten Betonabriss entstand.



Abb. 193: Ergebnis Fassade 1 Teil 1 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 194: Ergebnis Fassade 1 Teil 1 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 195: Bereich mit viel Abriss von Fassade 1



Abb. 196: Schalhaut direkt nach dem Ausschalen von Fassade 1



Abb. 197: Fassade 1 am 25.05.2018

6.10.9 Ergebnis Teil 2

Der 2. Teil der Fassade 1 ist in den folgenden Abb. 198, Abb. 199, Abb. 200 und Abb. 201 zu sehen. Die Abb. 198 und Abb. 199 zeigen den Vergleich von Betonoberfläche und Schalhaut direkt nach dem Ausschalen. Der Gesamteindruck des Fassadenabschnitts Teil 2 ist größtenteils passabel. Im Bereich der unteren linken Ecke entstand ein Betonabriss (siehe Abb. 200). Mit den Bauherren wurde beschlossen, diesen Bereich durch Betonkosmetik auszubessern. (siehe Abb. 199)



Abb. 198: Ergebnis Fassade 1 Teil 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 199: Schalhaut direkt nach dem Ausschalen von Fassade 1



Abb. 200: starker Abriss bei einzelnen Brettern



Abb. 201: Fassade 1 am 25.05.2018

6.11 Fassade 2

Der Herstellungsprozess der Fassade 2 erfolgte in der 12. und 13. Kalenderwoche. Die Fassade 2 befindet sich im Erdgeschoß und in Abb. 202 ist die Lage ersichtlich. Der Ablauf des Herstellungsprozesses ist in Abb. 203 dargestellt.

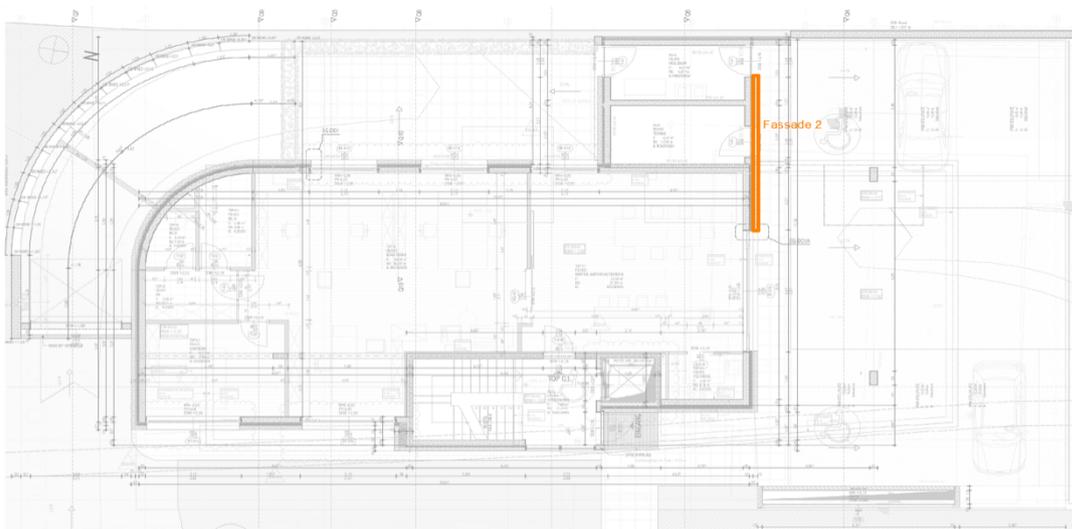


Abb. 202: Lage der Fassade 2

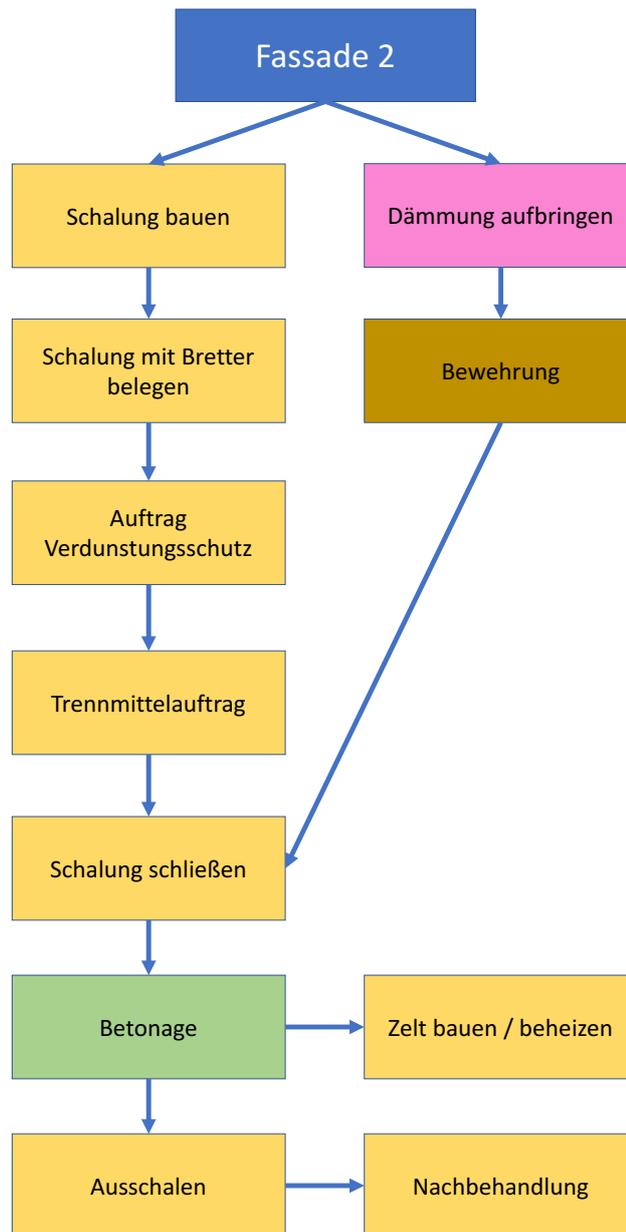


Abb. 203: Herstellungsprozess der Fassade 2

6.11.1 Dämmung und Bewehrung

Die Dämmarbeiten erfolgten am 21.03.2018 von 11:30 Uhr bis 13:56 Uhr.
Die fertiggestellte Isolierung ist in der folgenden Abb. 204 ersichtliche.



Abb. 204: Dämmung der Fassade 2

Die Bewehrungsarbeiten erfolgten unter folgenden Bedingungen aus der Tab. 118.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	22.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	10:09	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	-1,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	75	%
7	Ende	22.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	11:32	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	2	°C
11	Luftfeuchtigkeit	46	%
12	Gesamtdauer	83	min

Tab. 118: Bewehrungsbedingungen Fassade 2

Die Betonüberdeckung beträgt 4,00 cm und der Bewehrungsgrad des Bauteils liegt laut Statiker bei 76,99 kg/m³. (siehe Tab. 119 und Abb. 205)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		54,89	Stabstahl [%]
2			45,11	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		2,17	m ³
4	Bewehrungsmenge		167,06	kg
5	Bewehrungsgrad		76,99	kg/m ³

Tab. 119: Bewehrung

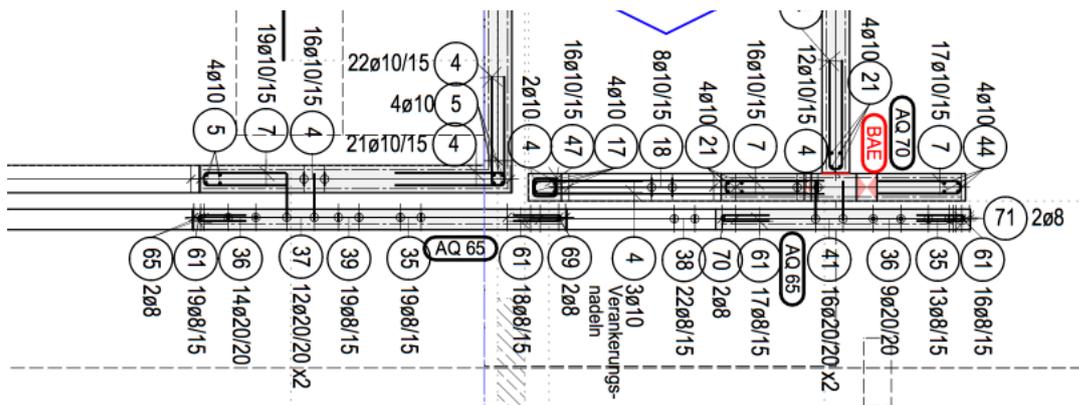


Abb. 205: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 2

6.11.2 Schalung belegen

Die Arbeiter begannen mit den Arbeiten der Schließschalung mit Sichtbetonanforderung am 22.03.18 um 09:25 Uhr, nach den folgenden Bedingungen aus Tab. 120.

	A	B	C
1	Einseitige Schalung		
2	Start	22.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	09:25	hh:mm
4	Witterung	klar	
5	Lufttemperatur	-3,8	°C
6	Luftfeuchtigkeit	78	%
7	Ende	26.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:10	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	3,1	°C
11	Luftfeuchtigkeit	78	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	45	min

Tab. 120: Schalung Fassade 2

Für das Belegen der Schalhaut mit Brettern benötigten 4 Arbeitskräfte 90 min. (siehe Tab. 121 und Abb. 206)

Belegen	22.03.18	tt.mm.jj
Start	09:58	hh:mm
Ende	11:28	hh:mm
Arbeitsgruppengröße	4	Anzahl

Tab. 121: Bretter belegen der Fassade 2



Abb. 206: Schalung belegen Fassade 2

6.11.3 Auftrag Verdunstungsmittel

Damit das Verdunstungsmittel nicht friert und in Folge trocknen kann, mussten die Arbeitskräfte ein Zelt aus Plane bauen, welches beheizt wurde. Die Lufttemperatur im Zelt erreichte 15,2 Grad Celsius. (siehe Abb. 207). Der Auftrag des Verdunstungsmittels wurde nach den folgenden Bedingungen aus der Tab. 122 vorgenommen. Die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während des Auftrages wurde von der Baustellenwitterung aufgezeichnet und nicht im Zelt.

	A	B	C
1	Auftrag Verdunstungsmittel		
2	Start	22.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	15:51	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	6,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	34	%
7	Auftrag	Pinsel	
8	Ende	22.03.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	16:15	hh:mm
10	Witterung	bewölkt	
11	Lufttemperatur	6,2	°C
12	Luftfeuchtigkeit	34	%
13	Gesamtdauer	24	min

Tab. 122: Auftrag Verdunstungsmittel Fassade 2



Abb. 207: Verdunstungsmittelauftrag Fassade 2

6.11.4 Auftrag Trennmittel

Der Trennmittelauftrag fand am 23.03.2018, drei Tage vor der Betonage des Bauteils, statt. Der Trennmittelauftrag erfolgte unter den in Tab. 123 aufgelisteten Bedingungen. Bei diesem Bauteil wurde das Trennmittel AL2000 der Firma Ringer verwendet.

	A	B	C
1	Auftrag Trennmittel		
2	Start	23.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	10:27	hh:mm
4	Witterung	leichter Schneefall	
5	Lufttemperatur	1,1	°C
6	Luftfeuchtigkeit	78	%
7	Zustand Sprühgerät	neu	
8	Sprühgerät vorher	2000	ml
9	Abziehen	—	✓ / —
10	Nachwischen	—	✓ / —
11	Ende	23.03.18	tt.mm.jj
12	Uhrzeit	10:40	hh:mm
13	Witterung	leichter Schneefall	
14	Lufttemperatur	1,2	°C
15	Luftfeuchtigkeit	78	%
16	Sprühgerät nachher	0	ml
17	Verbrauch	2000	ml
18	Fläche	15,25	m ²
19	Trennmittelauftrag	131,15	g/m ²
20	Gesamtdauer	13	min

Tab. 123: Dokumentation des Trennmittelauftrages



Abb. 208: Trennmittelauftrag Fassade 2

6.11.5 Schalung schließen

Am 26.03.18 um 10:10 Uhr war die einseitige Schalung fertig geschlossen.
(siehe Abb. 209)

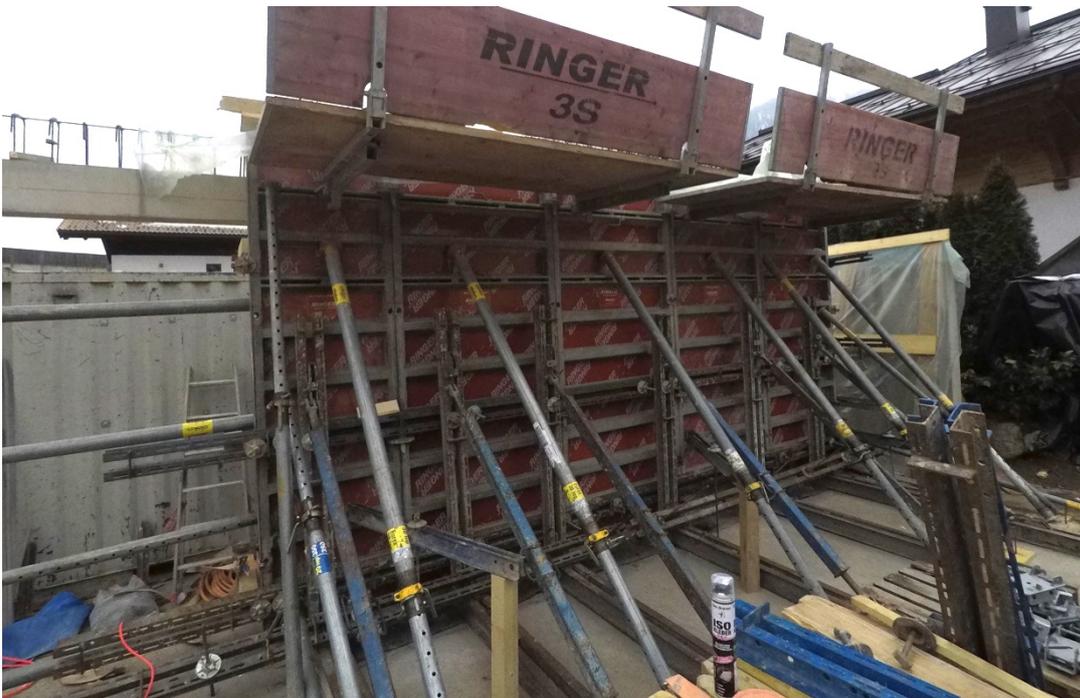


Abb. 209: Fertiggestellte Schalung der Fassade 2

6.11.6 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 124 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für diesen Abschnitt mit einer Einbaumenge von 2,17 m³ wurde nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	FASSADE 2		BETONAGE	
2				
3	Tag	26.03.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	10:55	hh:mm	
5	Einbaubeginn	11:01	hh:mm	
6	Einbauende	12:02	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	3,5	79	11:02
12	2	3,5	79	11:10
13	3	3,7	79	11:21
14	4	3,8	79	11:31
15	5	3,9	79	11:35
16	6	4,5	79	11:55
17	7	4,5	78	12:11
18	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 124: Betonierbedingungen Fassade 2

Das Diagramm in Abb. 210 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade stellt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton dar. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei der Fassade 2 wurde die 5 Grad Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer unterschritten.

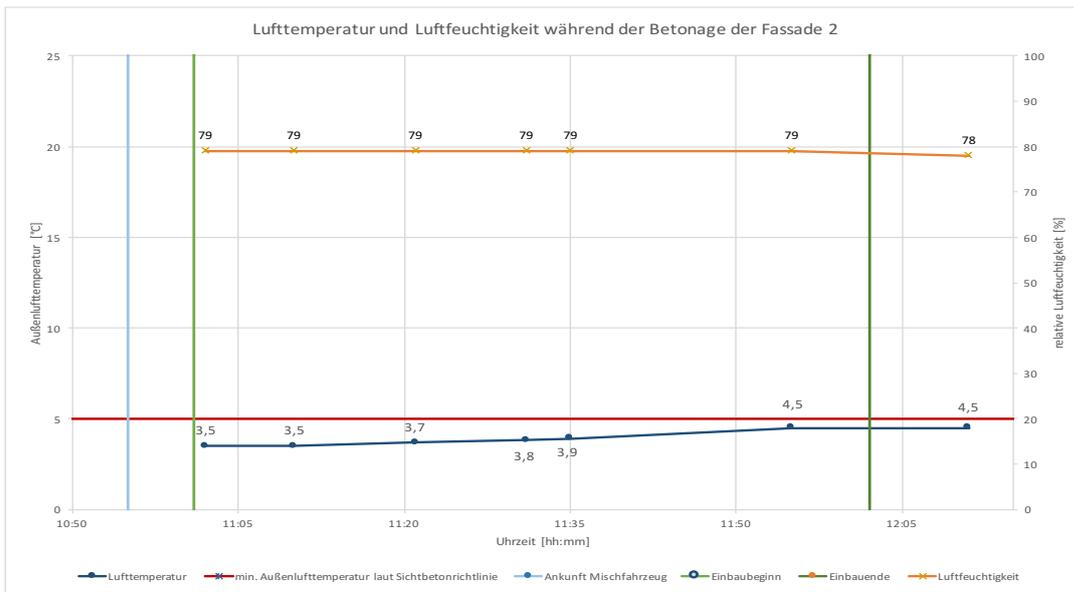


Abb. 210: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage von Fassade 2

Auf der Länge von 5,65 m wurde an 4 Einfüllstellen Beton eingebracht. Es wurde in 6 Schüttlagen betoniert. Die Schüttlagenhöhe ist aus Tab. 125 zu entnehmen. Der gesamte Einbau dauerte 61 Minuten, was mit der Einbaumenge von 2,17 m³ eine Einbauleistung von 2,13 m³/h und mit einer mittleren Höhe des Bauteils von 2,53 m eine Steiggeschwindigkeit von 2,49 m/h ergibt. Da die Blasenbildung im oberen Bereich des Bauteils am größten ist, wurde diese 10 Minuten nach Betonierende nochmals nachverdichtet.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	50	11:01	11:07	6	4'02
3	2	50	11:09	11:13	4	6'08
4	3	50	11:14	11:21	7	4'55
5	4	50	11:25	11:31	6	
6	5	22 - 50	11:35	11:39	4	
7	6	33	11:40	11:55	15	

Tab. 125: Schüttlagedokumentation Fassade 2

Die in Tab. 126 angeführte Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C		Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]
2	Kübel 1	16,3	10:58	11:16	18
3	Kübel 2	15,9	11:18	11:31	13
4	Kübel 3	16,2	11:33	11:55	22

Tab. 126: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 211 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit bei Fassade 2. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die gelbe Linie gibt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle wieder. Die Einbaudauer der Fassade 2 wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die Mindestfrischbetontemperatur über die gesamte Betonierdauer nicht unterschritten.

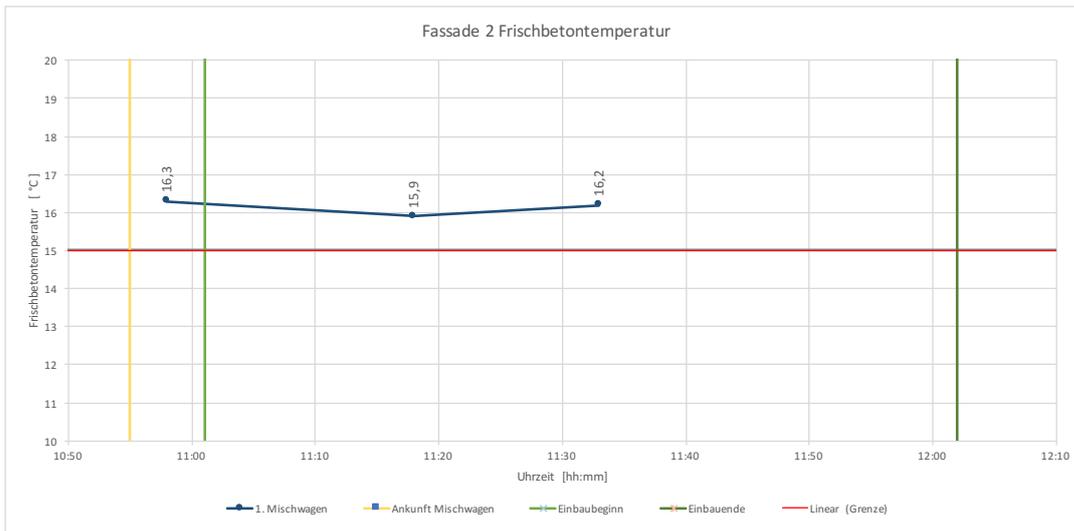


Abb. 211: Frischbetontemperatur der Fassade 2

Aufgrund der geneigten Oberkante bauten die Bauarbeiter 5 kreisrunde Betonier- und Rüttelöffnungen mit einem Durchmesser von 11,5 cm ein, um den Beton einbauen und rütteln zu können. (siehe Abb. 212)



Abb. 212: Aufbringen der Rüttel- und Betonieröffnungen

Das Ausbreitmaß wurde vor Einbaubeginn der Fassade 2 gemessen und lag um 11:20 Uhr bei 590 mm. (siehe Abb. 213)



Abb. 213: Ausbreitmaß des Betons der Fassade 2

6.11.7 Beheizen

Hinsichtlich der kalten Außenlufttemperaturen wurde nach der Betonage die Wand mit Planen abgedeckt und beheizt. (siehe Abb. 214)



Abb. 214: Beheizen der Fassade 2

6.11.8 Ausschalen

Am 28.03.18 um 09:47 Uhr wurde die einseitige Schalung der Fassade 2 zwei Tage nach Betonage geöffnet. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 127 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	FASSADE 2		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schließschalung			
4	Entschalt nach	2	Tage	
5	Start	28.03.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	09:47	hh:mm	
7	Witterung	nieslen		
8	Lufttemperatur	1,3	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	82	%	
10	Ende	28.03.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	11:20	hh:mm	
12	Witterung	bewölkt		
13	Lufttemperatur	3,1	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	84	%	
15	Gesamtdauer	93	min	

Tab. 127: Ausschaldokumentation der Fassade 2

6.11.9 Ergebnis

Abb. 215, Abb. 216 und Abb. 217 zeigen die Ergebnisse der Fassade 2 direkt nach dem Ausschalen. Das Ergebnis macht einen guten Gesamteindruck. Farbgleichheit und Porigkeit liegen in der Norm. Der Betonabriss ist gegenüber den anderen Fassadenabschnitten etwas mehr. Auffällig dabei ist, dass der Abriss zum größten Teil in der Mitte des Brettes auftritt.



Abb. 215: Ergebnis des Sichtbetons der Fassade 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 216: Ergebnis des Sichtbetons der Fassade 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 217: Ergebnis des Sichtbetons der Fassade 2 direkt nach dem Ausschalen

Abb. 218 und Abb. 219 zeigen die Ergebnisse der Fassade 2 am 25.05.2018, fast zwei Monate nach dem Ausschalen. Der Farbton ist, durch das Austrocknen des Betons, heller und gleichmäßiger geworden.



Abb. 218: Ergebnis des Sichtbetons der Fassade 2 am 25.05.2018

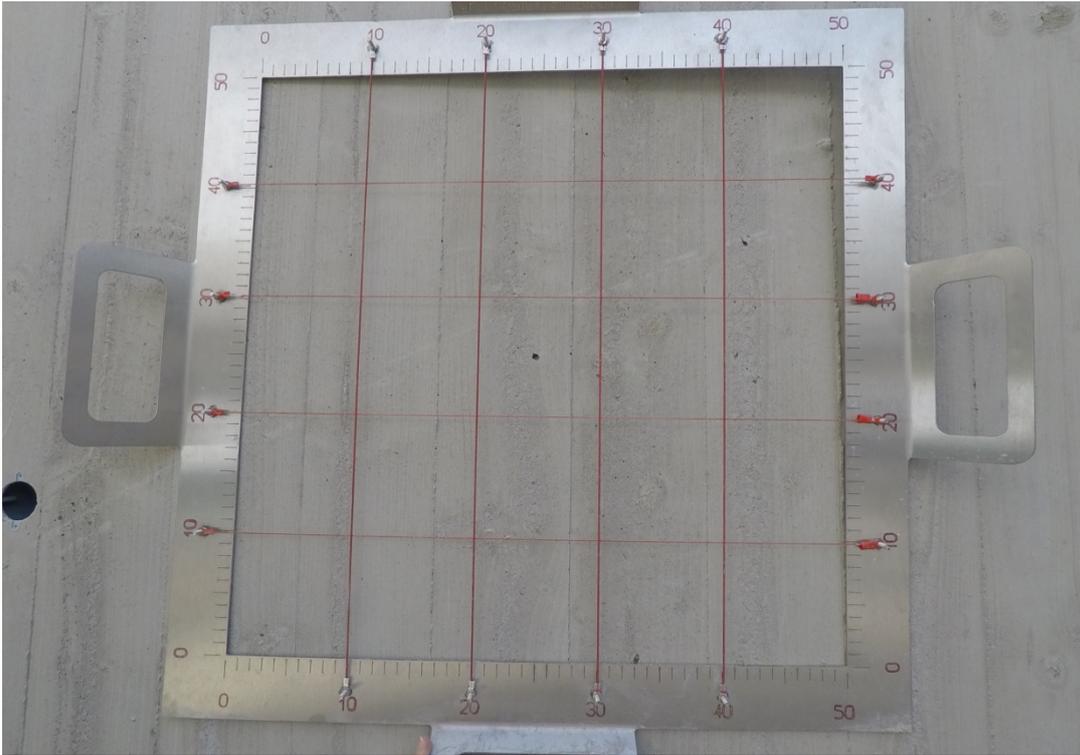


Abb. 219: Ergebnis des Sichtbetons der Fassade 2 am 25.05.2018

6.12 Fassade 3

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 12. und 13. Kalenderwoche. Die Fassade 3 befindet sich im Erdgeschoß, in Abb. 220 ist die Lage ersichtlich. Der Ablauf des Herstellungsprozesses ist in Abb. 221 dargestellt.

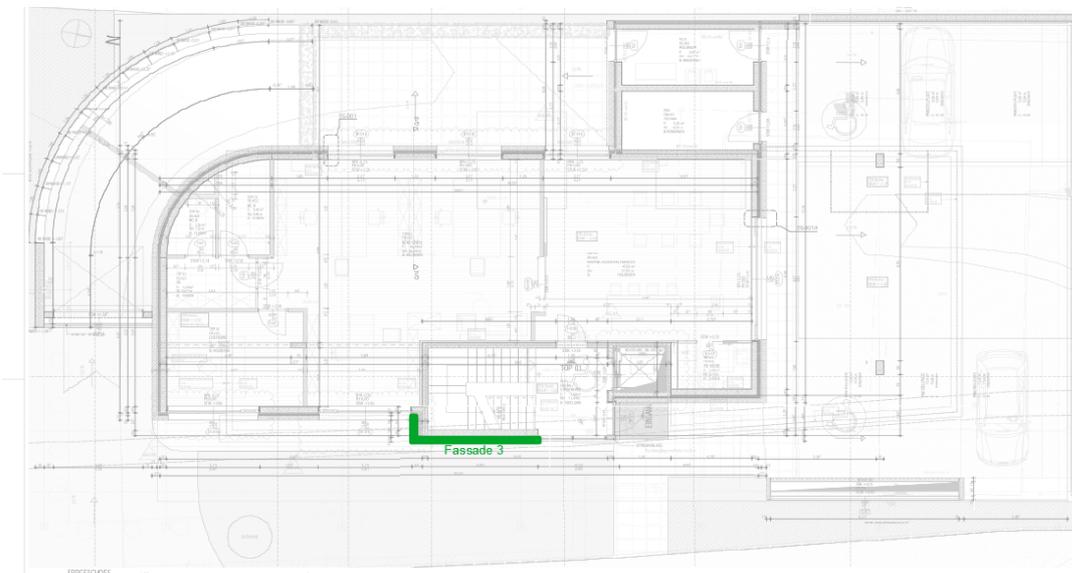


Abb. 220: Lage der Fassade 3

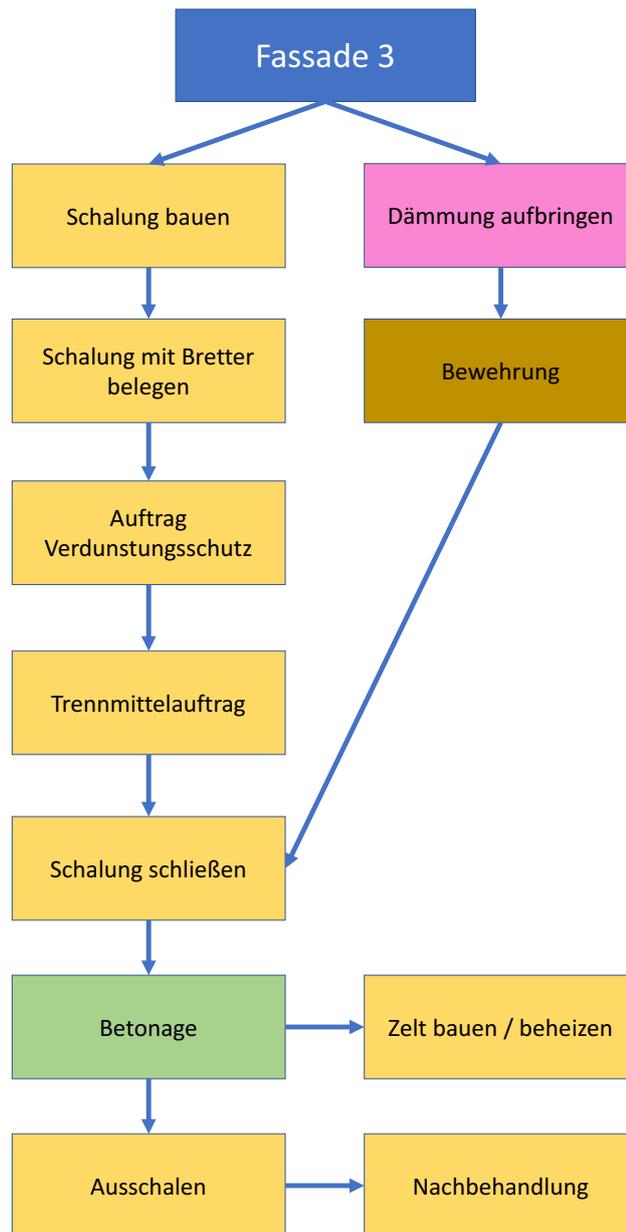


Abb. 221: Herstellungsprozess der Fassade 3

6.12.1 Dämmung und Bewehrung

Am 20.03.2018 dämmten zwei Bauarbeiter die Fassade 3 von 15:00 Uhr bis 17:00 Uhr. Am nächsten Tag bei Arbeitsbeginn begannen die Bewehrungsarbeiten. Die Bedingungen sind aus Tab. 128 zu entnehmen.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	21.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:00	hh:mm
4	Witterung	leichter Schneefall	
5	Lufttemperatur	-4,7	°C
6	Luftfeuchtigkeit	86	%
7	Ende	21.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	08:59	hh:mm
9	Witterung	leichter Schneefall	
10	Lufttemperatur	-3,5	°C
11	Luftfeuchtigkeit	85	%
12	Gesamtdauer	119	min

Tab. 128: Dokumentation der Bewehrung

Die Betonüberdeckung beträgt 4,00 cm, der Bewehrungsgrad liegt laut Statiker bei 84,22 kg/m³. (siehe Tab. 129 und Abb. 222)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		56,39	Stabstahl [%]
2			43,61	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		2,03	m3
4	Bewehrungsmenge		170,97	kg
5	Bewehrungsgrad		84,22	kg/m3

Tab. 129: Bewehrung

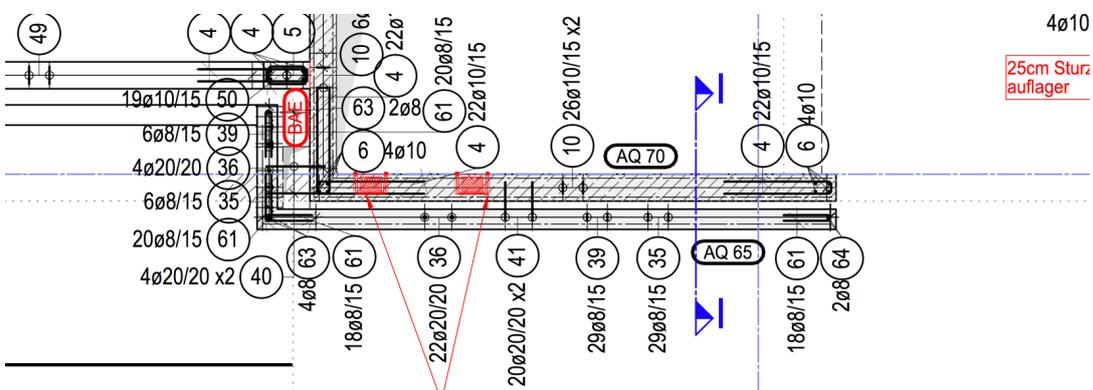


Abb. 222: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 3

Die fertiggestellte Dämmung und Bewehrung ist in Abb. 223 ersichtlich.

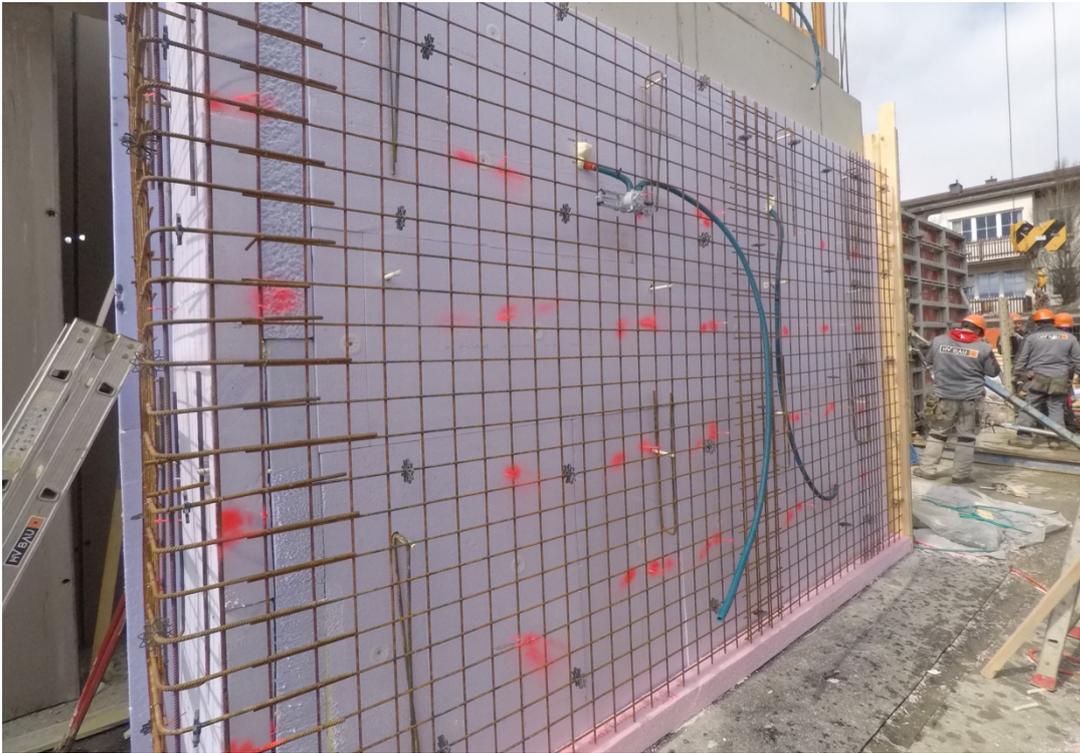


Abb. 223: Bewehrung und Dämmung Fassade 3

6.12.2 Sichtbetonschalung belegen

Die Arbeitskräfte starteten mit den Arbeiten der einseitigen Schalung mit Sichtbetonanforderung am 21.03.18. Diese Arbeit erfolgte unter den folgenden Bedingungen aus Tab. 130.

	A	B	C
1	Einseitige Schalung		
2	Start	21.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	08:27	hh:mm
4	Witterung	leichter Schneefall	
5	Lufttemperatur	-4,2	°C
6	Luftfeuchtigkeit	85	%
7	Ende	23.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:18	hh:mm
9	Witterung	leichter Schneefall	
10	Lufttemperatur	1	°C
11	Luftfeuchtigkeit	77	%

Tab. 130: Schalung der Fassade 3

Für das Belegen der Bretter auf die Schalung benötigten 3 Arbeitskräfte
104 min. (siehe Tab. 131 und Abb. 224)

Belegen Teil 1	21.03.18	tt.mm.jj
Start	09:35	hh:mm
Ende	10:09	hh:mm
Belegen Teil 2	22.03.18	tt.mm.jj
Start	07:10	hh:mm
Ende	08:20	hh:mm

Tab. 131: Bretter belegen Fassade 3



Abb. 224: Bretter belegen Fassade 3

6.12.3 Auftrag Verdunstungsmittel

Die Vorbehandlung der Schalung mit Verdunstungsmittel erfolgte unter folgenden Bedingungen aus Tab. 132.

	A	B	C
1	Auftrag Verdunstungsmittel		
2	Start	22.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	08:25	hh:mm
4	Witterung	klar	
5	Lufttemperatur	-6,4	°C
6	Luftfeuchtigkeit	81	%
7	Auftrag	Pinsel	
8	Ende	22.03.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	08:49	hh:mm
10	Witterung	bewölkt	
11	Lufttemperatur	-5,4	°C
12	Luftfeuchtigkeit	80	%
13	Gesamtdauer	24	min

Tab. 132: Dokumentation des Auftrages mit Verdunstungsmittel

Das Verdunstungsmittel wurde verschieden von den Brettern aufgenommen. Raue Bretter benötigten mehr Verdunstungsmittel als glatte. (siehe Abb. 225)



Abb. 225: Raue Oberfläche

6.12.4 Auftrag Trennmittel

Die einseitige Schalung besprühten die Arbeiter mit dem Trennmittel AL2000 der Firma Ringer. Die Dokumentation des Trennmittelauftrags ist aus Tab. 133 zu entnehmen.

	A	B	C
1	Auftrag Trennmittel		
2	Start	22.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	15:26	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	7,0	°C
6	Luftfeuchtigkeit	33	%
7	Sprühgerät vorher	2000+1000	ml
8	Abziehen	—	✓ / —
9	Nachwischen	—	✓ / —
10	Ende	22.03.18	tt.mm.jj
11	Uhrzeit	15:35	hh:mm
12	Witterung	bewölkt	
13	Lufttemperatur	6,5	°C
14	Luftfeuchtigkeit	33	%
15	Sprühgerät nachher	1000	ml
16	Verbrauch	2000	ml
17	Fläche	14,74	m ²
18	Trennmittelauftrag	135,69	ml/m ²
19	Gesamtdauer	9	min

Tab. 133: Dokumentation des Trennmittelauftrages

Der Trennmittelverbrauch wurde vor und nach dem Aufsprühen mit einem Messbecher, siehe Abb. 226, gemessen. Der Trennmittelauftrag ergab 135,69 ml/m².



Abb. 226: Trennmittelverbrauch Fassade 3

6.12.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 134 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für diesen Abschnitt mit einer Einbaumenge von 2,03 m³ wurde nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	FASSADE 3		BETONAGE	
2				
3	Tag	23.03.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	13:14	hh:mm	
5	Einbaubeginn	13:26	hh:mm	
6	Einbauende	14:31	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	Schneefall		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	3,2	77	13:15
12	2	4,3	78	13:30
13	3	5,7	77	13:45
14	4	6,2	71	14:02
15	5	6,2	67	14:27
16	6	6,3	66	14:34
17	Witterung bei Ende	sonnig		

Tab. 134: Betonierbedingungen Fassade 3

Das Diagramm in Abb. 227 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade stellt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie

Sichtbeton dar. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Zum Einbauzeitpunkt konnte die Mindesttemperaturgrenze nicht eingehalten werden. Im weiteren Verlauf des Einbaus stieg die Außenlufttemperatur an und überstieg die 5-Grad-Grenze.

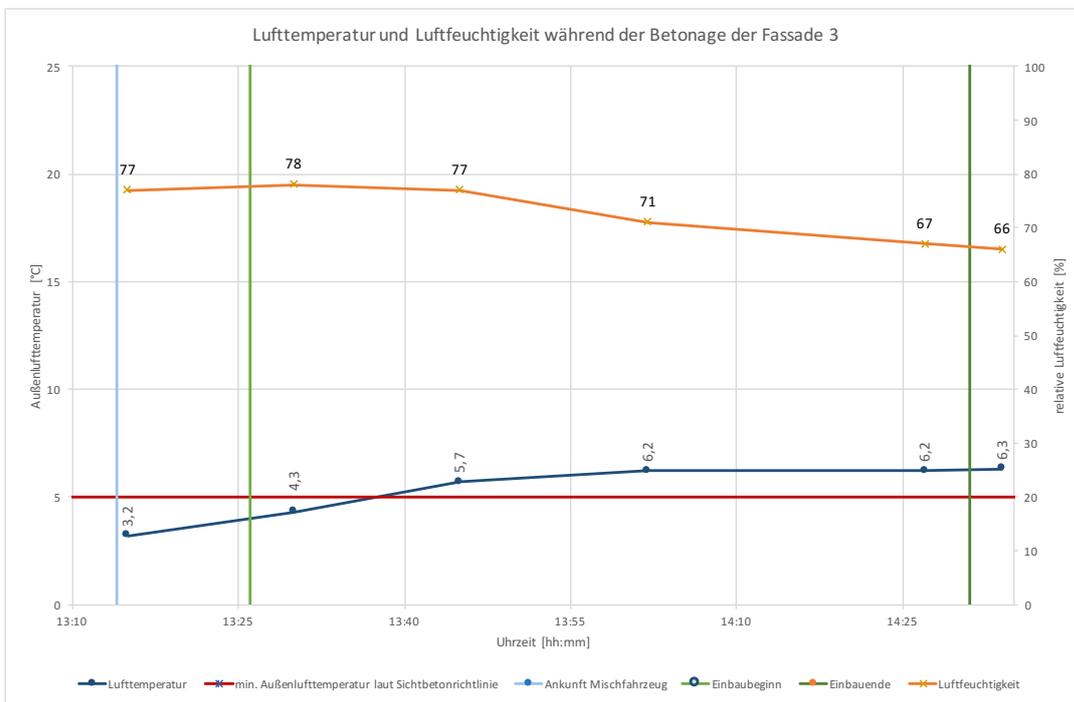


Abb. 227: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 3

Auf der Länge von 5,20 m wurde an 4 Einfüllstellen Beton eingebracht. Der gesamte Einbau dauerte 65 min, was mit der Einbaumenge von 2,03 m³ eine Einbauleistung von 1,87 m³/h und mit einer Höhe von 2,68 m eine Steiggeschwindigkeit von 2,47 m/h ergibt. Die Schüttagendokumentation ist aus Tab. 135 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttagelagen	Höhe [cm]	Start Schüttagelage	Ende Schüttagelage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	50	13:26	13:30	4	5'38
3	2	50	13:35	13:42	7	6'23
4	3	50	13:49	13:59	10	5'44
5	4	50	14:07	14:12	5	4'21
6	5	50	14:16	14:23	7	3'59
7	6	18	14:27	14:31	4	3'10

Tab. 135: Schüttagendokumentation

Die Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft. (siehe Tab. 136)

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	16	13:20	13:51	31
3	Kübel 2	15,7	13:53	14:17	24
4	Kübel 3	16,1	14:18	14:31	13

Tab. 136: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 228 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit bei Fassade 3. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die gelbe Linie drückt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle aus. Die Einbaudauer der Fassade 3 wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Die Mindestfrischbetontemperatur konnte bei jedem Kübel eingehalten werden.

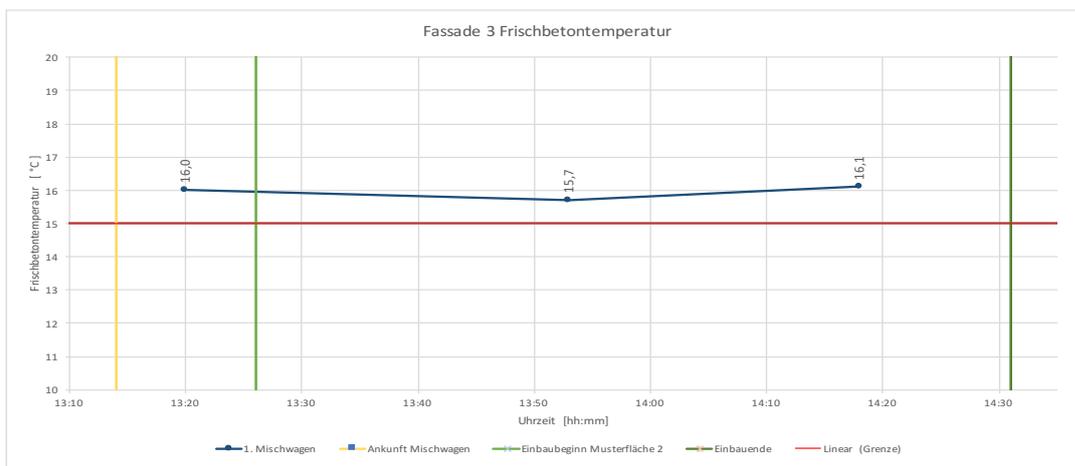


Abb. 228: Frischbetontemperatur Fassade 3

Das Ausbreitmaß dieser Betoncharge wurde bei Einbaubeginn und kurz vor Einbauende überprüft. Bei Einbaubeginn, um 13:26 Uhr, lag das Ausbreitmaß bei 620 mm. Die weitere Kontrolle des Ausbreitmaßes um 14:25 Uhr ergab 600 mm. (siehe Abb. 229)



Abb. 229: Ausbreitmaß des Betons von Fassade 3

6.12.6 Ausschalen

Am 26.03.2018 um 14:30 Uhr wurde die Fassade 3 drei Tage nach Betonierende ausgeschalt. Die Ausschaldocumentation ist aus Tab. 137 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	FASSADE 3		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schließschalung			
4	Entschalt nach	3	Tage	
5	Start	26.03.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	14:30	hh:mm	
7	Witterung	bewölkt		
8	Lufttemperatur	6	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	74	%	
10	Ende	26.03.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	15:31	hh:mm	
12	Witterung	bewölkt		
13	Lufttemperatur	6,3	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	73	%	
15	Gesamtdauer	61	min	

Tab. 137: Ausschaldocumentation der Fassade 3

6.12.7 Ergebnis

Das Ergebnis dieses Bauteils direkt nach dem Ausschalen ist in den folgenden Abb. 230, Abb. 231, Abb. 233 und Abb. 234 zu sehen. Das Ergebnis der Fassade 3 macht einen guten Gesamteindruck. Es sind nur stellenweise kleine Poren vorhanden. Der Betonabriss konnte nicht völlig vermieden werden. Wie auch bei der Fassade 2 entstand der Betonabriss zum größten Teil in der Mitte des Brettes.

Abb. 230, Abb. 231, Abb. 233 und Abb. 232 zeigen den Vergleich der Betonoberfläche mit der Schalhaut direkt nach dem Ausschalen. Der Betonabriss in der Mitte der Bretter ist bei diesen Abbildungen gut zu erkennen.

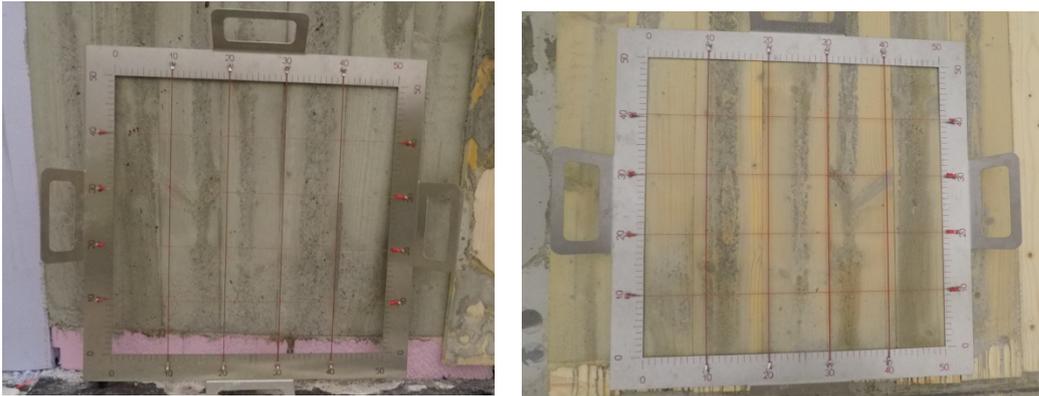


Abb. 230: Vergleich Sichtbetonoberfläche mit Schalhaut



Abb. 231: Vergleich Sichtbetonoberfläche mit Schalhaut



Abb. 232: Schalhaut direkt nach dem Ausschalen



Abb. 233: Fassade 3 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 234: Fassade 3 direkt nach dem Ausschalen

An den Stellen mit dem größten Betonabriss wurde mit den Bauherren beschlossen, mit Betonkosmetik auszubessern. (siehe Abb. 235)



Abb. 235: Fassade 3 am 25.05.2018

6.13 Fassade 4

Die Herstellung dieser Musterwand erfolgte in der 12. und 13. Kalenderwoche. Die Fassade 4 befindet sich im Erdgeschoß, in Abb. 236 ist die Lage dargestellt. Der Ablauf des Herstellungsprozesses ist in Abb. 237 dargestellt.

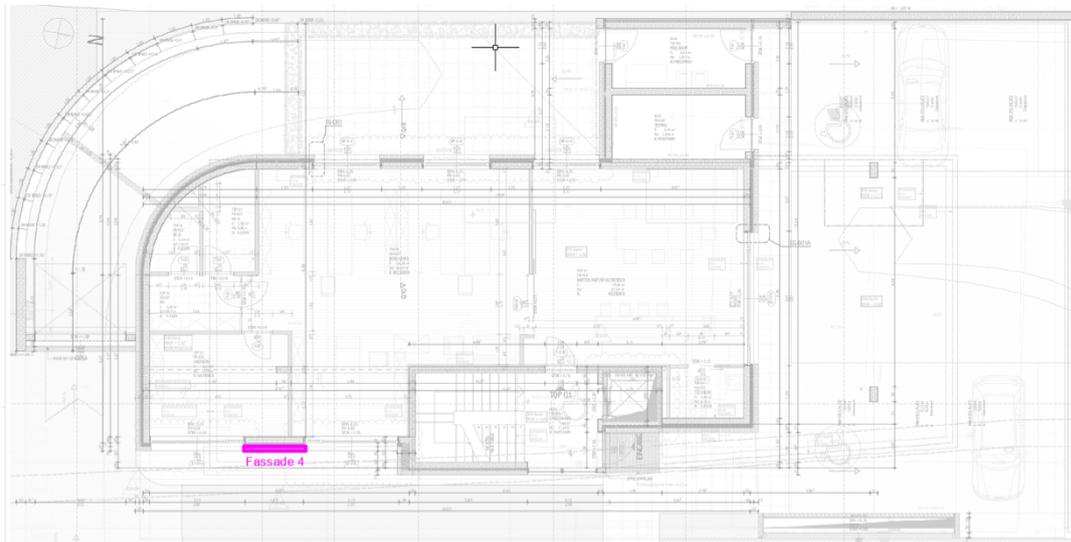


Abb. 236: Lage der Fassade 4

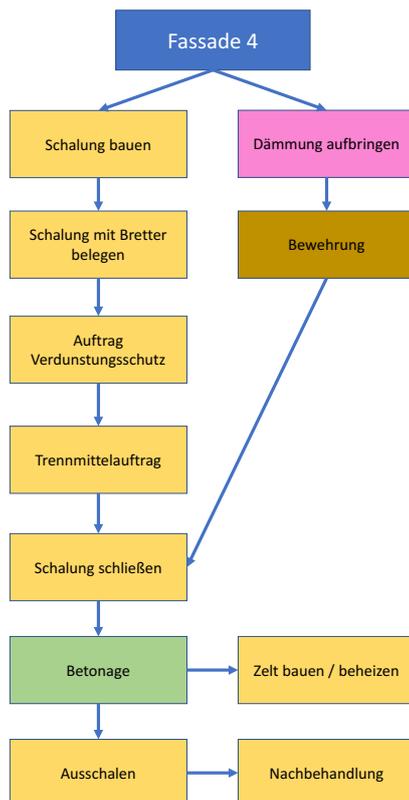


Abb. 237: Herstellungsprozess der Fassade 4

Dämmung und Bewehrung

Am 21.03.2018 von 09:21 Uhr bis 10:35 Uhr führten zwei Arbeitskräfte die Dämmarbeiten durch. Die Bewehrung (siehe Abb. 239) wurde unter folgenden Bedingungen aus Tab. 138 eingebaut.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	21.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:33	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	2,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	70	%
7	Ende	21.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	14:55	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	2,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	70	%
12	Gesamtdauer	22	min

Tab. 138: Dokumentation der Bewehrungsarbeiten

Die Betonüberdeckung beträgt 4,00 cm und der Bewehrungsgrad liegt laut Statiker bei 87,15 kg/m³. (siehe Tab. 139 und Abb. 238)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		60,11	Stabstahl [%]
2			39,89	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		0,82	m ³
4	Bewehrungsmenge		71,46	kg
5	Bewehrungsgrad		87,15	kg/m ³

Tab. 139: Bewehrung

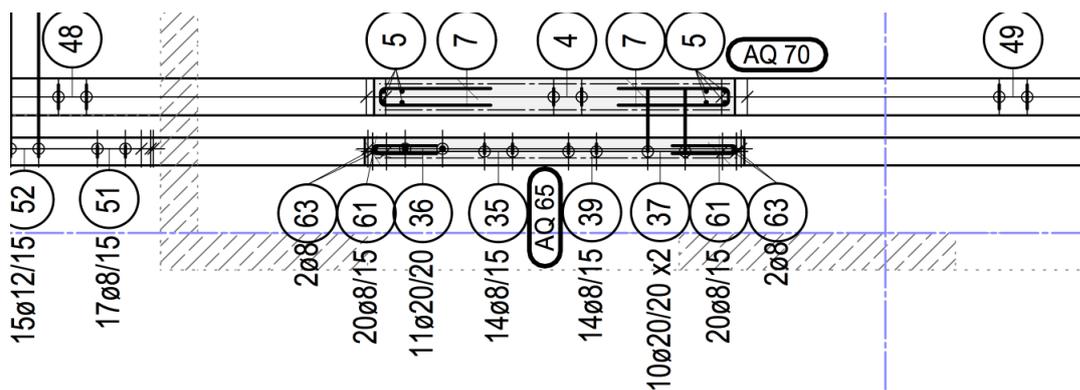


Abb. 238: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 4



Abb. 239: Dämmung und Bewehrung der Fassade 4

6.13.1 Schalung belegen

Das einseitige Schalen der Fassade 4 wurde unter den Bedingungen aus Tab. 140 durchgeführt.

	A	B	C
1	Einseitige Schalung		
2	Start	21.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:55	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	2,8	°C
6	Luftfeuchtigkeit	70	%
7	Ende	22.03.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	08:48	hh:mm
9	Witterung	klar	
10	Lufttemperatur	-5,4	°C
11	Luftfeuchtigkeit	80	%

Tab. 140: Schalung der Fassade 4

Insgesamt belegten drei Arbeitskräfte innerhalb von 42 Minuten die Bretter auf die Schalung. (siehe Tab. 141)

Bretter Belegen	21.03.18	tt.mm.jj
Start	15:01	hh:mm
Ende	15:43	hh:mm

Tab. 141: Bretter belegen Fassade 4



Abb. 240: Schalhaut Fassade 4

6.13.2 Auftrag Verdunstungsmittel

Die Vorbehandlung der Schalhaut mit Verdunstungsmittel erfolgte unter folgenden Bedingungen aus Tab. 142. Aufgrund der kalten Außenlufttemperaturen deckten die Arbeiter die Schalhaut mit Planen ab und bestrichen diese im beheizten Zelt. (Abb. 241)

	A	B	C
1	Auftrag Verdunstungsmittel		
2	Start	21.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	16:05	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	2,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	70	%
7	Auftrag	Pinsel	
8	Ende	21.03.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	16:22	hh:mm
10	Witterung	sonnig	
11	Lufttemperatur	2,5	°C
12	Luftfeuchtigkeit	70	%
13	Gesamtdauer	17	min

Tab. 142: Dokumentation des Verdunstungsmittelauftrages



Abb. 241: Auftrag des Verdunstungsschutzes

6.13.3 Auftrag Trennmittel

Die einseitige Schalung besprühten die Arbeiter mit dem Trennmittel AL2000 der Firma Ringer. Die Dokumentation des Trennmittelauftrages ist aus Tab. 143 zu entnehmen. Der Trennmittelverbrauch wurde vor und nach dem Aufsprühen mit einem Messbecher gemessen. Der Trennmittelauftrag ergab $127,19 \text{ ml/m}^2$.

	A	B	C
1	Auftrag Trennmittel		
2	Start	22.03.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:14	hh:mm
4	Witterung	klar	
5	Lufttemperatur	-7,20	°C
6	Luftfeuchtigkeit	80	%
7	Zustand Sprühgerät	neu	
8	Sprühgerät vorher	1000	ml
9	Abziehen	—	✓ / —
10	Nachwischen	—	✓ / —
11	Ende	22.03.18	tt.mm.jj
12	Uhrzeit	07:19	hh:mm
13	Witterung	klar	
14	Lufttemperatur	-7,2	°C
15	Luftfeuchtigkeit	80	%
16	Sprühgerät nachher	200	ml
17	Verbrauch	800	ml
18	Fläche	6,29	m ²
19	Trennmittelauftrag	127,19	ml/m ²
20	Gesamtdauer	5	min

Tab. 143: Dokumentation des Trennmittelauftrages

6.13.4 Betonage

Der Beton wurde unter der in Tab. 144 aufgelisteten Dokumentation eingebaut. Die Fassaden 4 und 1 wurden mit derselben Betoncharge betoniert. Insgesamt wurde für beide Bauteile nur 1 Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	FASSADE 4		BETONAGE	
2				
3	Tag	22.03.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	12:25	hh:mm	
5	Einbaubeginn	12:47	hh:mm	
6	Einbauende	13:30	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	sonnig		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	4,3	39	12:42
12	2	5,4	38	12:54
13	3	6,2	34	13:07
14	4	7,9	35	13:28
15	5	8,1	35	13:33
16	Witterung bei Ende	sonnig		

Tab. 144: Betonierbedingungen Fassade 4

Das Diagramm in Abb. 242 zeigt die Außenlufttemperatur (blaue Linie) und relative Luftfeuchtigkeit (orange Linie) in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade zeichnet die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton nach. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer wird durch die beiden grünen Linien begrenzt. Am Einbaubeginn lag die Außenlufttemperatur unter der Mindesttemperaturgrenze. Bis zum Einbauende erreichte sie einen Wert von 8,3 Grad Celsius.

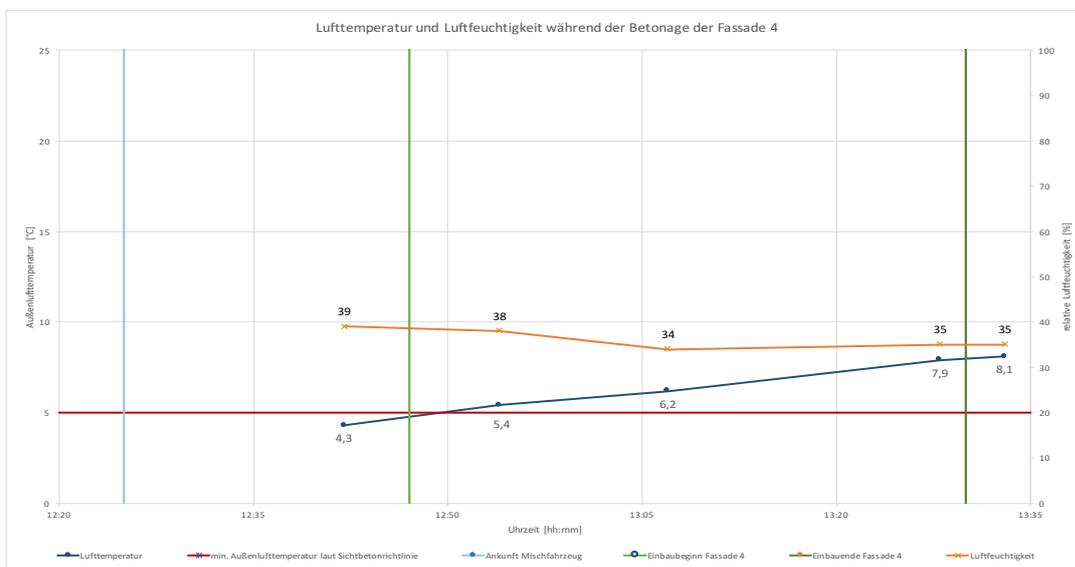


Abb. 242: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 4

Auf der Länge von 2,03 m wurde an 2 Einfüllstellen Beton eingebracht. Es wurde in 6 Schüttlagen betoniert, die Schüttlagenhöhe ist aus Tab. 145 zu entnehmen. Der gesamte Einbau dauerte 43 Minuten, was mit der Einbaumenge von 0,82 m³ eine Einbauleistung von 1,15 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 2,70 m eine Steiggeschwindigkeit von 3,77 m/h ergibt. Um 13:56 Uhr rüttelte eine Arbeitskraft die oberste Schicht noch einmal 3 Minuten nach.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	50	12:47	12:51	4	2'40
3	2	50	12:54	12:56	2	3'16
4	3	50	12:59	13:01	2	3'27
5	4	50	13:04	13:06	2	3'15
6	5	50	13:12	13:14	2	2'17
7	6	20	13:29	13:30	1	

Tab. 145: Schüttlagendokumentation

Die in Tab. 146 angeführte Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur		Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]
2	Kübel 1	20,0	12:44	13:09	25
3	Kübel 2	20,7	13:10	weiter bei Fassade 1	

Tab. 146: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Frischbetontemperaturentwicklung der Fassade 4 ist aus dem Kapitel Fassade 1 (Abb. 191, Seite 188) zu entnehmen.

6.13.5 Beheizen

Aufgrund der geringen Außenlufttemperaturen, welche in der Nacht unter 0 Grad Celsius sanken, musste die Fassade 2 über Nacht beheizt werden, um die entsprechende Hydratationswärme zu erreichen. Nach Fertigstellung der Abdeckung des Bauteils startete um 15:15 Uhr dessen Beheizung.

6.13.6 Ausschalen

Vier Tage nach Betonierende wurde die Fassade 4 ausgeschalt. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 147 zu entnehmen. Um 10:10 Uhr öffneten die Bauarbeiter die Randschalung und um 12:45 Uhr startete das Ausschalen der einseitigen Schalung.

	A	B	C	D
1	FASSADE 4		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schalung			
4	Entschalt nach	4	Tage	
5	Start	26.03.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	10:10	hh:mm	
7	Witterung	bewölkt		
8	Lufttemperatur	3,1	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	78	%	
10	Ende	26.03.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	13:29	hh:mm	
12	Witterung	bewölkt		
13	Lufttemperatur	5,2	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	78	%	
15	Gesamtdauer	199	min	

Tab. 147: Ausschaldokumentation der Fassade 4

6.13.7 Ergebnis

In den Abb. 243, Abb. 244 und Abb. 245 ist ein Vergleich von Betonoberfläche zur Schalhaut direkt nach dem Ausschalen zu erkennen. Die Fassade 4 lieferte bis zu diesem Ausschalzeitpunkt, im Vergleich zu den anderen, das beste Ergebnis. Der Betonabriss ist wenig, bis gar nicht vorhanden. Poren, Farbgleichheit und Kantenausbruch konnten die Anforderungen an die Sichtbetonoberfläche sicherstellen.



Abb. 243: Vergleich Sichtbetonoberfläche und Schalhaut



Abb. 244: Sichtbetonwand der Fassade 4 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 245: Schalhaut der Fassade 4 direkt nach dem Ausschalen

Die Abb. 246 entstand ca. 2 Monate nach dem Ausschalen. Eine dunkle Verfärbung entstand in der Mitte der Wand. Der Grund der Verfärbung ist unklar. Durch die völlige Austrocknung des Betons entwickelte dieser eine regelmäßigere Farbgleichheit. Der Betonabriss ist kaum mehr erkennbar. (siehe Abb. 247)



Abb. 246: Sichtbetonfassade 4 am 25.05.2018

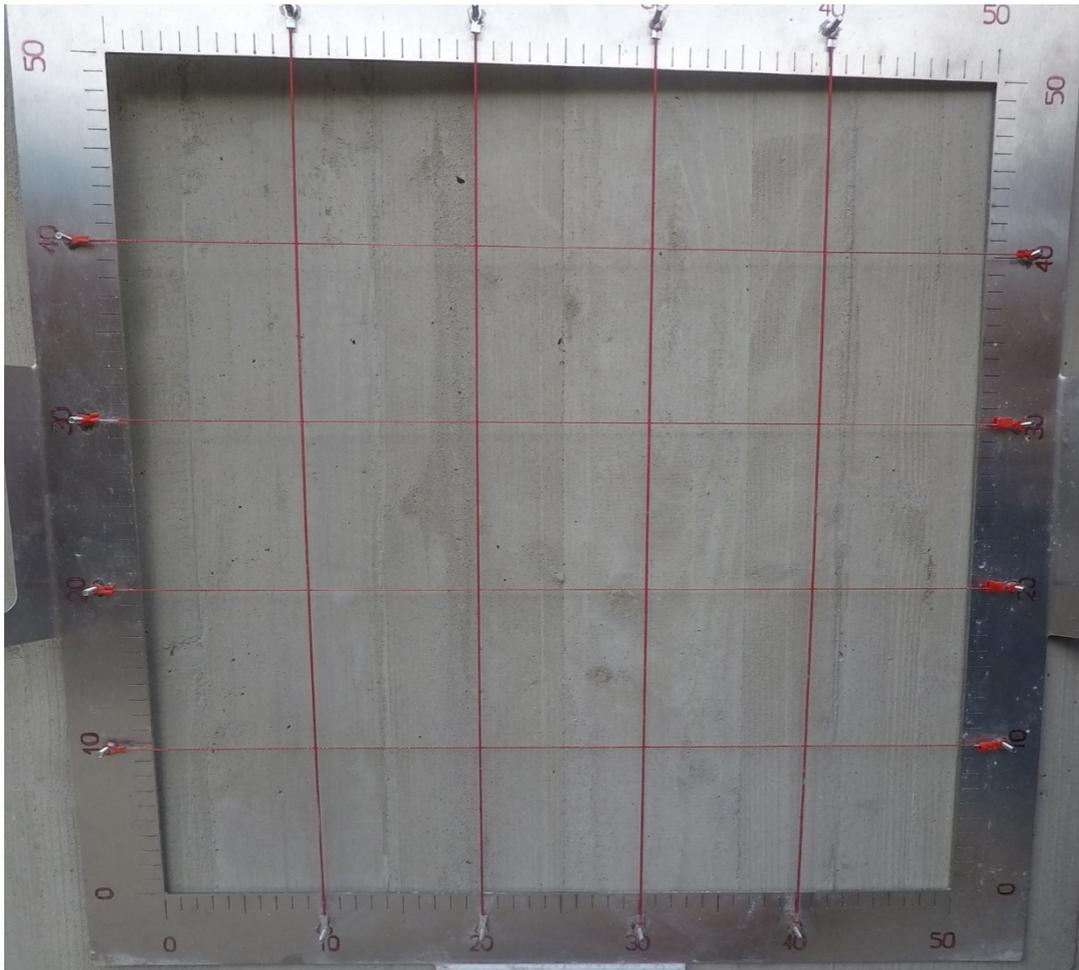


Abb. 247: Sichtbetonprüffläche am 25.05.2018

6.14 Lüftungsschacht Teil 2

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 14. Kalenderwoche. Der Lüftungsschacht Teil 2 befindet sich im Erdgeschoß, in Abb. 248 ist die Lage ersichtlich. Bei diesem Bauteil hatte nur die Schließschalung Sichtbetonanforderung. Der Herstellungsprozess des Lüftungsschachts Teil 2 ist in Abb. 249 dargestellt.

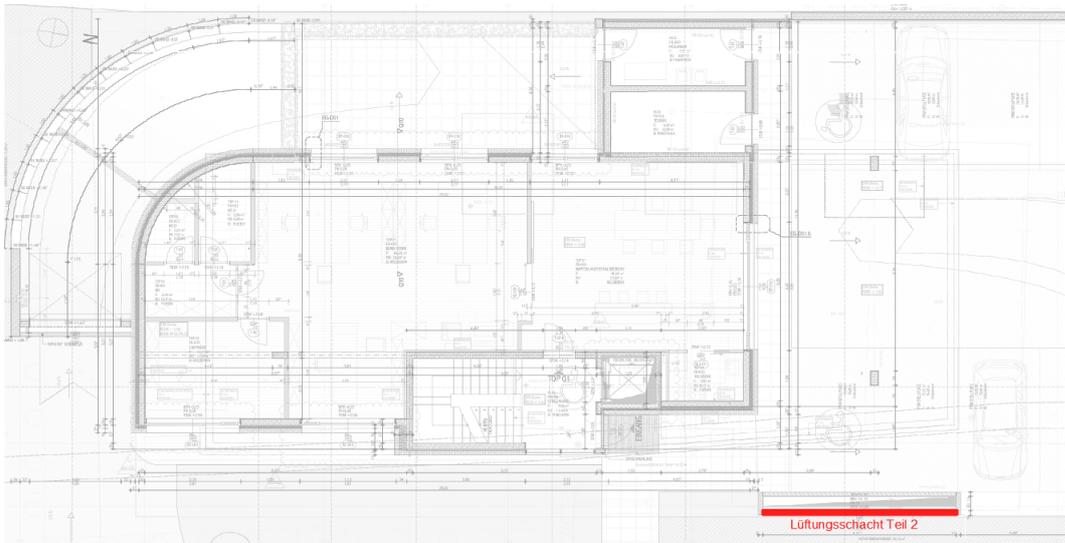


Abb. 248: Lage des Lüftungsschachts Teil 2

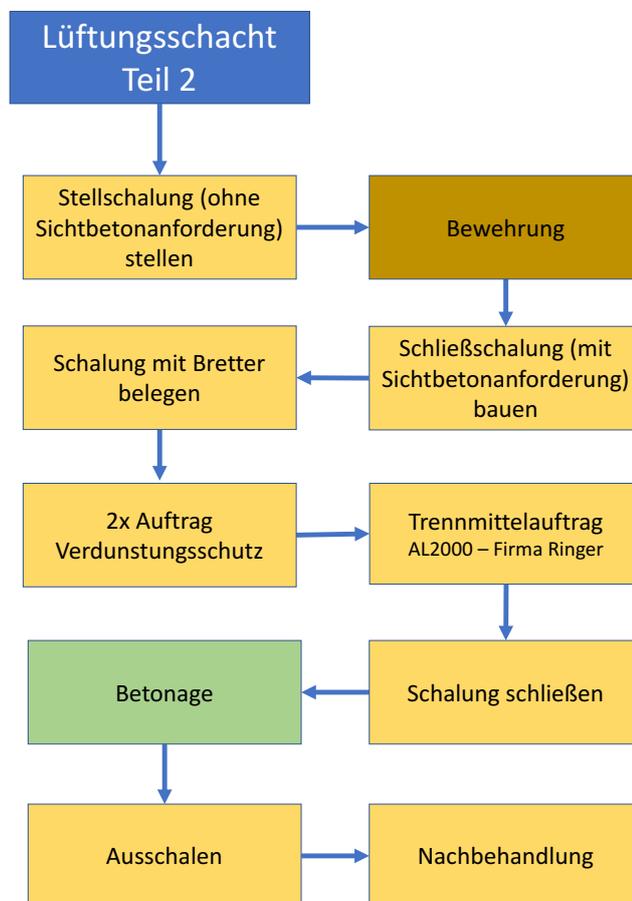


Abb. 249: Herstellungsprozess des Lüftungsschachts Teil 2

6.14.1 Schalung

Die Schalungsarbeiten wurden unter folgenden Bedingungen aus Tab. 148 durchgeführt. Die Schalung war am 04.04.2018 um 14:32 Uhr fertig abgeschlossen und war somit bereit zur Betonage.

	A	B	C	D	E	F
1	Stellschalung			Schließschalung		
2	Start	03.04.18	tt.mm.jj	Start	04.04.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	13:34	hh:mm	Uhrzeit	07:58	hh:mm
4	Witterung	sonnig		Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	15,8	°C	Lufttemperatur	8,6	°C
6	Luftfeuchtigkeit	64	%	Luftfeuchtigkeit	76	%
7	Ende	03.04.18	tt.mm.jj	Ende	04.04.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	15:45	hh:mm	Uhrzeit	14:32	hh:mm
9	Witterung	sonnig		Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	16,7	°C	Lufttemperatur	14,2	°C
11	Luftfeuchtigkeit	58	%	Luftfeuchtigkeit	64	%
12	Gesamtdauer	131	min	Gesamtdauer	394	min

Tab. 148: Schalungsarbeiten

Zwei Arbeitskräfte belegten die Schalung innerhalb von 12 min mit Brettern (siehe Tab. 149 und Abb. 250).

Bretter belegen	04.04.18	tt.mm.jj
Start	08:29	hh:mm
Ende	08:41	hh:mm

Tab. 149: Bretter auf die Schalung belegen



Abb. 250: Bretter auf die Schalung belegen

6.14.2 Bewehrung

Die Bewehrungsarbeiten erfolgten von den Arbeitskräften der Baufirma und wurden unter den in Tab. 150 angeführten Bedingungen erfüllt.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	03.04.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	16:08	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	16,6	°C
6	Luftfeuchtigkeit	61	%
7	Ende	03.04.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	16:17	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	16,6	°C
11	Luftfeuchtigkeit	62	%
12	Gesamtdauer	9	min

Tab. 150: Bewehrungsbedingungen

Die Betondeckung beträgt 3,00 cm und der Bewehrungsgrad beträgt laut Statiker 61,04 kg/m³ (siehe Tab. 151).

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		100	Stabstahl [%]
2			0	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		0,45	m ³
4	Bewehrungsmenge		27,47	kg
5	Bewehrungsgrad		61,04	kg/m ³

Tab. 151: Bewehrung

6.14.3 Auftrag Verdunstungsmittel

Die Vorbehandlung der Schalhaut mit Verdunstungsmittel erfolgte zweimal und ist unter folgenden Bedingungen aus Tab. 152 durchgeführt worden.

	A	B	C
1	Verdunstungsmittel Schließschalung		
2	Start	03.04.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	15:45	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	16,7	°C
6	Luftfeuchtigkeit	58	%
7	Auftrag	Pinsel	
8	Ende	04.04.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	07:44	hh:mm
10	Witterung	bewölkt	
11	Lufttemperatur	8,5	°C
12	Luftfeuchtigkeit	76%	%

Tab. 152: Auftrag Verdunstungsmittel

6.14.4 Trennmittelauftrag

Nachdem das Verdunstungsmittel getrocknet war, erfolgte der Trennmittelauftrag mit dem Trennmittel AL2000 der Firma Ringer nach den Bedingungen aus Tab. 153.

	A	B	C
1	Trennmittelauftrag Schließschalung		
2	Start	04.04.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	09:49	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	11,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	71	%
7	Sprühgerät vorher	2000	ml
8	Abziehen	—	✓ / —
9	Nachwischen	—	✓ / —
10	Ende	04.04.18	tt.mm.jj
11	Uhrzeit	09:52	hh:mm
12	Witterung	sonnig	
13	Lufttemperatur	11,5	°C
14	Luftfeuchtigkeit	71	%
15	Sprühgerät nachher	1500	ml
16	Verbrauch	500	ml
17	Fläche	2,97	m ²
18	Trennmittelauftrag	168,35	ml/m ²
19	Gesamtdauer	3	min

Tab. 153: Dokumentation des Trennmittelauftrages

6.14.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 154 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Dieser Bauteil mit einer Einbaumenge von 0,45 m³ wurde gemeinsam mit der Mauer betoniert. Es wurde insgesamt nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	LÜFTUNGSSCHACHT		BETONAGE	
2				
3	Tag	04.04.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	12:27	hh:mm	
5	Einbaubeginn	13:45	hh:mm	
6	Einbauende	13:51	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	20,3	39	13:44
12	2	20,3	38	13:53
13	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 154: Betonierbedingungen

Das Diagramm in Abb. 251 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade bildet die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton ab. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die 5-Grad-Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer nicht unterschritten.

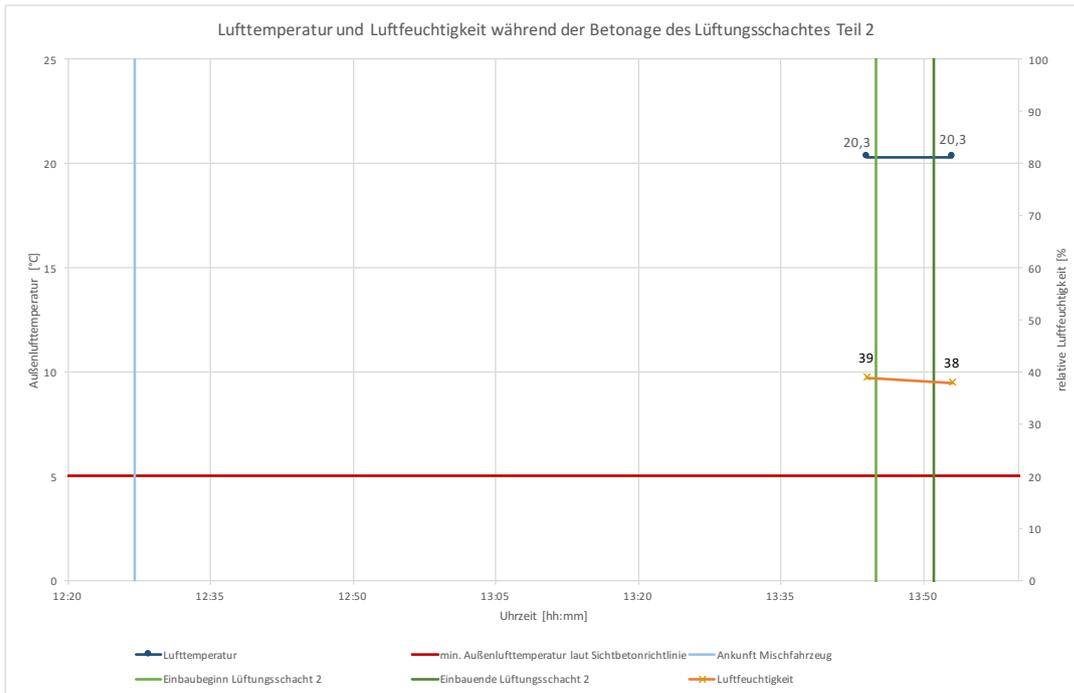


Abb. 251: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage des Lüftungsschachts Teil 2

Aufgrund der geringen Bauteilhöhe von 0,47 m wurde nur eine Schüttlage benötigt. Die Schüttlagendokumentation ist in Tab. 155 ersichtlich. Der gesamte Einbau dauerte 6 Minuten, was mit der Einbaumenge von 0,45 m³ eine Einbauleistung von 4,46 m³/h und mit der Bauteilhöhe eine Steiggeschwindigkeit von 4,70 m/h ergibt. Am Ende der Betonage wurde die Oberseite des Betons mit einer Kelle glattgestrichen und mit einer Folie abgedeckt.

	A	B	C	D	E
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]
2	1	0,47	13:45	13:49	4

Tab. 155: Schüttlagendokumentation

Die Frischbetontemperatur ist aus Tab. 156 zu entnehmen. Das Diagramm der Frischbetontemperatur ist in Abb. 262 (Seite 251) vom Bauteil Mauer ersichtlich.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	18,5	13:36	13:49	13

Tab. 156: Dokumentation der Frischbetontemperatur

6.14.6 Ausschalen

Am 05.04.2018 bei Arbeitsbeginn wurde der Lüftungsschacht Teil 2 einen Tag nach Betonierende ausgeschalt. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 157 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E	F	G
1	LÜFTUNGSSCHACHT 2		AUSSCHALEN		Entschalt nach	1	Tage
2					Entschaldauer	13	min
3	Öffnen Schließschalung			Öffnen Stellschalung			
4	Start	05.04.18	tt.mm.jj		Start	05.04.18	tt.mm.jj
5	Uhrzeit	14:22	hh:mm		Uhrzeit	14:30	hh:mm
6	Witterung	bewölkt		Witterung	bewölkt		
7	Lufttemperatur	10,8	°C		Lufttemperatur	11,7	°C
8	Luftfeuchtigkeit	76	%		Luftfeuchtigkeit	71	%
9	Ende	05.04.18	tt.mm.jj		Ende	05.04.18	tt.mm.jj
10	Uhrzeit	14:30	hh:mm		Uhrzeit	14:35	hh:mm
11	Witterung	bewölkt		Witterung	bewölkt		
12	Lufttemperatur	11,7	°C		Lufttemperatur	11,8	°C
13	Luftfeuchtigkeit	71	%		Luftfeuchtigkeit	71	%
14	Gesamtdauer	8	min		Gesamtdauer	5	min

Tab. 157: Ausschaldokumentation

6.14.7 Ergebnis

Das Ergebnis, direkt nach dem Ausschalen, ist in Abb. 252, Abb. 253, Abb. 254 und Abb. 255 zu sehen. Dieser Bauteil erzielte ein gutes Ergebnis. Sowohl Poren als auch Farbgleichheit und Betonabriss konnten den Anforderungen entsprechen. Die Kanten wurden sehr schön ausgebildet und erlitten keinen Ausbruch. Durch das Abdecken mit einer Plane konnte im oberen Bereich des Bauteils der Betonabriss verhindert werden.

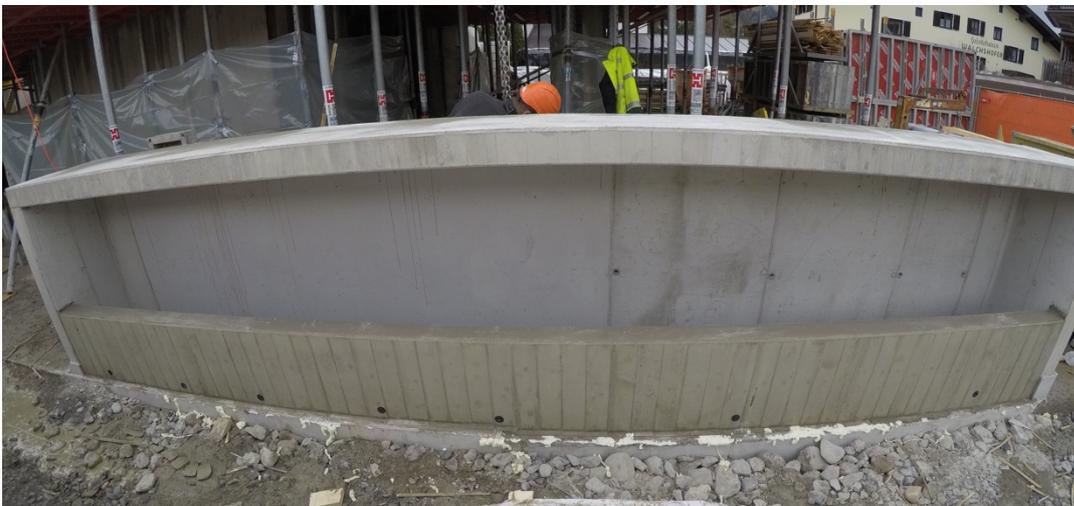


Abb. 252: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 253: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 254: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 direkt nach dem Ausschalen

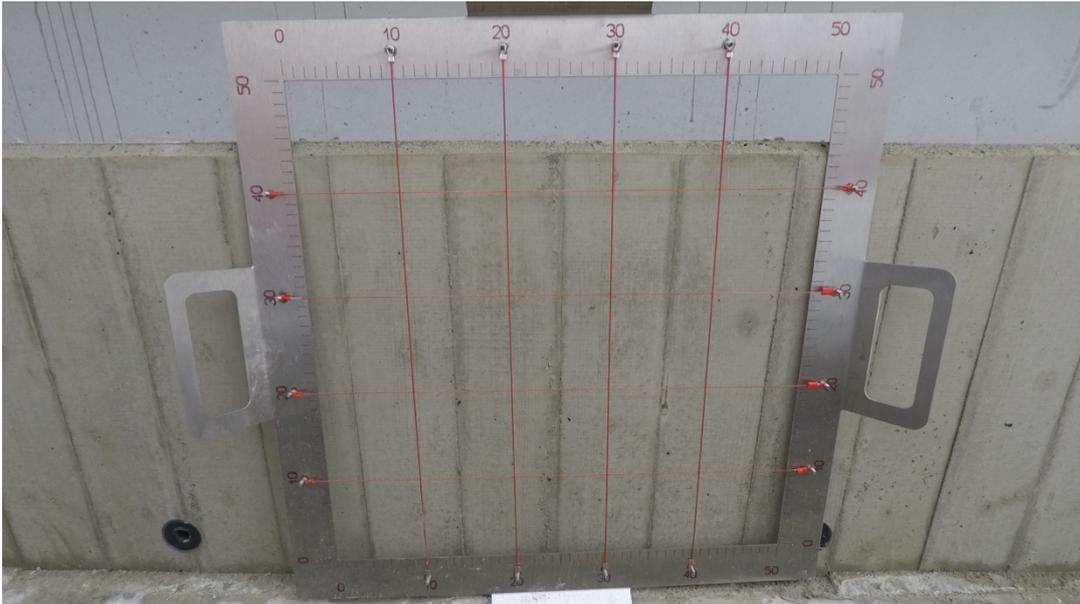


Abb. 255: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 direkt nach dem Ausschalen

Abb. 256 und Abb. 257 zeigen das Ergebnis des Sichtbetons nach 7 Wochen. Durch das Austrocknen des Betons ist die Farbe heller und gleichmäßiger geworden.



Abb. 256: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 vom 25.05.2018



Abb. 257: Ergebnis des Lüftungsschachts Teil 2 vom 25.05.2018

6.15 Mauer

Der Herstellungsprozess der Mauer erfolgte in der 14. Kalenderwoche. Die Mauer befindet sich im Erdgeschoß, in Abb. 258 ist die Lage ersichtlich. Bei diesem Bauteil wurden rein gehobelte, nicht gebürstete Bretter verwendet und nur die Schließschalung hatte Sichtbetonanforderung. Der Herstellungsprozess der Mauer ist in Abb. 259 dargestellt.

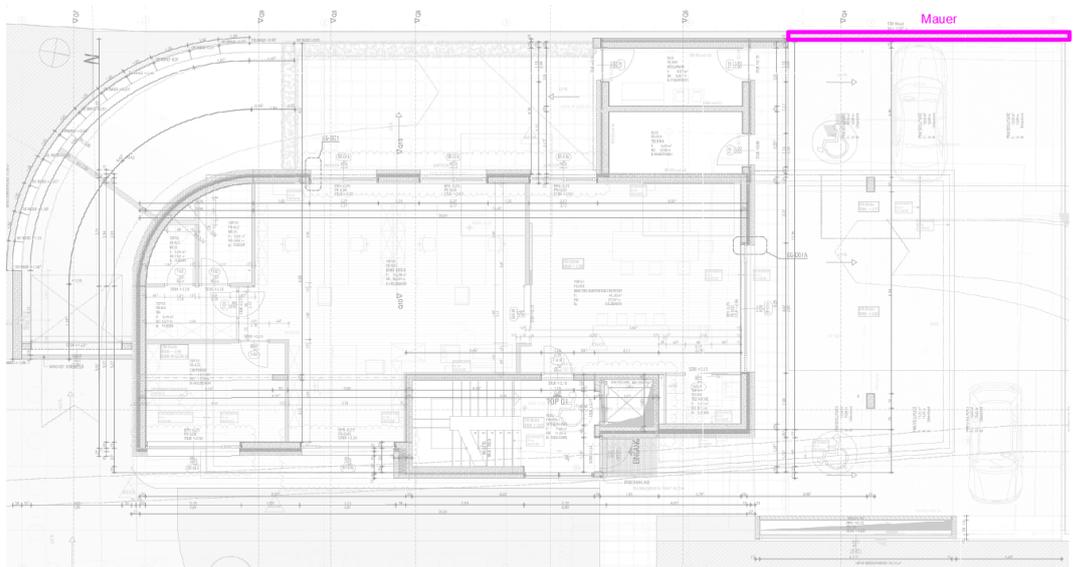


Abb. 258: Lage der Mauer

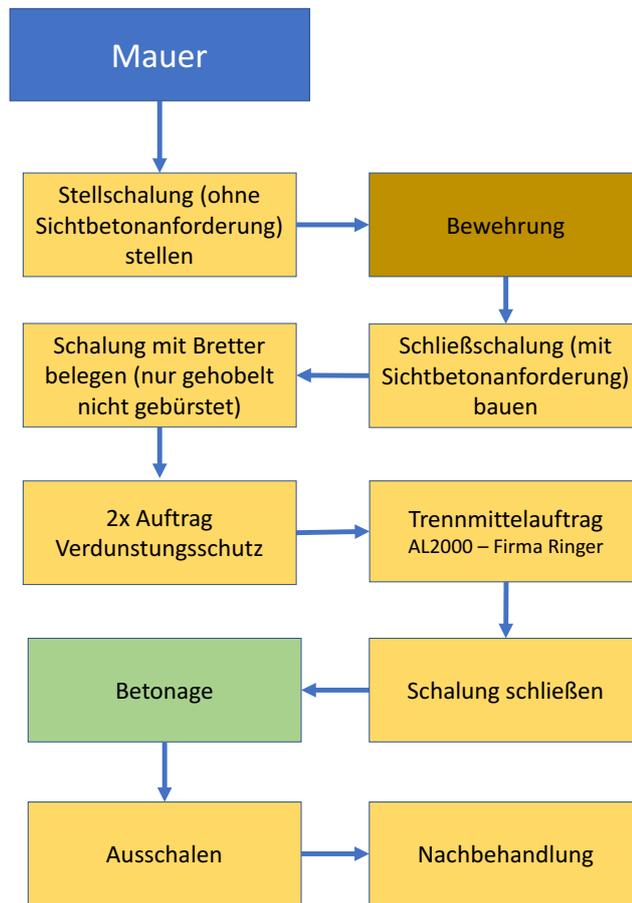


Abb. 259: Herstellungsprozess der Mauer

6.15.1 Schalung

Die Schließschalungsarbeiten mit Sichtbetonanforderung wurden unter den folgenden Bedingungen aus Tab. 158 vorgenommen.

	A	B	C	D	E
1	Schließschalung				
2		TEIL 1	TEIL 2	TEIL 3	
3	Start	03.04.18	03.04.18	03.04.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	11:09	14:05	16:25	hh:mm
5	Witterung	sonnig	sonnig	bewölkt	
6	Lufttemperatur	12	16	16,6	°C
7	Luftfeuchtigkeit	69	61	62	%
8	Ende	04.04.18	04.04.18	04.04.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	08:16	09:25	10:16	hh:mm
10	Witterung	bewölkt	sonnig	sonnig	
11	Lufttemperatur	8,7	10,5	12,9	°C
12	Luftfeuchtigkeit	76	75	66	%

Tab. 158: Schließschalungsarbeiten

Zwei Arbeitskräfte benötigen, abzüglich der 30-minütigen Mittagspause, 151 min für das Belegen der Schalung mit Brettern. (siehe Tab. 159)

Bretter belegen Teil 1	03.04.18	tt.mm.jj
Start	11:25	hh:mm
Ende	13:26	hh:mm
Bretter belegen Teil 2	03.04.18	tt.mm.jj
Start	14:33	hh:mm
Ende	15:25	hh:mm
Bretter belegen Teil 3	03.04.18	tt.mm.jj
Start	16:28	hh:mm
Ende	16:36	hh:mm

Tab. 159: Bretter auf die Schalung belegen

6.15.2 Bewehrung

Die Bewehrung wurde unter folgenden Bedingungen aus Tab. 160 eingebaut.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	03.04.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	12:38	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	15,3	°C
6	Luftfeuchtigkeit	65	%
7	Ende	03.04.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	16:11	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	16,6	°C
11	Luftfeuchtigkeit	61	%
12	Gesamtdauer	213	min

Tab. 160: Bewehrungsbedingungen

Die Betondeckung beträgt 4,00 cm, der Bewehrungsgrad beträgt laut Statiker $164,11 \text{ kg/m}^3$. (siehe Tab. 161 und Abb. 260)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		100	Stabstahl [%]
2			0	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		3,70	m ³
4	Bewehrungsmenge		607,21	kg
5	Bewehrungsgrad		164,11	kg/m ³

Tab. 161: Bewehrung

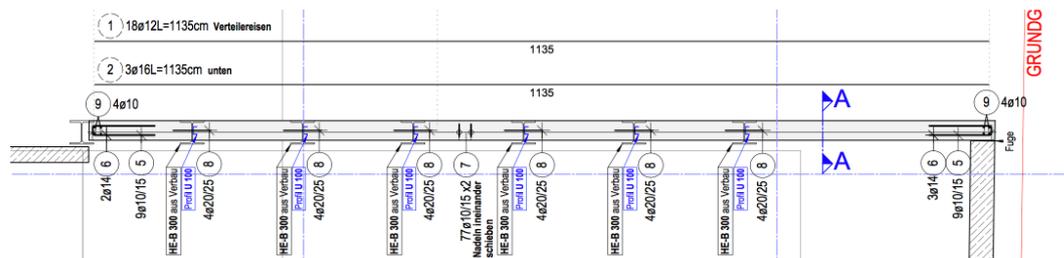


Abb. 260: Bewehrungsplan Grundriss der Mauer

6.15.3 Auftrag Verdunstungsmittel

Der Auftrag des Verdunstungsmittels wurde zweifach ausgeführt und ist unter folgenden Bedingungen aus Tab. 162 ausgeführt worden.

	A	B	C	D	E
1	Verdunstungsmittel Schließschalung				
2		Teil 1	Teil 2	Teil 3	
3	Start	03.04.18	03.04.18	03.04.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	13:51	15:27	16:37	hh:mm
5	Witterung	sonnig	sonnig	bewölkt	
6	Lufttemperatur	15,9	16,5	16,5	°C
8	Luftfeuchtigkeit	65	59	63	%
9	Auftrag	Pinsel			
10	Ende	03.04.18	03.04.18	03.04.18	tt.mm.jj
11	Uhrzeit	14:03	15:35	16:41	hh:mm
12	Witterung	sonnig	sonnig	bewölkt	
13	Lufttemperatur	16	16,5	16,6	°C
14	Luftfeuchtigkeit	61%	59%	64	%
15	Gesamtdauer	12	8	4	min

Tab. 162: Auftrag Verdunstungsmittel

6.15.4 Trennmittelauftrag

Der Trennmittelauftrag erfolgte bei Teil 1 am 03.04.2018 einen Tag vor der Betonage. Bei den Teilen 2 und 3 wurde der Trennmittelauftrag am nächsten Tag durchgeführt. Der Trennmittelauftrag erfolgte unter den in

Tab. 163 aufgelisteten Bedingungen. Bei diesem Bauteil wurde das Trennmittel AL2000 der Firma Ringer verwendet.

	A	B	C	D	E
1	Trennmittelauftrag Schließschalung				
2		Teil 1	Teil 2	Teil 3	
3	Start	03.04.18	04.04.18	04.04.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	16:17	08:29	09:30	hh:mm
5	Witterung	bewölkt	bewölkt	sonnig	
6	Lufttemperatur	16,6	8,9	10,5	°C
7	Luftfeuchtigkeit	62	76	75	%
8	Zustand Sprühgerät				
9	Pumpendruck	bar			
8	Sprühgerät vorher	2000	2000	2000	ml
9	Abziehen	–			✓ / –
10	Nachwischen	–			✓ / –
11	Ende	03.04.18	04.04.18	04.04.18	tt.mm.jj
12	Uhrzeit	16:23	08:31	09:34	hh:mm
13	Witterung	bewölkt	bewölkt	sonnig	
14	Lufttemperatur	16,6	8,9	10,5	°C
15	Luftfeuchtigkeit	62	76	75	%
16	Sprühgerät nachher	900	1550	1780	ml
17	Verbrauch	1100	450	220	ml
18	Fläche	15,13			m ²
19	Trennmittelauftrag	116,99			ml/m ²
20	Gesamtdauer	6	2	4	min

Tab. 163: Dokumentation des Trennmittelauftrages

6.15.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 164 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Dieser Abschnitt mit einer Einbaumenge von 3,70 m³ wurde gemeinsam mit dem Lüftungsschacht Teil 2 betoniert. Insgesamt wurde nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	MAUER		BETONAGE	
2				
3	Tag	04.04.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	12:27	hh:mm	
5	Einbaubeginn	12:49	hh:mm	
6	Einbauende	13:43	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	18,2	50	12:38
12	2	19,1	43	12:53
13	3	19,3	43	12:59
14	4	19,9	42	13:07
15	5	20,2	42	13:16
16	6	20,5	40	13:26
17	7	20,5	38	13:35
18	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 164: Betonierbedingungen der Wand

Das Diagramm in Abb. 261 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade spiegelt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton wider. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Die 5-Grad-Grenze konnte während der gesamten Einbaudauer eingehalten werden.

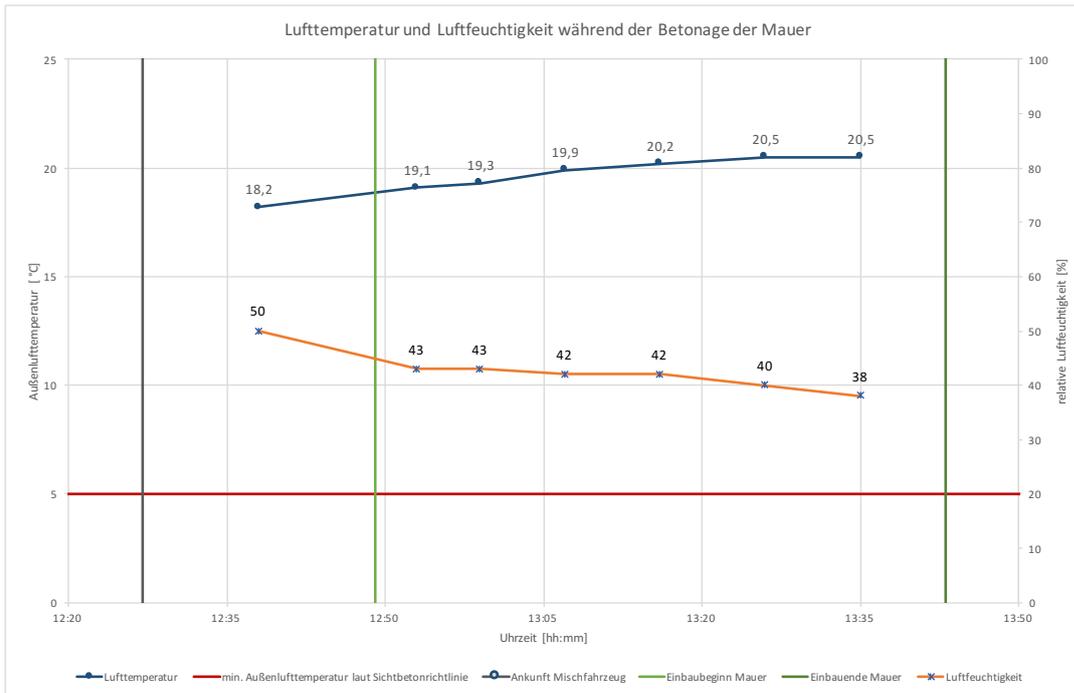


Abb. 261: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Mauer

Auf der Länge von 11,48 m wurde an 10 Einfüllstellen Beton eingebracht. Es wurde in 3 Schüttlagen betoniert, die Schüttlagenhöhe ist aus der Tab. 165 zu entnehmen. Der gesamte Einbau dauerte 54 Minuten, was mit der Einbaumenge von 3,70 m³ eine Einbauleistung von 4,11 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 1,29 m eine Steiggeschwindigkeit von 1,43 m/h ergibt. Da die Blasenbildung im oberen Bereich des Bauteils am größten ist, wurde um 13:52 Uhr die oberste Schicht 4 Minuten und 16 Sekunden lang nachgerüttelt. Im Anschluss glättete ein Arbeiter die Oberseite der Mauer mit einer Kelle glatt.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	50	12:49	13:06	17	516
3	2	50	13:11	13:25	14	550
4	3	29	13:26	13:43	17	450

Tab. 165: Schüttlagendokumentation

Die in Tab. 166 angeführte Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C		Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]
2	Kübel 1	16,7	12:45	12:56	11
3	Kübel 2	17,4	12:57	13:06	9
4	Kübel 3	17,8	13:08	13:15	7
5	Kübel 4	18,4	13:17	13:26	9
6	Kübel 5	18,2	13:27	13:35	8
7	Kübel 6	18,5	13:36	13:49	13

Tab. 166: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 262 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit bei der Mauer und beim Lüftungsschacht Teil 2. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer der Mauer wird durch die zwei gelben Linien und die des Lüftungsschachtes Teil 2 durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei beiden Abschnitten wurde die Mindestfrischbetontemperatur über die gesamte Betonierdauer eingehalten.

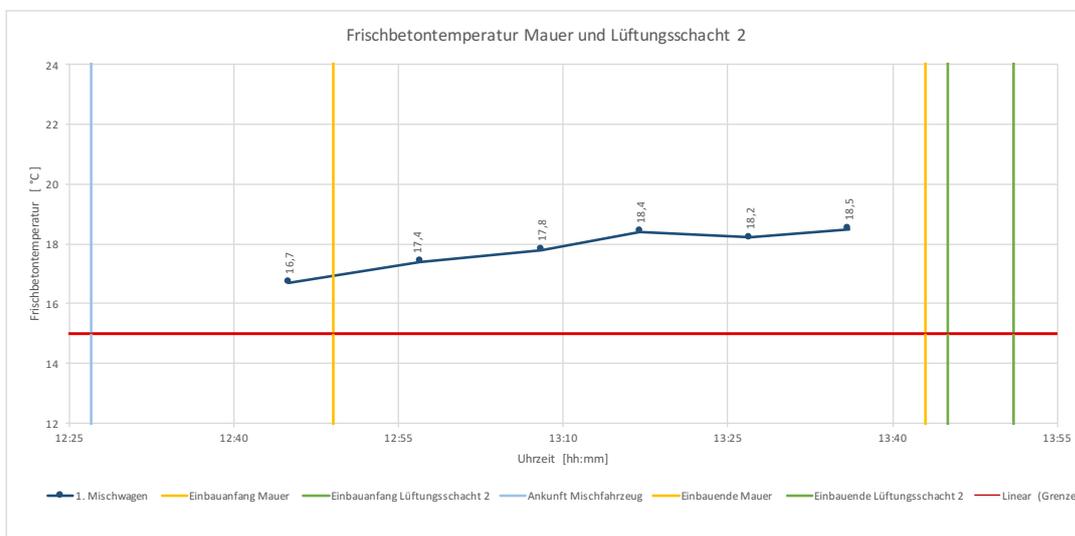


Abb. 262: Frischbetontemperatur der Mauer und des Lüftungsschachts Teil 2

6.15.6 Ausschalen

Am 05.04.18 um 14:46 Uhr wurde die Schalung der Mauer einen Tag nach Betonage geöffnet. Die Ausschaldokumentation ist aus der Tab. 167 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	MAUER		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schließschalung			
4	Entschalt nach	1	Tage	
5	Start	05.04.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	14:46	hh:mm	
7	Witterung	bewölkt		
8	Lufttemperatur	11,9	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	71	%	
10	Ende	05.04.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	16:13	hh:mm	
12	Witterung	bewölkt		
13	Lufttemperatur	10,7	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	77	%	
15	Gesamtdauer	87	min	

Tab. 167: Ausschaldokumentation

6.15.7 Ergebnis

Abb. 263, Abb. 264 und Abb. 265 zeigen das Ergebnis der Sichtbetonwand direkt nach dem Ausschalen. Dieser Bauteil weist ein sehr gutes Ergebnis auf. Es ist kein Unterschied zwischen den drei Schalungselementen zu erkennen, obwohl der Tag des Trennmittelauftrages vor der Betonage unterschiedlich war. Ein Betonabriss ist kaum vorhanden und nur an kleinen Stellen, wie in Abb. 266, zu sehen. Der Schalungselementversatz in Abb. 267 beträgt 3 mm. Jedoch kommt bei den rein gehobelten Brettern die Bretterstruktur schlechter zur Geltung. Daher wurden bei den nächsten Sichtbetonbauteilen wieder die gehobelten und gebürsteten Bretter verwendet.



Abb. 263: Mauer direkt nach dem Ausschalen



Abb. 264: Mauer direkt nach dem Ausschalen



Abb. 265: Mauer direkt nach dem Ausschalen



Abb. 266: Betonabriss



Abb. 267: Schalungselementversatz

Abb. 268 zeigt das Ergebnis der Sichtbetonwand 7 Wochen nach dem Ausschalen.



Abb. 268: Ergebnis des Sichtbetons vom 25.05.2018

6.16 Tiefgaragenabfahrt Teil 2

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 17. und 18. Kalenderwoche. Die Tiefgaragenabfahrt Teil 2 befindet sich im Erdgeschoß und in Abb. 269 ist die Lage ersichtlich.

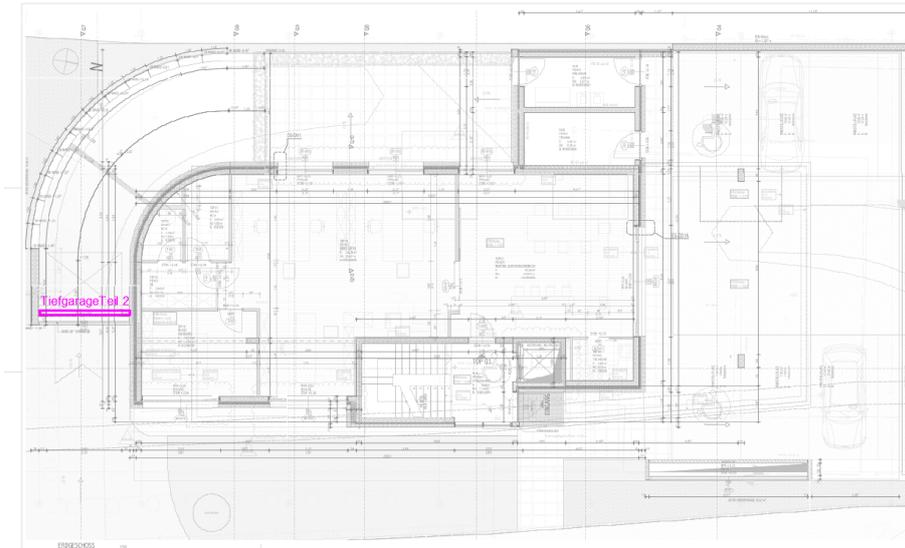


Abb. 269: Lage der Tiefgaragenabfahrt Teil 2



Abb. 270: Tiefgaragenabfahrt Teil 2

6.16.1 Schalung

Die Schalungsarbeiten der Stellschalung mit Sichtbetonanforderung wurden unter den folgenden Bedingungen aus Tab. 168 vorgenommen.

	A	B	C
1	Stellschalung		
2	Start	27.04.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:02	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	6,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	73	%
7	Ende	27.04.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	13:25	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	16,5	°C
11	Luftfeuchtigkeit	58	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	338	min

Tab. 168: Dokumentation der Stellschalungsarbeiten

6.16.2 Bewehrung

Die Bewehrung wurde unter den Bedingungen aus Tab. 169 eingebaut.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	27.04.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	13:28	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	16,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	58	%
7	Ende	30.04.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	07:44	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	13,3	°C
11	Luftfeuchtigkeit	64	%

Tab. 169: Bewehrungsbedingungen

Die Betondeckung beträgt 3,00 cm, der Bewehrungsgrad ergibt laut Statiker 281,70 kg/m³. (siehe Tab. 170)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		100	Stabstahl [%]
2			0	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		0,47	m ³
4	Bewehrungsmenge		132,4	kg
5	Bewehrungsgrad		281,70	kg/m ³

Tab. 170: Bewehrung

6.16.3 Auftrag Verdunstungsmittel

Das Verdunstungsmittel wurde dreifach auftragen und unter den folgenden Bedingungen aus Tab. 171 vorgenommen.

	A	B	C	D	E
1	Verdunstungsmittel Stellschalung				
2		1. Auftrag	2. Auftrag	3. Auftrag	
3	Start	27.04.18	27.04.18	27.04.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	11:36	12:37	13:18	hh:mm
5	Witterung	sonnig	sonnig	sonnig	
6	Lufttemperatur	13,3	15,3	16,3	°C
7	Luftfeuchtigkeit	61	56	58	%
8	Ende	27.04.18	27.04.18	27.04.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	11:58	12:52	13:28	hh:mm
10	Witterung	sonnig	sonnig	sonnig	
11	Lufttemperatur	14,1	15,5	16,5	°C
12	Luftfeuchtigkeit	59	58	58	%
13	Gesamtdauer	22	15	10	min

Tab. 171: Auftrag Verdunstungsmittel

6.16.4 Trennmittelauftrag

Der Trennmittelauftrag erfolgte unter den in Tab. 172 aufgelisteten Bedingungen. Bei diesem Bauteil wurde das Trennmittel AL2000 der Firma Ringer verwendet. Insgesamt wurde 155,04 ml/m² Trennmittel auf die Sichtbetonschalung aufgetragen.

	A	B	C
1	Trennmittelauftrag Stellschalung		
2	Start	27.04.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	13:55	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	16,8	°C
6	Luftfeuchtigkeit	58	%
7	Sprühgerät vorher	1000	ml
8	Abziehen	—	✓ / —
9	Nachwischen	—	✓ / —
10	Ende	27.04.18	tt.mm.jj
11	Uhrzeit	13:59	hh:mm
12	Witterung	sonnig	
13	Lufttemperatur	16,9	°C
14	Luftfeuchtigkeit	59	%
15	Sprühgerät nachher	400	ml
16	Verbrauch	600	ml
17	Fläche	3,87	m ²
18	Trennmittelauftrag	155,04	ml/m ²
19	Gesamtdauer	4	min

Tab. 172: Dokumentation des Trennmittelauftrags

6.16.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 173 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für diesen Abschnitt mit einer Einbaumenge von 0,47 m³ wurde nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	TIEFGARAGE TEIL 2		BETONAGE	
2				
3		30.04.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	13:03	hh:mm	
5	Einbaubeginn	13:22	hh:mm	
6	Einbauende	13:36	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	3	Personen	
8	Witterung bei Start	sonnig		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	16,3	53	13:05
12	2	16,7	53	13:19
13	3	16,9	54	13:28
14	4	17,0	54	13:38
15	Witterung bei Ende	sonnig		

Tab. 173: Betonierbedingungen der Tiefgaragenabfahrt Teil 2

Das Diagramm in Abb. 271 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade hält die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton fest. Die graue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Über die gesamte Einbaudauer konnte die Mindestaußenlufttemperatur eingehalten werden.

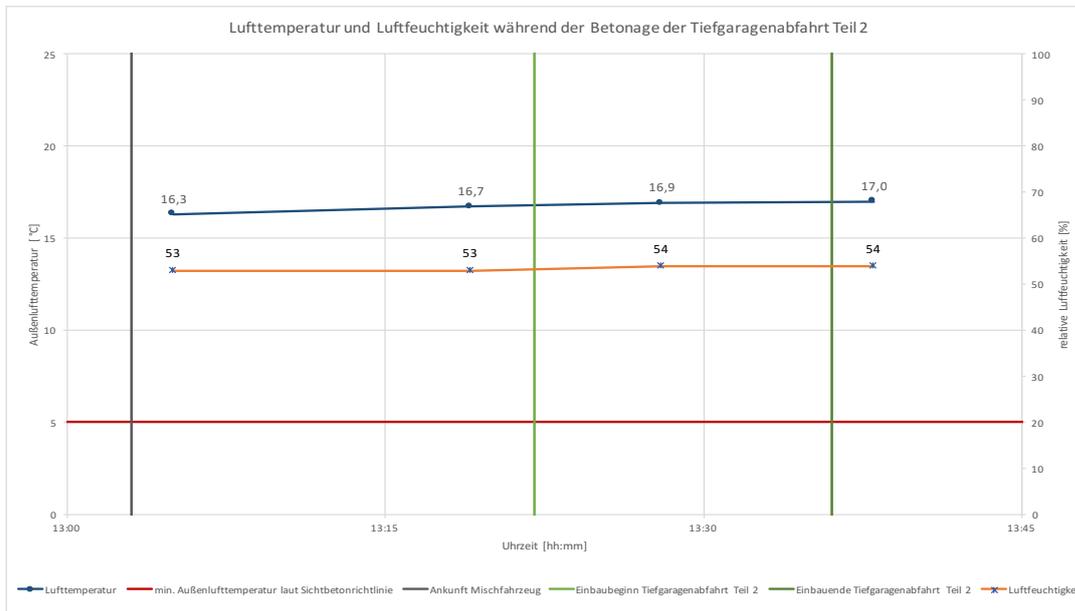


Abb. 271: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Tiefgaragenabfahrt Teil 2

Der gesamte Einbau dauerte 14 Minuten, was mit der Einbaumenge von $0,47 \text{ m}^3$ eine Einbauleistung von $2,03 \text{ m}^3/\text{h}$ und mit einer Höhe von 2,54 m eine Steiggeschwindigkeit von $10,89 \text{ m/h}$ ergibt. Zuerst wurde links und rechts auf der Oberkante der Aussparung in 4 Schüttlagen und anschließend die letzte Schüttlage über die gesamte Länge betoniert. Die Schüttagendokumentation ist aus Tab. 174 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	50	13:22	13:24	2	64
3	2	50	13:25	13:26	1	35
4	3	50	13:26	13:27	1	41
5	4	50	13:27	13:28	1	38
6	1	50	13:28	13:29	1	24
7	2	50	13:29	13:30	1	39
8	3	50	13:30	13:31	1	41
9	4	50	13:31	13:32	1	43
10	5	54	13:32	13:34	2	140

Tab. 174: Schüttagendokumentation

Die Frischbetontemperatur ist in Tab. 175 ersichtlich. Für diesen Bauteil wurde nur ein Kübel Beton benötigt.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	20,4	13:17	13:36	19

Tab. 175: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 272 zeigt die Frischbetontemperatur in Abhängigkeit von der Zeit von der Tiefgaragenabfahrt Teil 2. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die blaue Linie verkörpert die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer der Tiefgaragenabfahrt wird durch die zwei gelben Linien begrenzt. Die Mindestfrischbetontemperatur konnte eingehalten werden.

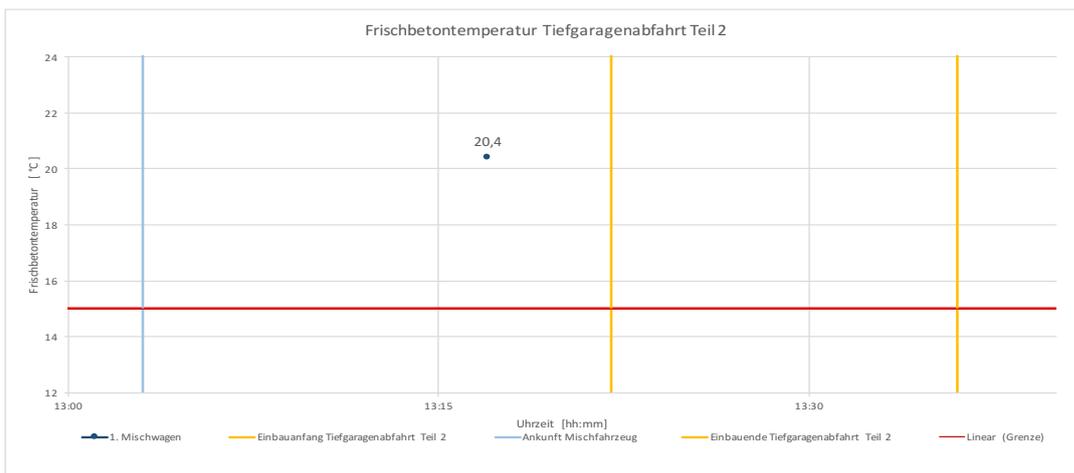


Abb. 272: Frischbetontemperatur der Tiefgaragenabfahrt Teil 2

6.16.6 Ausschalen

Am 02.05.2018 bei Arbeitsbeginn wurde die Tiefgaragenabfahrt Teil 2 zwei Tage nach Betonierende ausgeschalt. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 176 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E	F	G
1	TIEFGARAGE TEIL 2		AUSSCHALEN		Entschalt nach	2	Tage
2					Entschaldauer	59	min
3	Öffnen Schließschalung				Öffnen Stellschalung		
4	Start	02.05.18	tt.mm.jj	Start	02.05.18	tt.mm.jj	
5	Uhrzeit	06:58	hh:mm	Uhrzeit	06:58	hh:mm	
6	Witterung	klar		Witterung	klar		
7	Lufttemperatur	9,0	°C	Lufttemperatur	9,0	°C	
8	Luftfeuchtigkeit	77	%	Luftfeuchtigkeit	77	%	
9	Ende	02.05.18	tt.mm.jj	Ende	02.05.18	tt.mm.jj	
10	Uhrzeit	07:19	hh:mm	Uhrzeit	07:36	hh:mm	
11	Witterung	klar		Witterung	klar		
12	Lufttemperatur	9,2	°C	Lufttemperatur	9,4	°C	
13	Luftfeuchtigkeit	77	%	Luftfeuchtigkeit	77	%	
14	Gesamtdauer	21	min	Gesamtdauer	38	min	

Tab. 176: Ausschaldokumentation der Tiefgaragenabfahrt Teil 2

6.16.7 Ergebnis

Abb. 273 und Abb. 274 zeigen das Ergebnis der Tiefgaragenabfahrt Teil 2 direkt nach dem Ausschalen. Der Gesamteindruck liefert ein mittelmäßiges Ergebnis. Im oberen Bereich entstand, im Gegensatz zum seitlichen Teil, viel Betonabrieb. Der Bauteil wurde nach der Betonage nicht abgedeckt. Dies könnte der Grund für den Abriss im oberen Bereich sein.



Abb. 273: Ergebnis der Tiefgaragenabfahrt Teil 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 274: Ergebnis der Tiefgaragenabfahrt Teil 2 direkt nach dem Ausschalen

Einen Tag nach dem Ausschalen wurde dieser Bauteil mit Betonkosmetik verschönert. (siehe Abb. 275)



Abb. 275: Betonkosmetik

6.17 Fassade 5

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 18. und 19. Kalenderwoche. Die Fassade 5 befindet sich im Erdgeschoß. In Abb. 276 ist die Lage ersichtlich. Der Ablauf des Herstellungsprozesses ist in Abb. 277 dargestellt.

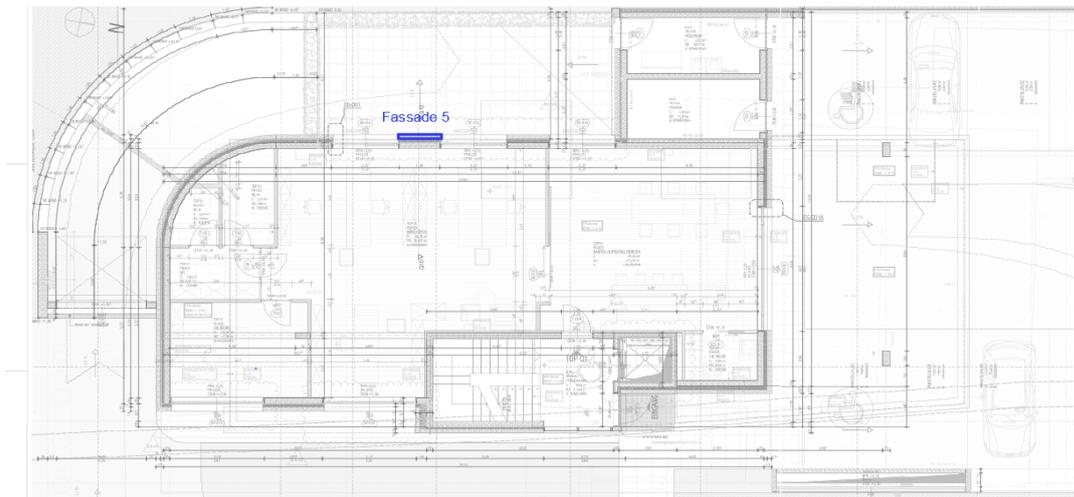


Abb. 276: Lage der Fassade 5

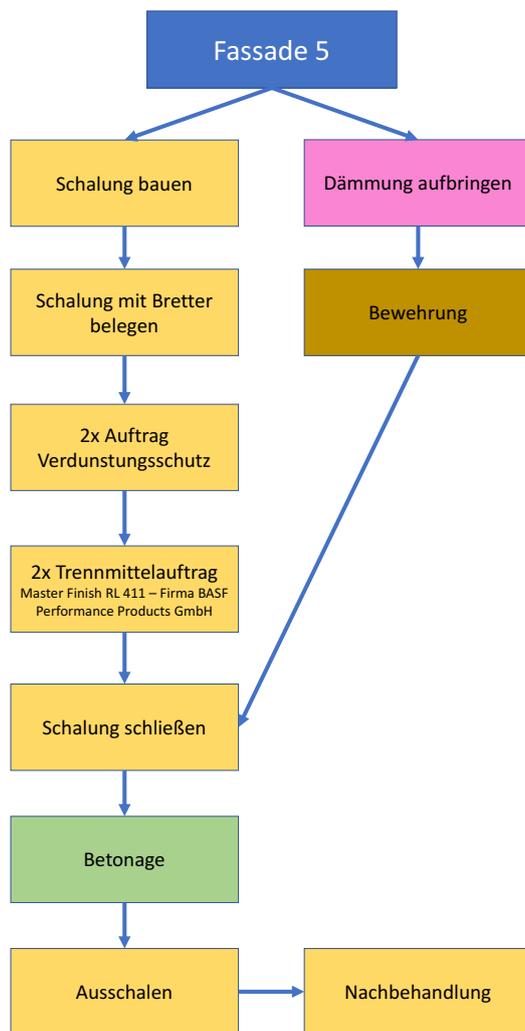


Abb. 277: Herstellungsprozess der Fassade 5

6.17.1 Dämmung und Bewehrung

Am 03.05.2018 dämmten zwei Bauarbeiter die Fassade 5 in der Früh bei Arbeitsbeginn von 07:00 Uhr bis 08:56 Uhr. Anschließend begannen um 09:43 Uhr die Bewehrungsarbeiten. Die fertiggestellte Bewehrung ist in Abb. 278 ersichtlich.



Abb. 278: Dämmung und Bewehrung der Fassade 5

Die Betonüberdeckung beträgt 4,00 cm, der Bewehrungsgrad liegt laut Statiker bei 95,78 kg/m³. (siehe Tab. 177 und Abb. 279)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		63,52	Stabstahl [%]
2			36,48	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		0,68	m3
4	Bewehrungsmenge		65,13	kg
5	Bewehrungsgrad		95,78	kg/m3

Tab. 177: Bewehrung

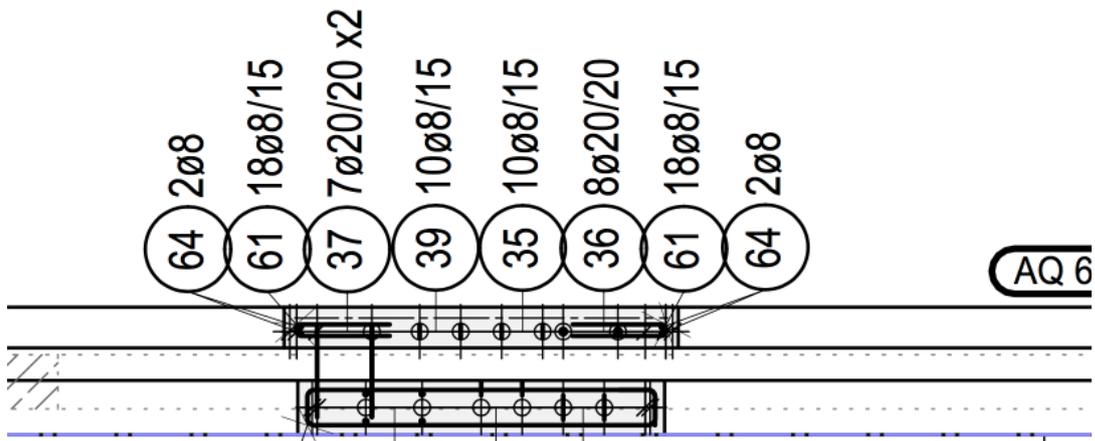


Abb. 279: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 5

6.17.2 Schalung belegen

Die Arbeitskräfte starteten mit den Arbeiten der einseitigen Schalung mit Sichtbetonanforderung am 04.05.18. Diese Arbeit erfolgte nach den folgenden Bedingungen aus Tab. 178.

	A	B	C
1	einseitige Schalung		
2	Start	04.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	11:47	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	20,2	°C
6	Luftfeuchtigkeit	67	%
7	Ende	08.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:35	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	18,6	°C
11	Luftfeuchtigkeit	64	%

Tab. 178: Dokumentation der einseitigen Schalung stellen

Für das Belegen der Bretter auf die Schalung benötigten 3 Arbeitskräfte 34 Minuten. (siehe Tab. 179 und Abb. 280)

Bretter belegen	04.05.18	tt.mm.jj
Start	12:35	hh:mm
Ende	13:09	hh:mm

Tab. 179: Bretter belegen Fassade 5



Abb. 280: Schalung belegen mit Brettern

6.17.3 Auftrag Verdunstungsmittel

Die Vorbehandlung der Schalhaut mit Verdunstungsmittel erfolgte laut nachfolgenden Bedingungen aus Tab. 180.

	A	B	C	D
1	Auftrag Verdunstungsmittel			
2		1. Auftrag	2. Auftrag	
3	Start	04.05.18	04.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	13:10	13:51	hh:mm
5	Witterung	sonnig	bewölkt	
6	Lufttemperatur	23,6	22,3	°C
7	Luftfeuchtigkeit	58	56	%
8	Arbeitskräfte	2 AK	1AK	
9	Ende	04.05.18	04.05.18	tt.mm.jj
10	Uhrzeit	13:15	13:56	hh:mm
11	Witterung	bewölkt	bewölkt	
12	Lufttemperatur	21,8	21,8	°C
13	Luftfeuchtigkeit	58	58	%
14	Gesamtdauer	5	5	min

Tab. 180: Auftrag des Verdunstungsmittels der Fassade 5

Um das Trocknen des Verdunstungsmittels zu gewährleisten, schützten die Arbeiter die Schalung mit einer Plane vor der Witterung. (siehe Abb. 281)



Abb. 281: Schutz der Schalung vor der Witterung

6.17.4 Auftrag Trennmittel

Die einseitige Schalung besprühten die Arbeiter mit dem Trennmittel BASF Performance von der Firma Master Finish RL 411. Dieses Trennmittel auf Pflanzenölbasis sollte laut Herstellerangaben länger die Trennmittelwirkung beibehalten. Die Dokumentation des Trennmittelauftrags ist aus Tab. 181 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	Trennmittelauftrag Schließschalung			
2		1x	2x	
3	Start	08.05.18	08.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	07:18	08:16	hh:mm
5	Witterung	sonnig	sonnig	
6	Lufttemperatur	9,9	11,7	°C
7	Luftfeuchtigkeit	63	73	%
8	Sprühgerät vorher	1500		ml
9	Abziehen	—		✓ / —
10	Nachwischen	—		✓ / —
11	Ende	08.05.18	08.05.18	tt.mm.jj
12	Uhrzeit	07:21	08:18	hh:mm
13	Witterung	sonnig	sonnig	
14	Lufttemperatur	9,9	11,8	°C
15	Luftfeuchtigkeit	63	74	%
16	Sprühgerät nachher	190		ml
17	Verbrauch	1310		ml
18	Fläche	5,52		m ²
19	Trennmittelauftrag	237,32		g/m ²
20	Gesamtdauer	3	2	min

Tab. 181: Trennmittelauftrag Fassade 5

6.17.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 182 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Dieser Fassadenabschnitt mit einer Einbaumenge von 0,68 m³ wurde gemeinsam mit der Fassade 6 betoniert. Es wurde insgesamt nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	Fassade 5		BETONAGE	
2				
3	Tag	08.05.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	13:59	hh:mm	
5	Einbaubeginn	14:11	hh:mm	
6	Einbauende	14:25	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	4	Personen	
8	Witterung bei Start	sonnig		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	21,9	46	13:57
12	2	22,4	46	14:09
13	3	22,2	46	14:14
14	Witterung bei Ende	sonnig		

Tab. 182: Betonierbedingungen der Fassade 5

Das Diagramm in Abb. 282 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade drückt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton aus. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die 5 Grad Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer nicht unterschritten.

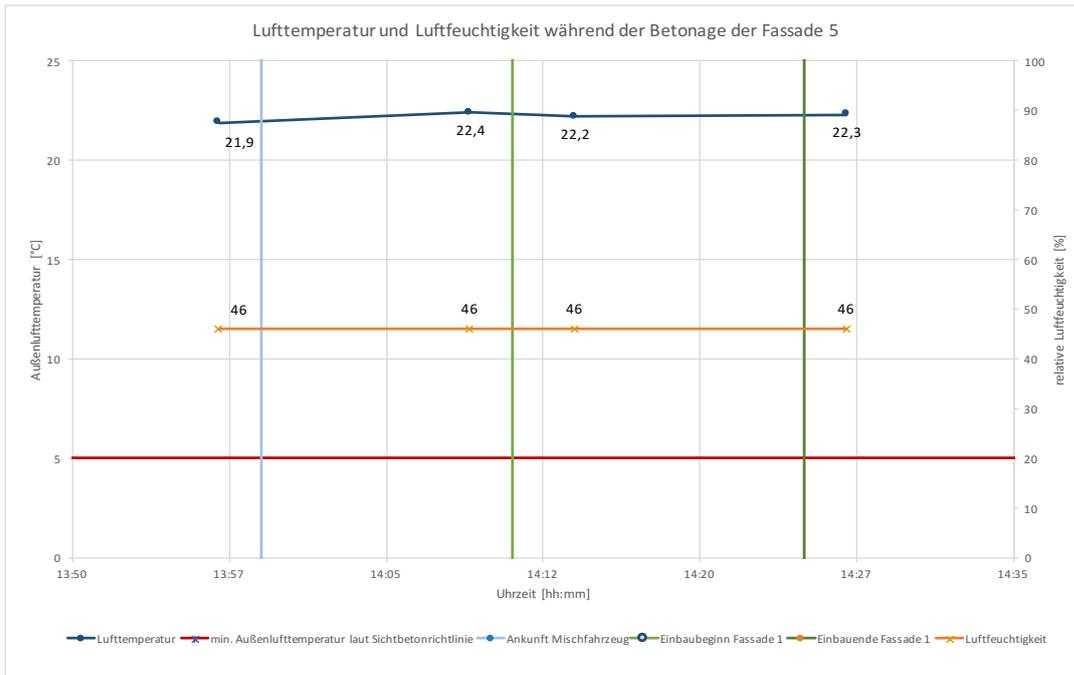


Abb. 282: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 5

Auf der Länge von 1,44 m wurde nur an einer Einfüllstelle in der Mitte der Wand Beton eingebaut. (siehe Abb. 284). Die Schüttagendokumentation ist der Tab. 184 zu entnehmen. Der gesamte Einbau dauerte 14 Minuten, was mit der Einbaumenge von 0,68 m³ eine Einbauleistung von 2,93 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 3,17 m eine Steiggeschwindigkeit von 13,59 m/h ergibt. Da die Porenbildung im oberen Bereich des Bauteils am größten ist, verdichtete ein Arbeiter die oberste Schicht nach einer kurzen Wartezeit nach.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttaglagen	Höhe [cm]	Start Schüttaglage	Ende Schüttaglage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	50	14:11	14:13	2	75
3	2	50	14:15	14:16	1	115
4	3	50	14:19	14:20	1	59
5	4	50	14:21	14:22	1	46
6	5	50	14:23	14:24	1	32
7	6	55	14:24	14:25	1	17

Tab. 183: Schüttagendokumentation der Fassade 5

Für den Betoneinbau der Fassade 5 benötigten die Arbeiter keinen ganzen Betonkübel. Der Rest wurde in die Fassade 6 eingebaut. Die Frischbetontemperatur ist aus Tab. 184 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	23,9	14:05	14:34	29

Tab. 184: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 283 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit bei den Fassaden 5 und 6. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die blaue Linie spiegelt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle wieder. Die Einbau-dauer der Fassade 5 wird durch die zwei gelben Linien und die der Fassade 6 durch die zwei grünen Linien begrenzt. Die Mindestfrischbetontemperatur konnte bei beiden Kübeln eingehalten werden.

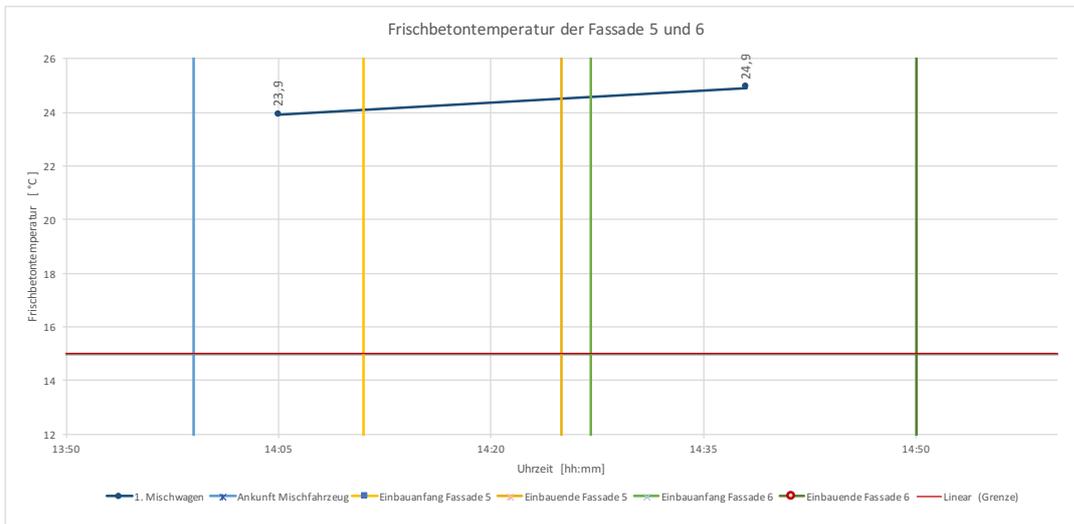


Abb. 283: Frischbetontemperatur der Fassaden 5 und 6



Abb. 284: Betonage der Fassade 5

6.17.6 Ausschalen

Am 11.05.2018 bei Arbeitsbeginn wurde die Fassade 5 drei Tage nach Betonierende ausgeschalt. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 185 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	FASSADE 5		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schalung			
4	Entschalt nach	3	Tage	
5	Start	11.05.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	07:00	hh:mm	
7	Witterung	bewölkt / sonnig		
8	Lufttemperatur	12,4	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	62	%	
10	Ende	11.05.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	07:24	hh:mm	
12	Witterung	sonnig		
13	Lufttemperatur	12,8	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	70	%	
15	Gesamtdauer	24	min	

Tab. 185: Ausschaldokumentation der Fassade 5

6.17.7 Ergebnis

Abb. 285, Abb. 286 und Abb. 287 zeigen die Ergebnisse der Fassade 5 direkt nach dem Ausschalen. Das Ergebnis macht einen guten Gesamteindruck. Die Menge der Poren hat im Vergleich zu den anderen Fassadenelementen zugenommen, liegt jedoch immer noch in der geforderten Größe und Anzahl. Dies könnte an dem neu verwendeten Trennmittel liegen. Ein durchgehender Betonabriss am obersten Bereich des Bauteils ist in Abb. 285 zu erkennen. Der Vergleich der Betonoberfläche zur Schalhaut ist in Abb. 286 zu sehen. Abb. 287 zeigt Unregelmäßigkeiten auf der Betonoberfläche der Fassade 5, deren Ursache unklar ist.



Abb. 285: Betonabriss im obersten Bereich



Abb. 286: Vergleich der Betonoberfläche mit der Schalhaut direkt nach dem Ausschalen



Abb. 287: Unregelmäßigkeiten Fassade 6

Abb. 289 und Abb. 288 zeigen die Ergebnisse der Fassade 5 vom 25.05.2018, zwei Wochen nach dem Ausschalen des Bauteils.

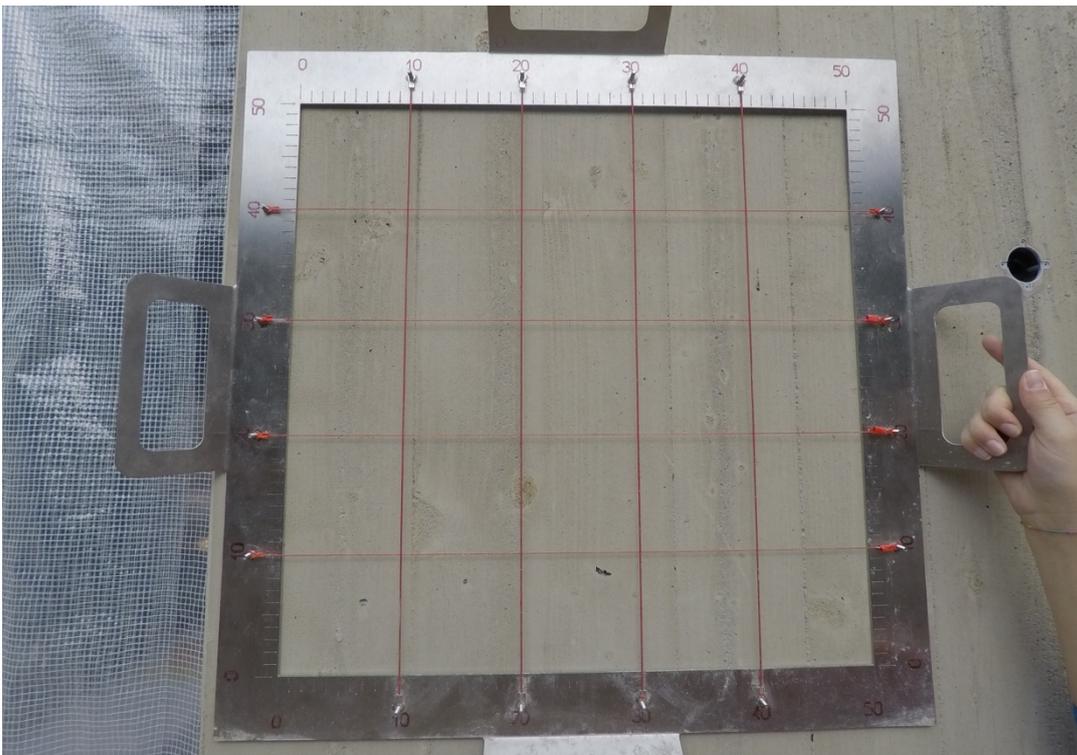


Abb. 288: Fassade 5 am 25.05.2018



Abb. 289: Fassade 5 am 25.05.2018

6.18 Fassade 6

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 19. Kalenderwoche. Die Fassade 6 befindet sich im Erdgeschoß, in Abb. 290 ist die Lage ersichtlich. Der Ablauf des Herstellungsprozesses ist in Abb. 291 dargestellt.

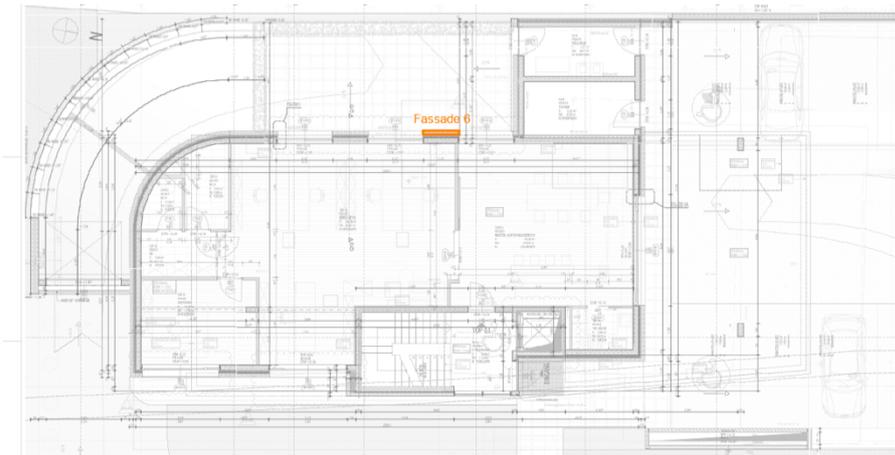


Abb. 290: Lage der Fassade 6

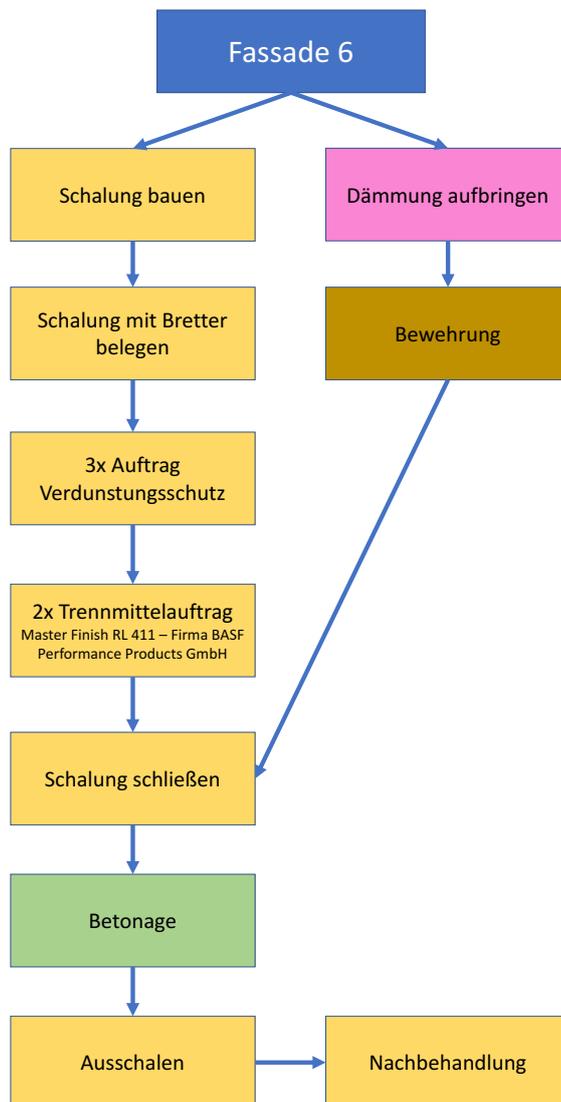


Abb. 291: Herstellungsprozess der Fassade 6

6.18.1 Dämmung und Bewehrung

Die Isolierungsarbeiten starteten am 03.05.2018 um 09:27 Uhr. Nach Fertigstellung (siehe Abb. 292) um 09:35 Uhr begannen die Arbeiter mit der Verlegung der Bewehrung. Es wurden keine Abstandhalter eingebaut. Stattdessen wurden die Bewehrungsmatten an die verankerten Thermoanker der Firma Schöck aus Glasfaser angebunden.



Abb. 292: Dämmung der Fassade 6

Die Betonüberdeckung beträgt 4,00 cm, der Bewehrungsgrad liegt laut Statiker bei 95,78 kg/m³. (siehe Tab. 186 und Abb. 293)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		63,52	Stabstahl [%]
2			36,48	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		0,68	m ³
4	Bewehrungsmenge		65,13	kg
5	Bewehrungsgrad		95,78	kg/m ³

Tab. 186: Bewehrung

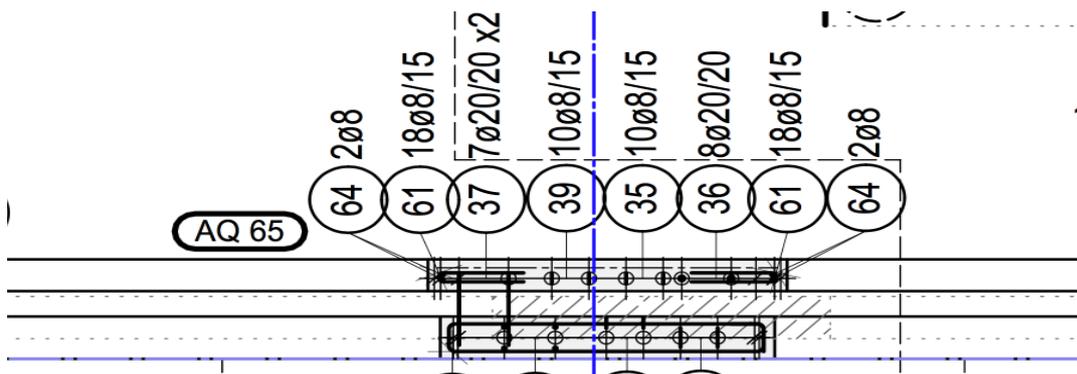


Abb. 293: Bewehrung Grundriss der Fassade 6

6.18.2 Schalung belegen

Die Arbeitskräfte starteten mit den Arbeiten der einseitigen Schalung mit Sichtbetonanforderung am 08.05.18. Diese Arbeit erfolgte nach den folgenden Bedingungen aus Tab. 187.

	A	B	C
1	einseitige Schalung		
2	Start	08.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:26	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	9,9	°C
6	Luftfeuchtigkeit	63	%
7	Ende	08.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	12:15	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	22,9	°C
11	Luftfeuchtigkeit	52	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	244	min

Tab. 187: Dokumentation der einseitigen Schalung der Fassade 6

Für das Belegen der Bretter auf die Schalung benötigten 3 Arbeitskräfte 17 Minuten. (siehe Tab. 188)

Bretter belegen	08.05.18	tt.mm.jj
Start	07:34	hh:mm
Ende	07:51	hh:mm

Tab. 188: Schalung mit Bretter belegen der Fassade 6

Durch die Abdeckung der Bretter mit einer Plane konnte die Feuchtigkeit nicht entweichen und ein Teil der Bretter schimmelte. (siehe Abb. 294)



Abb. 294: Schimmel auf den Brettern

6.18.3 Auftrag Verdunstungsmittel

Die Vorbehandlung der Schalhaut mit Verdunstungsmittel erfolgte laut nachfolgenden Bedingungen aus Tab. 189.

	A	B	C	D	E
1	Auftrag Verdunstungsmittel				
2		1x	2x	3x	
3	Start	08.05.18	08.05.18	08.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	07:46	09:13	10:07	hh:mm
5	Witterung	sonnig			
6	Lufttemperatur	13,0	14,8	17,3	°C
7	Luftfeuchtigkeit	71	67	65	%
8	Ende	08.05.18	08.05.18	08.05.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	07:53	09:21	10:13	hh:mm
10	Witterung	sonnig			
11	Lufttemperatur	12,3	14,8	17,3	°C
12	Luftfeuchtigkeit	71	67%	65	%
13	Gesamtdauer	7	8	6	min

Tab. 189: Auftrag des Verdunstungsmittels

Um Zeit zu sparen, wurde noch während der Bretterbefestigung schon mit dem Verdunstungsmittelanstrich begonnen. (siehe Abb. 295)



Abb. 295: Verdunstungsmittelauftrag Fassade 6

6.18.4 Auftrag Trennmittel

Die einseitige Schalung besprühen die Arbeiter mit dem gleichen Trennmittel BASF Performance wie bei der Fassade 5 von der Firma Master Finish RL 411. Die Dokumentation des Trennmittelauftrags ist aus Tab. 190 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	Trennmittelauftrag einseitige Schalung			
2		1x	2x	
3	Start	08.05.18	08.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	10:40	10:55	hh:mm
5	Witterung	sonnig		
6	Lufttemperatur	18,2	18,6	°C
7	Luftfeuchtigkeit	64	64	%
8	Sprühgerät vorher	1600		ml
9	Abziehen	—		✓ / —
10	Nachwischen	—		✓ / —
11	Ende	08.05.18	08.05.18	tt.mm.jj
12	Uhrzeit	10:42	10:57	hh:mm
13	Witterung	sonnig		
14	Lufttemperatur	18,2	18,6	°C
15	Luftfeuchtigkeit	64	84	%
16	Sprühgerät nachher	600		ml
17	Verbrauch	1000		ml
18	Fläche	5,52		m ²
19	Trennmittelauftrag	181,16		g/m ²
20	Gesamtdauer	4		min

Tab. 190: Dokumentation des Trennmittelauftrages der Fassade 6

6.18.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 191 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für diesen Abschnitt wurde gemeinsam mit der Fassade 5 ein Mischwagen bestellt. Die Einbaumengen der Fassade 6 und 5 betragen 0,68 m³.

	A	B	C	D
1	Fassade 6		BETONAGE	
2				
3	Tag	08.05.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	13:59	hh:mm	
5	Einbaubeginn	14:27	hh:mm	
6	Einbauende	14:50	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	4	Personen	
8	Witterung bei Start	sonnig		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
12	2	21,8	46	14:33
13	3	21,3	46	14:42
14	4	21,1	47	14:50
15	Witterung bei Ende	sonnig		

Tab. 191: Betonierbedingungen der Fassade 6

Das Diagramm in Abb. 296 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade bildet die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton ab. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei der Fassade 6 konnte die Mindestlufttemperatur über die gesamte Einbaudauer eingehalten werden.

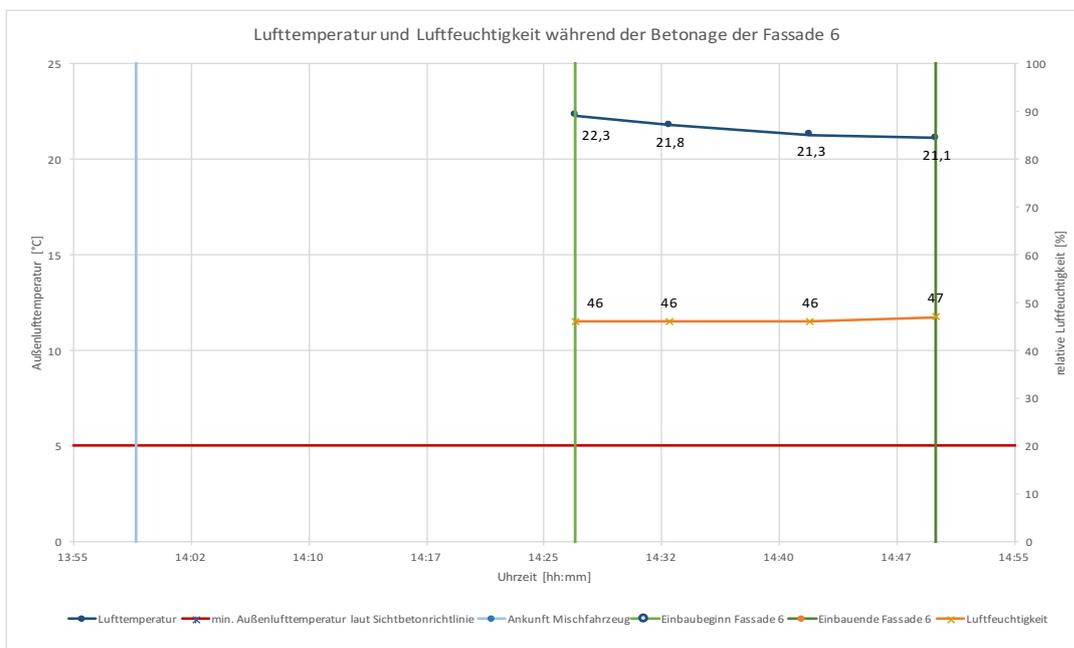


Abb. 296: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 6

Auf der Länge von 1,44 m wurde nur an einer Stelle Beton eingebracht. Der gesamte Einbau dauerte 23 Minuten, was mit der Einbaumenge von 0,68 m³ eine Einbauleistung von 1,79 m³/h und mit einer Höhe von 3,17 m eine Steiggeschwindigkeit von 8,27 m/h ergibt. Die Schüttlagendokumentation ist der Tab. 192 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	50	14:27	14:29	2	77
3	2	50	14:31	14:32	1	65
4	3	50	14:33	14:44	11	46
5	4	50	14:46	14:47	1	36
6	5	50	14:47	14:48	1	21
7	6	55	14:49	14:50	1	18

Tab. 192: Schüttlagendokumentation

Die Überprüfung der Frischbetontemperatur ist in Tab. 193 ersichtlich.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 2	24,9	14:38	14:50	12

Tab. 193: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Bei dieser Betonage war kein Laborant anwesend, daher konnte das Ausbreitmaß nicht überprüft werden.

6.18.6 Ausschalen

Am 11.05.18 wurde um 07:25 Uhr die einseitige Schalung der Fassade 6 drei Tage nach Betonage geöffnet. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 194 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	FASSADE 6		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schließschalung			
4	Entschalt nach	3	Tage	
5	Start	11.05.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	07:25	hh:mm	
7	Witterung	sonnig / bewölkt		
8	Lufttemperatur	12,8	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	70	%	
10	Ende	11.05.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	07:52	hh:mm	
12	Witterung	bewölkt / sonnig		
13	Lufttemperatur	12,8	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	72	%	
15	Gesamtdauer	27	min	

Tab. 194: Ausschaltdokumentation

6.18.7 Ergebnis

Abb. 298, Abb. 299, Abb. 297 und Abb. 300 zeigen die Ergebnisse der Fassade 6 direkt nach dem Ausschalen. Das Ergebnis ist ähnlich dem Ergebnis von Fassade 5. Die Porigkeit hat wiederum zugenommen, liegt jedoch immer noch in der geforderten Größe und Anzahl. (siehe Abb. 297) Dies könnte an dem neu verwendeten Trennmittel liegen. Ein durchgehender Betonabriss am obersten Bereich des Bauteils ist in Abb. 300 zu erkennen. Der Vergleich der Betonoberfläche zur Schalhaut ist in Abb. 298 zu sehen.



Abb. 297: Porigkeit der Fassade 6



Abb. 298: Vergleich der Betonoberfläche mit der Schalhaut direkt nach dem Ausschalen



Abb. 299: Fassade 5 und Fassade 6 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 300: Betonabriss im oberen Bereich

Abb. 301 und Abb. 302 zeigen die Ergebnisse der Fassade 6 vom 25.05.2018, zwei Wochen nach dem Ausschalen des Bauteils.



Abb. 301: Fassade 6 am 25.05.2018



Abb. 302: Fassade 6 am 25.05.2018

6.19 Fertigteile Abschnitt 1

Die insgesamt 13 Fertigteile wurden in zwei Abschnitte aufgeteilt. Sie wurden auf der obersten Decke auf einem Deckentisch hergestellt und anschließend versetzt. Die Herstellung des ersten Abschnitts erfolgte in der 18. und 19. Kalenderwoche. In Abb. 303 sind die Fertigteile des Abschnitts 1 dargestellt. Der Herstellungsprozess der Fertigteile Abschnitt 1 ist in Abb. 304 dargestellt.



Abb. 303: Fertigteile Abschnitt 1



Abb. 304: Herstellungsprozess der Fertigteile Abschnitt 1

6.19.1 Schalen

Die Fertigteile wurden wie eine Platte hergestellt. (siehe Abb. 305) Die Schalarbeiten wurden unter den nachfolgenden Bedingungen aus Tab. 195 durchgeführt.

	A	B	C
1	Schalung		
2	Start	03.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	09:35	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	15,2	°C
6	Luftfeuchtigkeit	68	%
7	Ende	04.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	08:00	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	16,0	°C
11	Luftfeuchtigkeit	74	%

Tab. 195: Dokumentation der Schalarbeiten



Abb. 305: Schalen der Fertigteile Abschnitt 1

6.19.2 Auftrag Verdunstungsmittel

Der Verdunstungsschutz wurde zweifach aufgetragen und laut nachfolgenden Bedingungen aus Tab. 196 vorgenommen.

	A	B	C
1	Auftrag Verdunstungsmittel		
2	Start	03.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	16:25	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	18,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	61	%
7	Ende	03.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	16:58	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	18,3	°C
11	Luftfeuchtigkeit	0,62	%
12	Gesamtdauer	33	min

Tab. 196: Auftrag von Verdunstungsmittel

Um die Schalung nicht zu verschmutzen oder zu beschädigen, wurden während der Arbeiten die Sicherheitsschuhe ausgezogen. (siehe Abb. 306)



Abb. 306: Auftrag von Verdunstungsmittel

6.19.3 Trennmittelauftrag

Die Fertigteile besprühen die Arbeiter mit dem Trennmittel AL2000 der Firma Ringer. Die Dokumentation des Trennmittelauftrags ist aus Tab. 197 zu entnehmen. Der gemessene Trennmittelauftrag ergab $128,10 \text{ ml/m}^2$.

	A	B	C
1	Trennmittelauftrag Schließschalung		
2	Start	04.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	08:02	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	16,0	°C
6	Luftfeuchtigkeit	74	%
9	Sprühgerät vorher	4000	ml
10	Abziehen	—	✓ / —
11	Nachwischen	—	✓ / —
12	Ende	04.05.18	tt.mm.jj
13	Uhrzeit	08:16	hh:mm
14	Witterung	bewölkt	
15	Lufttemperatur	16,9	°C
16	Luftfeuchtigkeit	73	%
17	Sprühgerät nachher	800	ml
18	Verbrauch	3200	ml
19	Fläche	24,98	m ²
20	Trennmittelauftrag	128,10	ml/m ²
21	Gesamtdauer	14	min

Tab. 197: Dokumentation des Trennmittelauftrages

6.19.4 Bewehren

Die Bewehrungsbedingungen sind aus Tab. 198 zu entnehmen. In Abb. 307 sind die Bewehrungsarbeiten ersichtlich.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	04.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	08:18	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	17,4	°C
6	Luftfeuchtigkeit	72	%
7	Ende	04.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:17	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	18,7	°C
11	Vormittagspause	15	min
12	Luftfeuchtigkeit	71	%
13	Gesamtdauer	104	min

Tab. 198: Dokumentation der Schalungsarbeiten



Abb. 307: Bewehren der Fertigteile Abschnitt 1

6.19.5 Betonieren

Der Beton wurde unter der in Tab. 199 aufgelisteten Dokumentation eingebaut. Für den Fertigteilabschnitt 1 wurde mit einer Einbaumenge von 2,33 m³ nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	FERTIGTEILE ABSCHNITT 1		BETONAGE	
2				
3	Tag	04.05.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	10:41	hh:mm	
5	Einbaubeginn	10:53	hh:mm	
6	Einbauende	11:06	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	4	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	20,5	61	10:52
12	2	20,6	59	11:07
13	3	20,7	58	11:13
13	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 199: Betonierbedingungen der Fertigteile Abschnitt 1

Das Diagramm in Abb. 308 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade drückt die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton aus. Die blaue Linie stellt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf

der Baustelle dar. Die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Über die gesamte Einbaudauer konnte die geforderte Mindestlufttemperatur eingehalten werden.

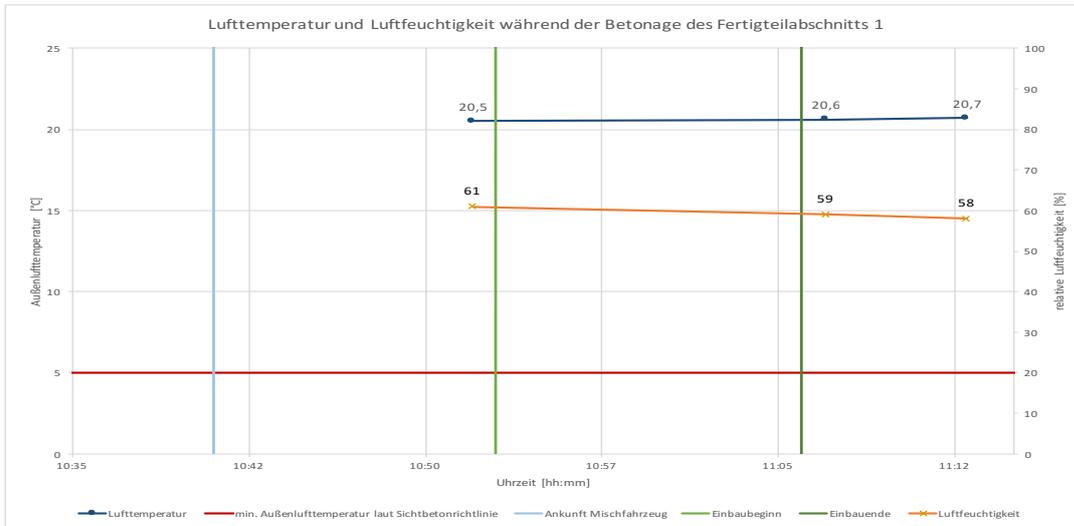


Abb. 308: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage des Fertigteilabschnitts 1

Die Reihenfolge und Dauer der Betonage der Fertigteile ist aus Tab. 200 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	Fertigteil	Start Befüllen	Ende Befüllen	Dauer [min]
2	4	10:53	10:54	1
3	3	10:55	10:57	2
4	3	10:57	10:59	2
5	1	10:59	11:01	2
6	1	11:01	11:06	5
7	6	11:07	11:08	1
7	2	11:08	11:10	2

Tab. 200: Fertigteile Abschnitt 1 Betonage

Die Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft. (siehe Tab. 201)

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	21,3	10:49	11:01	12
3	Kübel 2	21,4	11:02	11:10	8

Tab. 201: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 309 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit bei den Fertigteilabschnitten 1. Die rote Gerade stellt die

Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die gelbe, vertikale Linie beschreibt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer der Bauteile wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei beiden Kübeln wurde die geforderte Frischbetontemperatur eingehalten.

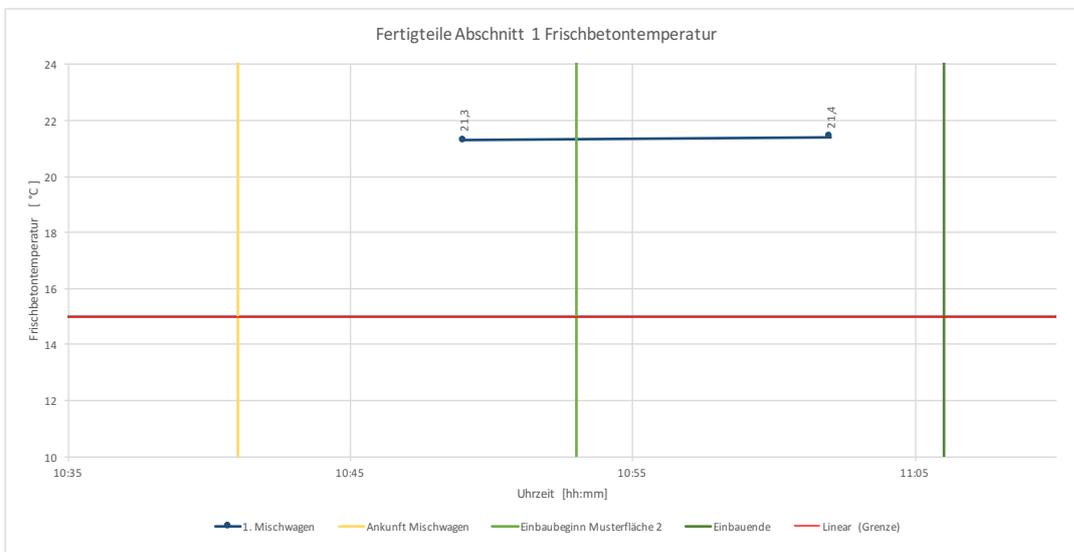


Abb. 309: Frischbetontemperatur der Fertigteile Abschnitt 1



Abb. 310: Betonage der Fertigteile Abschnitt 1

6.19.6 Ausschalen

Am 07.05.18 in der Früh wurden die Fertigteile Abschnitt 1 ausgeschalt und versetzt. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 202 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	FERTIGTEILE ABSCHNITT 1		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schalung			
4	Entschalt nach	3	Tage	
5	Start	07.05.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	07:01	hh:mm	
7	Witterung	sonnig		
8	Lufttemperatur	8,2	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	69	%	
10	Ende	07.05.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	08:17	hh:mm	
12	Witterung	sonnig		
13	Lufttemperatur	11,4	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	71	%	
15	Gesamtdauer	76	min	

Tab. 202: Ausschaldokumentation der Fertigteile Abschnitt 1

6.19.7 Ergebnis

Abb. 311, Abb. 312, Abb. 313 und Abb. 315 zeigen die Ergebnisse der Abschnitte direkt nach dem Ausschalen. Auf der Unterseite ist kaum ein Abriss. Nur an kleinen Stellen, wie in Abb. 313 und Abb. 314 erkennbar, konnte der Abriss nicht vermieden werden. In Abb. 315 ist die Randabschalung der Fertigteile ersichtlich. Bei jedem ausgeschalteten Fertigteil ist die obere Hälfte der Randabschalung abgerissen. Die Fertigteile wurden nach dem Betonieren nicht abgedeckt. Dies könnte eine zu schnelle Austrocknung an den Randbereichen bewirkt haben.



Abb. 311: Ergebnis der Fertigteile Abschnitt 1 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 312: Ergebnis der Fertigteile Abschnitt 1 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 313: Ergebnis der Fertigteile Abschnitt 1 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 314: Schalung direkt nach dem Ausschalen



Abb. 315: Betonabriss der Fertigteile Abschnitt 1

6.20 Fertigteile Abschnitt 2

Die Herstellung des zweiten Abschnitts erfolgte in der 19. Kalenderwoche. In Abb. 316 sind die Fertigteile des Abschnitts 2 dargestellt. Der Herstellungsprozess der Fertigteile Abschnitt 2 ist in Abb. 317 dargestellt.



Abb. 316: Fertigteile Abschnitt 2

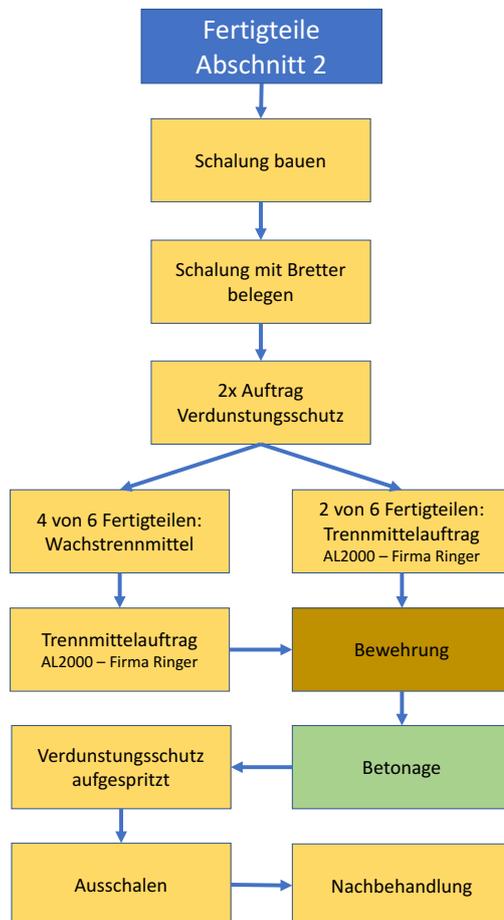


Abb. 317: Herstellungsprozess der Fertigteile Abschnitt 2

6.20.1 Schalen

Die Schalarbeiten wurden unter den folgenden Bedingungen aus Tab. 203 durchgeführt. In diesem Arbeitsschritt wurden die Schalungsabmessungen auf den Deckentisch gezeichnet und anschließend gebaut und mit Brettern belegt. (siehe Abb. 318)

	A	B	C
1	Schalung		
2	Start	07.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	08:51	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	13,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	70	%
7	Ende	07.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	13:22	hh:mm
9	Witterung	sonnig	
10	Lufttemperatur	22,1	°C
11	Luftfeuchtigkeit	50	%
12	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30	min
13	Gesamtdauer	226	min

Tab. 203: Dokumentation der Schalungsarbeiten



Abb. 318: Schalen und mit Brettern belegen der Fertigteile Abschnitt 2

6.20.2 Auftrag Verdunstungsmittel

Der Auftrag des Verdunstungsmittels wurde zwei Mal durchgeführt und laut nachfolgenden Bedingungen aus Tab. 204 vorgenommen. Wie auch

bei dem ersten Abschnitt wurde hier sehr darauf geachtet, die Schalungshaut nicht zu beschmutzen. (siehe Abb. 319)

	A	B	C
1	Auftrag Verdunstungsmittel		
2	Start	07.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	13:45	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	25,2	°C
6	Luftfeuchtigkeit	41	%
7	Auftrag	Pinself	
8	Ende	07.05.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	14:25	hh:mm
10	Witterung	sonnig	
11	Lufttemperatur	23,7	°C
12	Luftfeuchtigkeit	44	%
13	Gesamtdauer	40	min

Tab. 204: Auftrag von Verdunstungsmittel



Abb. 319: Schalen der Fertigteile Abschnitt 2

6.20.3 Auftrag Wachs

Auf vier von sechs Fertigteilen wurde zusätzlich ein Wachs-Trennmittel aufgetragen. Aufgrund eines sehr kleinen Probekübels reichte der Inhalt nur für den Auftrag bei 4 Fertigteilen. Der Rest wurde ident hergestellt wie die Fertigteil Abschnitte 1. Die Dokumentation des Wachs-Trennmittelauftrages ist aus Tab. 205 zu entnehmen.

	A	B	C
1	Auftrag Wachs (4 von 6 Fertigteile)		
2	Start	07.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	13:25	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	22,1	°C
6	Luftfeuchtigkeit	43	%
7	Auftrag	Schwamm	
8	Ende	07.05.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	15:02	hh:mm
10	Witterung	sonnig	
11	Lufttemperatur	23,6	°C
12	Luftfeuchtigkeit	46	%
13	Gesamtdauer	97	min

Tab. 205: Dokumentation des Wachsauftrages

6.20.4 Auftrag Trennmittel

Die gesamten Fertigteile des Abschnitts 2 besprühten die Arbeiter mit dem Trennmittel AL2000 von der Firma Ringer. Die Dokumentation des Trennmittelauftrags ist aus der Tab. 206 zu entnehmen. Der gemessene Trennmittelauftrag ergab 120,77 ml/m².

	A	B	C
1	Auftrag Trennmittel		
2	Start	07.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:40	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	23,7	°C
6	Luftfeuchtigkeit	44	%
7	Zustand Sprühgerät	neu	
8	Sprühgerät vorher	3200	ml
9	Ende	07.05.18	tt.mm.jj
10	Uhrzeit	15:15	hh:mm
11	Witterung	sonnig	
12	Lufttemperatur	23,7	°C
13	Luftfeuchtigkeit	47	%
14	Sprühgerät nachher	700	ml
15	Verbrauch	2500	ml
16	Fläche	20,7	m ²
17	Trennmittelauftrag	120,77	ml/m ²
18	Gesamtdauer	35	min

Tab. 206: Dokumentation des Trennmittelauftrages

6.20.5 Bewehren

Die Bewehrungsbedingungen sind aus Tab. 207 zu entnehmen. In Abb. 320 sind die Bewehrungsarbeiten ersichtlich.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	07.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:38	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	23,7	°C
6	Luftfeuchtigkeit	44	%
7	Ende	07.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	15:54	hh:mm
9	Witterung	sonnig/bewölkt	
10	Lufttemperatur	27,9	°C
11	Luftfeuchtigkeit	36	%
12	Gesamt Dauer	76	min

Tab. 207: Dokumentation der Bewehrungsarbeiten



Abb. 320: Bewehren der Fertigteile Abschnitt 2

6.20.6 Betonieren

Der Beton wurde unter der in Tab. 208 aufgelisteten Dokumentation eingebaut. Für den Fertigteilabschnitt 2 wurde mit einer Einbaumenge von 1,92 m³ nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	FERTIGTEILE ABSCHNITT 2		BETONAGE	
2				
3	Tag	07.05.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	16:44	hh:mm	
5	Einbaubeginn	16:53	hh:mm	
6	Einbauende	17:07	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	24,1	40	16:00
12	2	25	44	16:46
13	3	24,2	43	16:55
14	4	23,8	43	17:06
15	5	23,7	45	17:11
16	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 208: Betonierbedingungen der Fertigteile Abschnitt 2

Das Diagramm in Abb. 321 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade veranschaulicht die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Über die gesamte Einbaudauer konnte die geforderte Mindestlufttemperatur eingehalten werden.

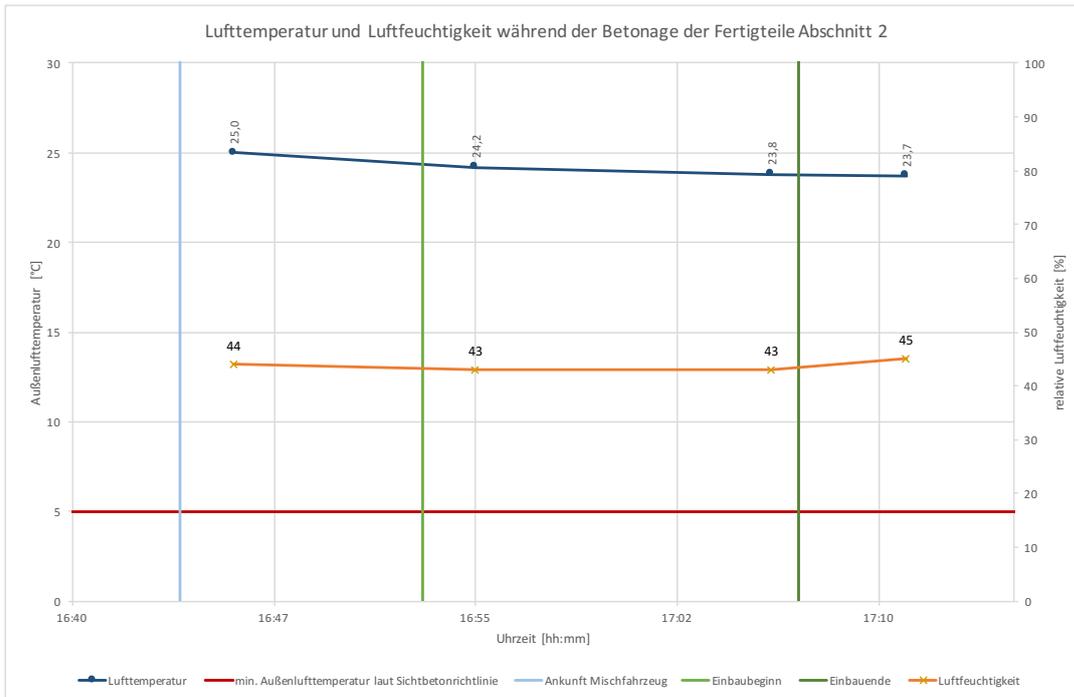


Abb. 321: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fertigteile Abschnitt 2

Die Reihenfolge und Dauer der Betonage der Fertigteile ist aus Tab. 209 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	Fertigerteil	Start Fertigerteil	Ende Fertigerteil	Dauer [min]
2	4	16:53	16:56	3
3	2	16:56	16:57	1
4	3	16:57	16:58	1
5	3	16:58	17:00	2
6	1	17:00	17:05	5
7	1	17:05	17:07	2

Tab. 209: Fertigerteile Abschnitt 2 Betonage

Die Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft (siehe Tab. 210)

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	24,1	16:50	17:00	10
3	Kübel 2	23,9	17:02	17:07	5

Tab. 210: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 322 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Zusammenhang mit der Zeit bei den Fertigerteilabschnitten 1. Die rote Gerade stellt die

Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die gelbe, vertikale Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer der Bauteile wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei beiden Kübeln wurde die geforderte Frischbetontemperatur eingehalten.

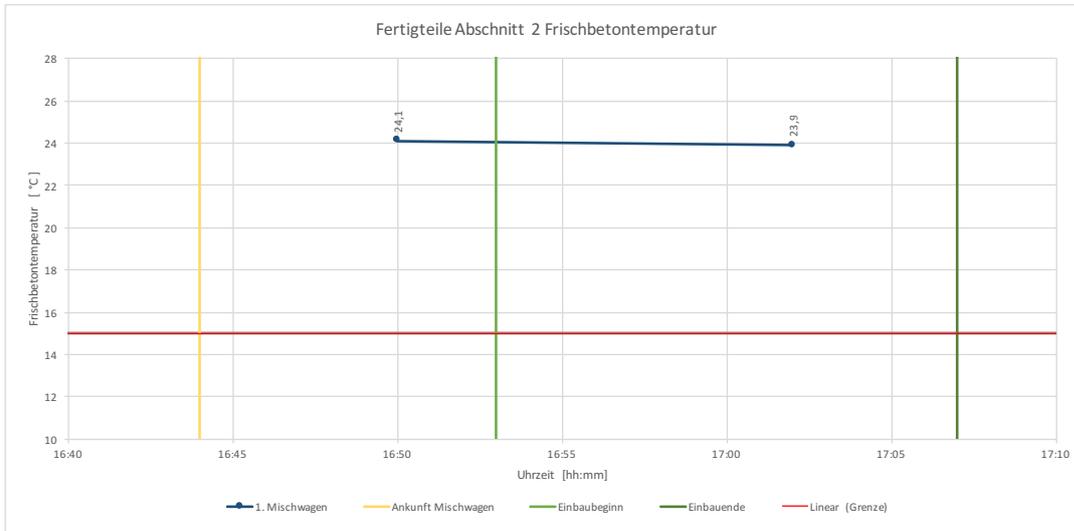


Abb. 322: Frischbetontemperatur der Fertigteile Abschnitt 2

Die Betonage der Fertigteile ist in Abb. 323 ersichtlich. Der Laborant war an diesem Tag nicht anwesend. Daher konnte die Konsistenzklasse nicht überprüft werden. Die Frischbetontemperatur wurde direkt beim Betonieren überprüft. (siehe Abb. 324)



Abb. 323: Betonage der Fertigteile Abschnitt 2



Abb. 324: Frischbetontemperatur

Die fertigbetonierten Fertigteile besprühten die Arbeiter mit Verdunstungsschutz, deckten die Fertigteile aber nicht mit einer Plane ab.

6.20.7 Ausschalen

Am 09.05.18 in der Früh wurden die Fertigteile Abschnitt 1 zwei Tage nach der Betonage ausgeschalt und versetzt. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 211 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	FERTIGTEILE ABSCHNITT 2		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schließschalung			
4	Entschalt nach	2	Tage	
5	Start	09.05.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	10:37	hh:mm	
7	Witterung	sonnig		
8	Lufttemperatur	16,8	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	59	%	
10	Ende Teil 1	09.05.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	11:19	hh:mm	
12	Witterung	sonnig		
13	Lufttemperatur	21,4	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	48	%	
15	Gesamtdauer	42	min	

Tab. 211: Ausschaldokumentation

6.20.8 Ergebnis

Abb. 325, Abb. 326 und Abb. 327 zeigen die Ergebnisse der Fertigteile direkt nach dem Ausschalen. Die Ergebnisse sind ident zu den Fertigteilabschnitten 1. Das Auftragen des zusätzlichen Wachstrennmittels, wie auch das Besprühen der Fertigteile mit Verdunstungsschutz im Anschluss an das Betonieren erzielten kein anderes Ergebnis. Der Betonabriss ist an der Unterseite kaum vorhanden, jedoch seitlich an der oberen Hälfte komplett. Der Gesamteindruck macht ein gutes Ergebnis. Die seitlich abgerissenen Flächen werden durch Betonkosmetik ausgebessert.



Abb. 325: Ergebnis Fertigteile Abschnitt 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 326: Ergebnis Fertigteile Abschnitt 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 327: Betonabriss

6.21 Fassade 7

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 18. bis 20. Kalenderwoche. Die Fassade 7 befindet sich im Erdgeschoß, in Abb. 328 ist die Lage ersichtlich. Der Ablauf der Herstellung der Fassade 7 ist in Abb. 329 dargestellt.

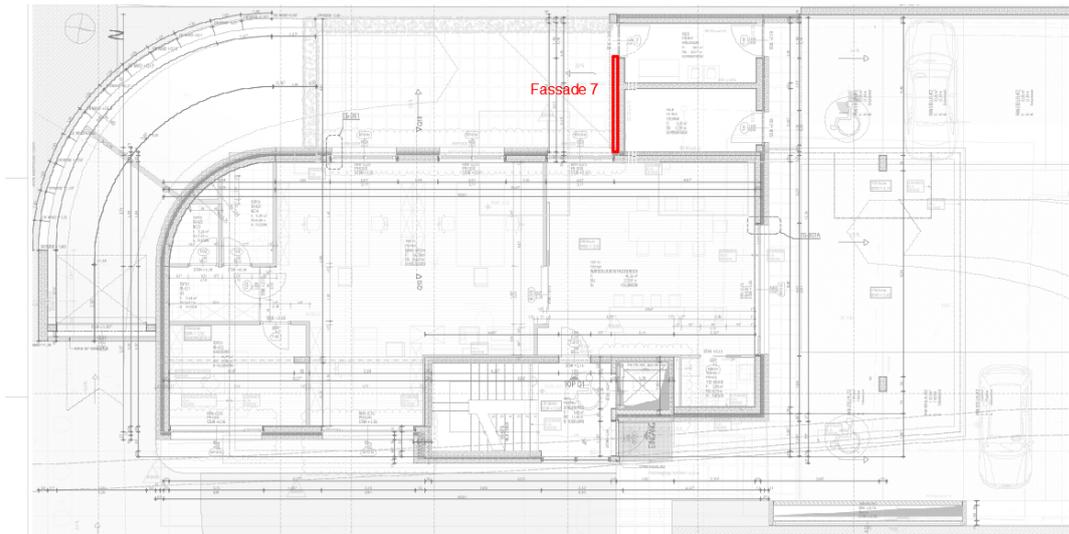


Abb. 328: Lage der Fassade 7

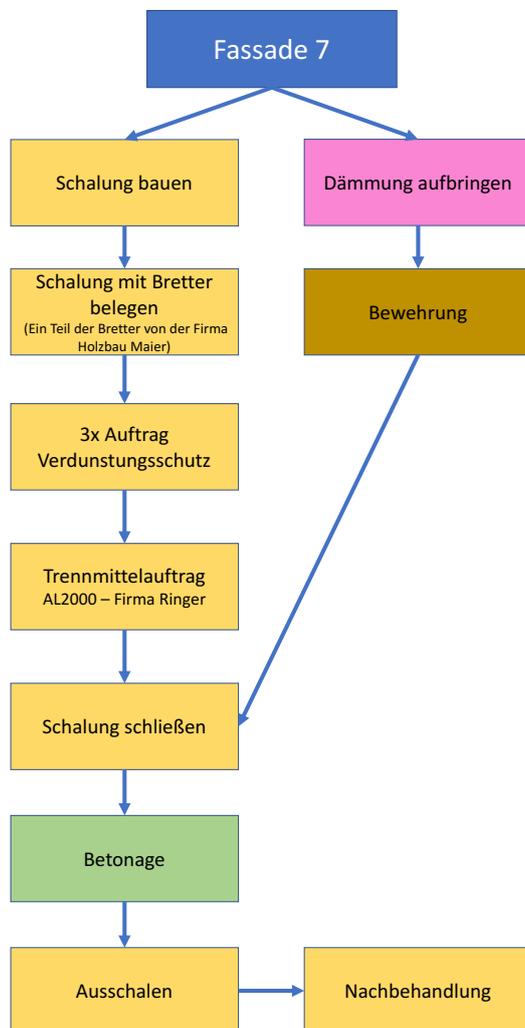


Abb. 329: Herstellungsprozess der Fassade 7

6.21.1 Dämmung und Bewehrung

Am 03.05.2018 dämmten zwei Bauarbeiter die Fassade 7. Anschließend starteten die Bewehrungsarbeiten unter den Bedingungen aus Tab. 212.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	03.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	09:52	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	15,5	°C
6	Luftfeuchtigkeit	67	%
7	Ende	04.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	08:25	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	17,5	°C
11	Luftfeuchtigkeit	72	%

Tab. 212: Dokumentation der Bewehrungsarbeiten

Die Betonüberdeckung beträgt 4,00 cm, der Bewehrungsgrad liegt laut Statiker bei 78,73 kg/m³. (siehe Tab. 213 und Abb. 331)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		54,10	Stabstahl [%]
2			45,90	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		1,31	m ³
4	Bewehrungsmenge		103,14	kg
5	Bewehrungsgrad		78,73	kg/m ³

Tab. 213: Bewehrung

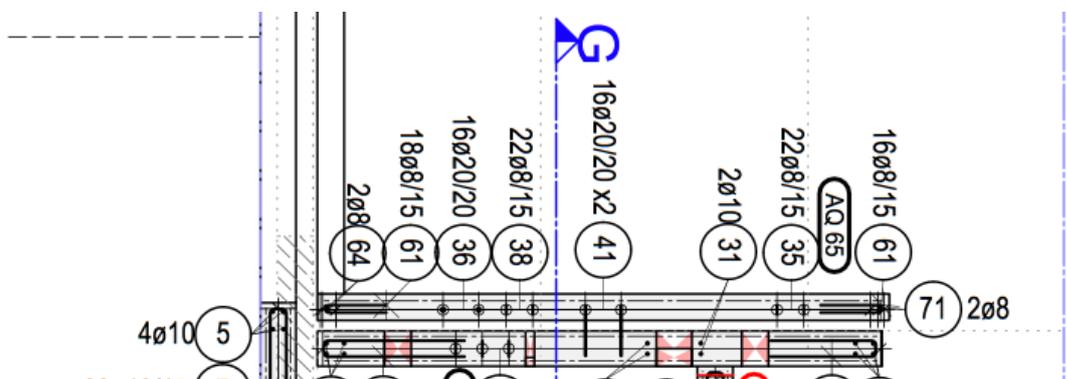


Abb. 330: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 7

Als Verankerung für die Fassadenelemente wurden Thermoanker aus Glasfaser der Firma Schöck verwendet. Diese gewährleisten eine sehr geringe Leitfähigkeit und verhindern das Entstehen von Wärmebrücken.

Die statische Berechnung der Firma Schöck ergab einen Thermoanker mit einem Durchmesser von 12 mm pro m² mit einer Einbindelänge der Außenschale von 100 mm und die der Innenschale von 130 mm. (siehe Abb. 331)



Abb. 331: Anschlussbewehrung der Fassade 7

6.21.2 Schalung belegen

Die Arbeitskräfte starteten mit den Arbeiten der einseitigen Schalung mit der Sichtbetonanforderung am 08.05.18. Diese Arbeit erfolgte nach den folgenden Bedingungen aus Tab. 214

	A	B	C
1	einseitige Schalung		
2	Start	08.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	12:41	hh:mm
4	Witterung	sonnig	
5	Lufttemperatur	22,7	°C
6	Luftfeuchtigkeit	52	%
7	Ende	16.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	11:47	hh:mm
9	Witterung	regen	
10	Lufttemperatur	11,5	°C
11	Luftfeuchtigkeit	80	%

Tab. 214: Dokumentation der einseitigen Schalung der Fassade 7

Für das Belegen der Bretter auf die Schalung benötigten 3 Arbeitskräfte 106 min. (siehe Abb. 231) Diese Arbeit wurde durch die Betonage der

Fassade 5 und 6 für 51 min unterbrochen. In der Tab. 215 sind die Anfangs- und Endzeiten dokumentiert.

Bretter belegen	08.05.18	tt.mm.jj
Start	12:51	hh:mm
Ende	15:28	hh:mm

Tab. 215: Bretter auf die Schalung belegen

Der Bestand an Brettern neigte sich dem Ende zu. Es wurden neue Bretter von der Firma Holzbau Maier bestellt. Bei diesen Brettern ist die Holzmaserung besser zu erkennen. Die Schalung der Fassade 7 wurde nur mit insgesamt 5 neuen Brettern und der Rest mit alten Brettern belegt.



Abb. 332: Schalung belegen mit Brettern

6.21.3 Auftrag Verdunstungsmittel

Die Vorbehandlung der Schalhaut mit Verdunstungsmittel erfolgte insgesamt 3 Mal. Der erste Auftrag erfolgte laut nachfolgenden Bedingungen aus Tab. 216.

	A	B	C
1	Verdunstungsmittel (3x Auftrag)		
2	1. Auftrag		
3	Start	08.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	15:33	hh:mm
5	Witterung	sonnig	
6	Lufttemperatur	22,1	°C
7	Luftfeuchtigkeit	44	%
8	Ende	08.05.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	15:44	hh:mm
10	Witterung	sonnig	
11	Lufttemperatur	23,6	°C
12	Luftfeuchtigkeit	42	%
13	Gesamtdauer	11	min

Tab. 216: Dokumentation des Auftrages von Verdunstungsmittel

6.21.4 Auftrag Trennmittel

Die einseitige Schalung besprühten die Arbeiter mit dem Trennmittel AL2000 der Firma Ringer. Die Dokumentation des Trennmittelauftrags ist aus Tab. 217 zu entnehmen. Der Trennmittelauftrag ergab 102,51 ml/m² und wurde mit einem Messbecher vor und nach dem Auftrag gemessen.

	A	B	C
1	Trennmittelauftrag Schließschalung		
2	Start	16.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	09:20	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	9,9	°C
6	Luftfeuchtigkeit	81	%
9	Sprühgerät vorher	1600	ml
10	Abziehen	—	✓ / —
11	Nachwischen	—	✓ / —
12	Ende	16.05.18	tt.mm.jj
13	Uhrzeit	09:25	hh:mm
14	Witterung	bewölkt	
15	Lufttemperatur	9,9	°C
16	Luftfeuchtigkeit	81	%
17	Sprühgerät nachher	580	ml
18	Verbrauch	1020	ml
19	Fläche	9,95	m ²
20	Trennmittelauftrag	102,51	ml/m ²
21	Gesamtdauer	5	min

Tab. 217: Dokumentation des Trennmittelauftrages

6.21.5 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 218 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Die Fassaden 7 und 9 wurden mit derselben Betoncharge betoniert. Insgesamt wurde für beide Bauteile nur 1 Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	FASSADE 7		BETONAGE	
2				
3	Tag	16.05.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	13:33	hh:mm	
5	Einbaubeginn	14:18	hh:mm	
6	Einbauende	15:03	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	regen		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	11,6	85	14:16
12	2	11,7	86	14:25
13	3	11,9	86	14:35
14	4	11,7	86	14:45
15	5	11,5	87	14:52
16	6	11,2	88	14:59
17	7	11,1	88	15:05
18	Witterung bei Ende	regen		

Tab. 218: Betonierbedingungen der Fassade 7

Das Diagramm in Abb. 333 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade bildet die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton ab. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Über die gesamte Einbaudauer konnte die geforderte Mindestlufttemperatur eingehalten werden.

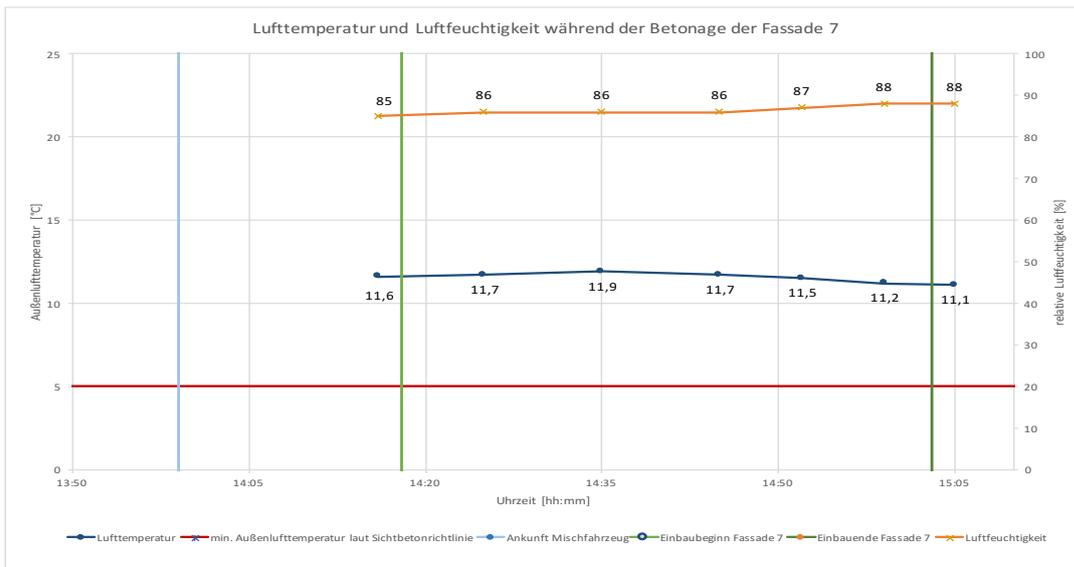


Abb. 333: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 7

Um die Einhaltung der Schüttlagenhöhe zu erleichtern, befestigten die Bauarbeiter Kabelbinder in 50 cm Abständen an der Bewehrung und besprühten diese mit einem Leuchtspray, um sie beim Betonieren besser zu erkennen. (siehe Abb. 334)



Abb. 334: Schüttlagenkennzeichnung

Bei einer Länge von 3,23 m wurde an drei Einfüllstellen Beton eingebracht. Die Schüttlagenhöhe ist aus Tab. 219 zu entnehmen. Der gesamte Einbau dauerte 45 Minuten, was mit der Einbaumenge von 1,31 m³ eine Einbauleistung von 1,75 m³/h und mit einer mittleren Höhe des Bauteils von 2,82 m eine Steiggeschwindigkeit von 3,76 m/h ergibt. Vor Beginn der letzten Schüttlage bauten die Arbeiter auf der Baustelle vorgefertigte Rüttel- und Betonieröffnungen ein. (siehe Abb. 335)

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (min)
2	1	50	14:18	14:22	4	3'46
3	2	50	14:27	14:30	3	2'54
4	3	50	14:34	14:46	12	2'10
5	4	50	14:49	14:50	1	2'32
6	5	56-84	14:57	15:03	6	2'34

Tab. 219: Schüttlagendokumentation der Fassade 7



Abb. 335: Betonier- und Rüttelöffnungen der Fassade 7

Die Frischbetontemperatur wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft (siehe Tab. 220)

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur		Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]
2	Kübel 1	16,8	13:42	14:36	54
3	Kübel 2	16,3	14:41	15:03	22

Tab. 220: Dokumentation der Frischbetontemperatur der Fassade 7

Die Abb. 336 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit bei den Fassaden 7 und 9. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die hellblaue, vertikale Linie veranschaulicht die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer der Fassade 7 wird durch die zwei grünen Linien begrenzt und die der Fassade 9 durch die zwei gelben Linien. Bei beiden Kübeln wurde die geforderte Frischbetontemperatur eingehalten.

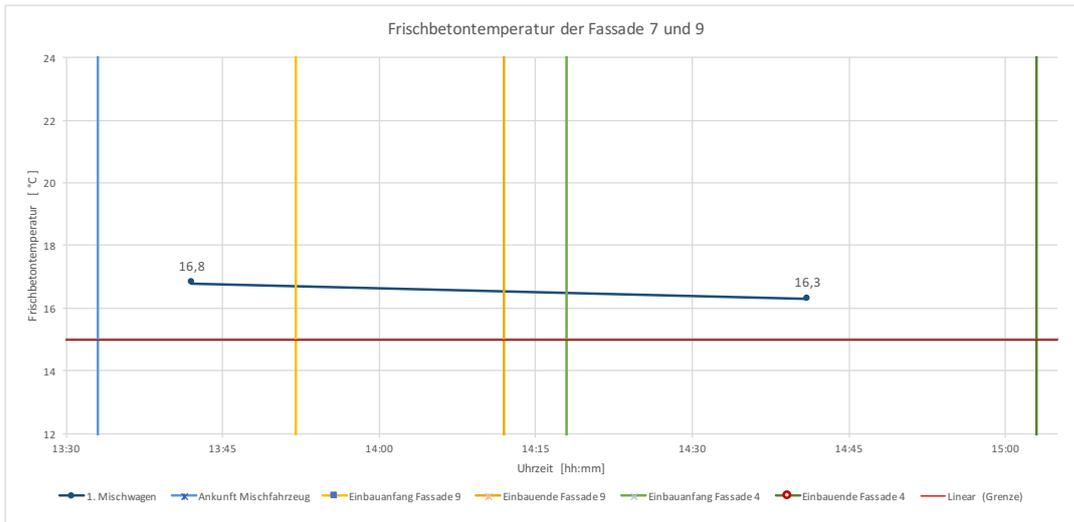


Abb. 336: Frischbetontemperatur der Fassade 7 und 9

6.21.6 Ausschalen

Am 18.05.18 um 08:07 Uhr wurde die einseitige Schalung der Fassade 7 zwei Tage nach Betonage geöffnet. Die Ausschaldokumentation der Fassade 7 ist aus Tab. 221 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	FASSADE 7		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schließschalung			
4	Entschalt nach	2	Tage	
5	Start	18.05.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	08:07	hh:mm	
7	Witterung	bewölkt		
8	Lufttemperatur	10,8	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	83	%	
10	Ende	18.05.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	09:36	hh:mm	
12	Witterung	bewölkt		
13	Lufttemperatur	10,9	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	83	%	
15	Gesamtdauer	89	min	

Tab. 221: Ausschaldokumentation der Fassade 7

6.21.7 Ergebnis

Das Ergebnis der Fassade 7 direkt nach dem Ausschalen ist in den folgenden Abb. 337, Abb. 338 und Abb. 339 zu sehen. Der Gesamteindruck ist positiv. Es sind nur kleine Poren vorhanden, welche in der geforderten Klasse liegen. Der Betonabriss ist bei den neu verwendeten Brettern stärker ausgebildet. Jedoch kommt bei diesen Brettern die Holzstruktur viel besser zur Geltung. Der unterschiedliche Stärkegrad des Betonabrisses der zwei verschiedenen Bretter ist in Abb. 338 gut sichtbar.



Abb. 337: Fassade 7 direkt nach dem Ausschalen

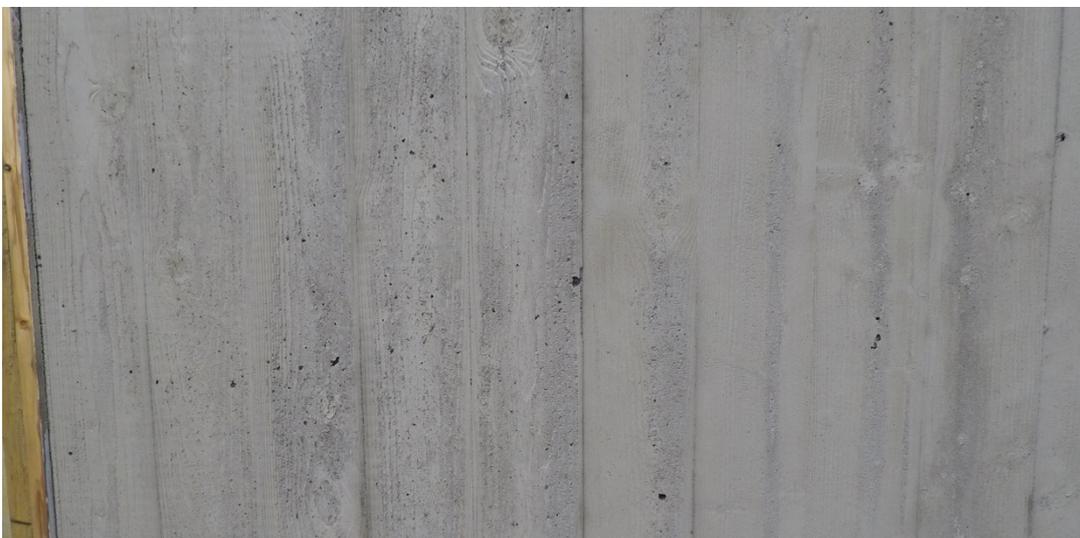


Abb. 338: Vergleich Betonabriss mit neuen und alten Brettern direkt nach dem Ausschalen

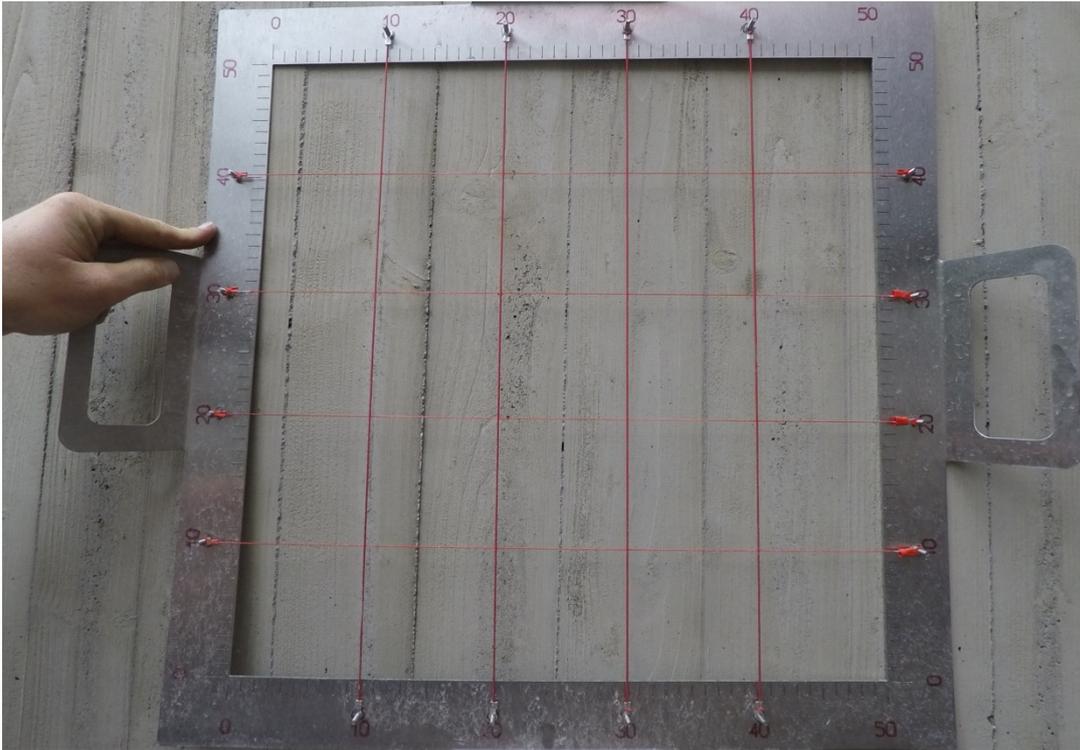


Abb. 339: Fassade 7 direkt nach dem Ausschalen

Das Ergebnis, eine Woche nach dem Ausschalen, zeigen die Abb. 340 und Abb. 341. Der Farbton wurde durch das Austrocknen gleichmäßiger.



Abb. 340: Fassade 7 am 25.05.2018



Abb. 341: Vergleich Betonabriss mit neuen und alten Brettern am 25.05.2018

6.22 Fassade 9

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 19. bis 20. Kalenderwoche. Die Fassade 9 befindet sich im 1. Obergeschoß, in Abb. 342 ist die Lage ersichtlich. Der Ablauf der Herstellung der Fassade 9 ist in Abb. 343 dargestellt.

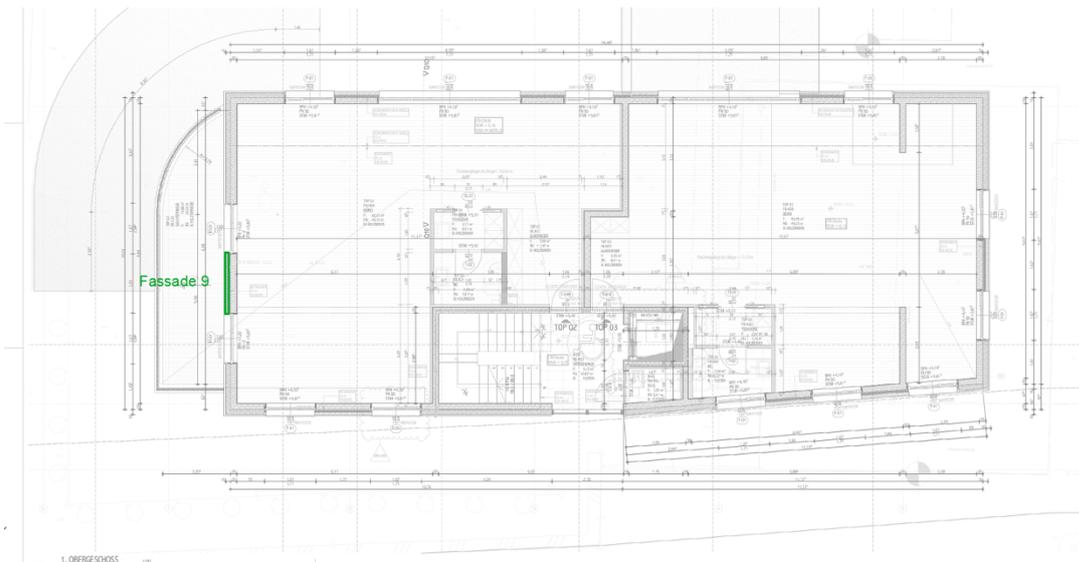


Abb. 342: Lage der Fassade 9

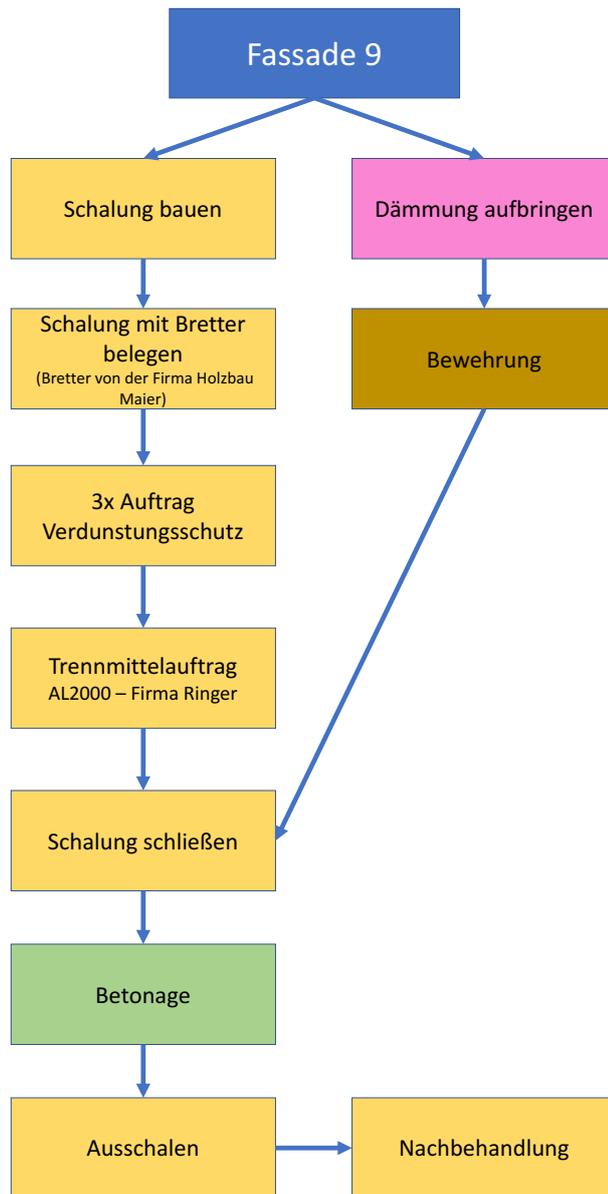


Abb. 343: Herstellungsprozess der Fassade 9

6.22.1 Dämmung und Bewehrung

Am 11. Mai befestigte ein Bauarbeiter die Dämmplatten an der inneren Wandscheibe. Diese Tätigkeit dauerte 1 h. Die Bewehrungsarbeiten führte ein Arbeiter nach den Bedingungen aus Tab. 222 durch.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	14.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:47	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	22,8	°C
6	Luftfeuchtigkeit	55	%
7	Ende	14.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	15:26	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	22,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	54	%
12	Gesamtdauer	39	min

Tab. 222: Bewehrungsbedingungen der Fassade 9

Die Betondeckung beträgt 4,00 cm, der Bewehrungsgrad beträgt laut Statiker 70,83 kg/m³. (siehe Tab. 223 und Abb. 344)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		39,22	Stabstahl [%]
2			60,78	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		0,60	m3
4	Bewehrungsmenge		42,50	kg
5	Bewehrungsgrad		70,83	kg/m3

Tab. 223: Bewehrung

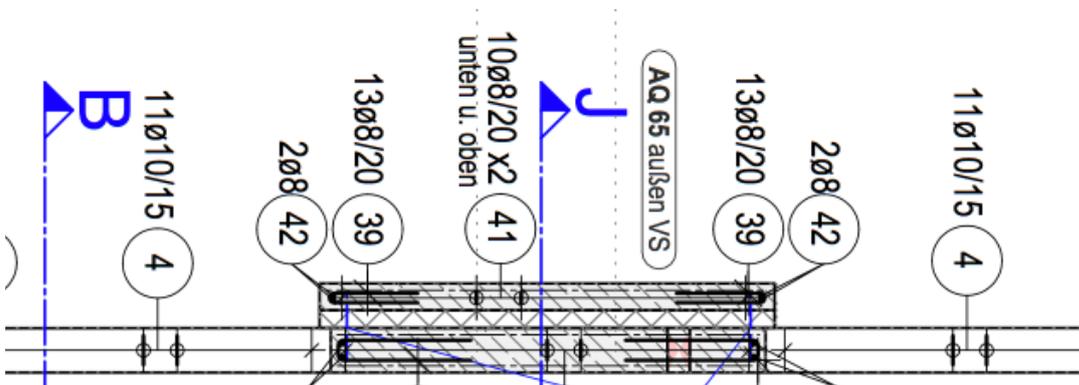


Abb. 344: Bewehrungsplan im Grundriss der Fassade 9

6.22.2 Schalung belegen

Die Arbeitskräfte starteten mit den Arbeiten der einseitigen Schalung mit Sichtbetonanforderung am 14.05.18. Diese Arbeit erfolgte nach den folgenden Bedingungen aus Tab. 224.

	A	B	C
1	einseitige Schalung		
2	Start	14.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	12:36	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	23,4	°C
6	Luftfeuchtigkeit	51	%
7	Ende	16.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	08:57	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	9,4	°C
11	Luftfeuchtigkeit	81	%

Tab. 224: einseitige Schalung der Fassade 9

Für das Belegen der Bretter auf die Schalung benötigte 1 Arbeiter 68 min. (siehe Tab. 225 und Abb. 345)

Bretter belegen	14.05.18	tt.mm.jj
Start	13:20	hh:mm
Ende	14:28	hh:mm
Arbeitsgruppengröße	1	Anzahl

Tab. 225: Bretter belegen auf die Schalung



Abb. 345: Bretter belegen auf die Schalung

6.22.3 Auftrag Verdunstungsmittel

Die Vorbehandlung der Schalhaut mit Verdunstungsmittel wurde insgesamt drei Mal durchgeführt und erfolgte nach den Bedingungen aus Tab. 226.

	A	B	C	D	E
1	Verdunstungsmittelauftrag Stellschalung				
2	Start	14.05.18	14.05.18	14.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	14:33	15:20	16:15	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	
5	Lufttemperatur	22,8	22,8	22,8	°C
6	Luftfeuchtigkeit	55	54	54	%
7	Ende	14.05.18	14.05.18	14.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	14:42	15:29	16:23	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	
10	Lufttemperatur	22,8	22,8	22,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	55	54	54	%
12	Gesamtdauer	9	9	8	min

Tab. 226: Auftrag Verdunstungsmittel

6.22.4 Auftrag Trennmittel

Die einseitige Schalung besprühten die Arbeiter mit dem Trennmittel AL2000 der Firma Ringer. Die Dokumentation des Trennmittelauftrags ist aus Tab. 227 zu entnehmen. Der Trennmittelverbrauch wurde vor und nach dem Aufsprühen mit einem Messbecher gemessen. Der Trennmittelauftrag ergab 90,09 ml/m².

	A	B	C
1	Trennmittelauftrag Schließschalung		
2	Start	16.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:14	hh:mm
4	Witterung	regen	
5	Lufttemperatur	9,1	°C
6	Luftfeuchtigkeit	73	%
7	Sprühgerät vorher	1500	ml
8	Abziehen	—	✓ / —
9	Nachwischen	—	✓ / —
10	Ende	16.05.18	tt.mm.jj
11	Uhrzeit	07:16	hh:mm
12	Witterung	regen	
13	Lufttemperatur	9,1	°C
14	Luftfeuchtigkeit	73	%
15	Sprühgerät nachher	1000	ml
16	Verbrauch	500	ml
17	Fläche	5,55	m ²
18	Trennmittelauftrag	90,09	g/m ²
19	Gesamtdauer	2	min

Tab. 227: Dokumentation des Trennmittelauftrages

6.22.5 Betonage

Der Beton wurde unter der in Tab. 228 aufgelisteten Dokumentation eingearbeitet. Die Fassaden 9 und 7 wurden mit derselben Betoncharge eingebaut. Insgesamt wurde für beide Bauteile nur 1 Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	FASSADE 9		BETONAGE	
2				
3	Tag	16.05.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	13:33	hh:mm	
5	Einbaubeginn	13:52	hh:mm	
6	Einbauende	14:12	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	regen		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	11,8	80	13:33
12	2	11,6	81	13:49
13	3	12,2	82	14:02
14	4	11,6	82	14:10
15	5	11,4	84	14:13
15	Witterung bei Ende	regen		

Tab. 228: Betonierbedingungen der Fassade 9

Das Diagramm in Abb. 346 zeigt die Außenlufttemperatur (blaue Linie) und relative Luftfeuchtigkeit (orange Linie) in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade hält die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton fest. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer wird durch die beiden grünen Linien begrenzt. Die Mindestlufttemperatur konnte über die gesamte Einbaudauer eingehalten werden.

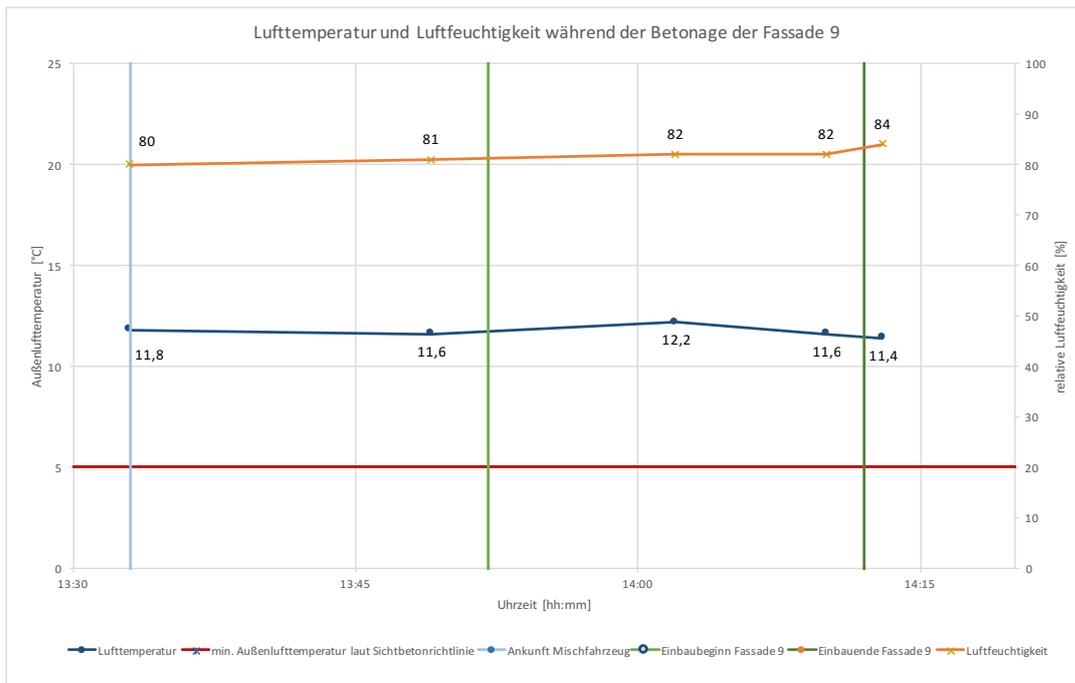


Abb. 346: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 9

Auf der Länge von 2,04 m wurde an zwei Einfüllstellen, also im Abstand von ca. 0,68 m, Beton eingebracht. Es wurde in 5 Schüttlagen betonierte, die Schüttlagenhöhe ist aus Tab. 229 zu entnehmen. Der gesamte Einbau dauerte 20 Minuten, was mit der Einbaumenge von 0,60 m³ eine Einbauleistung von 1,79 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 2,43 m eine Steiggeschwindigkeit von 7,31 m/h ergibt.

	A	B	C	D	E	F
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]	Verdichten (sec)
2	1	50	13:52	13:56	4	135
3	2	50	13:59	14:02	3	145
4	3	50	14:04	14:06	2	107
5	4	50	14:08	14:09	1	78
6	5	43	14:10	14:11	1	53

Tab. 229: Schüttlagendokumentation der Fassade 9

Die Frischbetontemperaturaufzeichnungen sind aus der Tab. 220 und der Abb. 336 zu entnehmen. Das Ausbreitmaß dieser Betoncharge betrug 560 mm. (siehe Abb. 347)



Abb. 347: Ausbreitmaß der Fassade 7 und 9

6.22.6 Ausschalen

Am 18.05.18 um 07:19 Uhr wurde die einseitige Schalung der Fassade 9 zwei Tage nach der Betonage geöffnet. Die Ausschaldokumentation der Fassade 9 ist aus Tab. 230 zu entnehmen.

	A	B	C	D
1	FASSADE 9		AUSSCHALEN	
2				
3	Öffnen Schließschalung			
4	Entschalt nach	2	Tage	
5	Start	18.05.18	tt.mm.jj	
6	Uhrzeit	07:19	hh:mm	
7	Witterung	bewölkt/nieseln		
8	Lufttemperatur	10,2	°C	
9	Luftfeuchtigkeit	76	%	
10	Ende	18.05.18	tt.mm.jj	
11	Uhrzeit	07:58	hh:mm	
12	Witterung	bewölkt		
13	Lufttemperatur	10,7	°C	
14	Luftfeuchtigkeit	83	%	
15	Gesamtdauer	39	min	

Tab. 230: Ausschaldokumentation der Fassade 9

6.22.7 Ergebnis

Das Ergebnis der Fassade 9 direkt nach dem Ausschalen ist in den Abb. 348, Abb. 349 und Abb. 350 ersichtlich. Der Gesamteindruck erzielte ein gutes Ergebnis. Im oberen Bereich der Wand entstanden große Poren, welche auf eine schlechte Verdichtung zurückzuführen sind. (siehe Abb. 350). In Abb. 349 sind Abdrücke der Hobelmaschine erkennbar. Der Abriss der Betonoberfläche konnte nicht vollkommen verhindert werden. 10 Tage nach dem Ausschalen entstanden die Abb. 351 und Abb. 352. Durch die Austrocknung der Betonwand sind die Abrisse fast nicht mehr erkennbar. Durch die Verwendung der neuen Bretter der Firma Holzbau Maier lässt sich die Holzstruktur besser erkennen.



Abb. 348: Fassade 9 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 349: Abdruck von der Hobelmaschine

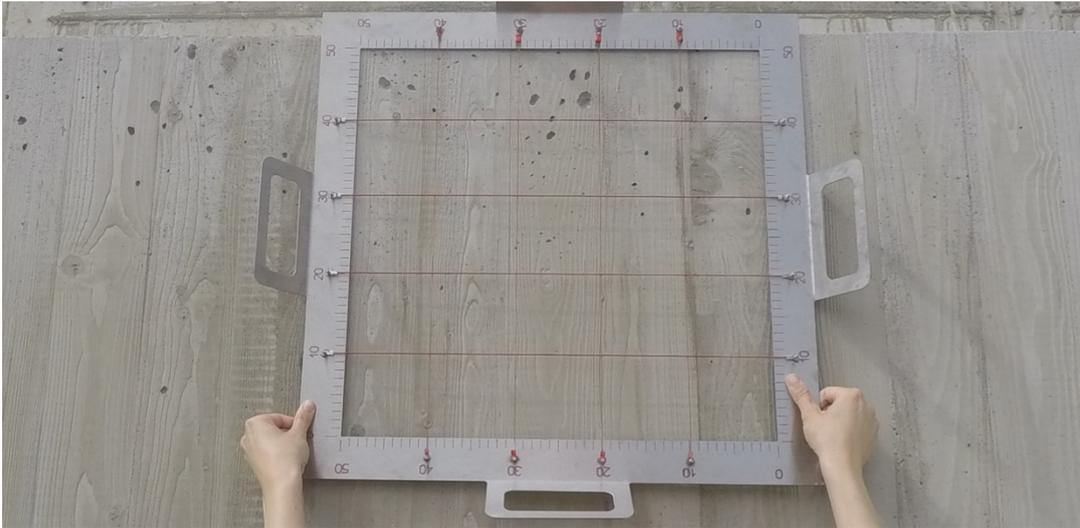


Abb. 350: Verdichtungsfehler



Abb. 351: Nahaufnahme der Fassade 9 vom 28.05.2018



Abb. 352: Fassade 9 am 28.05.2018

6.23 Mauer Tiefgarageneinfahrt

Die Herstellung dieses Bauteils erfolgte in der 20. und 21. Kalenderwoche. Die Mauer Tiefgarageneinfahrt befindet sich im Erdgeschoß auf der linken Seite der Tiefgarageneinfahrt. Die gesamte Schalung hatte Sichtbetonanforderung. Die Arbeitsschritte für die Herstellung der Mauer Tiefgarageneinfahrt sind in Abb. 353 abgebildet.

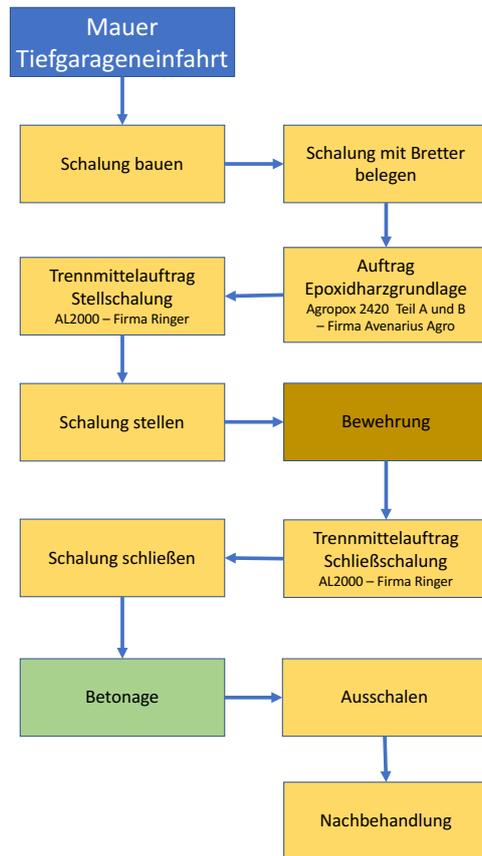


Abb. 353: Herstellungsprozess der Mauer Tiefgarageneinfahrt

6.23.1 Schalung

Die Schalung der Mauer Tiefgarageneinfahrt wurde nach den Bedingungen aus Tab. 231 durchgeführt.

	A	B	C
1	Schalung		
2	Start	16.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	11:53	hh:mm
4	Witterung	regen	
5	Lufttemperatur	11,6	°C
6	Luftfeuchtigkeit	80	%
7	Ende	18.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:26	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	11,2	°C
11	Luftfeuchtigkeit	85	%

Tab. 231: Stellschalungsarbeiten

Für das Belegen der Bretter auf die Schalung benötigten 2-3 Arbeiter 51 min. (siehe Tab. 232)

Belegen Teil 1	16.05.18	tt.mm.jj
Start	12:59	hh:mm
Ende	13:25	hh:mm
Arbeitsgruppengröße	2	Anzahl
Belegen Teil 2	17.05.18	tt.mm.jj
Start	07:00	hh:mm
Ende	07:25	hh:mm
Arbeitsgruppengröße	2-3	Anzahl

Tab. 232: Schalung belegen mit Brettern

6.23.2 Bewehrung

Die Bewehrungsarbeiten erfolgten nach den Bedingungen aus der Tab. 233.

	A	B	C
1	Bewehrung		
2	Start	18.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	09:43	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	11,1	°C
6	Luftfeuchtigkeit	84	%
7	Ende	18.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	10:01	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	11,1	°C
11	Luftfeuchtigkeit	85	%
12	Gesamtdauer	18	min

Tab. 233: Bewehrungsbedingungen der Mauer Tiefgarageneinfahrt

6.23.3 Auftrag Epoxidharzgrundierung

Bei diesem Bauteil wurde zur Vorbehandlung der Bretter eine Epoxidharzgrundlage verwendet. Diese besteht aus 2 Komponenten (siehe Abb. 354), welche im Mischverhältnis 1:1 angerührt wurden. Diese Vorbehandlung sollte laut Herstellerangaben den Betonabriss verringern. In Tab. 234 ist die Dokumentation des Auftrags dargestellt.

	A	B	C	D
1	Vorbehandlung mit Epoxidharz			
2		Teil 1	Teil 2	
3	Start	17.05.18	17.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	13:13	13:17	hh:mm
5	Witterung	bewölkt	bewölkt	
6	Lufttemperatur	16	16	°C
7	Luftfeuchtigkeit	72	72	%
8	Auftrag	Pinsel		
9	Ende	17.05.18	17.05.18	tt.mm.jj
10	Uhrzeit	13:16	13:20	hh:mm
11	Witterung	bewölkt	bewölkt	
12	Lufttemperatur	16	16	°C
13	Luftfeuchtigkeit	72	72	%
14	Gesamt Dauer	3	3	min

Tab. 234: Dokumentation der Vorbehandlung mit Epoxidharz



Abb. 354: Epoxidharzgrundlage

6.23.4 Trennmittelauftrag

Nach der Trocknungszeit der Epoxidharzgrundlage besprühten die Arbeiter die Schalung mit dem Trennmittel AL2000 von der Firma Ringer. Die Dokumentation des Trennmittelauftrags ist aus Tab. 235 zu entnehmen. Der Trennmittelverbrauch wurde vor und nach dem Aufsprühen mit einem Messbecher gemessen. Der Trennmittelauftrag ergab 209,12 ml/m².

	A	B	C	D
1	Trennmittelauftrag			
2		Teil 1	Teil 2	
3	Start	18.05.18	18.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	09:39	10:02	hh:mm
5	Witterung	bewölkt	bewölkt	
6	Lufttemperatur	11,2	11,1	°C
7	Luftfeuchtigkeit	85	85	%
8	Sprühgerät vorher	1100		ml
9	Abziehen	—		✓ / —
10	Nachwischen	—		✓ / —
11	Ende	18.05.18	18.05.18	tt.mm.jj
12	Uhrzeit	09:41	10:04	hh:mm
13	Witterung	bewölkt	bewölkt	
14	Lufttemperatur	11,2	11,1	°C
15	Luftfeuchtigkeit	85	85	%
16	Sprühgerät nachher	320		ml
17	Verbrauch	780		ml
18	Fläche	3,73		m ²
19	Trennmittelauftrag	209,12		ml/m ²
20	Gesamtdauer	2	2	min

Tab. 235: Dokumentation des Trennmittelauftrages

6.23.5 Betonieren

Der Beton wurde unter der in Tab. 236 aufgelisteten Dokumentation eingebaut. Für die Mauer Tiefgarageneinfahrt wurde mit einer Einbaumenge von 0,90 m³ nur ein Mischwagen benötigt.

	A	B	C	D
1	MAUER TIEFGARAG.		BETONAGE	
2				
3	Tag	18.05.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	12:57	hh:mm	
5	Einbaubeginn	13:05	hh:mm	
6	Einbauende	13:15	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	3	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	13,4	81	12:55
12	2	13,5	80	13:04
13	3	13,7	79	13:20
14	4	13,9	78	13:31
15	5	14,2	76	13:39
16	Witterung bei Ende	bewölkt		

Tab. 236: Betonierbedingungen der Mauer Tiefgarage

Das Diagramm in Abb. 355 zeigt die Außenlufttemperatur (blaue Linie) und die relative Luftfeuchtigkeit (orange Linie) in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade veranschaulicht die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer wird durch die beiden grünen Linien begrenzt. Die Mindestlufttemperatur konnte über die gesamte Einbaudauer eingehalten werden.

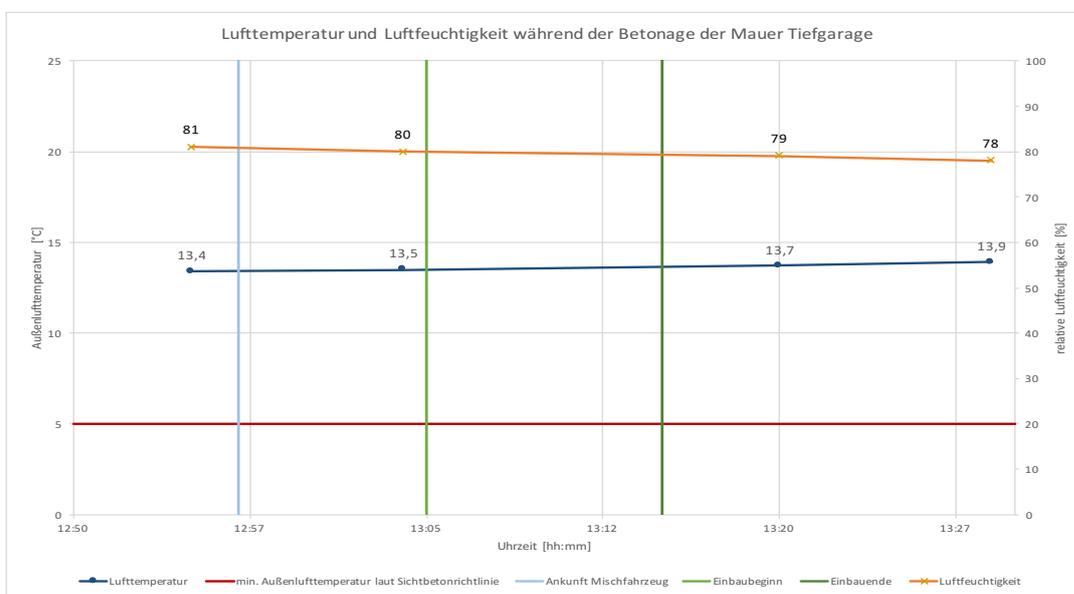


Abb. 355: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Mauer Tiefgarage

Auf der Länge von 2,00 m wurde nur an einer Stelle Beton eingebaut. Die ersten 40 cm wurden ohne Bretter belegt, daher beträgt die erste Schüttlagenhöhe 90 cm. Der gesamte Einbau dauerte 10 min, was mit der Einbaumenge von 0,90 m³ eine Einbauleistung von 5,40 m³/h und mit einer Höhe des Bauteils von 1,50 m eine Steiggeschwindigkeit von 9,00 m/h ergibt. Die Schüttlagendokumentation ist aus der Tab. 237 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E
1	Schüttlagen	Höhe [cm]	Start Schüttlage	Ende Schüttlage	Dauer [min]
2	1	90	13:05	13:06	1
3	2	50	13:09	13:10	1
4	3	10	13:13	13:15	2

Tab. 237: Schüttlagendokumentation

Bei diesem Bauteil wurde nur ein Kübel eingebaut. Die Dokumentation der Frischbetontemperatur ist in Tab. 238 ersichtlich.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur °C	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	21,2	13:00	13:15	15

Tab. 238: Dokumentation der Frischbetontemperatur

Die Abb. 356 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit von der Mauer Tiefgarage. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die gelbe Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle. Die Einbaudauer des Bauteils wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei diesem Abschnitt wurde die Mindestfrischbetontemperatur eingehalten.

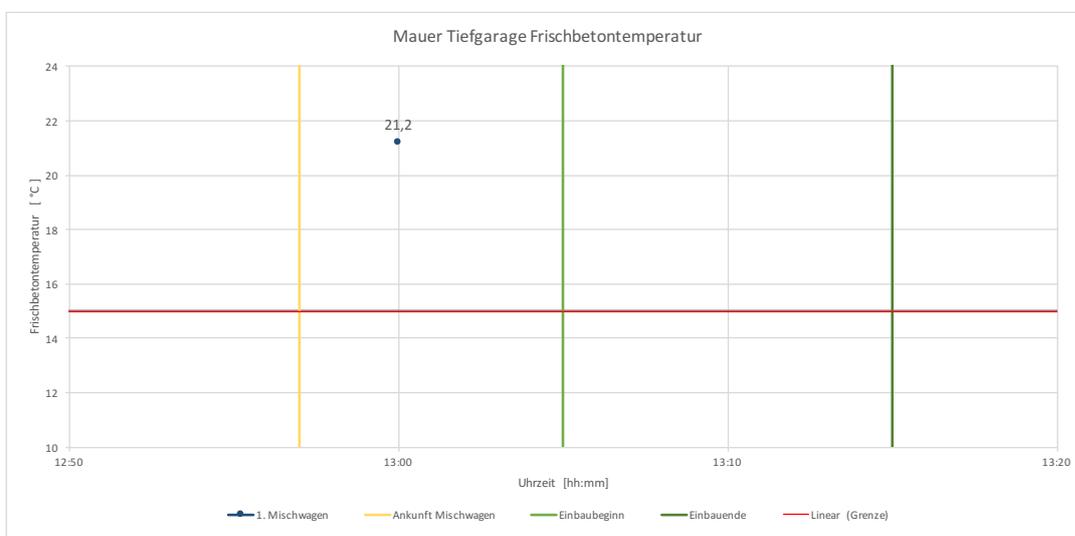


Abb. 356: Mauer Tiefgarage Frischbetontemperatur

6.23.6 Ausschalen

Am 22.05.18 bei Arbeitsbeginn wurde die Schalung 4 Tage nach der Betonage geöffnet. Die Ausschaldokumentation ist aus Tab. 239 ersichtlich.

	A	B	C	D	E	F	G
1	MAUER TIEFGARAG.		AUSSCHALEN		Entschalt nach	4	Tage
2					Entschaldauer	37	min
3	Öffnen Schließschalung			Öffnen Stellschalung			
4	Start	22.05.18	tt.mm.jj	Start	22.05.18	tt.mm.jj	
5	Uhrzeit	07:00	hh:mm	Uhrzeit	07:28	hh:mm	
6	Witterung	klar		Witterung	klar		
7	Lufttemperatur	12,1	°C	Lufttemperatur	12,4	°C	
8	Luftfeuchtigkeit	72	%	Luftfeuchtigkeit	70	%	
9	Ende	22.05.18	tt.mm.jj	Ende	22.05.18	tt.mm.jj	
10	Uhrzeit	07:28	hh:mm	Uhrzeit	07:37	hh:mm	
11	Witterung	klar		Witterung	klar		
12	Lufttemperatur	12,4	°C	Lufttemperatur	12,5	°C	
13	Luftfeuchtigkeit	70	%	Luftfeuchtigkeit	69	%	
14	Gesamtdauer	28	min	Gesamtdauer	9	min	

Tab. 239: Ausschaldokumentation der Mauer Tiefgarage

6.23.7 Ergebnis

Abb. 357, Abb. 358 und Abb. 359 zeigen das Ergebnis der Mauer Tiefgarage direkt nach dem Ausschalen. Dieser Bauteil liefert ein gutes Ergebnis hinsichtlich der Farbgleichheit, Porigkeit und des Kantenabbruches. Der Betonabriss konnte nicht vollkommen verhindert werden. Es sind jedoch nur kleine Stellen abgerissen, die nach Austrocknung des Betons kaum mehr sichtbar sind. (siehe Abb. 360 und Abb. 361)



Abb. 357: Ergebnis der Mauer Tiefgarage direkt nach dem Ausschalen



Abb. 358: Ergebnis der Mauer Tiefgarage direkt nach dem Ausschalen



Abb. 359: Ergebnis der Mauer Tiefgarage direkt nach dem Ausschalen



Abb. 360: Ergebnis der Mauer Tiefgarage vom 25.05.2018



Abb. 361: Ergebnis der Mauer Tiefgarage vom 25.05.2018

6.24 Fassade 8

Die Herstellung des letzten Sichtbetonabschnitts, der Fassade 8, erfolgte in der 20. und 22. Kalenderwoche und war mit Abstand die aufwendigste und schwierigste von allen. Die Fassade 8 befindet sich sowohl im Erdgeschoß als auch im 1. Obergeschoß, in Abb. 362 ist die Lage im Erdgeschoß ersichtlich. Der Ablauf der Herstellung der Fassade 8 ist in Abb. 363 dargestellt.

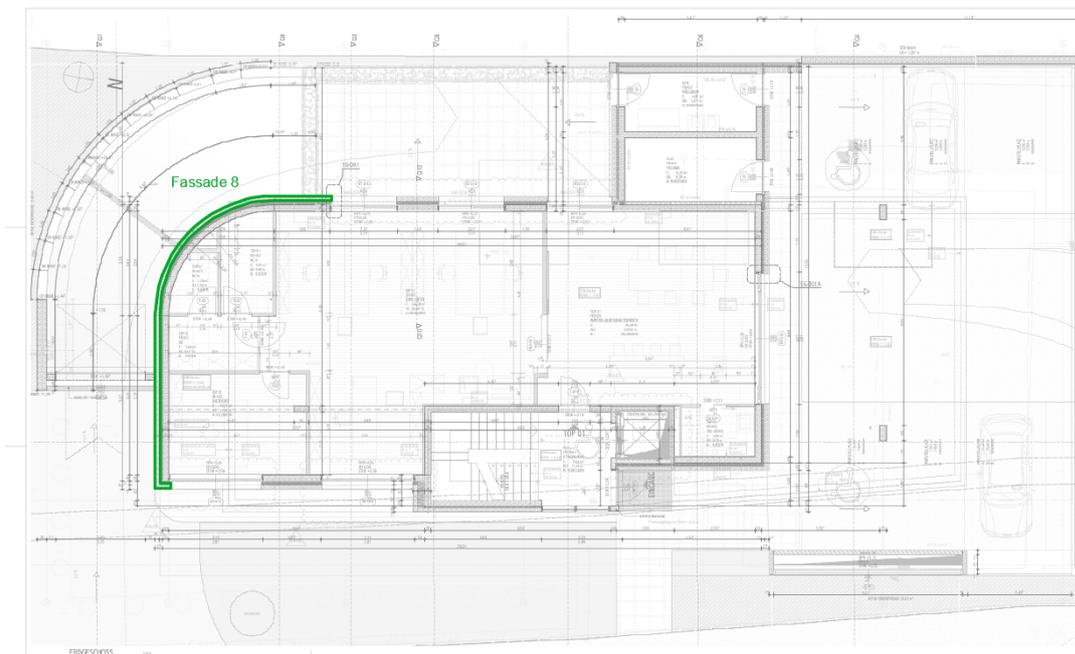


Abb. 362: Lage Fassade 8

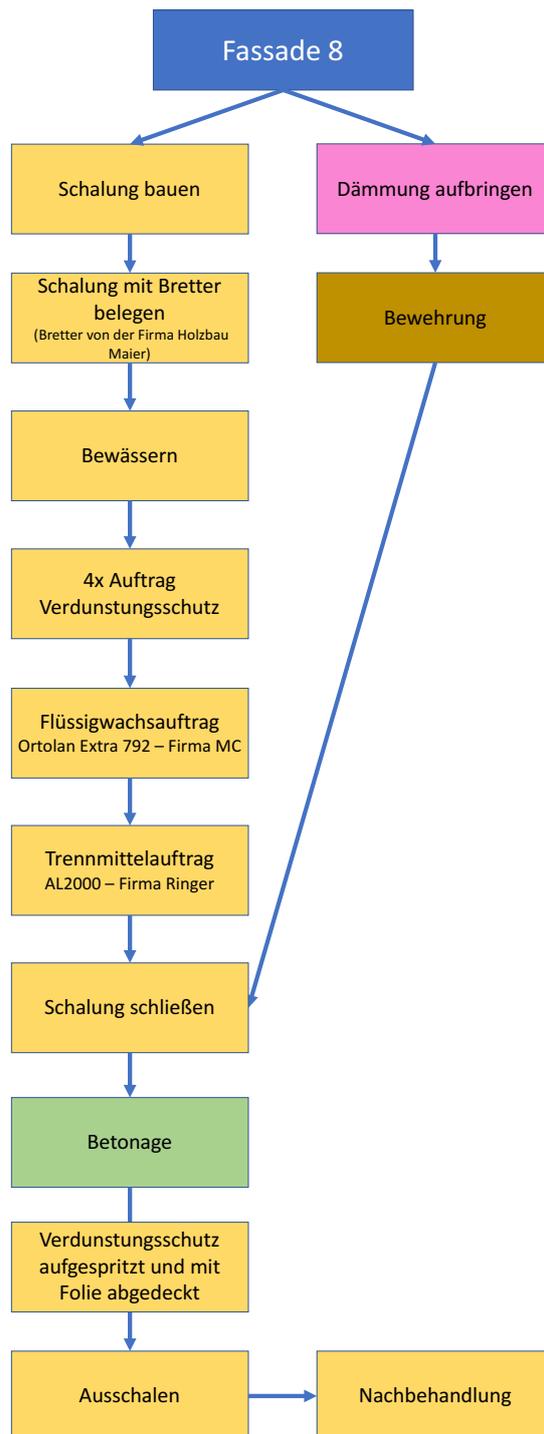


Abb. 363: Herstellungsprozess der Fassade 8

6.24.1 Dämmung und Bewehrung

Die Isolierarbeiten erfolgten am 14.05.18 von 07:00 Uhr bis 13:49 Uhr. Die Dokumentation der Bewehrungsarbeiten ist in Tab. 240 ersichtlich.

	A	B	C	D
1	Bewehrung			
2	Start	14.05.18	tt.mm.jj	
3	Uhrzeit	14:58	hh:mm	
4	Witterung	bewölkt		
5	Lufttemperatur	22,9	°C	
6	Luftfeuchtigkeit	54	%	
7	Ende	16.05.18	tt.mm.jj	
8	Uhrzeit	07:49	hh:mm	
9	Witterung	regen		
10	Lufttemperatur	9,2	°C	
11	Luftfeuchtigkeit	73	%	

Tab. 240: Bewehrungsbedingungen der Fassade 8

Die Betonüberdeckung beträgt 4,00 cm, der Bewehrungsgrad liegt laut Statiker bei 86,86 kg/m³. (siehe Tab. 241 und Abb. 364)

	A	B	C	D
1	Bewehrungsverhältnis		58,52	Stabstahl [%]
2			41,48	Mattenstahl [%]
3	Einbaumenge		6,84	m ³
4	Bewehrungsmenge		594,12	kg
5	Bewehrungsgrad		86,86	kg/m ³

Tab. 241: Bewehrung

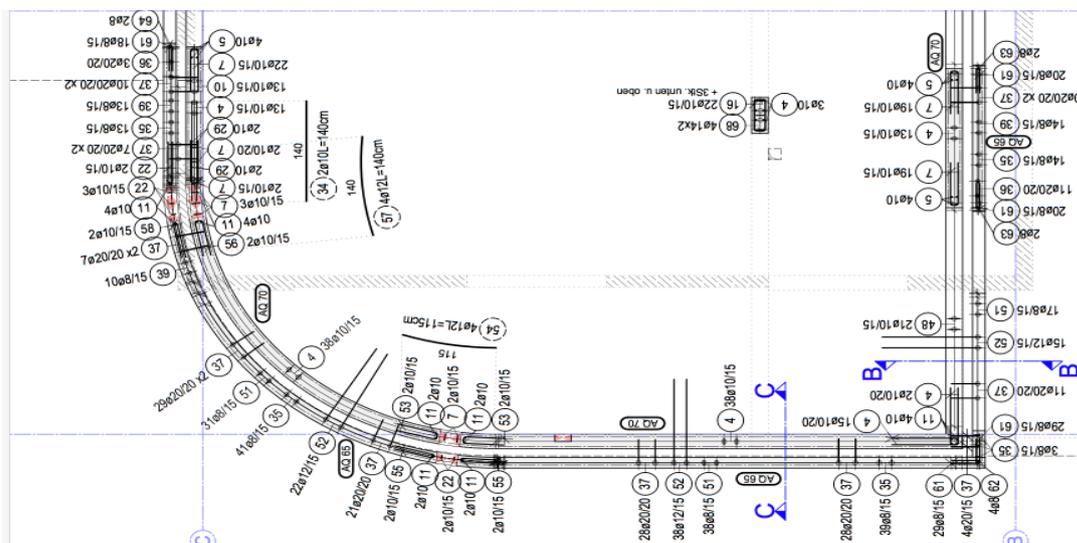


Abb. 364: Bewehrungsplan Grundriss der Fassade 8

6.24.2 Stellschalung und Schließschalung

Bei dieser Fassade hatte sowohl die Stellschalung als auch die Schließschalung Sichtbetonanforderung. Die Arbeitskräfte begannen mit den Arbeiten der Stellschalung am 17.03.18 um 07:25 Uhr. Am 24.05.18 war die Schalung um 07:20 Uhr fertiggestellt. Diese Arbeit erfolgte nach den folgenden Bedingungen aus Tab. 242.

	A	B	C
1	Stellschalung		
2	Start	17.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	07:25	hh:mm
4	Witterung	regen	
5	Lufttemperatur	9,3	°C
6	Luftfeuchtigkeit	84	%
7	Ende	24.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	07:20	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	15,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	81	%

Tab. 242: Stellschalung Fassade 8

Die Arbeiten der Schließschalung starteten am 23.05.18 um 11:32 Uhr. Am Tag darauf um 12:45 Uhr war die Schalung fertig geschlossen und bereit zum Betonieren. Die Bedingungen sind aus Tab. 243 zu entnehmen.

	A	B	C
1	Schließschalung		
2	Start	23.05.18	tt.mm.jj
3	Uhrzeit	11:32	hh:mm
4	Witterung	bewölkt	
5	Lufttemperatur	18,3	°C
6	Luftfeuchtigkeit	64	%
7	Ende	24.05.18	tt.mm.jj
8	Uhrzeit	12:45	hh:mm
9	Witterung	bewölkt	
10	Lufttemperatur	19,8	°C
11	Luftfeuchtigkeit	70	%

Tab. 243: Schließschalung Fassade 8

6.24.3 Bretter belegen

Das Belegen der Bretter auf die Stellschalung dauerte insgesamt 240 Minuten und wurde von 3 Arbeitskräften durchgeführt. Es erfolgte nach den Bedingungen aus Tab. 244.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Bretter belegen Stellschalung							
2		Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	Teil 5	Teil 6	
3	Start	22.05.18	22.05.18	22.05.18	22.05.18	22.05.18	22.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	08:32	10:52	12:45	14:49	15:39	16:29	hh:mm
5	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	bewölkt	sonnig	sonnig	
6	Lufttemperatur	14,0	17,6	17,9	17,9	18	18,8	°C
7	Luftfeuchtigkeit	71	60	62	64	61	62	%
8	Ende	22.05.18	22.05.18	22.05.18	22.05.18	22.05.18	22.05.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	10:35	11:10	13:14	15:38	15:58	17:01	hh:mm
10	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	sonnig	sonnig	sonnig	
11	Lufttemperatur	17,5	17,6	17,9	18,0	18,8	18,8	°C
12	Luftfeuchtigkeit	59	61	63	63	61	64	%
13	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30						min
14	Gesamtdauer	93	18	29	49	19	32	min

Tab. 244: Dokumentation der Stellschalung mit Brettern belegen

Die Stellschalung bestand aus 6 Schalungselementen. (siehe Abb. 365, Abb. 366 und Abb. 367)

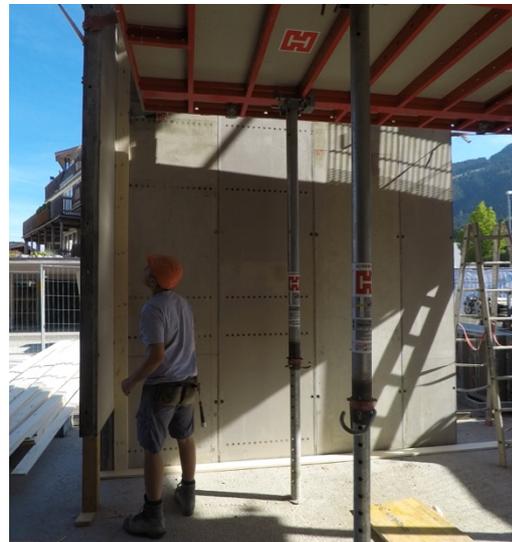


Abb. 365: Stellschalung Teil 1 und 2



Abb. 366: Stellschalung Teil 3 und 4



Abb. 367: Stellschalung Teil 5 und 6

Das Belegen der Bretter auf die Schließschalung dauerte insgesamt 150 Minuten und wurde durchschnittlich von 2 bis 3 Arbeitskräften durchgeführt. Das Belegen fand nach den folgenden Bedingungen aus Tab. 245 statt.

	A	B	C	D	E	F
1	Bretter belegen Schließschalung					
2		Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	
3	Start	23.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	12:44	13:35	15:05	16:05	hh:mm
5	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	bewölkt	
6	Lufttemperatur	19,1	20,1	19,3	18,7	°C
7	Luftfeuchtigkeit	62	62	70	68	%
8	Ende	23.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	tt.mm.jj
9	Uhrzeit	13:35	14:13	15:37	16:34	hh:mm
10	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	bewölkt	
11	Lufttemperatur	19,1	20,0	19	18,5	°C
12	Luftfeuchtigkeit	62	63	69	69	%
13	Vormittags-/Mittagspause	15 / 30				min
14	Gesamtdauer	51	38	32	29	min

Tab. 245: Dokumentation der Schließschalung mit Brettern belegen

Die Stellschalung bestand aus 4 Schalungselementen (siehe Abb. 368 und Abb. 369).



Abb. 368: Schließschalung Teil 1 und 2



Abb. 369: Schließschalung Teil 3 und 4



6.24.4 Schalung wässern

Nach dem Belegen wurde gemeinsam mit dem Polier vereinbart die trockenen Bretter zu bewässern. Durch das Bewässern sind die Bretter mit Wasser gesättigt, wodurch ihre Saugfähigkeit minimiert und der Abriss verhindert wird.



Abb. 370: Bewässern der Bretter

6.24.5 Auftrag Verdunstungsmittel

Durch die guten Ergebnisse, die mit der Anwendung von Verdunstungsmittel erzielt werden konnten, wurde dies auch bei der Fassade 8 angewendet. Um die Verdunstung des Wassers so gut wie möglich zu verhindern, wurde diese Vorbehandlung 4 Mal durchgeführt. Zwischen jeder Anwendung erfolgte eine Trocknungszeit. Der Verdunstungsschutzauftrag auf die Stellschalung wurde nach den Bedingungen aus Tab. 246 und die der Schließschalung aus Tab. 247 durchgeführt. Um die Dauer des Auftrages zu verringern, wurde statt des Anstrichs mit Pinsel ein Auftragen mit der Spritze bevorzugt. (siehe Abb. 371)



Abb. 371: Verdunstungsmittelauftrag

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	4x Verdunstungsmittelauftrag Stellschalung							
2		Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	Teil 5	Teil 6	
3	Start	22.05.18	22.05.18	22.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	11:25	12:40	14:38	07:49	07:01	12:45	hh:mm
5	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	klar	klar	bewölkt	
6	Lufttemperatur	17,6	17,9	17,4	13,6	10,6	19,5	°C
7	Luftfeuchtigkeit	61	62	65	71	68	61	%
8	Abziehen	–						✓ / –
9	Nachwischen	–						✓ / –
10	Ende	22.05.18	22.05.18	22.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	tt.mm.jj
11	Uhrzeit	14:30	14:32	16:25	10:42	08:20	15:16	hh:mm
12	Witterung	leicht regen	bewölkt	bewölkt	klar	klar	bewölkt	
13	Lufttemperatur	17,6	17,6	19,3	17,2	14,3	19,1	°C
14	Luftfeuchtigkeit	65	65	63	67	71	70	%
15	Gesamtdauer	31	11	9	24	6	9	min

Tab. 246: Verdunstungsmittelauftrag Stellschalung

	A	B	C	D	E	F
1	Verdunstungsmittelauftrag Schließschalung					
2		Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	
3	Start	23.05.18	23.05.18	24.05.18	24.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	15:33	15:36	07:24	07:20	hh:mm
5	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	bewölkt	
6	Lufttemperatur	19,0	19,0	15,2	15,7	°C
7	Luftfeuchtigkeit	69	69	80	81	%
8	Abziehen	—				✓ / —
9	Nachwischen	—				✓ / —
10	Ende	24.05.18	24.05.18	24.05.18	24.05.18	tt.mm.jj
11	Uhrzeit	17:02	17:04	09:10	09:05	hh:mm
12	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	bewölkt	
13	Lufttemperatur	18,3	18,3	15,9	21:36	°C
14	Luftfeuchtigkeit	65	65	79	79	%

Tab. 247: Verdunstungsmittelauftrag Schließschalung

6.24.6 Auftrag Flüssigwachs

Aufgrund der schlechten Erfahrungen mit dem Ergebnis der Sichtbetonoberfläche mit einer langen Standzeit der Schalung und weil dies bei dieser aufwendigen Fassade nicht anders möglich war, wurde zusätzlich zum Trennmittel noch eine Sekundärschicht mit einem Flüssigwachs aufgetragen. (siehe Abb. 372) Dies soll eine längere Trennmittelwirkung gewährleisten. Die Dokumentation des Auftrages auf die Stellschalung ist in Tab. 248 ersichtlich.



Abb. 372: Auftrag Flüssigwachs

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Wachsauftrag Stellschalung							
2		Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	Teil 5	Teil 6	
3	Start	22.05.18	22.05.18	22.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	16:18	16:29	17:10	11:13	11:15	15:27	hh:mm
5	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	klar	klar	bewölkt	
6	Lufttemperatur	18,4	18,3	17,8	17,8	17,8	19,1	°C
7	Luftfeuchtigkeit	61	63	64	64	64	69	%
8	Sprühgerät vorher	2100	650	950	1550		700	ml
9	Abziehen	–						✓ / –
10	Nachwischen	–						✓ / –
11	Ende	22.05.18	22.05.18	22.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	tt.mm.jj
12	Uhrzeit	16:29	16:32	17:13	11:15	11:20	15:30	hh:mm
13	Witterung	bewölkt	bewölkt	bewölkt	klar	klar	bewölkt	
14	Lufttemperatur	18,3	18,1	17,8	17,8	17,8	19,1	°C
15	Luftfeuchtigkeit	63	64	64	64	64	69	%
16	Sprühgerät nachher	650	0	60	380		100	ml
17	Verbrauch	1450	650	890	1170		600	ml
18	Fläche	47,39						m2
19	Trennmittelauftrag	100,44						ml/m2
20	Gesamtdauer	11	3	3	2	5	3	min

Tab. 248: Dokumentation des Wachsauftrags der Stellschalung

6.24.7 Auftrag Trennmittel

Der Trennmittelauftrag der Stellschalung passierte 0 bis 1 Tage vor der Betonage des Bauteils. Der Trennmittelauftrag erfolgte unter den in Tab. 249 aufgelisteten Bedingungen. Verwendet wurde das Trennmittel AL2000 der Firma Ringer.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Trennmittelauftrag Stellschalung							
2		Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	Teil 5	Teil 6	
3	Start	23.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	07:06	08:39	10:18	13:00	13:09	16:45	hh:mm
5	Witterung	klar	klar	klar	bewölkt	bewölkt	bewölkt	
6	Lufttemperatur	10,6	14,8	16,7	19,4	19,7	18,9	°C
7	Luftfeuchtigkeit	68	70	67	62	60	69	%
8	Sprühgerät vorher	3900	1400	2000	4120		1200	ml
9	Abziehen	–						✓ / –
10	Nachwischen	–						✓ / –
11	Ende	23.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	23.05.18	24.05.18	tt.mm.jj
12	Uhrzeit	07:19	08:43	10:55	13:33	14:23	07:01	hh:mm
13	Witterung	klar	klar	klar	bewölkt	bewölkt	bewölkt	
14	Lufttemperatur	10,8	14,8	17,6	20,1	19,9	13,9	°C
15	Luftfeuchtigkeit	68%	70%	65%	62	63%	82	%
16	Sprühgerät nachher	1400	650	650	480		500	ml
17	Verbrauch	2500	750	1350	3640		700	kg
18	Fläche	47,39						m2
19	Trennmittelauftrag	188,65						ml/m2

Tab. 249: Trennmittelauftrag Stellschalung

Der Auftrag des Trennmittels auf die Schließschalung erfolgte noch am selben Tag, an welchem betoniert wurde. Die Dokumentation ist aus Tab. 250 zu entnehmen. Es wurde dasselbe Trennmittel wie bei der Stellschalung verwendet.

	A	B	C	D	E	F
1	Trennmittelauftrag Schließschalung					
2		Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	
3	Start	24.05.18	24.05.18	24.05.18	24.05.18	tt.mm.jj
4	Uhrzeit	08:36	09:30	11:05	10:05	hh:mm
5	Witterung	nieseln	bewölkt	bewölkt	regen	
6	Lufttemperatur	14,8	15,2	14,9	02:24	°C
7	Luftfeuchtigkeit	83	83	85	83	%
8	Sprühgerät vorher					kg
9	Abziehen	—				✓ / —
10	Nachwischen	—				✓ / —
11	Ende	24.05.18	24.05.18	24.05.18	24.05.18	tt.mm.jj
12	Uhrzeit	08:38	09:32	11:07	10:07	hh:mm
13	Witterung	nieseln	bewölkt	bewölkt	regen	
14	Lufttemperatur	14,8	15,2	14,9	02:24	°C
15	Luftfeuchtigkeit	83	83	85	83	%
16	Gesamtdauer	2	2	2	2	min

Tab. 250: Trennmittelauftrag Schließschalung

6.24.8 Betonage

Der Beton wurde unter den in Tab. 251 und Tab. 252 aufgelisteten Betonierbedingungen eingebaut. Für diesen Abschnitt mit einer Einbaumenge von 6,84 m³ wurden insgesamt zwei Mischwägen bestellt.



Abb. 373: fertiggestellte Schalung

	A	B	C	D
1	FASSADE 8		BETONCHARGE 1	
2				
3	Tag	24.05.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	12:58	hh:mm	
5	Einbaubeginn	13:12	hh:mm	
6	Einbauende	14:36	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt/sonnig		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	17,6	83	13:01
12	2	18,2	81	13:18
13	3	17,7	81	13:28
14	4	17,3	81	13:37
15	5	17,2	81	13:47
16	6	17,6	80	14:54
17	7	18,3	78	13:59
18	8	19,5	74	14:08
19	9	20,6	73	14:18
20	10	21,9	72	14:28
21	Witterung bei Ende	bewölkt/sonnig		

Tab. 251: Betonierbedingungen der Betoncharge 1

	A	B	C	D
1	FASSADE 8		BETONCHARGE 2	
2				
3	Tag	24.05.18	tt.mm.jj	
4	Ankunft Mischfahrzeug	14:28	hh:mm	
5	Einbaubeginn	14:46	hh:mm	
6	Einbauende	15:59	hh:mm	
7	Arbeitsgruppengröße	5	Personen	
8	Witterung bei Start	bewölkt/sonnig		
9		Lufttemperatur	Luftfeuchtigkeit	
10	Witterung	°C	%	hh:mm
11	1	22,4	70	14:37
12	2	22,9	67	14:47
13	3	23,7	69	14:54
14	4	23,8	70	15:07
15	5	22,8	66	15:13
16	6	20,6	70	15:23
17	7	21,0	72	15:37
18	8	20,9	73	15:53
19	9	21,3	70	16:00
20	Witterung bei Ende	sonnig		

Tab. 252: Betonierbedingungen der Betoncharge 2

Das Diagramm in Abb. 374 zeigt die Außenlufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der Zeit. Die rote Gerade bildet die Mindestaußenlufttemperatur von 5 Grad Celsius laut ÖVBB Richtlinie Sichtbeton ab. Die blaue Linie zeigt die Ankunft des Mischfahrzeugs auf der Baustelle, die Einbaudauer wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Bei der Fassade 8 wurde die 5-Grad-Grenze (rote Linie) über die gesamte Einbaudauer nicht unterschritten.

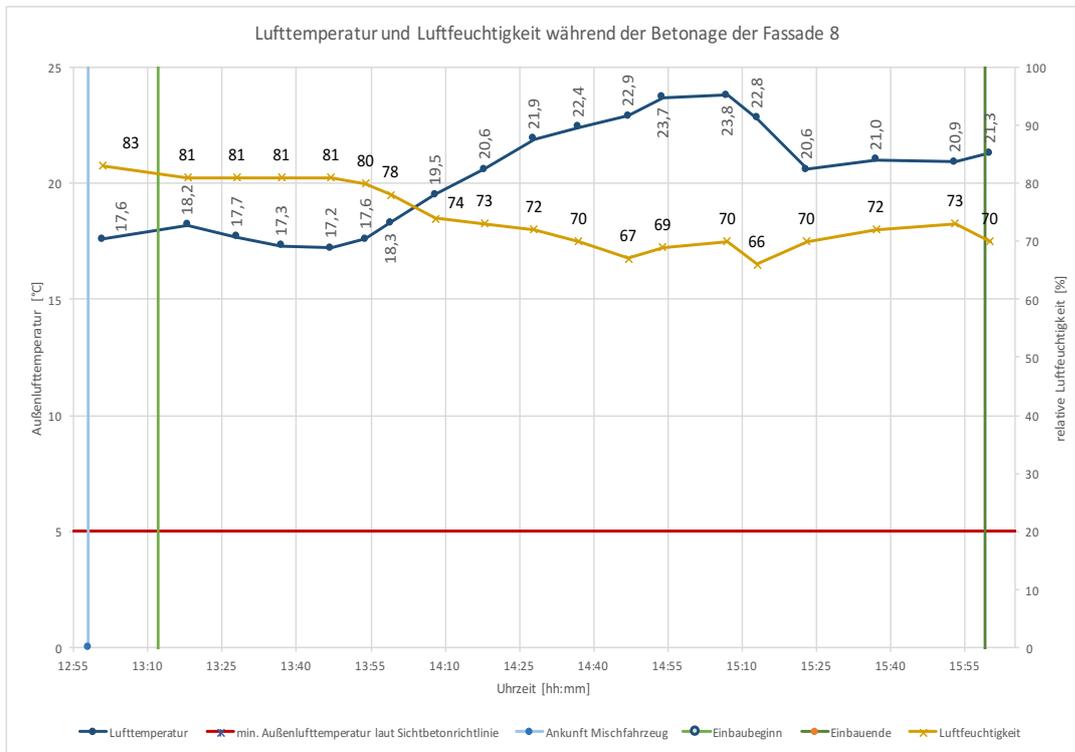


Abb. 374: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit während der Betonage der Fassade 8

Die in Tab. 253 angeführte Frischbetontemperatur von der Betoncharge 1 wurde bei jedem Kübel gemessen und überprüft.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	19,9	13:05	13:30	25
3	Kübel 2	19,9	13:34	14:03	29
4	Kübel 3	20,1	14:06	14:36	30

Tab. 253: Frischbetontemperatur Fassade 8 Betoncharge 1

Bei Einbaubeginn überprüfte der Laborant das Ausbreitmaß der Betoncharge 1. Diese lag um 13:13 Uhr bei 685 mm. (siehe Abb. 375)



Abb. 375: Ausbreitmaß der Betoncharge 1

Die Frischbetontemperatur der Betoncharge 2 ist aus der Tab. 254 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E
1	Frischbetontemperatur	Start Befüllen	Ende Ausleeren	Dauer [min]	
2	Kübel 1	21,9	14:39	14:54	15
3	Kübel 2	22,3	14:58	15:23	25
4	Kübel 3	22,5	15:32	15:59	27

Tab. 254: Frischbetontemperatur Fassade 8 Betoncharge 2

Das Ausbreitmaß der Betoncharge 2 wurde beim Einfüllen des ersten Kübels der Charge 2 gemessen und lag um 14:43 Uhr bei 690 mm. (siehe Abb. 376)



Abb. 376: Ausbreitmaß der Betoncharge 2

Die Abb. 377 zeigt die Frischbetontemperaturentwicklung in Zusammenhang mit der Zeit von der Fassade 8. Die rote Gerade stellt die Frischbetontemperaturgrenze bei 15 Grad Celsius dar. Die gelbe Linie veranschaulicht die Ankunft des 1. Mischwagens und die orange Linie die des 2. Mischwagens auf der Baustelle. Die Einbaudauer der Fassade 8 wird durch die zwei grünen Linien begrenzt. Die Mindestfrischbetontemperatur konnte bei beiden Mischwägen eingehalten werden.

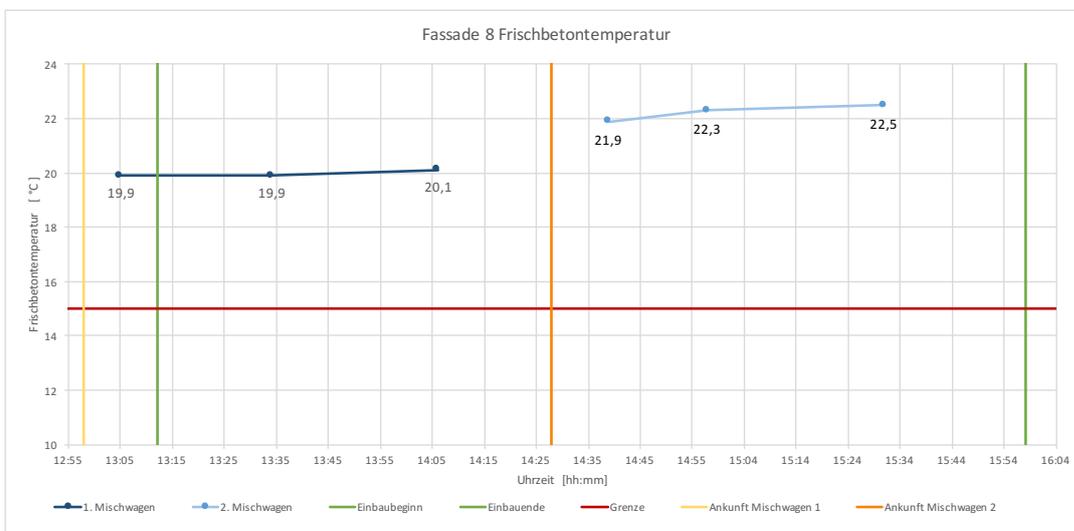


Abb. 377: Frischbetontemperatur der Fassade 8

6.24.9 Ausschalen

Am 28.05.2018 bei Arbeitsbeginn wurde die Fassade 8 vier Tage nach Betonierende ausgeschalt. Die Ausschaldokumentation ist der Tab. 255 zu entnehmen.

	A	B	C	D	E	F	G
1	FASSADE 8		AUSSCHALEN		Entschalt nach	4	Tage
2					Entschaldauer	647	min
3	Öffnen Schließschalung			Öffnen Stellschalung			
4	Start	28.05.18	tt.mm.jj	Start	28.05.18	tt.mm.jj	
5	Uhrzeit	07:05	hh:mm	Uhrzeit	08:17	hh:mm	
6	Witterung	klar		Witterung	klar		
7	Lufttemperatur	12,8	°C	Lufttemperatur	15,8	°C	
8	Luftfeuchtigkeit	72	%	Luftfeuchtigkeit	75	%	
9	Ende	28.05.18	tt.mm.jj	Ende	28.05.18	tt.mm.jj	
10	Uhrzeit	15:08	hh:mm	Uhrzeit	11:01	hh:mm	
11	Witterung	sonnig/bewölkt		Witterung	sonnig		
12	Lufttemperatur	20,7	°C	Lufttemperatur	24,4	°C	
13	Luftfeuchtigkeit	53	%	Luftfeuchtigkeit	55	%	
14	Gesamtdauer	483	min	Gesamtdauer	164	min	

Tab. 255: Ausschaldokumentation der Fassade 8

6.24.10 Ergebnis Stellschalung

Abb. 378 bis Abb. 381 zeigen das Ergebnis der Stellschalungsseite der Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen. Die Fassade 8 lieferte das beste Ergebnis. Der Betonabriss ist kaum, bis gar nicht vorhanden. Poren, Farbgleichheit und Kantenausbruch konnten die Anforderungen an die Sichtbetonoberfläche sicherstellen. Durch den anschließenden Auftrag von Verdunstungsmittel beim Betonieren und durch das Abdecken mit einer Plane konnte der Betonabriss im oberen Bereich verhindert werden. Weiters ist die Holzstruktur durch die Verwendung der Bretter von der Firma Holzbau Maier auf der Betonoberfläche sehr gut erkennbar.



Abb. 378: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 379: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 380: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 381: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen

Im unteren Bereich der Fassade entstand ein Versatz der Schalungselemente von 1,30 cm. (siehe Abb. 382)



Abb. 382: Schalungselementversatz

Im Bereich der Fassade, wo Betonier- und Rüttelöffnungen angebracht werden mussten, entstand ein Verdichtungsfehler. (siehe Abb. 383)



Abb. 383: Verdichtungsfehler

Die Abb. 384 bis Abb. 387 zeigen die Ergebnisse der Stellschalseite der Fassade 8 vier Wochen nach dem Ausschalen. Der Gesamteindruck ist überragend.



Abb. 384: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen



Abb. 385: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen



Abb. 386: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen



Abb. 387: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen

6.24.11 Ergebnis Schließschalung

In den Abb. 388 bis Abb. 391 sind die Ergebnisse der Schließschalungsseite der Fassade 8 ersichtlich. Wie auch die Stellschalung erzielte diese Seite ein sehr gutes Ergebnis.



Abb. 388: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 389: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 390: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 391: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen

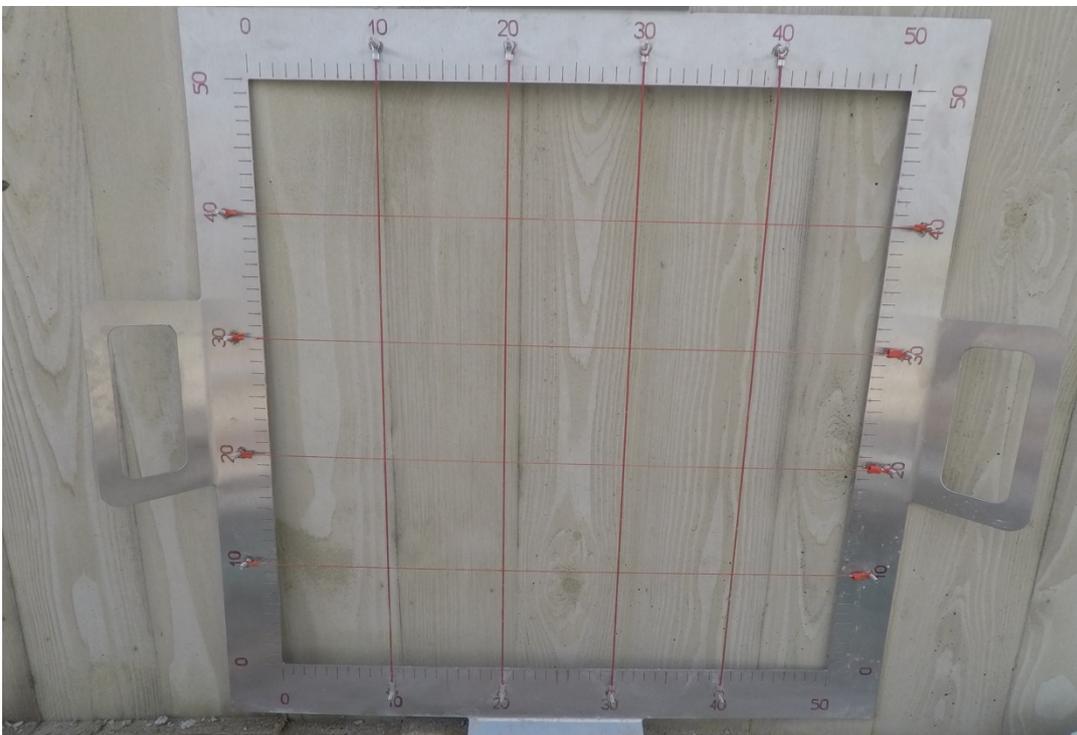


Abb. 392: Fassade 8 direkt nach dem Ausschalen

Beim Rütteln und Einfüllen des Betons (siehe Abb. 394) spritzte Beton auf die Schalung. Dies ist auf der Sichtbetonoberfläche erkennbar. (siehe Abb. 393)



Abb. 393: Betonspritzer



Abb. 394: Ursache Betonspritzer

Die Abb. 388 bis Abb. 392 zeigen die Ergebnisse der Schließschalungsseite der Fassade 8, 4 Wochen nach dem Ausschalen. Der Gesamteindruck erzielte ein sehr gutes Ergebnis.



Abb. 395: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen

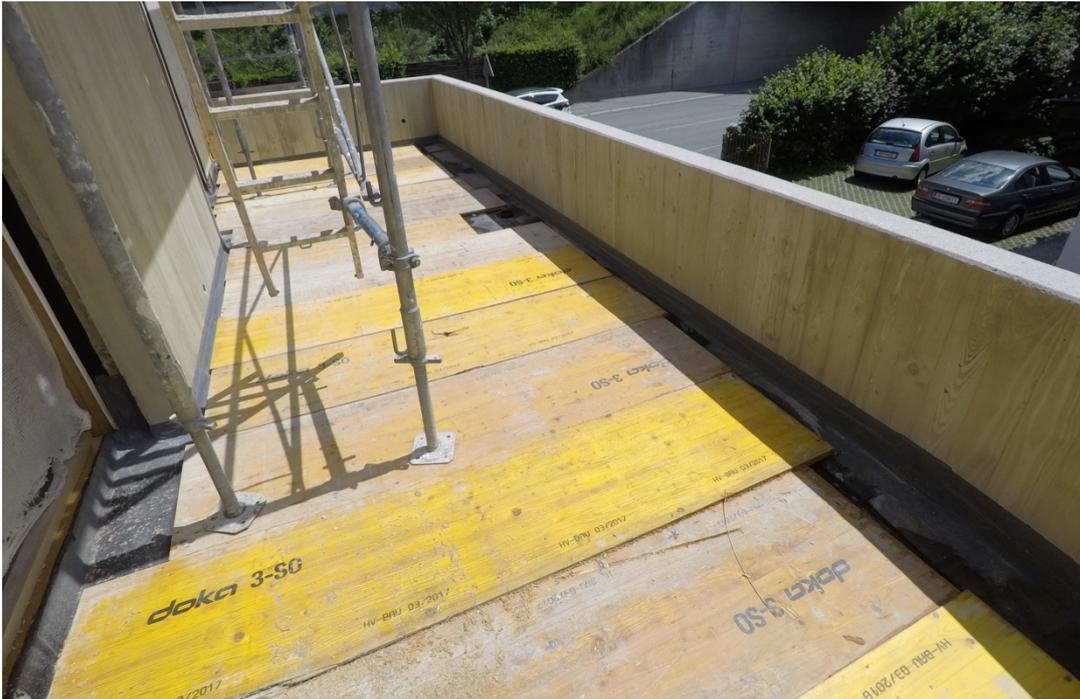


Abb. 396: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen



Abb. 397: Ergebnis 4 Wochen nach dem Ausschalen

7 Auswertung

Dieses Kapitel beinhaltet die Auswertung der Dokumentation des BV Bürohauses Kitzbühel. Es werden Parameter untersucht, welche die Qualität der Sichtbetonbauteile begründen lassen oder keinerlei Auswirkungen darauf haben.

7.1 Ausbreitmaß

Bei einem Großteil der Sichtbetonbauteile wurde während der Betonage das Ausbreitmaß von einem Laboranten gemessen und zuzüglich im Betonlabor die übrigen Frischbetonprüfungen (Luft-Poren Gehalt, Frischbetonrohichte und W/B - Wert) durchgeführt. In Absprache mit dem Betonlabor wurde vereinbart, die Konsistenzklasse F52 zu verwenden. Aufgrund der geringen Wandstärke von 15 cm der Fassadenelemente war das Verdichten des Betons für die Bauarbeiter sehr schwierig. Daher bestellte der Polier eine weichere Konsistenz. In Abb. 398 ist der Vergleich der Ausbreitmaße ersichtlich. Die Überprüfung des zweiten Ausbreitmaßes bei insgesamt vier Bauteilen ist im Diagramm gelb dargestellt. Die grüne Gerade stellt die Obergrenze und die rote die Untergrenze der Konsistenzklasse F52 dar. Das größte gemessene Ausbreitmaß erreichte 690 mm bei der Betonage der Fassade 8. Bei den beiden Säulen wurde ein viel geringeres Ausbreitmaß von 470 mm ermittelt. Beide Sichtbetonergebnisse lieferten ein sehr gutes Ergebnis. Aufgrund dessen kann zurückgeschlossen werden, dass die Betonkonsistenz in diesem Fall nicht die Qualität des Sichtbetons veränderte. Jedoch können unterschiedliche Wasser-Bindemittel-Werte zu Farbunterschieden führen.

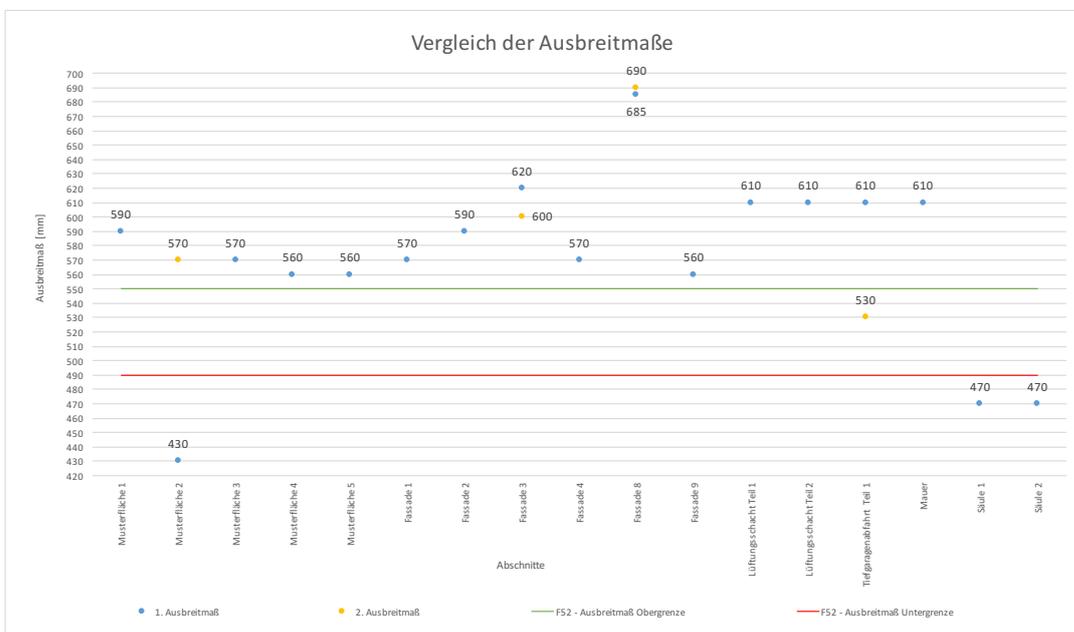


Abb. 398: Vergleich der Ausbreitmaße

7.2 Concremoteauswertung

Bei neun Abschnitten wurde ein Kabel mit drei Sensoren an der Bewehrung befestigt. Diese messen die Temperatur des Frischbetons von Einbaubeginn bis zum Ausschaltzeitpunkt. Mittels dieser Messwerte und der Kalibrierung des Betons kann das Programm Concremote die Festigkeitsentwicklung berechnen. Ein Mindestreifezielwert von 800 °Ch sollte erreicht werden. Der Beton soll bei diesem Wert eine ausreichende Festigkeit für das Ausschalen besitzen.

7.2.1 Betontemperaturvergleich

Das Diagramm in Abb. 399 zeigt den Temperaturverlauf des Frischbetons von Einbaubeginn bis Einbauende von neun Abschnitten. Der Temperaturunterschied schwankt zwischen den einzelnen Abschnitten enorm. Die Fassade 8 erreichte die höchste Betontemperatur von 38,7 °C. Die Betontemperatur des Lüftungsschachtes Teil 1 erreichte beim Ausschaltzeitpunkt die geringste Betontemperatur von 4,8 °C der im Diagramm abgebildeten Abschnitte. Die größten Temperaturschwankungen traten bei den Fertigteil Abschnitten 1 und 2 auf. Die Fassade 8 mit dem besten Ergebnis blieb mit 4 Tagen am längsten eingeschalt. Mit 25 h zählt die Gartenmauer zu den Bauteilen, die am kürzesten eingeschalt blieben.

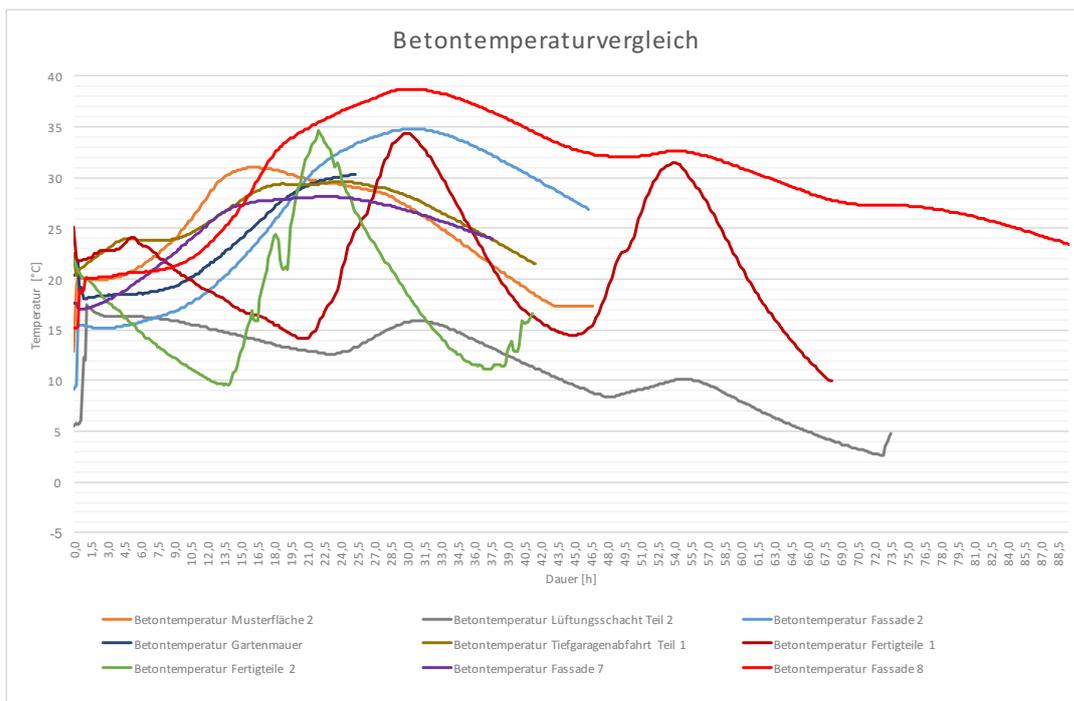


Abb. 399: Betontemperaturvergleich

Die Betontemperatur zum Ausschalzeitpunkt liegt zwischen 4,8 °C (Lüftungsschacht Teil 2) und 30,33 °C (Musterfläche 2). Zu hohe Temperaturen beim Ausschalzeitpunkt verstärken das Risiko einer Rissbildung. Alle Ausschaltemperaturen liegen in einem angemessenen Bereich, somit entstanden bei keinem Abschnitt Risse.

Abb. 400 und Abb. 401 zeigen den Verlauf der Betontemperatur und der Umgebungstemperatur über die Zeit, dargestellt von Einbaubeginn bis Einbauende des jeweiligen Bauteils. In Abb. 400 sind vier Abschnitte, welche ein gutes Ergebnis hinsichtlich des Betonabrisse erzielen, ersichtlich und in Abb. 401 sind die vier abgebildet, welche einen mäßigen Betonabriss und vergleichsweise ein schlechteres Ergebnis aufwiesen.

Die Betontemperaturentwicklungslinie in Abb. 400 verläuft bei allen vier Bauteilen ähnlich. Diese steigt zu Anfang steil an, bis die maximale Temperatur erreicht ist und fällt danach ab. Durch die Hydratationswärme des Zements entwickelt der Beton höhere Temperaturen, welche wiederum die Festigkeitsentwicklung in der Anfangsphase verstärkt.

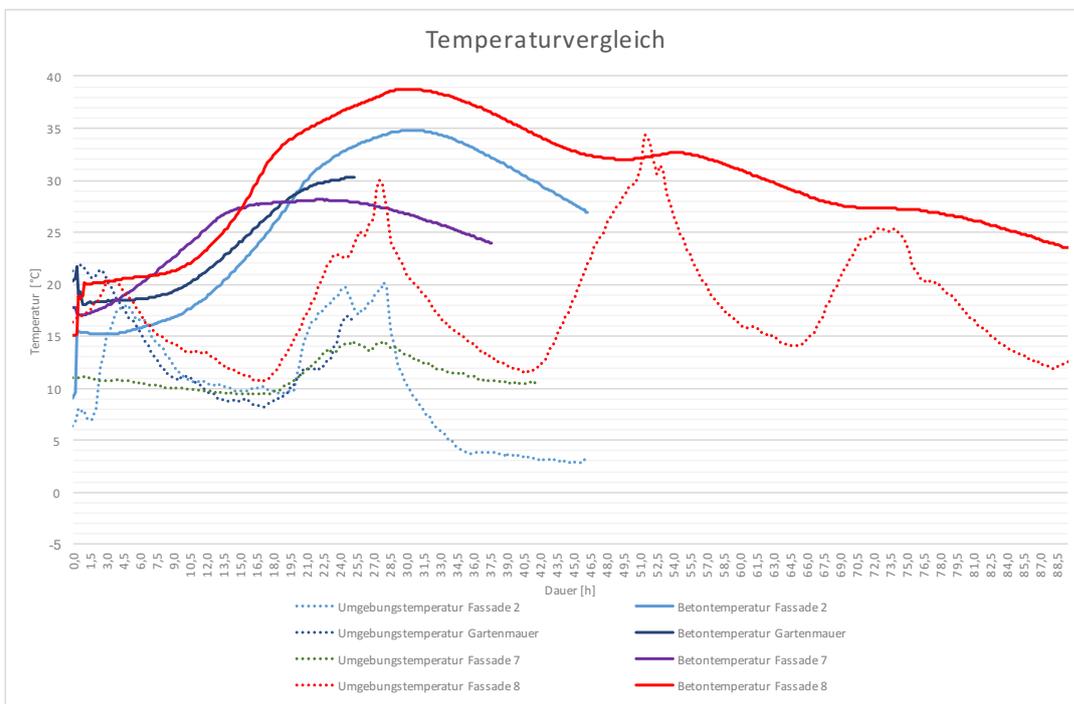


Abb. 400: Betontemperatur- und Umgebungstemperaturvergleich

In Abb. 401 zeigen die Betontemperaturlinien große Schwankungen. Bei diesen Verläufen entstehen mehrere Höhepunkte. Die Temperatur steigt in der Anfangsphase nur schwach oder fast gar nicht an. Der Beton entwickelt nicht die gewünschte Hydratationswärme und benötigt länger Zeit zum Abbinden. Die beiden Schaubilder zeigen, dass bei verlängerter Abbindedauer der Betonabriss tendenziell häufiger und dadurch das Ergebnis schlechter ist.

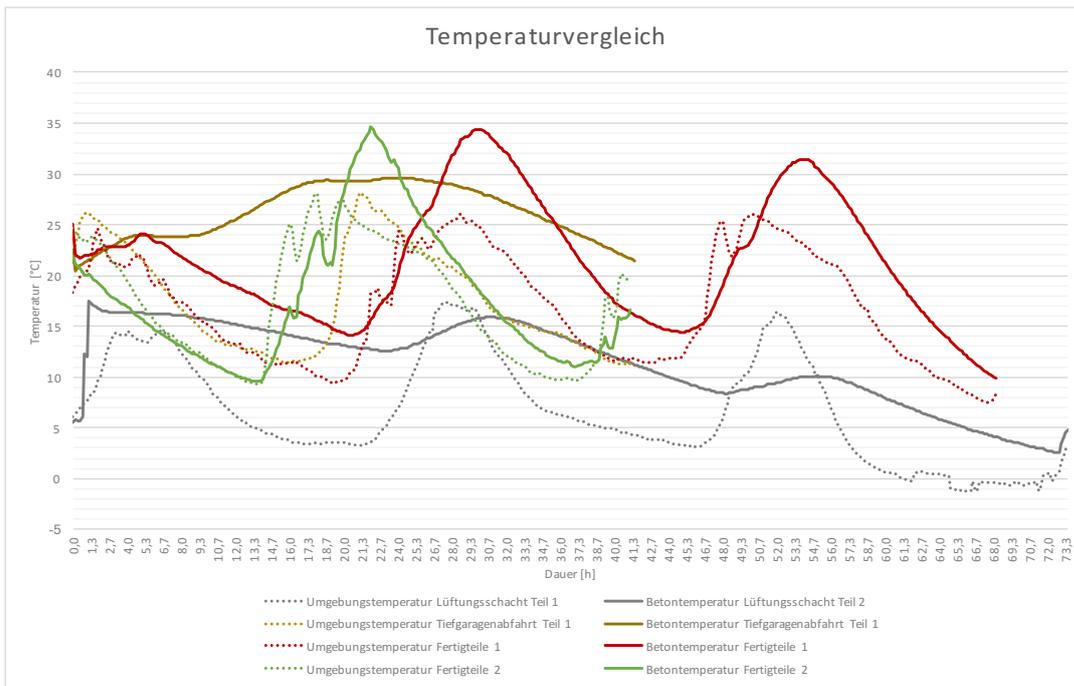


Abb. 401: Betontemperatur- und Umgebungstemperaturvergleich

7.2.2 Reifevergleich

Das Schaubild in Abb. 402 bildet die Reifegrade der neun Abschnitte über die Zeit ab. Die Bauteile wurden bei einer Reife zwischen 765 °Ch (Gartenmauer) und 2655 °Ch (Fassade 8) ausgeschalt. Der erwünschte Zielwert 800 °Ch wurde zwischen 23,6 h (Musterfläche 2) und 40,6 h (Lüftungsschacht Teil 1) erreicht. Der Großteil erreichte diesen Wert nach 28 bis 31 h.

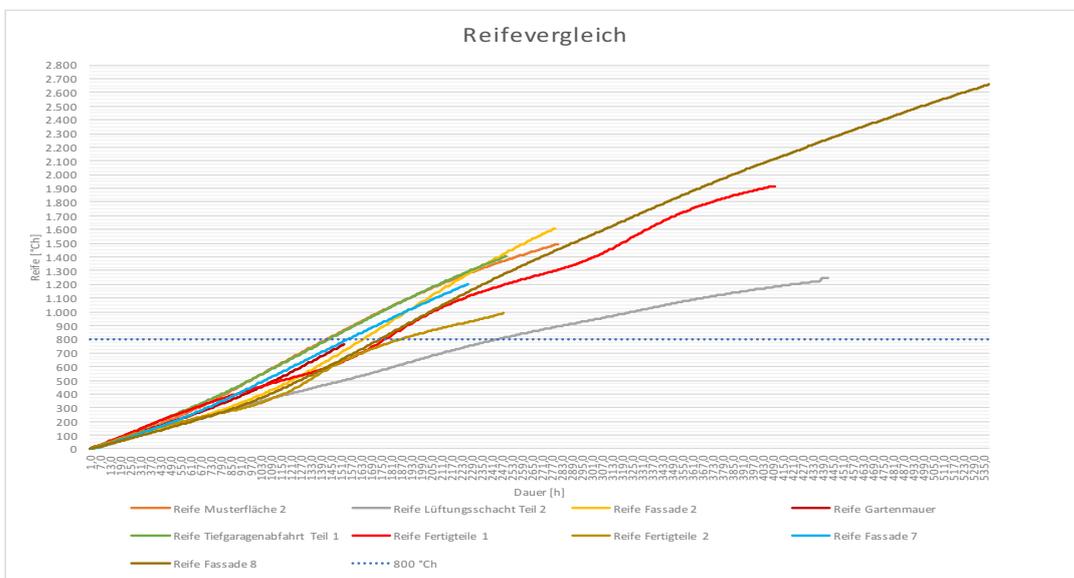


Abb. 402: Reifevergleich

7.3 Bauzeitplan mit Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit

Die Abb. 403 zeigt den zeitlichen Beginn und das Ende des jeweiligen Bauteils. Mit Hilfe von Daten der ZAMG Wetterstation von Kitzbühel kann die Temperatur- und relative Luftfeuchtigkeitsentwicklung über die Bauzeit in Diagrammen dargestellt werden. Die grüne Linie bildet die maximalen Werte je Tag (für jeweils Temperatur in Abb. 403 und Luftfeuchtigkeit in Abb. 404) und die blaue Linie die der minimalen Werte ab. Die Bauarbeiten der Sichtbetonbauteile starteten am 09. März 2018 und endeten am 28. Mai 2018. In der Anfangszeit bis Anfang April waren auf der Baustelle winterliche Zustände. Die Temperaturen sanken auf bis zu -10 Grad Celsius. Nach einem Sichtbetonbaustopp zwischen 5. und 26. April herrschten bereits sommerliche Temperaturen. Die relative Luftfeuchtigkeit weist über die gesamte Bauzeit große Schwanken auf.

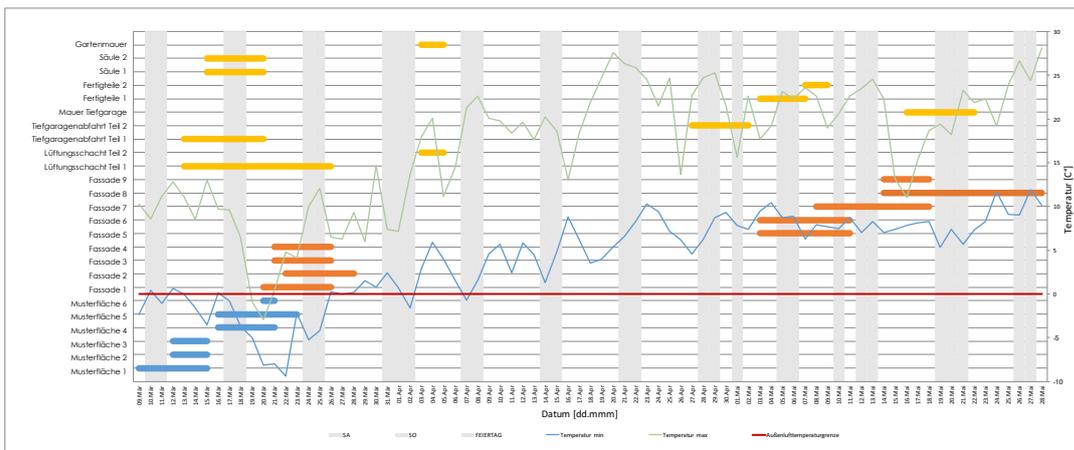


Abb. 403: Bauzeitplan mit Temperaturverlauf

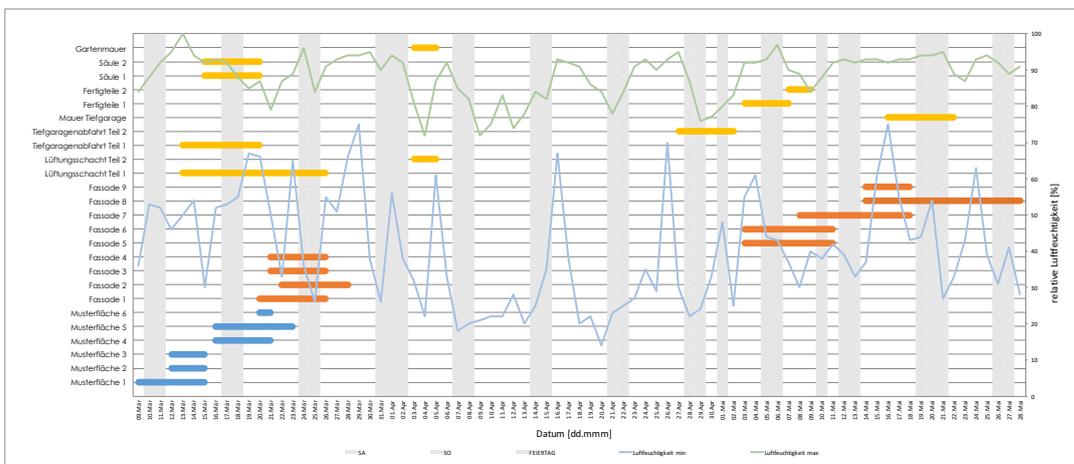


Abb. 404: Bauzeitplan mit relativer Luftfeuchtigkeit

7.4 Farbton

In Abb. 405 ist die Grautonskala der Richtlinie Sichtbeton ersichtlich. Bei der geforderten Klasse SB3 müssen alle Farbtöne innerhalb von drei benachbarten Grautönen einzugliedern sein. (Beispiel: Farbton 2-3-4) Dadurch, dass diese Vorgabe nur Grautöne beinhaltet, fällt es schwer, Betonbauteile, welche auch andere Farbpigmente beinhalten, einzuordnen.

Mit Hilfe eines Farbtonmessgeräts der Firma RAL wurden auf einem 50 mal 50 cm Raster 10 Farbtöne bei jedem Bauteil gemessen. Dieses Farbtonmessgerät filtert die Rot-, Grün- und Blauanteile heraus. Aus diesen drei Werten wurde der Mittelwert gebildet, welcher mit der Farbtonskala verglichen werden kann.

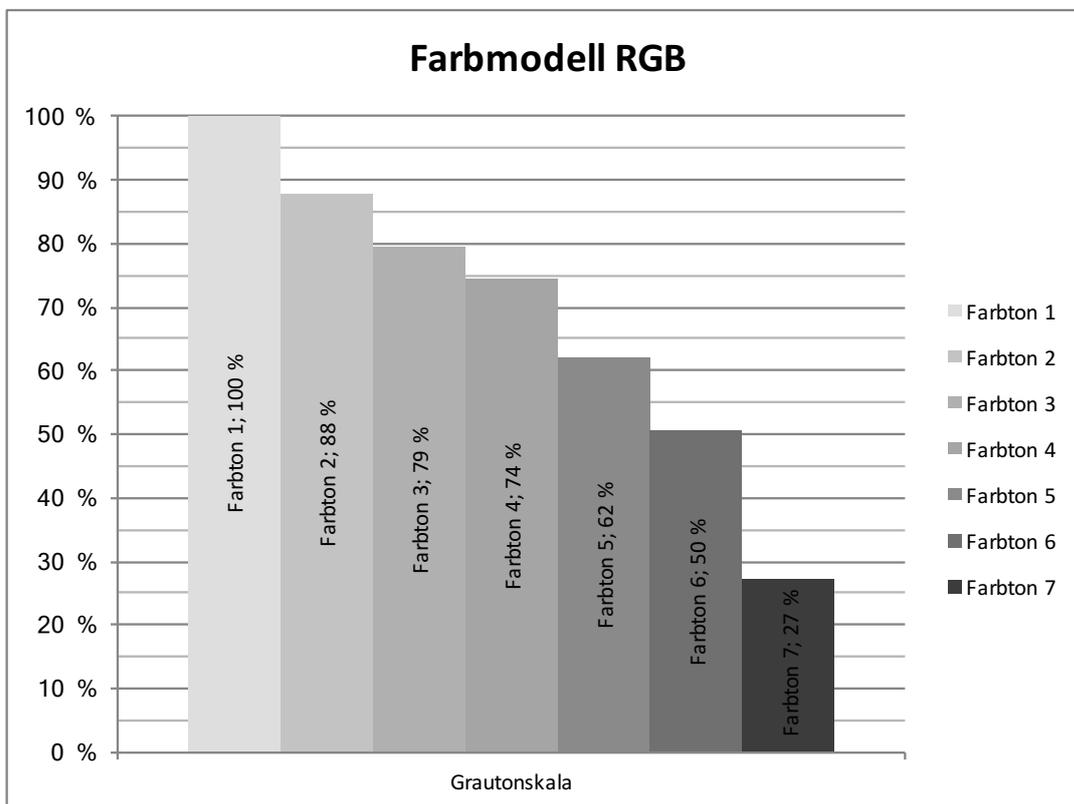


Abb. 405: Grautonskala der Richtlinie Sichtbeton

Abb. 406 stellt die Farbtonvergleiche der Musterflächen dar, welche jeweils unterteilt sind in Rot, Grün, Blau und dem daraus gebildeten Mittelwert. Auf der linken Primärachse ist der Farbtonwert und auf der rechten Seite sind die dazugehörigen Farbtonstufen der Grautonskala aufgetragen. Den dunkelsten Farbton weist die Musterfläche 3 auf, den hellsten die Musterfläche 1. Die Bauteile weisen gesamt betrachtet Farbton 2, 3 und 4 nach der Richtlinie Sichtbeton auf. Aufgrund dessen ist die Farbtongleichheit laut der Richtlinie gegeben.

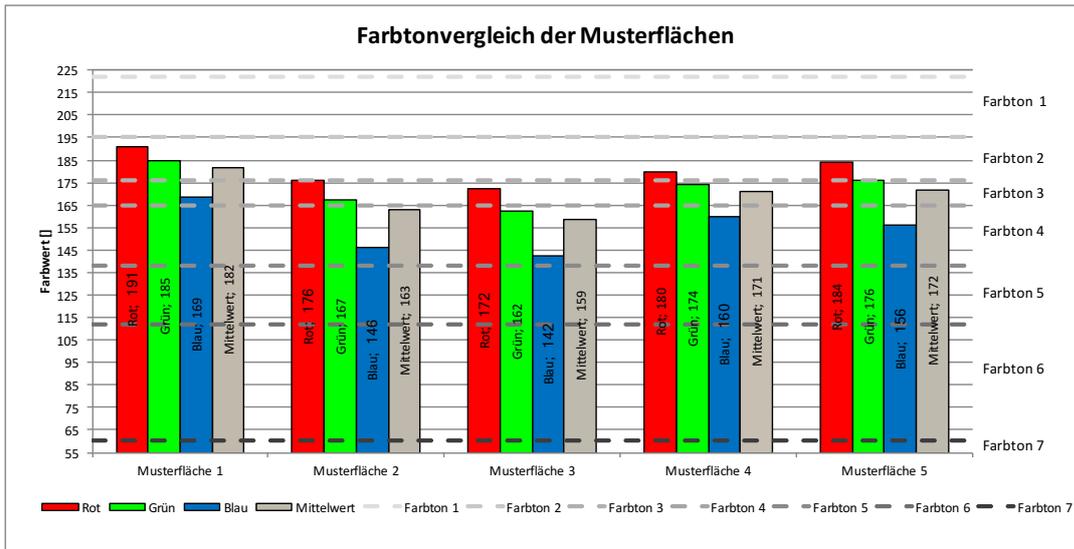


Abb. 406: Farbtonvergleich der Musterwände

Das Schaubild in Abb. 407 bildet die Farbtonvergleiche der Fassaden ab. Die Farbanteile Rot, Grün, Blau und der Mittelwert daraus sind je Bauteil dargestellt. Auf der linken Primärachse ist der Farbtonwert und auf der rechten Seite befinden sich die dazugehörigen Farbtonstufen der Grautonskala. Die Farbtöne der Fassaden liegen sehr eng beieinander. Lediglich die Fassade 3 liegt in der Farbtonstufe 3, alle anderen fallen in die Kategorie 4. Die Farbgleichheitsanforderung der SB3 Klasse wird daher gewährleistet.

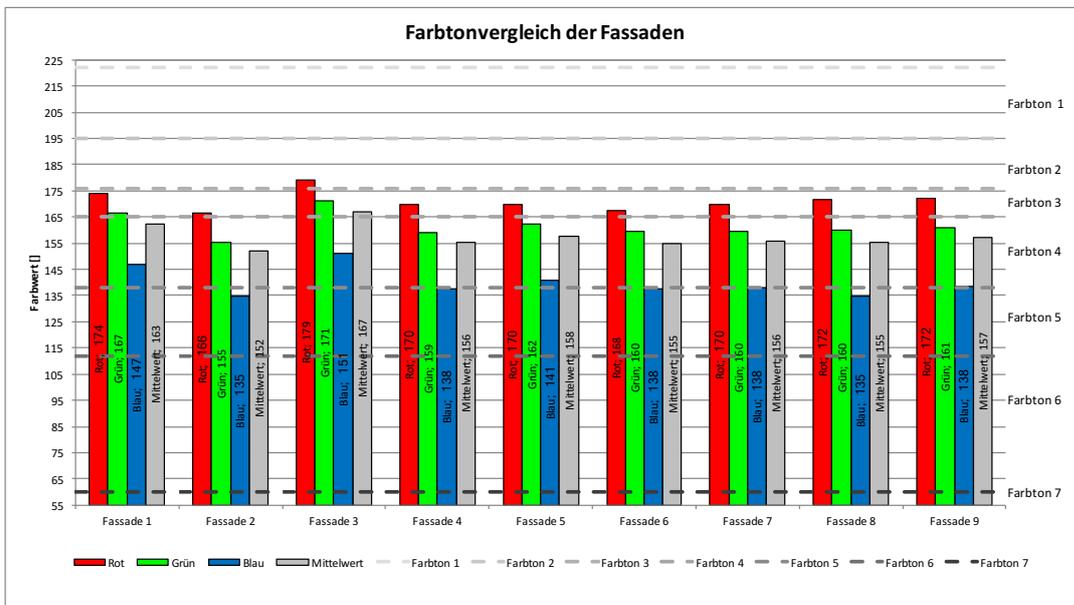


Abb. 407: Farbtonvergleich der Fassadenelemente

Abb. 408 stellt die Farbtonvergleiche der sonstigen Sichtbetonelemente dar. Die gefilterten Farbanteile Rot, Grün, Blau und dem daraus berechneten Mittelwert sind für jeden Bauteil abgebildet. Auf der linken Primärachse ist der Farbtonwert und auf der rechten Seite sind die dazugehörigen Farbtonstufen der Grautonskala aufgetragen. Fünf von acht Bauteilen fallen unter die Kategorie 3, die restlichen unter den Farbton 4. Den dunkelsten Farbton weist dabei der Lüftungsschacht Teil 2 auf. Die Farbtöne liegen im angemessenen Rahmen der Klasse SB3.

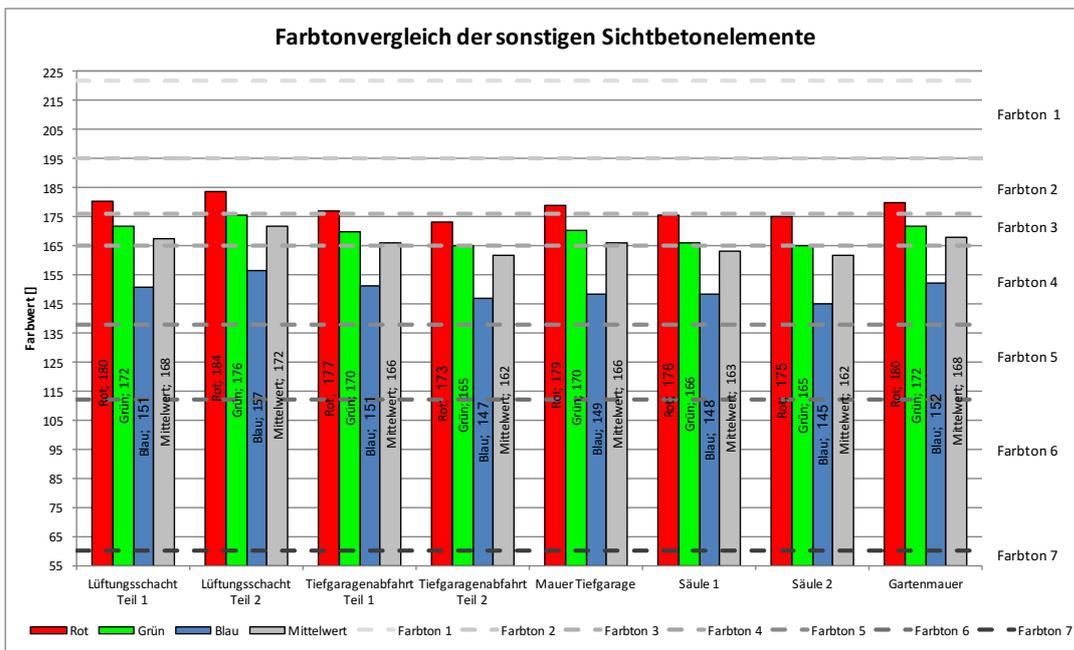


Abb. 408: Farbtonvergleich der sonstigen Sichtbetonelemente

Der Farbtonvergleich der Musterwände weist die größten Schwankungen auf. Ein Grund dafür könnte sein, dass bei den Musterwänden die Herstellungsprozesse und verwendeten Produktionsfaktoren noch sehr unterschiedlich waren, im Gegensatz zu den Fassadenbauteilen, wo der Herstellungsprozess bis auf die Fassade 8 annähernd gleich verlief.

Die Abb. 409 zeigt eine Gesamtübersicht aller Bauteile mit den jeweils gebildeten Mittelwerten aus den Rot, Grün und Blaufarbanteilen. Auf der linken Ordinate ist der Farbtonwert und auf der rechten Ordinate sind die dazugehörigen Farbtonstufen der Grautonskala abgebildet. Alle Bauteile können in drei benachbarten Farbtonstufen (2, 3 und 4) eingeordnet werden. Im Gesamtvergleich weist die Musterfläche 1 den dunkelsten und die Fassade 2 den hellsten Farbton auf. Der Großteil der Bauteile wird der Farbtonstufe 4 zugeordnet. Die geforderte Farbtongleichheit aller Sichtbetonbauteile laut der Richtlinie Sichtbeton ist gewährleistet. Die Musterwand 1, wo eine Vorbehandlung der Bretter mit Zementleimanstrich erfolgte, weist den dunkelsten Farbton auf.

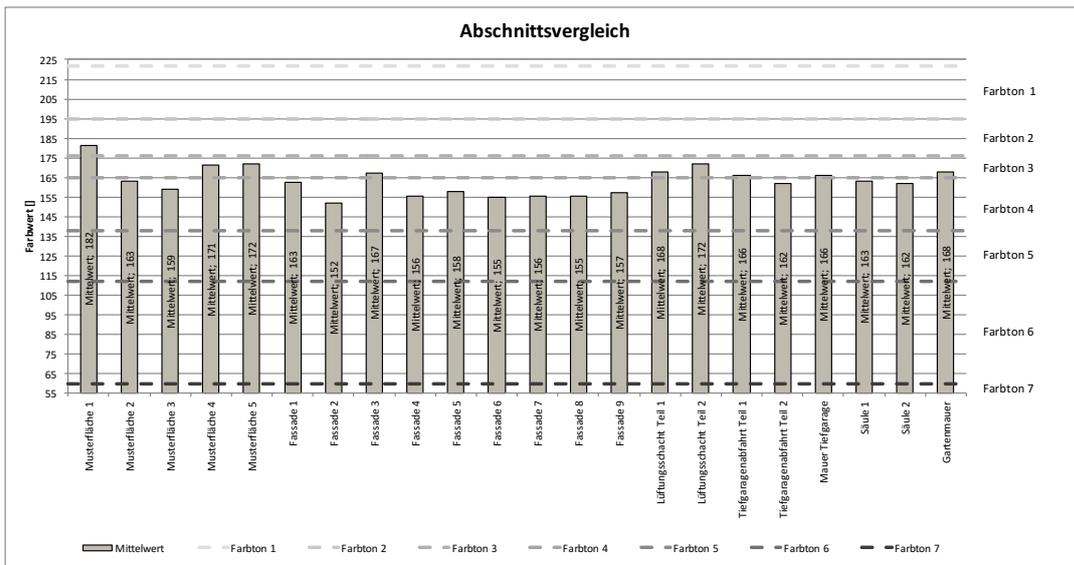


Abb. 409: Farbtonabschnittvergleich der Mittelwerte

7.5 Oberflächenabriss

Der Abriss der Betonoberfläche wird in drei Diagrammen unterteilt (Abriss der Musterflächen, Fassaden und sonstige Sichtbetonelemente).

Der Oberflächenabriss der Sichtbetonbauteile wurden von der Diplomanandin in 7 Stärkekategorien (siehe Tab. 256) unterteilt. Der Stärkegrad des Abrisses wurde objektiv jedem Bauteil zugeordnet. Dabei wurde der Abriss unterteilt in Gesamteindruck, obere 10 cm und Abschalung.

ABRISS	
1	fast kein Abriss
2	sehr wenig Abriss
3	wenig Abriss
4	mäßig Abriss
5	viel Abriss
6	sehr viel Abriss
7	totaler Abriss

Tab. 256: Kategorien des Abrisses

Abb. 413, Abb. 419 und Abb. 426 spiegeln den Betonabriss der Sichtbetonbauteile mit dem Trennmittelauftragszeitpunkt wider. Auf der Abszisse sind die Bauteile aufgetragen und jeweils unterteilt in abgedeckt nach der Betonage, Außenlufttemperatur unter 0 Grad, beheizt, Verdunstungsmittel und bewässert. Auf der vertikalen Primärachse ist der Abriss von wenig bis viel dargestellt und auf der vertikalen Sekundärachse der Trennmittelauftrag in Tagen vor der Betonage.

7.5.1 Musterflächen

Tab. 257 liefert die Zuordnung der Abrissstärke zu den Musterflächen und ist jeweils unterteilt in Gesamteindruck, obere 10 cm und Abschalung.

	A	B	C	D
1		Gesamteindruck	obere 10 cm	Abschalung
2	Musterfläche 1	4	4	3
3	Musterfläche 2	5	4	4
4	Musterfläche 3	6	6	-
5	Musterfläche 4	7	7	-
6	Musterfläche 5	5	6	-
7	Musterfläche 6	2	2	-

Tab. 257: Stärkegradeinteilung des Betonabrisses der Musterflächen

Die Musterflächen direkt nach dem Ausschalen sind in der Abb. 410, Abb. 411 und Abb. 412 ersichtlich.



Abb. 410: Musterfläche 1 und 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 411: Musterfläche 3 und 4 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 412: Musterfläche 5 und 6 direkt nach dem Ausschalen

Das Diagramm in Abb. 413 zeigt den Betonabriss der Musterflächen. Es erfolgte kein Trennmittelauftrag bei der Musterfläche 4. Wie in Abb. 413 ersichtlich, bewirkte dies den maximalen Betonabriss. Durch das Abdecken des Bauteils, die Verwendung von Verdunstungsschutz und dem Trennmittelauftrag am Tag der Betonage erzielte die Musterfläche 6 sehr wenig Abriss. Bei der Musterfläche 1, wo auch am selben Tag der Trennmittelauftrag, aber kein Verdunstungsschutzauftrag erfolgte, entstand im Gesamteindruck ein mäßiger Abriss. Daher kann darauf geschlossen werden, dass die Kombination Verdunstungsschutz und Trennmittelauftrag am Tag der Betonage ein gutes Ergebnis bewirkt.

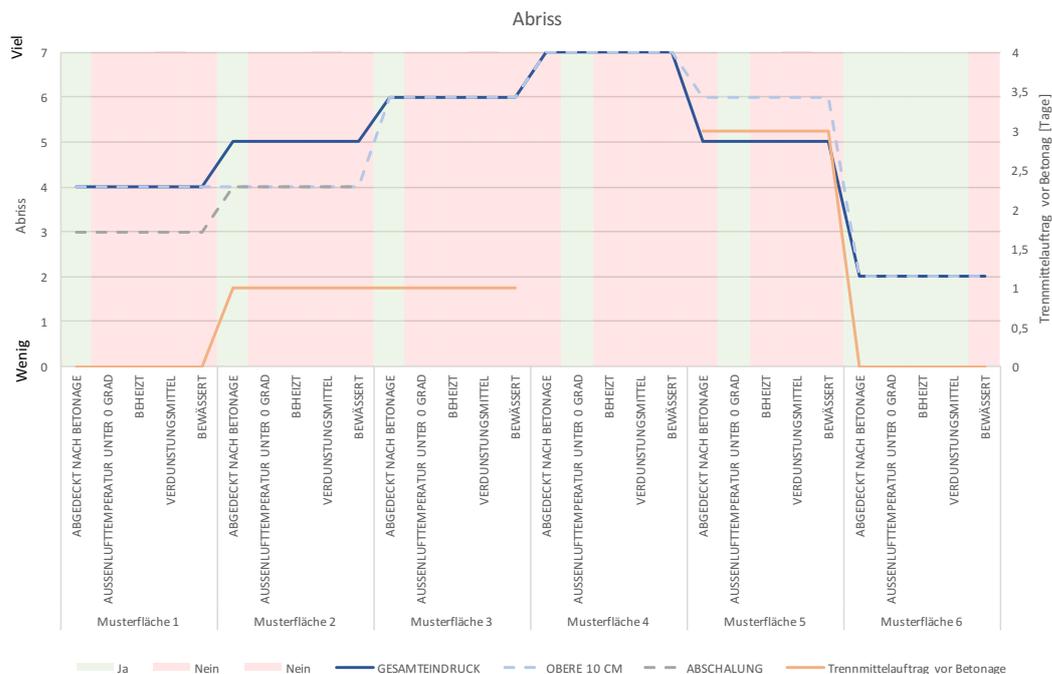


Abb. 413: Betonoberflächenabriss der Musterflächen

7.5.2 Fassaden

Die Tab. 258 zeigt die Einteilung der Fassadenelemente in den Stärkegrad des Abrisses in Gesamteindruck, obere 10 cm und Abschalung.

	A	B	C	D
1		Gesamteindruck	obere 10 cm	Abschalung
2	Fassade 1	3	2	1
3	Fassade 2	4	5	1
4	Fassade 3	3,5	4	-
5	Fassade 4	2	4	1
6	Fassade 5	2	6	2
7	Fassade 6	2	6	2
8	Fassade 7	2,5	2	2
9	Fassade 8	1	1	1
10	Fassade 9	2	4	2

Tab. 258: Stärkegradeinteilung des Betonabrisses der Fassaden

Abb. 414, Abb. 415, Abb. 416, Abb. 417 und Abb. 418 zeigen den Gesamteindruck der Fassadenelemente direkt nach dem Ausschalen.



Abb. 414: Fassade 1 und 3 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 415: Fassade 3 und 4 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 416: Fassade 5 und 6 direkt nach dem Ausschalen

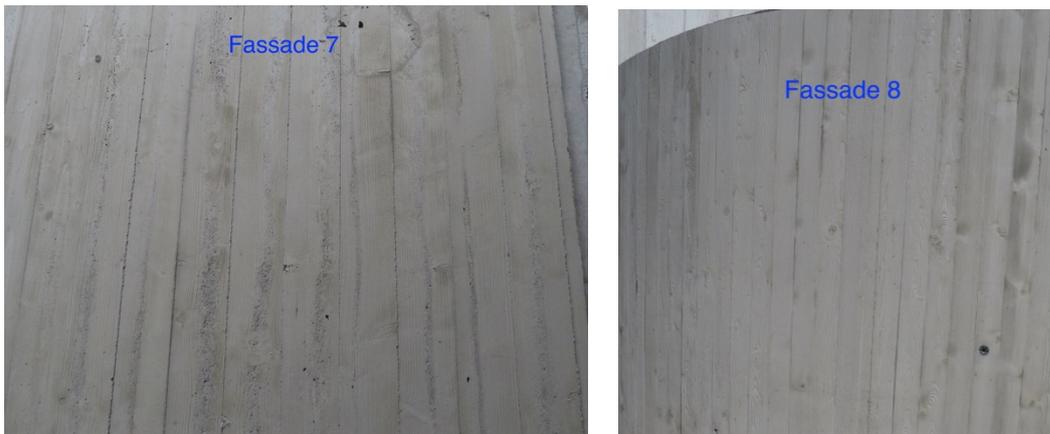


Abb. 417: Fassade 7 und 8 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 418: Fassade 9 direkt nach dem Ausschalen

Das Diagramm in Abb. 419 zeigt den Betonabriss der Fassadenelemente. Durch den Auftrag von Verdunstungsmittel und Verwendung eines Trennmittels erzielten alle Bauteile ein gutes bis mäßiges Ergebnis. Alle Fassadenelemente bis auf die Fassade 8 wurden nicht bewässert. Bei diesen Bauteilen kann der Trennmittelauftragszeitpunkt mit dem Gesamteindruck assoziiert werden. Bei der Fassade 2 erfolgte der Trennmittelauftrag drei Tage vor Betonage und besitzt daher die längste Zeitspanne. Fassade 2

erzielte das schlechteste Ergebnis der Fassadenelemente. Die weiteren Fassaden 1, 3, 4, 5, 6, 7 und 9 erreichten ein ähnliches Gesamtergebnis mit demselben Trennmittelauftragszeitpunkt.

Bei der Fassade 8 kann dies nicht verglichen werden. Durch die Bewässerung der Bretter konnte trotz des früheren Trennmittelauftrages dieser Bauteil ein sehr gutes Ergebnis erreichen.

Die beiden Fassadenbauteile 5 und 6 wurden nach der Betonage nicht abgedeckt. Der Betonabriss im oberen Bereich ist bei diesen am stärksten ausgebildet. Bei allen Bauteilen, wo eine Abschalung existiert wurde ein gutes Ergebnis hinsichtlich des Abrisses, erzielt.

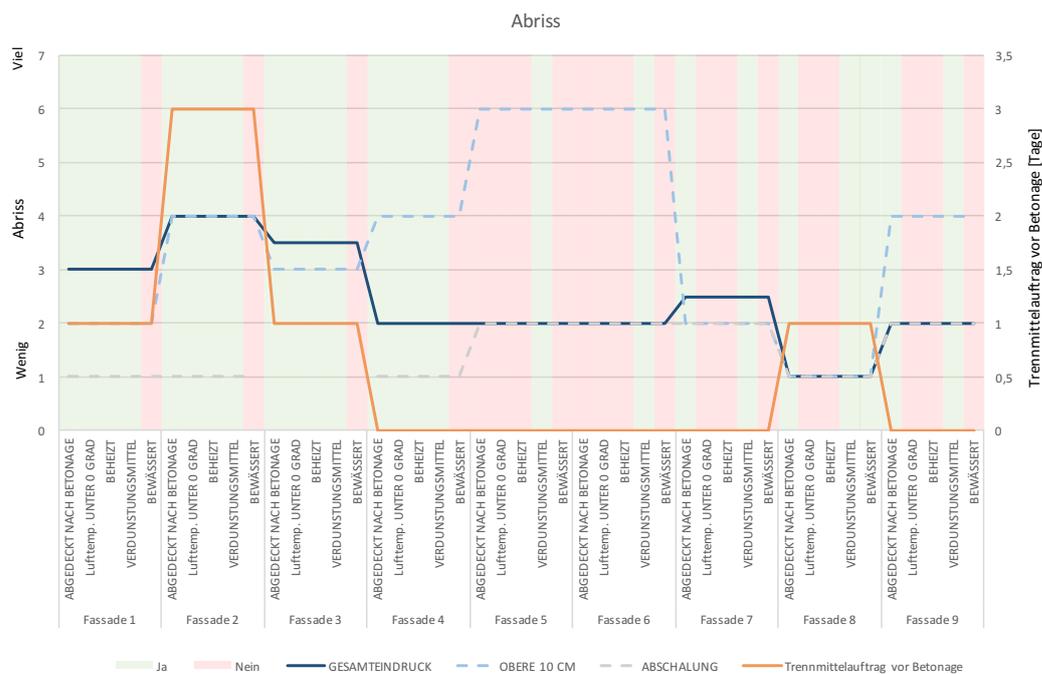


Abb. 419: Betonoberflächenabriss der Fassadenbauteile

7.5.3 Sonstige Sichtbetonelemente

Aus Tab. 259 sind die Stärkegradeinteilungen der sonstigen Sichtbetonelemente, unterteilt in Gesamteindruck, obere 10 cm und Abschalung, zu entnehmen.

	A	B	C	D
1		Gesamteindruck	obere 10 cm	Abschalung
2	Lüftungsschacht Teil 1	4	4	1
3	Lüftungsschacht Teil 2	2	1	-
4	Tiefgaragenabfahrt Teil 1	4	4	2
5	Tiefgaragenabfahrt Teil 2	4	6	2
6	Mauer Tiefgarage	3	2	2
7	Fertigteile 1	2,5	7	5
8	Fertigteile 2	2,5	7	5
9	Säule 1	2	3	-
10	Säule 2	2	2	-
11	Gartenmauer	1	1	1

Tab. 259: Stärkegradeinteilung der sonstigen Sichtbetonelemente

In den Abb. 420, Abb. 421, Abb. 422, Abb. 423, Abb. 424 und Abb. 425 sind die Ergebnisse der sonstigen Sichtbetonelemente direkt nach dem Ausschalen ersichtlich.



Abb. 420: Lüftungsschacht Teil 1 und 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 421: Tiefgaragenabfahrt Teil 1 und 2 direkt nach dem Ausschalen

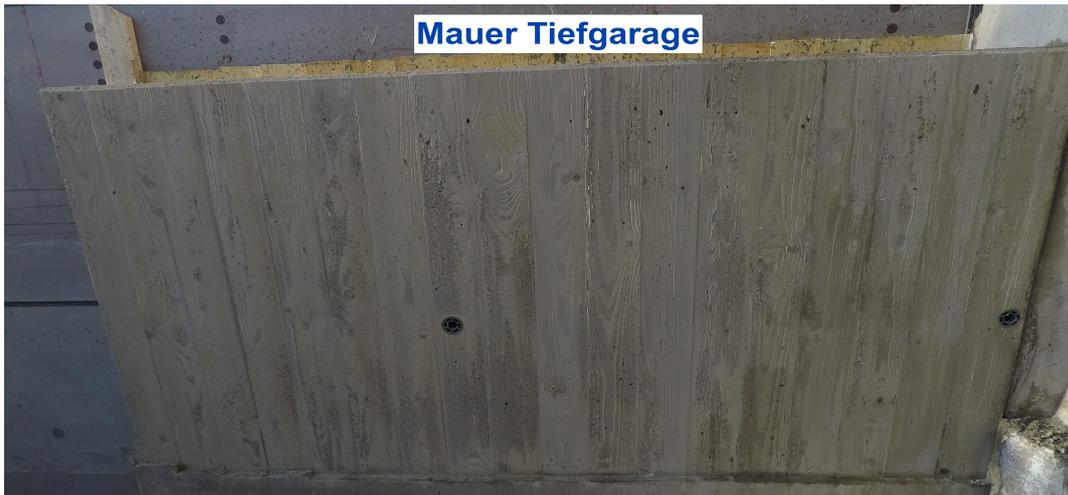


Abb. 422: Mauer Tiefgarage direkt nach dem Ausschalen



Abb. 423: Fertigteile Abschnitt 1 und 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 424: Säule 1 und 2 direkt nach dem Ausschalen



Abb. 425: Gartenmauer direkt nach dem Ausschalen

Das Diagramm in Abb. 426 beschreibt den Betonabriss der sonstigen Sichtbetonelemente. Die Bauteile Lüftungsschacht Teil 1, Tiefgaragenabfahrt Teil 1, Säule 1 und 2 wurden bei bereits geschlossener Schalung, fertig zum Betonieren, bewässert. Die Vorbehandlung mit Verdunstungsmittel wurde bei diesen Bauteilen nicht vorgenommen. Säule 1 und 2 lieferten ein sehr gutes Ergebnis, trotz des Trennmittelauftrages einen Tag vor der Betonage. Die kontinuierliche Bewässerung des Lüftungsschachts Teil 1 und der Tiefgaragenabfahrt Teil 1 funktionierte nicht einwandfrei. Durch den frühzeitigen Trennmittelauftrag erzielten diese Bauteile nur ein mittelmäßiges Ergebnis.

Die Gartenmauer wurde mit nur gehobelten, nicht gebürsteten Brettern geschalt. Der Trennmittelauftrag erfolgte 0 bis 1 Tag vor Betonage. Bei diesem Bauteil konnte der Abriss fast vollkommen verhindert werden.

Die Bauteile (Lüftungsschacht Teil 2, Mauer Tiefgarage, Fertigteile 1 und 2), die nicht bewässert wurden, bei denen aber am Tag der Betonage der Trennmittelauftrag erfolgte, erzielten alle im Gesamteindruck wenig bis sehr wenig Abriss.

Die obere Hälfte der Abschalung der Fassaden Abschnitte 1 und 2 erlitten einen kompletten Betonabriss. (siehe Abb. 423) An der Unterseite erfolgte kaum ein Abriss. Beide Abschnitte wurden nach der Betonage nicht abgedeckt.

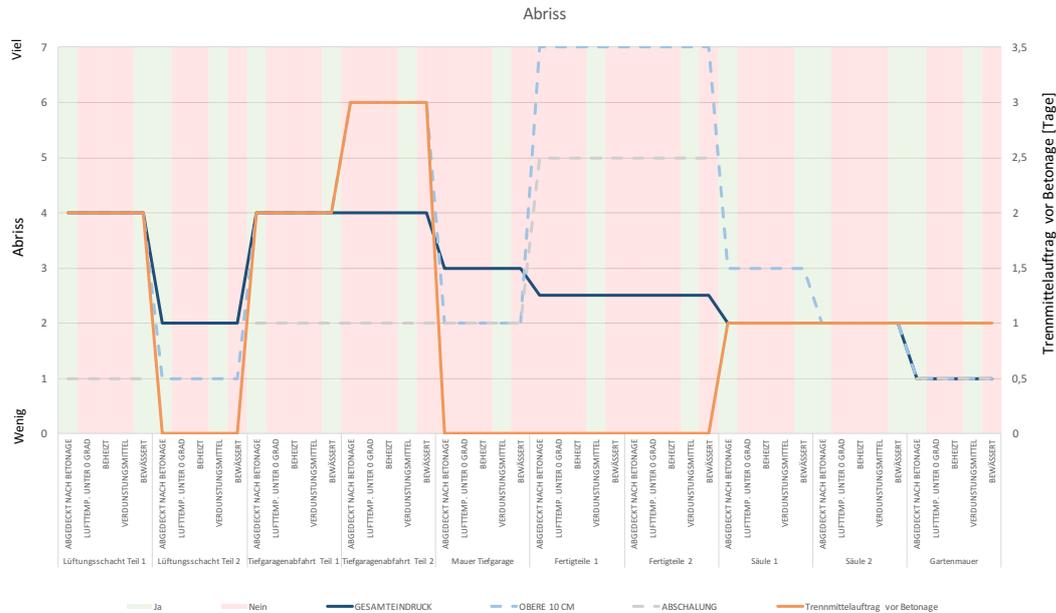


Abb. 426: Betonoberflächenabriss der sonstigen Sichtbetonelemente

7.6 Abrisshypothese

Das größte Problem, bei der Sichtbetonherstellung aller Abschnitte stellte der Betonabriss dar. Durch die Optimierung des Herstellungsprozesses konnte dieses Problem fast ganz verhindert werden. In diesem Kapitel wird die Ursache des Betonabrisses und deren Vermeidung beschrieben.

7.6.1 Ursache

Vor der Erstarrung entsteht im oberen Bereich der Ecken ein erhöhter Wasserverlust infolge der Überlagerung von oberseitiger Verdunstung und seitlichem Saugen der trockeneren Schalungsbretter. Daher ist eine lokale Verringerung der absoluten Festigkeit in diesem Bereich möglich.

Während der Hydratation entsteht im Bereich der Ecken eine geringere Temperatur aufgrund des erhöhten Wärmeabflusses. Daher weist der obere Bereich eine leicht verzögerte Hydratation auf beziehungsweise kann die vorhandene Festigkeit zeitweise kleiner sein als im restlichen Querschnitt (siehe Abb. 427).

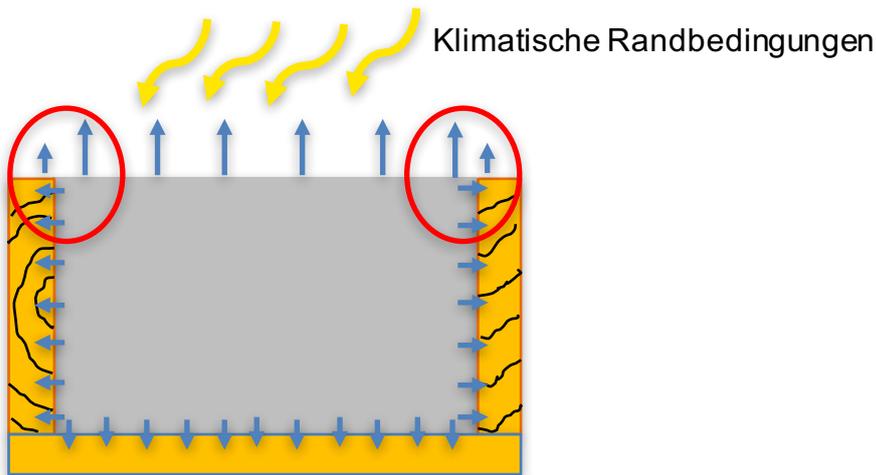


Abb. 427: Abrisshypothese

Abb. 428 veranschaulicht das Verhalten des Betons während der Hydratation. Der obere und untere Bereich weisen unterschiedliche Verformungsverhalten auf. Die Oberseite zieht sich aufgrund der erhöhten Verdunstung und des größeren Abflusses der Hydratationswärme tendenziell eher zusammen, während an der Unterseite aufgrund der Temperaturerhöhung mit anfänglicher Ausdehnung zu rechnen ist. Zu einem sehr frühen Zeitpunkt können Haftzugkräfte im oberen Bereich zwischen Frischbeton und Schalung entstehen.

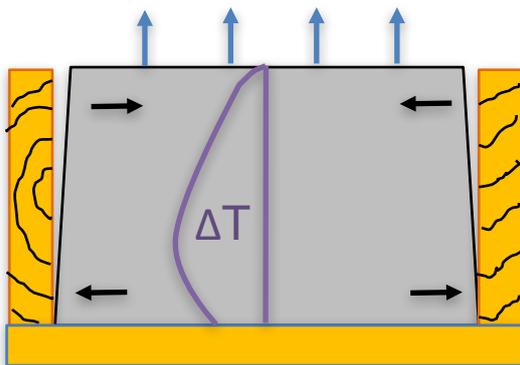


Abb. 428: Abrisshypothese

Erreichen die Haftzugspannungen die vorhandene Haftzugfestigkeit, so kommt es zu Gefügestörungen im oberen Bereich des Betons. Aufgrund dessen, dass die raue Kontaktfläche eine größere Oberfläche aufweist, können im reinen Betonquerschnitt größere Spannungen herrschen als in der Kontaktfläche. Bei gleichzeitig geringerer Festigkeit entsteht somit im Beton eine Sollbruchstelle für den Abriss. (siehe Abb. 429)

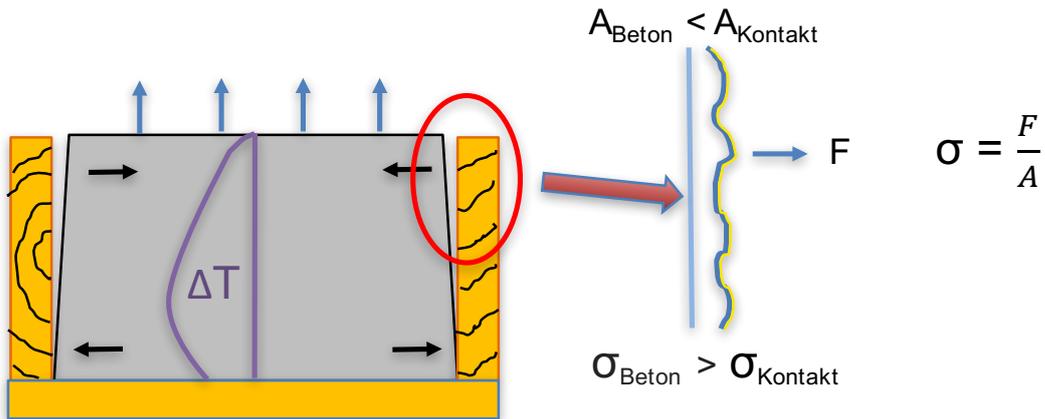


Abb. 429: Abrisshypothese

Dieses Abrissphänomen ist in Abb. 430 und Abb. 431 ersichtlich. Die Abb. 430 zeigt die Betonoberfläche nach dem Ausschalen und die Abb. 431 die Schalung direkt nach dem Ausschalen.



Abb. 430: Betonoberfläche nach dem Ausschalen



Abb. 431: Schalung nach dem Ausschalen

7.6.2 Vermeidung

Der Oberflächenabriss des Betons, bei gehobelter und gebürsteter Schalungshaut kann vermieden werden durch verschiedene Faktoren:

1. Gleichmäßiges Bewässern der Schalungsbretter. Die Vorbewässerung bewirkt einerseits, dass das Trennmittel nicht aufgesaugt und somit länger beständig ist und andererseits der Beton weniger beziehungsweise gar nicht an den Schalungsbrettern haften kann.
2. Auftrag von Verdunstungsschutz auf die Schalungsbretter nach dem Bewässern: Dies bewirkt, dass die Feuchtigkeit in der Schalungshaut bis zur Betonage schlechter entweichen kann. Am besten wird die Schalung bis zum Schließen mit einer Plane abgedeckt.
3. Großzügiger Trennmittelauftrag: Im Gegensatz zu glatter Schalungshaut darf bei gehobelten und gebürsteten Schalungsbrettern das Trennmittel reichlich aufgetragen werden. Dies bewirkt wiederum eine Senkung der Haftzugkräfte zwischen Beton und Schalung.
4. Nach dem Betonieren empfiehlt sich reichlicher Auftrag von Verdunstungsschutz. Dieser verhindert das Verdunsten des Wassers zu einem gewissen Teil.
5. Abdecken des Bauteils nach dem Betonieren. Somit kann die Feuchtigkeit nicht entweichen und bleibt im Bauteil vorhanden. Somit kann die Hydratation des Betons schneller erfolgen und das Zusammenziehen im oberen Bereich kann minimiert werden.

Mögliches Ergebnis bei Einhaltung der oben genannten Punkte ist in Abb. 432 ersichtlich.



Abb. 432: optimiertes Ergebnis

Der Herstellungsprozessablauf kann wie folgt nach Abb. 433 erfolgen.

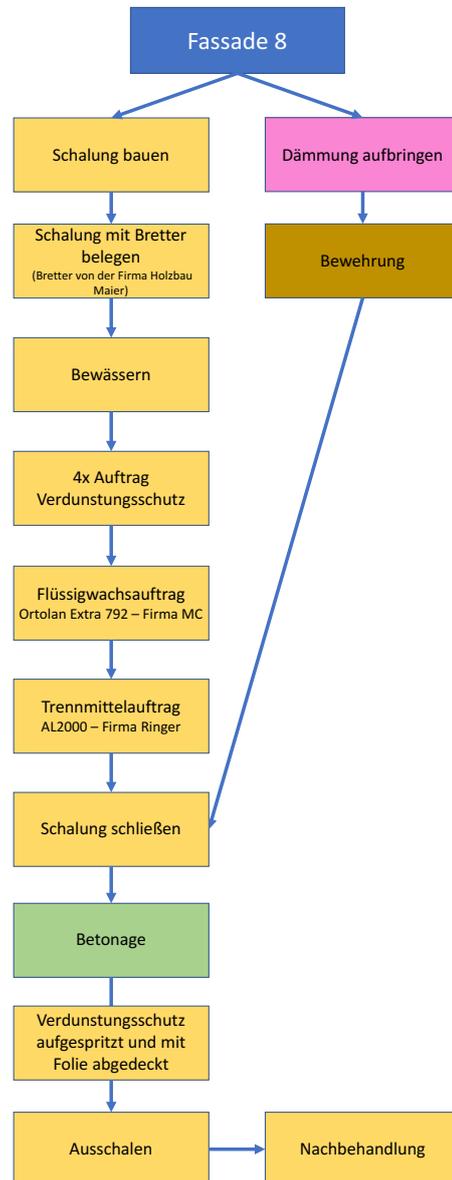


Abb. 433: Optimierter Herstellungsprozess

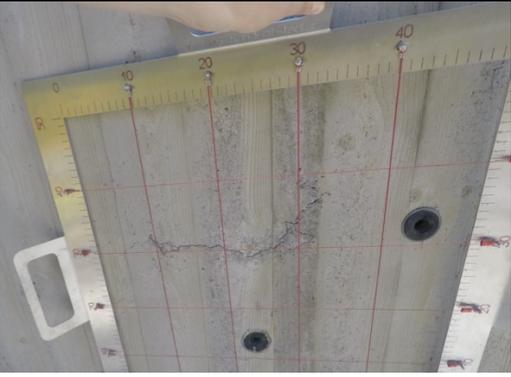
7.7 Ursache-Wirkungszusammenhänge

Um Verbesserungen in zukünftigen Projekten zu realisieren, bedarf es einer Analyse der Sichtbetonqualität. Auftretende Fehler beziehungsweise Unregelmäßigkeiten, die unter anderen Umständen vermieden werden können, sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Eine Aufteilung der Ursache-Wirkungszusammenhänge erfolgt in den Arbeitsphasen Planen, Schalen, Bewehren, Betonieren und Nachbehandeln.

7.7.1 Planen

Durch eine gut durchdachte Planung können schon im Vorhinein Fehler vermieden werden.

Demzufolge ist es von besonderer Bedeutung, dem Bauherren oder in seiner Vertretung dem planenden Architekten das bautechnisch zielsicher herstellbare Erscheinungsbild, aber auch die von ihm gewünschten gestalterischen Ergebnisse, die bautechnisch nicht zielsicher herstellbar sind, frühestmöglich aufzuzeigen.⁹⁸

Ursache	Wirkung
Eingeschränktes Verdichten des Betons aufgrund von Rüttelöffnungen	Absenkung des Betons
	
Vermeidung	<ul style="list-style-type: none"> • Bauteilgeometrie wählen, welche keine Rüttelöffnungen benötigt • Anzahl der Rüttelöffnungen maximieren

7.7.2 Schalen

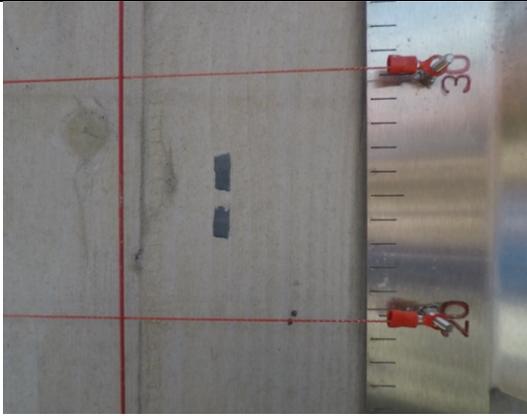
Die Auswahl der richtigen Schalungshaut und Schalungselemente ist von Bedeutung. Bretter mit großen Harzstellen wurden aussortiert und nicht verwendet.

⁹⁸ LOHAUS, L.; SCHACK, T.; COTARDO, D.: Die Kunst der Sichtbetontechnik, Seite 5

Ursache	Wirkung
Auf der Schalungshaut Abzeichnungen der Hobelmaschine erkennbar	Auf der Sichtbetonoberfläche ersichtlich
	
Vermeidung	<ul style="list-style-type: none"> • Bretter genauestens untersuchen und aussortieren

7.7.3 Bewehren

Fehler beim Bewehren der Wände entstanden durch die Verwendung von Kunststoffabstandhaltern und der Nicht-Einhaltung der Betondeckung. Diese zeichneten sich auf der Betonoberfläche ab und verschlechterten das Erscheinungsbild.

Ursache	Wirkung
Verwendung von Kunststoff-Abstandhalter mit Rundform. Diese weisen eine schlechte Kippsicherheit auf.	Abzeichnung der Abstandhalter auf der Sichtbetonoberfläche
	
Vermeidung	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung von Faserzementabstandhalter • Betondeckung und Abstandhaltergröße überprüfen.

Ursache	Wirkung
Anordnung der Abstandhalter im oberen Bereich der Sichtbetonwand	Durch Abfräsen der obersten Schicht wurde der Abstandhalter sichtbar.
	
Vermeidung	<ul style="list-style-type: none"> • Betondeckung überprüfen und einhalten

7.7.4 Betonieren

Grundsätzlich wurde vorbildlich betoniert. Kontinuierliches Verdichten und die Einhaltung der Schüttagenhöhe und Fallhöhe des Betons konnte zum Großteil immer eingehalten werden. Nur wenige Fehler wurden beim Betonieren erzeugt. Die folgenden Abbildungen zeigen Verbesserungsmaßnahmen, die in Zukunft leicht umgesetzt werden können.

Ursache	Wirkung
Beim Einfädeln des Betonschlauches spritze Beton auf die Schalung. Aufgrund von Verzögerungen trockneten die Betonspritzer ein.	Abzeichnung der Betonspritzer an der Sichtbetonoberfläche sichtbar
	

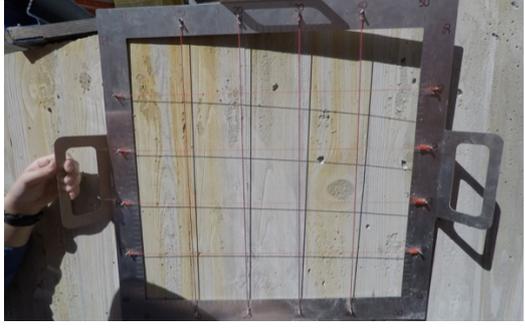
Vermeidung	<ul style="list-style-type: none"> • Vorsichtiger Umgang beim Einführen des Schlauches • die Fallhöhe des Betons so minimal wie möglich halten. • Jegliche Verzögerungen vermeiden
Ursache	Wirkung
Zu wenig bzw. gar nicht verdichtet im oberen Bereich	Vermehrte Luftporenbildung im oberen Bereich der Wand.
	
Vermeidung	<ul style="list-style-type: none"> • 10 min nach Betonierende den Beton nachverdichten • sorgfältiges und längeres Verdichten

7.7.5 Nachbehandlung

Die häufigsten Fehler traten in der Nachbehandlungsphase auf. Diese können mit einfachen Hilfsmitteln verhindert werden. Ein wichtiger Punkt ist dabei, die Sichtbetonbauteile mit Hinweisschildern zu kennzeichnen, damit alle Arbeiter auf der Baustelle informiert sind und darauf Rücksicht nehmen. Viele Rostspuren entstanden durch fehlende Abdeckung oder falsche Bewehrungslagerung. Durch anliegende Abdeckungen auf der Sichtbetonwand erschienen Kalkausblühungen auf der Oberfläche.

Bei der Verwendung von Abstützungen auf den frischen Sichtbeton mit neuen, unbehandelten Brettern wird die oberste Schicht durch den Holzzucker verändert. Die Farbe des Betons verdunkelt sich in diesem Bereich.⁹⁹

⁹⁹ Vgl.: FIALA, H.: Verfärbungen von Sichtbetonflächen, Seite 28

Ursache	Wirkung
Lagerung der Bewehrung auf der Decke oberhalb des Sichtbetonbauteils	Durch Bewitterung der Bewehrung führte dies zu Verschmutzungen (Rostspuren) auf der Sichtbetonfläche.
	
Vermeidung	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Lagerung der Bewehrung in unmittelbarer Nähe zu den Sichtbetonbauteilen • Bewehrung vor Bewitterung mittels Planen schützen

Ursache	Wirkung
Abdecken des Bauteils ohne Abstand zwischen Plane und Sichtbetonoberfläche	Kalkausblühungen
	
Vermeidung	<ul style="list-style-type: none"> • Unterkonstruktion erstellen, um einen Abstand zwischen Plane und Bauteil zu schaffen

Ursache	Wirkung
<p data-bbox="268 353 735 416">Stark saugendes Material berührt die Sichtbetonoberfläche</p> 	<p data-bbox="799 591 1313 654">Bewirkt eine Veränderung des Grautons durch die unterschiedliche Saugfähigkeit</p>
<p data-bbox="424 967 580 999">Vermeidung</p>	<ul data-bbox="788 913 1321 1057" style="list-style-type: none"> • Generell Berührung der Sichtbetonwand vermeiden • Wenn Berührung nötig ist, nur mit nicht saugendem Material (z.B.: Stahl)

Ursache	Wirkung
<p data-bbox="245 1182 751 1245">Unzureichender Schutz und Kennzeichnung der Sichtbetonwand</p>	<p data-bbox="794 1182 1305 1245">Verschmutzung der Sichtbetonwand aufgrund von Abdichtungsarbeiten</p> 
<p data-bbox="418 1863 580 1895">Vermeidung</p>	<ul data-bbox="778 1783 1321 1977" style="list-style-type: none"> • Betonwand als Sichtbetonwand eindeutig kennzeichnen • Alle Arbeiter auf der Baustelle einschulen • Sichtbetonwand vor Verschmutzung schützen (zum Beispiel mittels Planen)

7.8 Aufwandswert

Um den Mehraufwand bei Sichtbetonarbeiten kalkulieren zu können, bedarf es einer Ermittlung aller zusätzlichen Arbeitsschritte und den dazugehörigen Zeitaufwand. In diesem Kapitel wird der Aufwandswert für die Arbeitsprozesse Bretter auf die Schalung belegen, Vorbehandlung mittels Verdunstungsmittel und Zementleimanstrich, Betonieren und Ausschalen ermittelt. Diese sind für die Sichtbetonherstellung mit Bretterschalung von Bedeutung. Die Aufwandswerte wurden auf Basis der dokumentierten Arbeitsschritte vom BV Büro Kitzbühel ermittelt. Diese Ansätze dienen zur Kalkulation für Folgeprojekte. Die Aufwandswerte stellen die aufgewendete Zeitdauer je Einheit dar welche pro Arbeitskraft benötigt wurde.

7.8.1 Bretter belegen

Der durchschnittliche Aufwandswert für das Belegen der Bretter auf die Schalung beträgt 0,33 Std/m². In der Tab. 260 sind die Aufwandswerte für das Belegen der Schalung der aufgelisteten Bauteile ersichtlich. Die Aufwandswerte weichen teilweise voneinander ab. Grund hierfür sind einerseits Produktivitätsverluste aufgrund der Gerätewahl für das Fixieren der Bretter an die Schalung. Andererseits sind es Einarbeitungseffekte durch die wiederholte Ausführung der Arbeit.

	A	B	C	D	E
1		Sichtfläche [m2]	Arbeitskräfte [Std/h]	Dauer [min]	Aufwandswert [Std/m2]
2	Fassade 1	21,60	3	107	0,25
3	Fassade 2	15,25	4	90	0,39
4	Fassade 3	14,74	3	104	0,35
5	Fassade 4	6,29	3	42	0,33
6	Musterfläche 1	15,17	4	50	0,22
7	Musterfläche 2	14,96	3	101	0,34
8	Musterfläche 4	8,35	3	45	0,27
9	Musterfläche 5	8,35	3	40	0,24
10	Tiefgaragenabfahrt Teil 1	27,39	3	218	0,40
11	Lüftungsschacht Teil 1	10,39	2	82	0,26
12	Mauer	15,13	2	151	0,33
13	Fassade 5	5,52	3	34	0,31
14	Fassade 6	5,52	3	17	0,15
15	Fassade 7	9,95	3	106	0,53
16	Fassade 9	5,55	1	68	0,20
17	Mauer Tiefgarageneinfahrt	3,73	2,5	51	0,57
18	Fassade 8 Stellschalung	47,39	3	240	0,25
19	Fassade 8 Schließschalung	11,29	2,5	150	0,55
20				Durchschnitt	0,33

Tab. 260: Aufwandswert für das Belegen der Schalung mit Brettern

7.8.2 Verdunstungsschutz pro Auftrag

Der Verdunstungsschutzauftrag erfolgte auf zwei unterschiedlichen Vorgangsweisen. Beim Großteil der Bauteile erfolgte der Auftrag mit Pinsel. Um Zeit zu sparen, wurde bei der letzten Fassade der Auftrag mit einer Spritze gewählt.

Auftrag mit Pinsel:

Der durchschnittliche Aufwandswert für das Auftragen des Verdunstungsschutzes mit Pinsel beträgt $0,07 \text{ Std/m}^2$.

	A	B	C	D	E
1		Sichtfläche [m ²]	Arbeitskräfte [Std/h]	Dauer [min]	Aufwandswert [Std/m ²]
2	Fassade 1	21,60	3	51	0,12
3	Fassade 2	15,25	2	24	0,05
4	Fassade 3	14,74	2	34	0,08
5	Fassade 4	6,29	3	17	0,14
6	Mauer	15,13	2	24	0,05
7	Tiefgaragenabfahrt Teil 2	3,87	1	22	0,09
8	Fassade 5	5,52	2	5	0,03
9	Fassade 6	5,52	2	6	0,04
10	Fassade 7	9,95	2	11	0,04
11	Fassade 9	5,55	1	9	0,03
12				Durchschnitt	0,07

Tab. 261: Aufwandswert für den Verdunstungsschutzauftrag mit Pinsel

Auftrag mit Spritze:

Der Verdunstungsschutzauftrag mit Spritze erfolgte mit einem Aufwandswert von $0,01 \text{ Std/m}^2$ aus der Tab. 262 und wurde nur an der Fassade 8 erprobt.

	A	B	C	D	E
1		Sichtfläche [m ²]	Arbeitskräfte [Std/h]	Dauer [min]	Aufwandswert [Std/m ²]
2	Fassade 8 Stellschalung	47,39	1	23	0,01

Tab. 262: Aufwandswert für den Verdunstungsschutzauftrag mit Spritze

Durch den Auftrag mit der Spritze kann der Aufwand deutlich verringert werden. Ein regelmäßiger Auftrag erfolgte bei beiden annähernd gleich.

7.8.3 Vorbehandlung der Bretter mit Zementleimanstrich

Diese Vorbehandlung setzt sich aus dem Auftrag und dem Abbürsten des Zementleims zusammen. Der Aufwandswert dafür beträgt $0,21 \text{ Std/m}^2$. (siehe Tab. 263). Aufgrund der zwei Arbeitsschritte weist diese einen deutlich höheren Aufwand im Vergleich zur Vorbehandlung mit Verdunstungsschutz auf.

	A	B	C	D	E
1		Sichtfläche [m2]	Arbeitskräfte [Std/h]	Dauer [min]	Aufandswert [Std/m2]
2	Auftrag Zementleim	15,17	3	31	0,10
3	Abbürsten Zementleim	15,17	2	49	0,11
4				Summe	0,21

Tab. 263: Aufandswert für die Vorbehandlung mit Zementleim

7.8.4 Betonieren

Der zeitliche Mehraufwand beim Betonieren von Sichtbetonbauteilen kommt aufgrund von langsamerem Betonieren durch Einhaltung der Schütthöhe und der maximalen Fallhöhe zustande. Weiters sind mehrere Arbeitskräfte beim Betonieren von Sichtbeton erforderlich. Ein Arbeiter hat die Aufgabe, den Rüttler ein- und auszuschalten, um die Schalung nicht beim Auftauchen mit Beton zu bespritzen. Ein weiterer leuchtet die Schalung aus, um die Schütthöhe kennzeichnend ersichtlich zu machen. Der Durchschnitt der Aufandswerte für das Betonieren beträgt 2,27 Std/m³. (siehe Tab. 264)

	A	B	C	D	E
1		Einbaumenge [m3]	Arbeitskräfte [Std/h]	Dauer [min]	Aufandswert [Std/m3]
2	Musterfläche 1	2,85	5	62	1,81
3	Musterfläche 2	2,99	5	97	2,70
4	Musterfläche 3	2,35	5	59	2,09
5	Tiefgaragenabfahrt Teil 1	7,95	7	180	2,64
6	Lüftungsschacht Teil 1	1,45	7	35	2,82
7	Säule 1	0,39	5	17	3,63
8	Säule 2	0,39	5	10	2,14
9	Musterfläche 4	1,13	4	55	3,24
10	Musterfläche 5	1,67	4	56	2,24
11	Musterfläche 6	0,73	4	16	1,46
12	Fassade 1	3,05	5	88	2,40
13	Fassade 2	2,17	5	61	2,34
14	Fassade 3	2,03	5	65	2,67
15	Fassade 4	0,82	5	43	4,37
16	Lüftungsschacht Teil 2	0,45	5	6	1,11
17	Mauer	3,70	5	54	1,22
18	Tiefgaragenabfahrt Teil 2	0,47	3	14	1,49
19	Fassade 5	0,68	4	14	1,37
20	Fassade 6	0,68	4	23	2,25
21	Fassade 7	1,31	5	45	2,86
22	Fassade 9	0,60	5	20	2,78
23	Mauer Tiefgaragenabfahrt	0,90	3	10	0,56
24	Fassade 8	6,84	5	167	2,03
25				Durchschnitt	2,27

Tab. 264: Aufandswert für das Betonieren

7.8.5 Ausschalen

Für den Ausschal-Aufwandswert wurde zwischen einseitiger Schalung und geankelter Rahmenschalung unterschieden.

Geankerte Rahmenschalung:

Der durchschnittliche Aufwandswert für das Öffnen der Stell- und Schließschalung einer geankerten Rahmenschalung beträgt 0,18 Std/m². (siehe Tab. 265)

	A	B	C	D	E
1		Schalungsfläche [m2]	Arbeitskräfte [Std/h]	Dauer [min]	Aufwandswert [Std/m2]
2	Musterfläche 1	28,94	3	28	0,05
3	Musterfläche 2	30,56	3	53	0,09
4	Musterfläche 3	24,16	3	89	0,18
5	Tiefgaragenabfahrt Teil 1	53,20	3	395	0,37
7	Säule 1	4,73	2	13	0,09
8	Säuel 2	4,73	2	27	0,19
9	Musterfläche 4	17,45	2	33	0,06
10	Musterfläche 5	16,80	2	56	0,11
12	Lüftungsschacht Teil 2	5,94	3	13	0,11
13	Mauer Schließschal.	15,13	3	87	0,29
14	Tiefgaragenabfahrt Teil 2	6,24	3	38	0,30
15	Mauer Tiefgarageneinfahrt	6,45	3	37	0,29
16				Durchschnitt	0,18

Tab. 265: Aufwandswert für das Ausschalen der geankerten Rahmenschalung

Einseitige Schalung:

Der Arbeitsaufwand für das Öffnen der einseitigen Schalung war wesentlich höher. Der Aufwandswert beträgt bei dieser Arbeit 0,39 Std/m². (siehe Tab. 266) Er liegt pro m² mehr als das Doppelte über dem Zeitaufwand von der geankerten Rahmenschalung.

	A	B	C	D	E
1		Schalungsfläche [m2]	Arbeitskräfte [Std/h]	Dauer [min]	Aufwandswert [Std/m2]
2	Fassade 1	21,60	4	220	0,68
3	Fassade 2	15,25	4	93	0,41
4	Fassade 3	14,74	4	61	0,28
5	Fassade 4	6,29	3	59	0,47
6	Fassade 5	5,52	3	24	0,22
7	Fassade 6	5,52	3	27	0,24
8	Fassade 7	9,95	3	74	0,37
9	Fassade 8	58,68	4	438	0,50
10	Fassade 9	5,55	3	39	0,35
11				Durchschnitt	0,39

Tab. 266: Aufwandswert für das Ausschalen der einseitigen Schalung

7.8.6 Gesamt- Aufwandswert Fassade 8

Durch die spezielle Bauteilgeometrie der Fassade 8 entstand ein erhöhter Schalenaufwand. Die Fassade 8 war der aufwendigste Sichtbetonbauteil auf der Baustelle Kitzbühel.

Der Gesamt-Aufwandswert berechnet sich nach folgender Formel:

$$AW_{STB} = AW_{S,MW} * s_{g,bwk} + AW_{BW,MW} * bw_{g,bwk} + AW_{BT,MW}^{100}$$

Bei einer einfachen Bauteilgeometrie, einem angemessenen Bewehrungsgrad von ca. 215 kg/m³ und normaler Bauzeit liegt der Gesamtaufwandswert von Sichtbeton SB3 bei rund 7 Std/m³.¹⁰¹

Der Schalungsaufwand für die Fassade 8 wurde nach folgender Tab. 267 berechnet. Der Aufwandswert für das Schalen und Ausschalen der Fassade 8 beträgt 4,52 Std/m².

	A	B	C	D	E
1	Tag	Datum	Stunden/pro Arbeiter	AK	Gesamtstunden
2	Do	17.05.18	09:30	4	38
3	Fr	18.05.19	06:00	3	18
4	Di	22.05.18	09:00	7	63
5	Mi	23.05.18	09:30	7	66,5
6	Do	24.05.18	04:30	7	31,5
7	Mo	28.05.18	08:00	6	48
8				Summe	265
9				Fläche m ²	58,68
10				Std/m ²	4,52

Tab. 267: Schalungsaufwandswert der Fassade 8

Aufgrund der speziellen Bauteilgeometrie wurde ein Aufwandswert für das Bewehren von 20 Std/t angesetzt. Der Aufwandswert für das Betonieren für die Fassade 8 ist aus der Tab. 264 (Seite 393) zu entnehmen.

Der Gesamtaufwandswert der Fassade 8 liefert ein gutes Beispiel, wohin sich der Aufwandswert bewegen kann.

$$AW_{FASSADE\ 8} = 4,52 \frac{Std}{m^2} * 8,58 \frac{m^2}{m^3} + 20 \frac{Std}{t} * 0,0869 \frac{t}{m^3} + 2,03 \frac{Std}{m^3}$$

$$AW_{FASSADE\ 8} = 42,55 \frac{Std}{m^3}$$

¹⁰⁰ HOFSTADLER, C.: Vorlesung Produktivität im Baubetrieb: 3. Produktivität im Baubetrieb, Seite 94

¹⁰¹Vgl.: HOFSTADLER, C.: Vorlesung: Bauablaufplanung und Logistik, Folie 136

8 Zusammenfassung

Grundlage für eine detaillierte und vollständige Dokumentation bildet eine genaue Arbeitsvorbereitung aller Gegebenheiten sowie die Erarbeitung eines Protokolls zur genauen und umfassenden Datenaufnahme. Im weiteren Schritt ist es wichtig, die gesamten Daten vollständig aufzunehmen, um für die Auswertung Vergleiche aufzustellen. Je mehr Messdaten aufgenommen werden, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, Zusammenhänge zwischen den Bauteilen zu finden. Diese Dokumentation dient als Wissensspeicher für zukünftige Projekte, um hochwertigen Sichtbeton herzustellen.

Im Zuge dieser Arbeit wurden die gesammelten Kennwerte und Daten, die zur Qualität des Sichtbetons mit Bretterschalung Einfluss nahmen, analysiert und ausgewertet. Die saugende Eigenschaft der Schalhaut bewirkte eine geringe Porenanzahl und Porengröße und durch die Struktur der Schalhaut lassen sich Unregelmäßigkeiten schlechter erkennen als bei einer glatten Schalung. Jedoch entsteht durch die raue Oberfläche der Schalhaut eine größere Gefahr des Betonabrisses im Vergleich zu glatten Schalungen. Daher wurde in der Auswertung das Augenmerk auf dieses Phänomen gelegt und eine Hypothese aufgestellt.

8.1 Wesentliche Ergebnisse

Aus der Auswertung geht hervor, dass der Auftragszeitpunkt des Trennmittels vor der Betonage mit der Stärke des Betonabrisses in Verbindung steht. Der Auftrag des Trennmittels kurz vor Betonierbeginn erzielte bessere Ergebnisse als bei einer größeren Zeitspanne zwischen den beiden Arbeitsschritten. Der zusätzliche Auftrag von Verdunstungsschutz auf die Schalung bewirkte ebenfalls gute Ergebnisse. Durch dieses Mittel kann eine Barriere zwischen Schalung und Beton erzeugt werden. Diese verhindert das Aufsaugen beziehungsweise Ausdunsten des Wassers.

Weiters kann gesagt werden, dass durch den Aufbau der gewünschten Hydratationswärme der Beton schneller die erzielte Festigkeit erreicht und daher der Betonabriss gemindert wird. Bei verlängerter Abbindedauer steigt die Gefahr des Betonabrisses tendenziell an.

Aus der Datenauswertung geht hervor, dass der Abriss im oberen Bereich der Wand stärker ausgebildet ist, wenn der Bauteil direkt nach dem Betonieren den klimatischen Randbedingungen ausgesetzt ist und die Feuchtigkeit entweichen kann. Das Abdecken und zusätzliches Auftragen von Verdunstungsschutz auf den frisch betonierten Bauteil sorgt dafür, dass der Beton im oberen Bereich der Wand nicht bzw. weniger an Feuchtigkeit verliert und somit über die gesamte Wandhöhe gleichmäßiger hydratisiert.

Ein wesentliches Ergebnis dieser Arbeit stellt die Abrisshypothese dar. Während der Hydratation des Betons zieht sich der Beton im oberen Bereich aufgrund der erhöhten Verdunstung und des größeren Abflusses der Hydratationswärme tendenziell eher zusammen. Aufgrund der größeren Kontaktfläche der rauen Schalung besitzt diese eine größere Kontaktfläche als eine glatte Schalhaut. Daher entstehen größere Haftzugfestigkeiten und bei gleichzeitiger geringer Festigkeit des Betons entsteht somit eine Sollbruchstelle im Beton.

8.2 Ausblick

Der Fokus dieser Arbeit liegt beim Herstellungsprozess von Sichtbeton mit Bretterschabung. Aufgrund der zahlreichen unterschiedlichen Ausführungsarten von Sichtbeton wäre es erforderlich, zukünftig jegliche Kombination der Herstellungsprozesse zu analysieren, planen, dokumentieren und optimieren, damit für jede Sichtbetonausführung optimierte Arbeitsabläufe, Baustoffe und Betriebsmittel existieren.

Ein Ziel für die Zukunft soll sein, die bis jetzt nur theoretische Abrisshypothese mit genaueren Untersuchungen zu überprüfen und allgemeingültig zu entwickeln.

A.1 Anhang 1

Trennmittel AL 2000

**Das Trennmittel AL2000 ist ein hochwirksames Trennmittel bei Verwendung von Schalungen
Das ideale Trennmittel für sämtliche Schalungsarten und anspruchsvolle Oberflächen.**

Eigenschaften:

- Lösungsmittelhaltiges, gebrauchsfertiges, chemisch und physikalisch wirksames Trennmittel.
- Verhindert durch sparsame Anwendung ölige Rückstände an der Betonoberfläche, welche die Haftung von nachfolgenden Schichten beeinträchtigt.

Anwendungsbereiche:

- Trennmittel für sämtliche Schalungsarten auch bei niedrigen Temperaturen
- Als Schutz von Baugeräten vor Mörtel und Betonhaftungen

Untergrund:

- Der Untergrund muss trocken, frostfrei, fest, tragfähig, formstabil und frei von Staub, Schmutz und losen Teilen sein.
- geeignet auf glatten, nichtsaugenden Schalungen aus Stahl, Kunststoff und versiegelten Holz

Verarbeitung:

- Der Auftrag erfolgt mit Pinsel, Lappen oder unter der Verwendung eines geeigneten Sprühgerätes wie (RINGER Spez. Spritze - siehe Tabelle).
- Pfützenbildung, besonders bei strukturierten Schalungen muss vermieden werden.
- nach dem Auftragen kann sofort betoniert werden, kurzzeitiger Regen beeinträchtigt die Trennwirkung nicht.
- nicht mit Wasser verdünnen,
- kein Zusatz von Benzin oder Lösungsmittel

Verbrauch:

- 1 lit. Trennmittel reicht für 30 - 50 m² glatte Schalfäche, bei rauher Unterlage sinkt die Ergiebigkeit.

Lagerung:

- kühl, trocken, frostfrei und gut verschlossen,
- Lagerfähigkeit 12 Monate.

Technische Angaben:

- Dichte: ca. 0,85 g/cm³
- Flammpunkt. über + 38° C
- Viskosität: ca. 75 mPa*s

Arbeitsschutz:

Das Trennmittel enthält brennbare Lösungsmittel und ist daher von Zündquellen fernzuhalten. Behälter nach Entnahme dicht verschließen. In Innenräumen für ausreichende Belüftung sorgen. Rauchen und Hantieren mit offenem Feuer ist verboten. Vermeidung von längerem Hautkontakt durch Schutzkleidung (Handschuhe, Schurz etc.). Verschmutzte Hautpartien mit Wasser und Seife und nicht mit Lösungsmitteln reinigen. Bei Verschlucken sofort Arzt aufsuchen, von Kindern fernhalten, nicht mit Nahrungsmitteln lagern.

Entsorgung:

gemäß Ö-Norm S 2100 - Abfallschlüsselnr.: 54102 (Altöle)

Sicherheitshinweise:

Produkt enthält Kerosin(Erdöl) hydrodesulfuriertes

Gefahrenhinweise

- R10 Entzündlich
- R51/53 Giftig für Wasserorganismen, kann in Wasser längerfristig schädliche Wirkungen haben
- R65 Gesundheitsschädlich; kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen
- R66 Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen

Gesundheitsgefährlich



Umweltgefährlich

Sicherheitshinweise

- S2 Darf nicht in Hände von Kinder gelangen
- S23 Dampf/Aerosol nicht einatmen
- S24 Berührung mit der Haut vermeiden
- S29 Nicht in die Kanalisation gelangen lassen
- S36/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen
- S43 Zum Löschen Sand, Kohlendioxid oder Pulverlöschmittel, kein Wasser verwenden
- S60 Dieses Produkt und sein Behälter sind als gefährlicher Abfall zu entsorgen

UN 1223



Bezeichnung	Art. Nr.	Gewicht
Trennmittel AL2000 (Kannister mit 25Liter)	450 1	22,5 kg
Trennmittel AL2000 (Faß mit 200 Liter)	450 11	180 kg
Spezialspritze mit Flachstrahldüse komplett (Inhalt 5 Liter)	405 8	5,0 Kg



AN 01/16

TECHNIK FÜR DEN BAU

RINGER KG Gerüste – Schalungen
A-4844 Regau, Römerweg 9
Telefon +43 (0) 7672 727 110
Telefax +43 (0) 7672 78805
email office@ringer.at
Internet www.ringer.at



RINGER

GERÜSTE - SCHALUNGEN

Aquastat E

Wässriger Verdunstungsschutz. Geprüft nach RVS 11.06.42



Produktbeschreibung	
Beschreibung / Werkstoff	Wachsemulsion, weiße Flüssigkeit; streich-, roll- oder spritzbar.
Verwendungszweck	Aquastat E dient zur Nachbehandlung von frisch eingebautem Beton. Aquastat E wird unter anderem eingesetzt für Bodenplatten, Flachdächer, Verladerampen, Brückentragwerke, Stützwerke, u.a.m.
Eigenschaften	Aquastat E bildet nach dem Auftragen einen dünnen, transparenten bis weißlichen, dichten Sperrfilm, der den jungen Beton oder Estrich vor dem schädlichen, frühzeitigen Austrocknen schützt. Das Risiko von Schäden durch die nachteiligen Einflüsse direkter Sonnenbestrahlung, starken Windes und geringer Luftfeuchtigkeit wird stark verringert. Absanden und mangelhafte Betonfestigkeit im Oberflächenbereich zufolge unvollständiger Zementhärtung lassen sich dadurch vermeiden. Ebenso wird übermäßiges Schwinden und zugehörige Schwindrisse, die durch vorzeitiges Austrocknen entstehen, vermindert. Gemäß RVS 11.064, Blatt 2.
Farbtöne	Weiß.
Prüfzeugnisse/Zulassungen	Aquastat E als Nachbehandlungsmittel für Beton gemäß RVS 11.064, Blatt 2, geprüft von Materialprüfanstalt Hartl GmbH, Staatl. akkreditierte Prüf- und Inspektionsstelle f. d. Bauwesen, Wolkersdorf.
Verpackung / Gebindegrößen	■ 25 kg; ■ 200 kg.
Lagerung	In Originalgebinden, gut verschlossen, kühl und frostfrei lagern. Lagerzeit: ca. 6 Monate. Vor Gebrauch aufrühren!
Qualitätssicherung	Hochwertige Produkte bedürfen einer strengen Kontrolle von Rohstoffen und deren Verarbeitung. Hauseigene Chemiker stellen diese Qualität von Eingang bis Ausgang der Ware sicher. AvenariusAgro produziert nach dem TÜV-geprüften und zertifizierten Qualitätsmanagementsystem ISO 9001-2015 und wurde mit dem Responsible Care Zertifikat ausgezeichnet.
Technische Daten	
Verbrauch	0,15 kg/m ² .
Dichte	Ca. 0,9 kg/l.



Literaturverzeichnis

BERGMEISTER, KONRAD; FINGERLOOS, FRANK; WÖRNER, JOHANN-DIETRICH: Beton-Kalender 2010: Brücken – Betonbau im Wasser, Berlin, Ernst & Sohn, 2010

DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDES-VERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt „Abstandhalter“, Eigenverlag, 2002.

DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V: Merkblatt „Sichtbeton“, Eigenverlag, 2015

FIALA, HANNES: Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2017 – Betonoberflächen, Verfärbungen von Sichtbeton, Berlin, 2017

FINGERLOOS, FRANK: Abstandhalter nach DIN 1045 und DBV-Merkblatt

HOFSTADLER, CHRISTIAN; KUMMER MARKUS: Chancen und Risikomanagement in der Bauwirtschaft, Graz, Springer Vieweg, 2017

HOFSTADLER, CHRISTIAN: Grazer-Darmstädter 2-Tages-Intensivseminar Sichtbeton, 2.Regelwerke für Sichtbeton, Graz, 2017.

HOFSTADLER, CHRISTIAN: Produktivität im Baubetrieb, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2014

HOFSTADLER, CHRISTIAN: Schularbeiten. Berlin. Heidelberg. Springer-Verlag, 2008

HOFSTADLER, CHRISTIAN; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. Grafendorf, Haid, Ratschendorf. Verband österreichischer Biege- und Verlegetechnik, 2011

HOFSTADLER, CHRISTIAN: 27. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 2017

HOFSTADLER, CHRISTIAN: 28. Kassel- Darmstädter Baubetriebsseminar-Schalungstechnik, 2018

HOFSTADLER, CHRISTIAN: Zeitschrift für Vergaberecht und Bauvertragsrecht, Ausgabe November 2016, Verlag Manz

HOFSTADLER, CHRISTIAN: Vorlesung Bauablaufplanung und Logistik: Grundlagen, Graz, 2018

<https://www.liebherr.com/de/aut/produkte/baumaschinen/turmdrehkrane/obendreherkrane/flat-top-ec-b/details/72036.html>, Datum des Zugriffs: 02.08.2018

<http://www.wackerneuson.at/de/produkte/betontechnik/innenruettler/innenruettler-premium-linien/premium-innenruettler/modell/irfu/>, Datum des Zugriffs 02.08.2018

<https://www.beton.org/fileadmin/beton-org/media/Dokumente/PDF/Service/Zementmerkleblätter/H8.pdf>, Datum des Zugriffs: 30.10.2018

LOHAUS, LUDGER; SCHACK, TOBIAS; COTARDO, DARIO: Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2017, Die Kunst der Sichtbetontechnik, 2017

MOTZKO, CHRISTOPH; SCHNALKE, M.: Aktuelle Entwicklungen und Probleme beim Einsatz von Betontrennmitteln. Darmstadt. Institut für Baubetrieb TU Darmstadt, 2003.

MOTZKO, CHRISTOPH; LÖW, DANIELA: Grazer-Darmstädter 2-Tages-Intensivseminar Sichtbeton, 6. Wechselwirkungen zwischen Schalungshaut, Betontrennmittel und Betonfläche. Graz. 2017

OBERNDORFER, WOLFGANG J.; JODEL HANS G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. Wien. Österreichisches Normeninstitut, 2001

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2009

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B4710-1 Beton-Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität. ÖNORM. Wien. Austrian Standards plus GmbH, 2018

ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK: Richtlinie: Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. Wien. ÖVBB, 2009.

SCHULZ, JOACHIM.: Sichtbeton Atlas, Wiesbaden, Vieweg + Teubner Verlag, GWV Fachverlage GmbH, 2009

