

# MASTERARBEIT



## **SICHTBETON - ANFORDERUNGEN AN BIM, AUSSCHREIBUNG, ARBEITSVORBEREITUNG, BAUAUSFÜHRUNG UND QUALITÄT DER BETONOBERFLÄCHE AM BEISPIEL M+ MUSEUM HONGKONG**

Schmid Philipp

Vorgelegt am  
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

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

Graz am 20. März 2017



## EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

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

Graz, am .....  
.....  
(Unterschrift)

## STATUTORY DECLARATION

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

Graz, .....  
date .....  
(signature)

### Anmerkung

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

### Danksagung

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

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

Besonderer Dank gebührt meiner Freundin Christina, die mir während dem Verfassen dieser Masterarbeit zur Seite stand, mich unterstützte und auch immer motivierte.

Zum Schluss möchte ich noch meinen Freunden und meiner Familie danken, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch begleiteten und unterstützten.

## Kurzfassung

Beton und Stahlbeton in Form von Sichtbetonflächen prägen, kaum mehr als ein anderer Baustoff, in der heutigen Baupraxis mit ihrer Flächengestaltung die zeitgemäße Architektur. Die Realisierung von hochwertigen Sichtbetonbauteilen setzt jedoch ein großes Know-how und eine hohe Präzision in der Planung, Ausschreibung, Arbeitsvorbereitung und Bauausführung voraus. Im Vergleich zur technischen Beschreibung für Stahlbetonbauteile ist es erheblich schwieriger, die Anforderungen an das Aussehen und späteres Wirken von Sichtbetonflächen zu beschreiben.

Die vorliegende Arbeit setzt sich daher zum Ziel, die Anforderungen und Zusammenhänge an BIM, Ausschreibung, Arbeitsvorbereitung, Bauausführung und Qualität der Betonoberfläche für Sichtbetonarbeiten zu analysieren und so ein bestmögliches und zielsicheres Sichtbetonergebnis zu erhalten. Zusätzlich werden die eben genannten Anforderungen mit dem Projekt M+ Museum verglichen, um so Schlüsse auf die Qualität der Sichtbetonarbeiten des M+ Museums in Bezug auf die dort gestellten Anforderungen gewinnen zu können.

## Abstract

In today's building practice concrete and reinforced concrete in form of exposed concrete surfaces, characterise like no other building material, with its surface design the contemporary architecture. However, the realisation of high-quality exposed concrete components requires a great deal of know-how and a high degree of precision in planning, tendering, work preparation and construction. Compared to the technical description for reinforced concrete components, it is considerably more difficult to describe the requirements for the appearance and later impact of exposed concrete surfaces.

The aim of this thesis is therefore to analyse the requirements and interrelations of BIM, tendering, work preparation, construction work and the quality of the concrete surface for exposed concrete work, thus providing the best possible and unerringly fair-faced concrete. In addition, the above-mentioned requirements are compared with the M + Museum project in order to gain insight into the quality of the visual concrete work of the M + Museum in relation to the requirements placed there.



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Situationsanalyse.....	2
1.2	Zielsetzung .....	3
1.3	Aufbau der Arbeit .....	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Definitionen</b>	<b>5</b>
2.1	West Kowloon Cultural District – M+ Museum .....	5
2.2	Überblick der Sichtbetonregelwerke .....	8
2.2.1	ÖNORM B 2211:2009 .....	11
2.2.2	ÖVBB Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen 2009 .....	12
2.3	Projektbezogen .....	19
<b>3</b>	<b>BIM und herkömmliche Arbeitsprozesse</b>	<b>21</b>
3.1	Ablaufprozesse für Sichtbetonarbeiten .....	21
3.2	BIM .....	25
3.2.1	Allgemeines .....	25
3.2.2	Rechtliche Herausforderungen in Österreich .....	27
3.2.3	BIM in der Schalungstechnik .....	30
3.3	BIM M+ Museum .....	32
<b>4</b>	<b>Ausschreibung</b>	<b>33</b>
4.1	Grundlagen für die Ausschreibung .....	34
4.1.1	Vertragsbestimmungen .....	34
4.1.2	Ziel und Wegbeschreibung .....	36
4.1.3	Weitere Kriterien für die Ausschreibung .....	46
4.2	Ausschreibung M+ Museum .....	46
<b>5</b>	<b>Leistungsbeschreibung</b>	<b>47</b>
5.1	Inhalt der Leistungsbeschreibung für Sichtbeton .....	49
5.1.1	Gestaltungsmerkmale .....	49
5.1.2	Anforderungen an Beton .....	99
5.1.3	Sichtbetonsteam, Sichtbetonkoordinator .....	103
5.1.4	Schutzmaßnahmen der Sichtbetonbauteile .....	105
5.1.5	Musterflächen, Erprobungsflächen, Referenzflächen .....	106
5.1.6	Beurteilungs- und Übernahmemodalitäten .....	109
5.1.7	Vorgehen bei Mangelhaftigkeit .....	111
5.2	Leistungsbeschreibung Sichtbeton M+ Museum .....	112
5.2.1	Allgemeines .....	112
5.2.2	Particular Specification: Section 6A – Structural Concrete Finishes .....	114
<b>6</b>	<b>Arbeitsvorbereitung</b>	<b>139</b>
6.1	Schalungssystem .....	139
6.1.1	Schalungen für vertikale Bauteile .....	140
6.1.2	Schalungen für horizontale Bauteile .....	150
6.2	Schalungshaut .....	160
6.2.1	Holzschalung .....	161
6.2.2	Sperrholzplatten .....	166
6.2.3	Kunststoff Schalung .....	168
6.2.4	Stahl Schalung .....	171

6.3	Zubehörmaterialien .....	171
6.3.1	Trennmittel .....	171
6.3.2	Schalungsanker .....	173
6.3.3	Abstandhalter .....	174
6.4	M+ Museum .....	176
6.4.1	Schalungssystem für F3+ und Zubehörmaterialien .....	176
6.4.2	Gestaltungsprinzipien und typische Details .....	180
<b>7</b>	<b>Bauausführung</b>	<b>195</b>
7.1	Schalarbeiten .....	195
7.2	Bewehrungsarbeiten .....	199
7.3	Betonierarbeiten .....	200
7.4	Nachbehandlung und Schutz der Betonoberfläche .....	204
7.5	Oberflächenbearbeitung -behandlung .....	206
7.6	M+ Museum .....	212
7.6.1	Visual Mock- ups (VMU) .....	212
7.6.2	Muster bzw. Probeflächen .....	214
<b>8</b>	<b>Qualität der Betonoberfläche</b>	<b>218</b>
8.1	Soll Zustand .....	218
8.2	Ist Zustand .....	220
8.2.1	Gesamteindruck .....	220
8.2.2	Einzelkriterien .....	224
8.3	Soll-Ist-Vergleich .....	226
8.4	M+ Museum .....	228
8.4.1	Mock-ups .....	228
8.4.2	Muster bzw. Probeflächen .....	245
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>261</b>
<b>A.1</b>	<b>Anhang 1</b>	<b>263</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>269</b>



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	M+ Museum for visual culture .....	5
Abbildung 2.2:	M+ Museum am Victoria Harbour .....	6
Abbildung 2.3:	Found Space, M+ Museum.....	7
Abbildung 2.4:	Model M+ Museum [Schmid] .....	7
Abbildung 2.5:	Schematische Darstellung der Hierarchie technischer Regeln [Hofstadler] .....	8
Abbildung 2.6:	Wissenstand und Wissensverbreitung [Hofstadler] .....	9
Abbildung 3.1:	Sichtbeton – herkömmlicher Ablauf [Hofstadler] .....	22
Abbildung 3.2:	Sichtbeton – modifizierter Ablauf [Hofstadler] .....	24
Abbildung 3.3:	Vergleich des Informationsaustausches zwischen Traditioneller- und BIM- Arbeitsweise .....	26
Abbildung 3.4:	Extraktion aus einer zentralen Informationsbasis (BIM Modell) .....	26
Abbildung 3.5:	3D, 4D und 5D Modell .....	27
Abbildung 4.1:	Bauvertrag auf Basis von ÖNORM B 2110 oder ÖNORM B 2118 [Hofstadler] .....	34
Abbildung 4.2:	Bauvertrag ohne ÖNORM B 2110 oder ÖNORM B 2118 [Hofstadler] .....	35
Abbildung 4.3:	Kombination der Produktionsfaktoren [Hofstadler] .....	40
Abbildung 4.4:	Produktionswürfel [Hofstadler].....	41
Abbildung 4.5:	Qualitativer Zusammenhang von Bauzeit, Produktivität und Herstellkosten [Hofstadler] .....	42
Abbildung 5.1:	Anforderungen an Sichtbeton lt. ÖNORM B 2211:2009 .....	53
Abbildung 5.2:	Anhang A: Anforderungen an die Planung, Erprobung und Ausführung .....	75
Abbildung 5.3:	Sichtbetonteam .....	103
Abbildung 5.4:	Inhalt zur Beurteilung von Sichtbeton [Hofstadler].....	110
Abbildung 5.5:	General Specification für Building 2012 .....	112
Abbildung 5.6:	Teilauszug aus dem Inhaltsverzeichnis der ASD GS.....	113
Abbildung 5.7:	Schalungselement Klasse F3 .....	124
Abbildung 5.8:	Schalungselement Klasse F3+ .....	125
Abbildung 5.9:	Schalungselement Klasse F5 .....	126
Abbildung 5.10:	Herstellen von kontrollierten Arbeitsfugen .....	133
Abbildung 6.1:	Rahmenschalung und Rahmenelement [Doka] .....	140
Abbildung 6.2:	Trägerschalung und Trägerelement [Doka] .....	141
Abbildung 6.3:	Einhäuptige Schalung, Trägerschalung [Doka].....	142
Abbildung 6.4:	Doppelhäuptige Schalung ,Rahmenschalung [Doka] .....	143
Abbildung 6.5:	Rundschalung mit Spindel ,Trägerschalung [Doka] .....	144
Abbildung 6.6:	Rundschalung mit Formholz, Trägerschalung [Doka] .....	144
Abbildung 6.7:	Rundschalung, Rahmenelemente [Doka] .....	145
Abbildung 6.8:	90 Grad und T-Stoß Ausbildung ,Rahmenschalung [Doka] .....	146

Abbildung 6.9:	Stumpfe Eck und T-Stoß Ausbildung, Trägerschalung [Doka] .....	146
Abbildung 6.10:	Rahmenschalungen für Stützen [Doka] .....	147
Abbildung 6.11:	Säulenrahmenschalung [Peri] .....	148
Abbildung 6.12:	Trägerschalung für Stützen und Säulen [Doka] .....	149
Abbildung 6.13:	Deckenträgerschalung [Doka] .....	151
Abbildung 6.14:	Arbeitsschritte Einschalen Trägerschalung [Doka] .....	152
Abbildung 6.15:	Arbeitsschritte Einschalen Trägerschalung mit Fallkopf [Doka] .....	153
Abbildung 6.16:	Deckenträgerschalung mit Fallkopf [Doka] .....	154
Abbildung 6.17:	Deckenträgerschalung mit Fallkopf [Doka] .....	154
Abbildung 6.18:	Deckenrahmenschalung [Doka] .....	155
Abbildung 6.19:	Arbeitsschritte Einschalen Rahmenmodulschalung [Doka] .....	156
Abbildung 6.20:	Deckenrahmenschalung mit Fallkopf [Doka] .....	157
Abbildung 6.21:	Deckentisch aus Rahmenschalung [Doka] .....	158
Abbildung 6.22:	Spundungsarten .....	162
Abbildung 6.23:	Spannplatten .....	165
Abbildung 6.24:	Dreischichten-Platte, kunstharzbeschichtet .....	166
Abbildung 6.25:	Aufbau Stabsperrholz .....	166
Abbildung 6.26:	Sperrholzplatten.....	168
Abbildung 6.27:	Fotobeton .....	170
Abbildung 6.28:	Bestandteile des Schalungsanker.....	173
Abbildung 6.29:	Einbauvarianten.....	174
Abbildung 6.31:	Abstandhalter .....	175
Abbildung 6.31:	Schalhaut F3+ .....	176
Abbildung 6.32:	vorbehandelte Schalhaut F3+.....	177
Abbildung 6.33:	Ankerkonus und Schalungsanker .....	177
Abbildung 6.34:	Ankerkonus .....	178
Abbildung 6.35:	Ankerkonus mit Schalungsanker .....	178
Abbildung 6.36:	Ankerkonus [Schmid].....	179
Abbildung 6.37:	punktförmiger Abstandhalter [Schmid].....	179
Abbildung 6.37:	Typische Ansicht F3 .....	180
Abbildung 6.38:	Typische Ansicht F3+ .....	181
Abbildung 6.39:	Typische Ansicht F5 .....	182
Abbildung 6.40:	Typische Ansicht F3+ / F3 .....	183
Abbildung 6.41:	Typische Ansicht F3+ / F3 mit doppelter Wandhöhe .....	184
Abbildung 6.42:	Typischer Deckenspiegel F3 .....	185
Abbildung 6.43:	Typischer Deckenspiegel F3 .....	185
Abbildung 6.44:	Typische 3D Ansicht F3 .....	186
Abbildung 6.45:	Grundrissdetail .....	187
Abbildung 6.46:	Detail im Schnitt .....	187
Abbildung 6.47:	Detail für horizontale Arbeitsfugen .....	188

Abbildung 6.48:	Detail für horizontale Arbeitsfugen mit abgehängter Decke .....	188
Abbildung 6.49:	Detail für horizontale Arbeitsfugen mit 2 Schüttilagen .....	189
Abbildung 6.50:	Detail für horizontale Arbeitsfugen für Deckenuntersichten .....	189
Abbildung 6.51:	Detail für horizontale Arbeitsfugen bei Decken- Wandanschluss ....	190
Abbildung 6.52:	Detail für horizontale Arbeitsfugen in Unterzügen .....	190
Abbildung 6.53:	Detail für vertikale Arbeitsfugen in Ecken .....	191
Abbildung 6.54:	Detail für Arbeitsfugen bei Treppenpodest Anschluss .....	191
Abbildung 6.55:	Prinzip für vertikale- und horizontale Aussparungen.....	192
Abbildung 6.56:	Typische 3D Ansicht für Öffnungen .....	192
Abbildung 6.57:	Arbeitsfuge mit und ohne Verformungsmöglichkeit .....	193
Abbildung 6.58:	Typisches Detail zur Verfüllung der Ankerlöcher .....	193
Abbildung 6.59:	Schnitt für horizontale, sichtbare Betonoberflächen .....	194
Abbildung 7.1:	fachgerechte Reinigung der Schalung [Schmid] .....	195
Abbildung 7.2:	Aufbringen des Trennmittels .....	196
Abbildung 7.3:	Schalungsfuß .....	197
Abbildung 7.4:	Auswirkung von unterschiedlichen Schalhauttypen .....	198
Abbildung 7.5:	Bewehrungsarbeiten .....	199
Abbildung 7.6:	Wirkungsbereich des Innenrüttlers .....	202
Abbildung 7.7:	lageweises Verdichten .....	202
Abbildung 7.8:	Konfiguration von Außenrüttlern .....	203
Abbildung 7.10:	Nachbehandlung mit Folie .....	205
Abbildung 7.10:	Schutz der Anschlussbewehrung mit Folie [Schmid] .....	205
Abbildung 7.11	absäuern.....	206
Abbildung 7.12	Besenstrich.....	206
Abbildung 7.13	Farbpigmente .....	207
Abbildung 7.14	waschen .....	207
Abbildung 7.15	feinwaschen.....	207
Abbildung 7.16	Flammstrahlen.....	208
Abbildung 7.17	polieren.....	208
Abbildung 7.18	sandstrahlen .....	208
Abbildung 7.19	scharieren .....	209
Abbildung 7.20	schleifen .....	209
Abbildung 7.21	spalten .....	209
Abbildung 7.22	spitzen .....	210
Abbildung 7.23	stocken .....	210
Abbildung 7.24:	unterschiedliche Oberflächenbearbeitung .....	211
Abbildung 7.25:	Ost Ansicht, Sichtbetonklasse F5 [Schmid] .....	212
Abbildung 7.26:	Ost Ansicht eingerüstet [Schmid].....	212
Abbildung 7.27:	Süd Ansicht, Nord Ansicht [Schmid] .....	213
Abbildung 7.28:	Süd Ansicht, Nord- Ost Ansicht .....	213

Abbildung 7.29:	F3 Musterfläche, Plan und Ausführung .....	214
Abbildung 7.30:	F3+ Musterfläche, Plan und Ausführung .....	215
Abbildung 7.31:	F5 Musterfläche, Plan und Ausführung .....	216
Abbildung 7.32:	Anschluss unterschiedlicher Betonklassen .....	217
Abbildung 8.1:	angemessener Betrachtungsabstand .....	221
Abbildung 8.2:	Behinderung des Gesamteindrucks .....	222
Abbildung 8.3:	Lichteinfall Sonne .....	223
Abbildung 8.4:	Betrachtungsabstand im Vergleich .....	224
Abbildung 8.5:	ÖVBB Grautonskala .....	226
Abbildung 8.6:	Mock- up 2.0 VMU [Schmid] .....	228
Abbildung 8.7:	2.0 VMU [Schmid] .....	229
Abbildung 8.8:	2.1 VMU .....	229
Abbildung 8.9:	2.1 VMU .....	230
Abbildung 8.10:	2.0 VMU .....	230
Abbildung 8.11:	2.0 VMU [Schmid] .....	231
Abbildung 8.12:	2.0 VMU [Schmid] .....	231
Abbildung 8.13:	Mock-up 2.1 Hybrid VMU, Südansicht .....	232
Abbildung 8.14:	Mock-up 2.1 Hybrid VMU, Nord- Ostansicht .....	233
Abbildung 8.15:	Mock-up 2.1 Hybrid VMU, Nord- Westansicht .....	234
Abbildung 8.16:	2.1 VMU .....	237
Abbildung 8.17:	2.1 VMU .....	238
Abbildung 8.18:	2.1 VMU .....	238
Abbildung 8.19:	2.1 VMU .....	239
Abbildung 8.20:	2.1 VMU .....	239
Abbildung 8.21:	2.1 VMU .....	240
Abbildung 8.22:	2.1 VMU .....	240
Abbildung 8.23:	2.1 VMU .....	241
Abbildung 8.24:	2.1 VMU .....	241
Abbildung 8.25:	2.1 VMU .....	242
Abbildung 8.26:	2.1 VMU .....	242
Abbildung 8.27:	2.1 VMU .....	243
Abbildung 8.28:	2.1 VMU .....	243
Abbildung 8.29:	2.1 VMU .....	244
Abbildung 8.30:	2.1 VMU .....	244
Abbildung 8.31:	F3 Trial Panel [Schmid] .....	245
Abbildung 8.32:	F3 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	247
Abbildung 8.33:	F3 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	248
Abbildung 8.34:	F3 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	248
Abbildung 8.35:	F3 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	249
Abbildung 8.36:	F3 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	249

Abbildung 8.37:	F3+ Trial Panel [Schmid] .....	250
Abbildung 8.38:	F3+ Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	252
Abbildung 8.39:	F3+ Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	252
Abbildung 8.40:	F3+ Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	252
Abbildung 8.41:	F3+ Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	253
Abbildung 8.42:	F3+ Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	253
Abbildung 8.43:	F5 Trial Panel [Schmid] .....	254
Abbildung 8.44:	F5 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	256
Abbildung 8.45:	F5 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	256
Abbildung 8.46:	F5 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	256
Abbildung 8.47:	F5 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	257
Abbildung 8.48:	F5 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	257
Abbildung 8.49:	Datum-line Trial Panel [Schmid] .....	258
Abbildung 8.50:	Datum-line Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	260
Abbildung 8.51:	Datum-line Trial Panel Einzelkriterien [Schmid] .....	260
Anhang A1.1	Grundriss Teilausschnitt UG2 .....	263
Anhang A1.2	Deckenspiegel Teilausschnitt UG2 .....	264
Anhang A1.3	Grundriss EG .....	265
Anhang A1.4	Deckenspiegel OG2 .....	266
Anhang A1.5	Schnitt .....	267
Anhang A1.6	Längsschnitt .....	268

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1	Ziel- Wegbeschreibung der Gestaltungsmerkmale in der ÖNORM B 2211:2009 .....	37
Tabelle 4.2	Ziel- Wegbeschreibung der Gestaltungsmerkmale in der Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen:2009.....	38
Tabelle 4.3	Ziel- Wegbeschreibung der Gestaltungsmerkmale beim Projekt M+ Museum.....	39
Tabelle 5.1	Sichtbetonklassen SB - Gesamtanforderung an das Sichtbetonbauwerk .....	58
Tabelle 5.2	Anforderungsklasse PQ: Bauteilbeschreibung .....	59
Tabelle 5.3	Klassenbildende Anforderung der Bauteilbeschreibung .....	59
Tabelle 5.4	Anforderungsklasse BQ: Betonfläche, Betonstandard .....	60
Tabelle 5.5	Klassenbildende Anforderung an die Betonfläche .....	60
Tabelle 5.6	Anforderungsklasse AQ: Bauausführung .....	61
Tabelle 5.7	Klassenbildende Anforderung an die Bauausführung .....	61
Tabelle 5.8	Anforderungsklasse SQ: Schalungsmaterial, Trennmittleinsatz .....	62
Tabelle 5.9	Klassenbildende Anforderung an die Schalung .....	63
Tabelle 5.10	Nicht klassenbildende Anforderungen: Betonfarbe .....	64
Tabelle 5.11	Nicht klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung .....	64
Tabelle 5.12	Nicht klassenbildende Anforderungen an die Schalung .....	65
Tabelle 5.13	Schalhautarten und deren Auswirkungen auf die Betonfläche sowie Trennmitteltypen .....	66
Tabelle 5.14	Sichtbetonklassen und zugehörige Anforderungsklassen .....	69
Tabelle 5.15	Merkmale der Anforderungen gemäß Tabelle 5.14 .....	70
Fortsetzung Tabelle 5.15		
	Merkmale der Anforderungen gemäß Tabelle 5.14 .....	71
Tabelle 5.16	Schalhautklassen .....	72
Tabelle 5.17	Orientierung bei der Auswahl von Schalungshäuten .....	73
Fortsetzung Tabelle 5.17		
	Orientierung bei der Auswahl von Schalungshäuten .....	74
Tabelle 5.18	Anforderung an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Texturklassen .....	75
Tabelle 5.19	Anforderung an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Porigkeitsklassen .....	76
Tabelle 5.20	Anforderung an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Farbtongleichmäßigkeitsklassen .....	77
Tabelle 5.21	Anforderung an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Ebenheitsklassen .....	78
Tabelle 5.22	Anforderung an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Arbeitsfugenklassen .....	78
Tabelle 5.23	Anforderung an die Erprobungen in Abhängigkeit von den Sichtbetonklassen .....	79
Tabelle 5.24	Abstimmung im Planungsprozess von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	80

Tabelle 5.25	Gliederung der Betonoberfläche von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	81
Tabelle 5.26	Porigkeit von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	82
Tabelle 5.27	Farbtongleichmäßigkeit / Farbgleichheit von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	83
Tabelle 5.28	Farbe von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	84
Tabelle 5.29	Ebenheit von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	85
Tabelle 5.30	Arbeitsfuge von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	86
Tabelle 5.31	Schalungselementstoß / Struktur, Elementstoß von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich.....	87
Tabelle 5.32	Schalhautstoß von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	88
Tabelle 5.33	Kantenausbildung von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	88
Tabelle 5.34	Ankerstelle von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	89
Tabelle 5.35	Verschluss der Ankerlöcher von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	90
Tabelle 5.36	Ausbildung von Aufhängestellen von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	91
Tabelle 5.37	Befestigung der Schalhaut von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	91
Tabelle 5.38	Schalhautzustand/ Schalungshaut von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	92
Tabelle 5.39	Trennmittleinsatz von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	93
Tabelle 5.40	Schalungssystem von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	94
Tabelle 5.41	Textur der Betonfläche von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	95
Tabelle 5.42	Musterfläche/ Erprobungsfläche von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	96
Tabelle 5.43	Sichtbeton von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	97
Tabelle 5.44	Ausführung und Qualitätsicherung von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich .....	98
Tabelle 5.45	Betonkurzbezeichnung und damit abgedeckte Umweltklasse [ÖNORM B 4710–1] .....	99
Tabelle 5.46	Empfohlener Mehlkorngelat [ÖNORM B 4710–1] .....	100
Tabelle 5.47	Verdichtungsmaßklassen [ÖNORM B 4710–1] .....	101
Tabelle 5.48	Ausbreitmaßklassen [ÖNORM B 4710–1] .....	101
Tabelle 5.49	Anforderung an Betonzusammensetzung bei GK22, Herstellung und Nachbehandlung, Erstprüfung für BSBQ1 und BSBQ2 [ÖVBB Richtlinie Sichtbeton– Geschalte Betonflächen] .....	102

Tabelle 5.50	geschalte Oberflächen .....	117
Tabelle 5.51	nichtgeschalte Oberflächen .....	118
Tabelle 5.52	behandelte Oberflächen .....	119
Tabelle 5.53	nichtgeschalte Oberflächenbeschaffenheit .....	119
Tabelle 5.54	Ausschalfristen für Schalung und Gerüst .....	129
Tabelle 5.55	einzureichende Einzelangaben .....	131
Tabelle 5.56	Instandsetzungsmaßnahmen nach Sachverhalt .....	136
Tabelle 5.57	Sanierungsmaßnahmen .....	137



## Abkürzungsverzeichnis

<b>AG</b>	Auftraggeber
<b>AN</b>	Auftragnehmer
<b>ASD GS</b>	Architectural Service Department Hong Kong, General Specificaton
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>BIM</b>	Building Information Modeling
<b>BO</b>	Betonoberfläche
<b>BS</b>	British Standard
<b>BVergG</b>	Bundesvergabegesetz
<b>DBV</b>	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein
<b>HK\$</b>	Hongkong Dollar
<b>HOA</b>	Honorarordnung für Architekten
<b>IFC</b>	Industry Foundation Classes
<b>LOD<sup>FT</sup></b>	Level of Development Formwork Technologies
<b>ÖBGL</b>	Österreichische Bau Geräte Liste
<b>ÖVBB</b>	Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik
<b>RVS</b>	Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau
<b>TFP</b>	Terry Farrells und Partner
<b>VDZ</b>	Verein Deutscher Zementwerke
<b>VMU</b>	Visual Mock-up
<b>VOB</b>	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
<b>W/B-Wert</b>	Wasser- Bindemittelwert
<b>WKCD</b>	West Kowloon Cultural District

## 1 Einleitung

Beton und Stahlbeton prägen, kaum mehr als ein anderer Baustoff, in der heutigen Baupraxis mit ihrer Flächengestaltung die zeitgemäße Architektur. Die Realisierung von repräsentativen Sichtbetonbauwerken wie Museen, Theater, Universitäten, Verwaltungs- und Regierungsbauten haben dieser Bauweise große Akzeptanz verschafft. Sichtbeton ermöglicht den Planern, Beton nicht nur als tragendes, sondern auch als sichtbares Element zur Gestaltung von Innen- und Außenbereichen im Bauwesen einzusetzen. Grundsätzlich können Gebäude aus Beton zwei Zustandsformen aufweisen. Zum einen ist das Gebäude roh, der sogenannte Rohbau, welcher die konstruktive Basisform darstellt und später noch eine Außenhülle und Innenverkleidung erhält. Zum anderen ist die Oberfläche fertiggestellt, das Gebäude bleibt in diesem Fall unverkleidet und der Begriff Sichtbeton findet hier Verwendung. Die beiden Zustandsformen unterscheiden sich somit klar bei der Anforderung an das Aussehen. Beim Rohbau dient der Beton als tragendes Konstruktionselement und ändert später durch die Verkleidung (Fassade und Innenausbau) die äußere Erscheinung. Anders verhält es sich beim Sichtbeton, der nach dem Entschalungsvorgang nicht mehr verkleidet wird. Der Beton bleibt als fertige Oberfläche bestehen und besitzt in manchen Fällen eine tragende sowie eine gestalterische Funktion, da er das sichtbare Material der Außenhaut darstellt. Sichtbetonflächen sind daher jene Betonflächen, die sichtbar an einem Bauwerk sind und somit auch eine Anforderung an das Aussehen besitzen. Als Bewertungskriterium für Sichtbeton rückt die statische (tragende) Funktion gegenüber der architektonischen (gestalterischen) Funktion in den Hintergrund.

Um ein Sichtbetonprojekt erfolgreich zu realisieren, ist es daher von großem Interesse, herauszufinden, welche Anforderungen und Zusammenhänge an die verschiedenen Arbeitsphasen bzw. Prozesse von Sichtbetonarbeiten bestehen und diese dann genauer zu untersuchen.

## 1.1 Situationsanalyse

Die Realisierung von hochwertigen Sichtbetonbauteilen setzt zum einen ein großes Know-how von allen Beteiligten voraus und zum anderen eine sehr hohe Präzision in der Planung, Ausschreibung, Arbeitsvorbereitung und Bauausführung. Bereits bei der Planung sowie Ausschreibung von Sichtbetonflächen sollte eine Einschätzung der Schwierigkeit ihrer Herstellung, des wirtschaftlichen Aufwands und der bestehenden bautechnologischen Grenzen der Ausführbarkeit vorgenommen werden. Im Allgemeinen stellt die Herstellung von Sichtbetonflächen eine besonders schwierige Bauaufgabe dar, zudem wird aufgrund unzureichend formulierter Ausschreibungen und Bauverträgen, zusätzlich eine weitere Hürde geschaffen, die die Realisierung von Sichtbetonbauwerken erschwert. Daher ist es von großer Wichtigkeit, die Vorgaben in der Ausschreibung möglichst präzise zu definieren. Es finden sich hierzu Normen, Richtlinien und Merkblätter, die eine unverzichtbare Hilfestellung geben. Doch lt. HOFSTADLER sind die im Umlauf befindlichen Ausschreibungen zu Sichtbeton in deutlichem Ausmaß als verbesserungswürdig einzustufen.<sup>1</sup> Die technische Beschreibung im Leistungsverzeichnis für Stahlbetonbauteile ist eher unproblematisch, da sie herkömmlich durch die drei Hauptkriterien Bauteilgeometrie, Betoneigenschaften und Bewehrungsinhalt festgelegt werden kann. Im Gegensatz dazu ist es erheblich schwieriger, die Anforderungen an das Aussehen von Sichtbetonflächen zu beschreiben. Die Vorstellung des Architekten oder Planers vom Aussehen und Wirken des Sichtbetons ist zunächst nur ein kreativer Gedanke und kann sich bei allen anderen Beteiligten stark unterscheiden. Aus Mangel an eindeutiger und allgemeinverständlicher Merkmale und Begriffe kommt es bei der Leistungsbeschreibung dann oftmals zu einer Improvisation.<sup>2</sup> Dabei misslingt eine vertraglich eindeutige Beschreibung der Leistung und es treten bei den Bietern schon in der Angebotsphase nicht unwesentliche offene Fragen hinsichtlich der Interpretation der vom Architekten formulierten Anforderungen über das vertragliche Bau-Soll auf. Um aber den Auftrag zu erhalten, nimmt der Bieter oftmals den Zuschlag an, auch wenn der Angebotspreis aus einer unklaren Leistungsbeschreibung hervorgeht. Des Weiteren richtet sich auch bei hohen Qualitätserwartungen an den Sichtbeton die Entscheidung zur Vergabe meist an den Billigstbieter. Es werden möglicherweise bestimmte Einflussfaktoren wie klimatische Umwelteinflüsse, Komplexität des Bauwerks oder Qualität unterschätzt, wonach eine unzutreffende Kostenermittlung entsteht. Dabei werden wichtige Schritte der Arbeitsvorbereitung wie z.B. Abdichten der Schal-, Element- und Arbeitsfugen, Wahl

<sup>1</sup> Vgl. HOFSTADLER,C; SCHIEDER,A:: Leitfaden Sichtbeton – Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S. 1

<sup>2</sup> Vgl. Vgl. PECK, M.: Baustoff Beton – Planung, Ausführung, Beispiele. S. 91.

von geeigneten und damit kostenintensiveren Schalplatten, Pflege der Schalung, richtige Fallhöhe oder richtige Nachbehandlung aufgrund der anfallenden Mehrkosten nicht durchgeführt. Diese Verkettung führt spätestens in der Bauausführung zu großem Erstaunen, wenn das Sichtbetonergebnis keinesfalls mit den unter Umständen sehr hohen Sichtbetonanforderungen übereinstimmt.

Am Beispiel M+ Museum in Hongkong werden die Sichtbetonprozesse analysiert, wobei hier zusätzlich das System BIM beginnend bei der Ausschreibung bis zur Bauausführung eingesetzt wurde, mit dem Ziel, Kosten, Qualität und Bauablauf des Projekts besser steuern zu können.

## 1.2 Zielsetzung

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit besteht darin, die Anforderungen für Sichtbetonarbeiten zu untersuchen, um so ein bestmögliches und zielsicheres Sichtbetonergebnis zu erhalten und kaum Spielraum für Interpretationen und Improvisationen zu ermöglichen. Ein Vergleich dieser Anforderungen mit dem M+ Museum soll in weiterer Folge hergestellt werden. Die Zielsetzung dieser Arbeit wird in zwei Teilziele gegliedert.

Das erste Teilziel beschäftigt sich mit einer allgemeinen Analyse der Anforderungen und Zusammenhänge an BIM, Ausschreibung, Arbeitsvorbereitung, Bauausführung und Qualität der Betonoberfläche für Sichtbetonarbeiten.

Als zweites Teilziel sollen die Bestimmungen und Anforderungen des Projekts M+ Museum in Hongkong mit den in Teilziel eins analysierten Faktoren systematisch verglichen werden, um bestehende Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede herauszuarbeiten und daraus Schlüsse auf die Qualität der Sichtbetonarbeiten des Projekts M+ Museum in Hinblick auf die gestellten Anforderungen gewinnen zu können.

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Grundsätzlich wird bei der vorliegenden Arbeit innerhalb der einzelnen Kapitel eine deduktive Gliederung verwendet. Es wird versucht, am Beginn jedes Kapitels mit der Theorie ein Basiswissen zu schaffen, um jeweils am Ende des Kapitels die Praxis bzw. Anwendung am Beispiel M+ Museum darzustellen.

Um sich einen Überblick zu diesem Thema zu verschaffen, werden zu Beginn die Grundlagen und Definitionen in Kapitel 2 erhoben. Dabei wird zuerst das Projekt M+ Museum beschrieben. Danach folgen ein Überblick der Regelwerke, sowie Begriffsdefinitionen und Bestimmungen anhand ÖNORM B2211:2009 und ÖVBB Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen 2009.

Kapitel 3 beschäftigt sich mit den herkömmlichen Arbeitsprozessen sowie dem System BIM. Dabei werden die konventionellen und modifizierten Abläufe beschrieben und danach auf die Planungsmethode BIM eingegangen.

Die Ausschreibung ist ein wichtiger Schlüsselfaktor für Sichtbetonarbeiten welche im Kapitel 4 beschrieben ist. Es werden anschließend Grundlagen, Vertragsbestimmungen und weitere Kriterien der Ausschreibung behandelt.

Die Leistungsbeschreibung ist ein weiterer wichtiger Schlüsselfaktor für Sichtbetonarbeiten und wird in Kapitel 5 abgehandelt. Dabei wird auf die Gestaltungsmerkmale von Sichtbeton anhand ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DVB/VDZ Merkblatt Sichtbeton und M+ eingegangen und verglichen. Am Ende wird die Leistungsbeschreibung des M+ Museums untersucht.

In Kapitel 6 bildet die Arbeitsvorbereitung das Kernthema. Dazu werden Schalungssystem, Schalungshaut und Zubehörmaterialien beschrieben.

Der Fokus im Kapitel 7 liegt auf der Bauausführung. Neben den Schalarbeiten, Bewehrungsarbeiten, Betonierarbeiten und Oberflächenbehandlungen wird auf die Visual Mock-ups und Musterflächen des M+ Museum eingegangen.

Die Qualität der Betonoberfläche wird in Kapitel 8 behandelt. Dabei wird auf Soll Zustand, Ist Zustand, Soll-Ist-Vergleich und Betoninstandsetzung eingegangen. Zusätzlich werden die Sichtbetonflächen der Mock-ups und Musterflächen des M+ Museum im Hinblick auf die Qualität untersucht.

Kapitel 9 schließt mit der Zusammenfassung ab. Es werden die wesentlichen Erkenntnisse dieser Masterarbeit in einer kurzen und präzisen Conclusio zusammengefasst.

Im Anhang A1 finden sich Pläne zum M+ Museum.

## 2 Grundlagen und Definitionen

Im folgenden Kapitel folgt zuerst eine Beschreibung zum Projekt M+ Museum. Danach wird ein Überblick der Sichtbetonregelwerke geschaffen und es werden Sichtbetondefinitionen und Begriffsdefinitionen anhand der in Österreich relevanten Regelwerke näher erklärt. Zum Schluss wird auf die Regelwerke des Projekts M+ Museum eingegangen.

### 2.1 West Kowloon Cultural District – M+ Museum



Abbildung 2.1: M+ Museum for visual culture <sup>3</sup>

Das M+ Museum für visuelle Kunst und Kultur ist einer der Grundpfeiler für das langerwartete Kulturzentrum, in dem neu entwickelten West Kowloon Cultural District (WKCD) in Hong Kong. Der Fokus des Museums liegt auf Kunst, Design, Architektur und bewegten Bildern des 20ten und 21ten Jahrhunderts von Hongkong, China und jenseits von Asien.

Das von den Schweizer Architekten Herzog & de Meuron, den Londoner Architekten TFP Farrells und dem Ingenieurbüro Ove Arup & Partners HK designte und entwickelte Gebäude wird mit einer ca. 60.000 m<sup>2</sup> großen Gesamtbruttofläche und einem hohen Anteil an Sichtbetonflächen als ein neues städtebauliches Wahrzeichen am Victoria Harbour gelten. Der schlanke, längliche und semi-transparente Turm des M+ wird Platz für Bildungseinrichtungen, Museum Büros und für ein öffentliches Restaurant bieten. In dem horizontalen und schwebend wirkenden Teil des

<sup>3</sup> <http://www.westkowloon.hk/en/mplus/m-building>. Datum des Zugriffs: 20.12.2016.

Gebäudes unterhalb des Turmes befinden sich unterschiedliche Galerie-räume, deren Anforderungen und Funktionalität flexibel gestaltet werden können. Im Erd- und den Untergeschossen erfolgt der Zugang zum M+ Museum über Parkanlagen oder der anderen umliegenden WKCD Gebäuden. Hier sind ein öffentliches Informationszentrum, Kinos, Flächen für den Einzelhandel, ein weiterer Speisebereich und der Funktionstrakt untergebracht.

Die Eröffnung des M+ Museum ist, mit einem geplanten Gesamtkostenbudget von 5 Milliarden HK\$ (Hongkong Dollar), umgerechnet ca. 621 Millionen Euro, für 2019 geplant.



Abbildung 2.2: M+ Museum am Victoria Harbour<sup>4</sup>

In Abbildung 2.2 ist das M+ Museum am Ufer des Victoria Harbour zu sehen. Abbildung 2.3 gibt Einblick in die Innenarchitektur und zeigt den Kern des Gebäudes mit der großen Anzahl an Sichtbetonflächen für EG, 1 UG und 2 UG.

<sup>4</sup> <http://www.westkowloon.hk/en/mplus/m-building>. Datum des Zugriffs: 20.12.2016.



Abbildung 2.3: Found Space, M+ Museum<sup>5</sup>

Untenstehend ist das M+ Museum Model dargestellt.



Abbildung 2.4: Model M+ Museum [Schmid]

<sup>5</sup> <http://www.westkwoon.hk/en/mplus/m-building>. Datum des Zugriffs: 20.12.2016.



## 2.2 Überblick der Sichtbetonregelwerke

Normen, Richtlinien und Merkblätter sind für Sichtbetonarbeiten essenziell. Die Ausschreibung, Ausführung und Beurteilung von Bauleistungen hat unter Berücksichtigung von Gesetzen, Verordnungen, Erlässen (Weisungen), Normen, Richtlinien, Merkblättern etc. statt zu finden.

Anhand der in Abbildung 2.5 hierarchischen Darstellung technischer Regeln ist ein Zusammenhang zwischen den Faktoren

- Flexibilität,
- Detaillierungsgrad,
- Verbindlichkeit und
- Gültigkeitsdauer zu sehen.

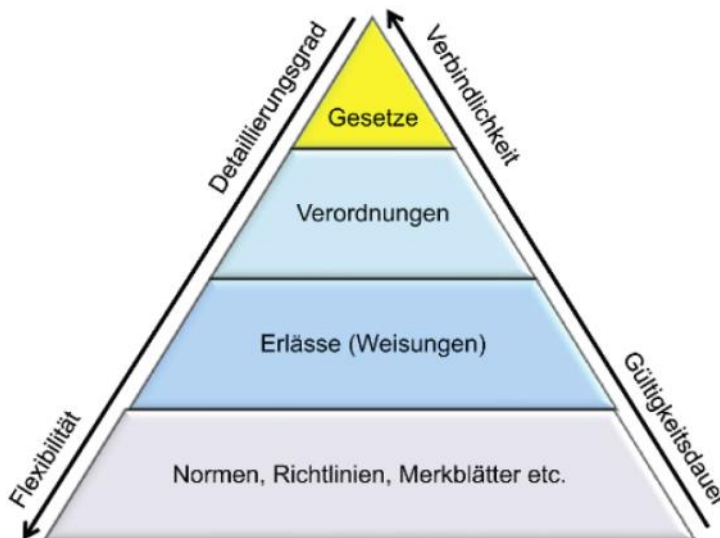


Abbildung 2.5: Schematische Darstellung der Hierarchie technischer Regeln [Hofstadler]<sup>6</sup>

Betrachtet man die Flexibilität und den Detaillierungsgrad der technischen Regeln, ist festzustellen, dass diese von den Gesetzen zu den Normen, Richtlinien, Merkblätter etc. zunehmen. Hingegen nimmt die Verbindlichkeit und die Gültigkeitsdauer der technischen Regeln von den Normen, Richtlinien, Merkblätter etc. zu den Gesetzen hin zu.

Deutlich zu erkennen sind die Gesetze an der Spitze der Hierarchie, die maßgebend für Verordnungen und Erlässe (Weisungen) sind. Normen, Richtlinien, Merkblätter etc. hingegen gelten grundsätzlich nur nach ein-

<sup>6</sup> HOFSTADLER, C. (2008). Schalarbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 215.

vernehmlicher vertraglicher Vereinbarung. In Sonderfällen kann der Gesetzgeber jedoch Normen oder Teile von Normen als verbindlichen Vertragsbestandteil erklären. Normen, Richtlinien und Merkblätter werden in kürzeren Zeitintervallen überarbeitet, um Wissensfortschritte und Neuerungen bei Vorschriften und Gesetzen zu berücksichtigen.

Weiters ist es von Interesse, den Zusammenhang zwischen Wissensstand und Verbreitung des Wissensstandes genauer zu betrachten. Hierbei spielen die Begriffe „Stand von Wissenschaft und Technik“, „Stand der Technik“ und „Allgemein anerkannte Regeln der Technik“ eine große Rolle.

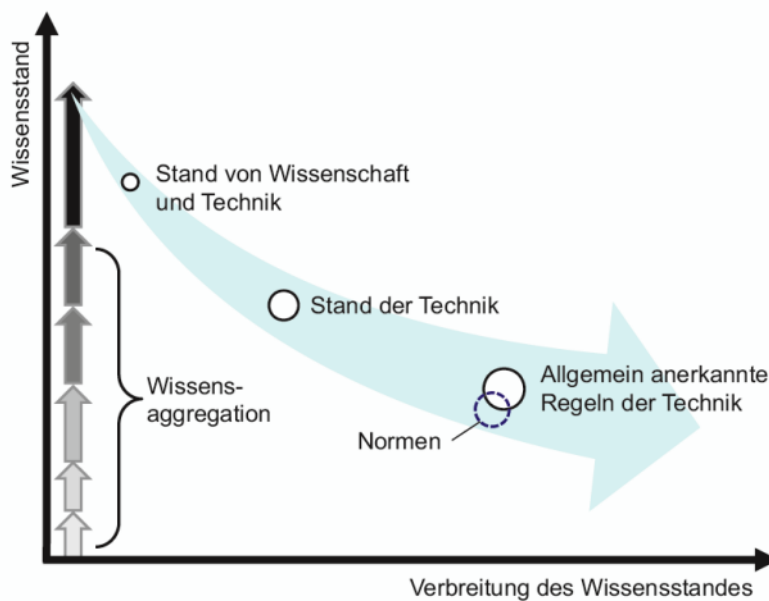


Abbildung 2.6: Wissensstand und Wissensverbreitung [Hofstadler] <sup>7</sup>

Der „Stand von Wissenschaft und Technik“ verfügt über neue Erkenntnisse, neue Entwicklungen und neue Technologien, welche zu Beginn nur einer begrenzten Anzahl von Personen bekannt ist. Anhand von wissenschaftlichem Austausch, Symposien, Forschungsprojekten und Normungstätigkeiten verbreitet sich dieses Wissen und wird dadurch zum „Stand der Technik“, welcher in Vornormen zu finden ist. Der Inhalt von Normen kann grundsätzlich als „Allgemein anerkannte Regeln der Technik“ betrachtet werden, wobei zu beachten ist, dass „Allgemein anerkannte Regeln der Technik“ üblicherweise hinreichend erprobt sind und

<sup>7</sup> HOFSTADLER, C. (2008). Schalarbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 216.

sich in der Praxis bewährt haben, was bei Normen nicht unbedingt immer zutrifft.

Zum Vergleich können Merkblätter und Richtlinien Wissen von „Allgemein anerkannte Regeln der Technik“, „Stand der Technik“ und „Stand von Wissenschaft und Technik“ beinhalten.

Im deutschsprachigen Raum beschäftigen sich folgende wesentliche Normen, Richtlinien und Merkblätter mit dem Thema Sichtbeton:

Es wird immer nur die aktuellste Version von Norm, Richtlinie oder Merkblatt angeführt.

#### Österreich <sup>8</sup>

- ÖNORM B 2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten – Werkvertragsnorm (Ausgabe 1.6.2009)
- Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (ÖVBB), Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen (Ausgabe 18.11.2009)
- Österreichische Vereinigung für Beton- und Fertigteilwerke (VÖB), Richtlinie Sichtbeton für Fertigteile aus Beton und Stahlbeton (Ausgabe März 2009)
- ÖNORM 4710-1 Beton – Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis (Ausgabe 2007)
- ÖNORM EN 13670 – Ausführung von Tragwerken aus Beton (Ausgabe 15-04-2010)
- Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS), RVS 13.61 – Instandsetzung von Kunstbauten
- Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS), RVS 8B.06.1 – Beton und Stahlbeton
- Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wannen“ (Ausgabe März 2009)
- Merkblatt „Selbstverdichtender Beton“

<sup>8</sup> Vgl. HOFSTADLER, C. (2008). Schalarbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 218f.

## Deutschland <sup>9</sup>

- DIN 18217 – Betonflächen und Schalungshaut (Ausgabe 12/1981)
- Deutscher Beton- und Bautechnik Verein (DVB) und Bundesverband Deutscher Zementindustrie e.V. (BDZ), Merkblatt Sichtbeton (Fassung Juni 2015)
- Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. (FDB), Merkblatt Nr. 1 über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton (Ausgabe 06/2015)
- Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. (FDB), Merkblatt Nr. 8 über Betonfertigteile aus Architekturbeton (Ausgabe 01/2009)

## Schweiz <sup>10</sup>

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

### 2.2.1 ÖNORM B 2211:2009

Nachfolgend wird die ÖNORM B 2211:2009 betrachtet, da sie die wichtigste Norm zum Thema Sichtbeton in Österreich darstellt.

#### 2.2.1.1 Sichtbetondefinition

Im Vergleich zu der Ausgabe ÖNORM B 2211:1986 enthält die 2009 Fassung keine Definitionen für Sichtbeton.

Jedoch beschreibt die ÖNORM B 2211:2009 den Anwendungsbereich folgendermaßen:

*„Diese ÖNORM enthält Verfahrens- und Vertragsbestimmungen für die Ausführung von Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten. Unter diesen werden sowohl an Ort und Stelle als auch aus Fertigteilen hergestellte Konstruktionen verstanden. Ausgenommen sind Untertagebauarbeiten gemäß ÖNORM B 2203 (alle Teile), Spezialtiefbauarbeiten gemäß ÖNORM B 2279 sowie die Herstellung und Verarbeitung von Spritzbeton gemäß RL ÖBBV Spritzbeton und Herstellung von Bauwer-*

ÖNORM B 2211:2009 ist eine Werkvertragsnorm für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, welche auch Bestimmungen für Sichtbeton enthält.

<sup>9</sup> Vgl. HOFSTADLER, C. (2008). Schularbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 217f.

<sup>10</sup> Vgl. HOFSTADLER, C. (2008). Schularbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 220.

ken gemäß Merkblättern „Schutzschichten für den erhöhten Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke“ sowie „Unterwasserbetonsohlen (UWBS)“. Ausgenommen sind weiters zementgebundene Bauweisen, für die eigene Werkvertragsnormen oder Richtlinien bestehen, wie z. B. Estriche nach ÖNORM B 2232 oder Betonfahrbahndecken gemäß RVS 08.17.02.“<sup>11</sup>

### 2.2.1.2 Begriffe

#### Arbeitsfuge:

„Fuge, die aus rein arbeitstechnischen Gründen durch Unterbrechung des Betoniervorganges, z. B. bei Betonwänden und -decken, entsteht“<sup>12</sup>

#### Grat:

„durch Schalungsstöße entstehende linienförmige Unebenheit, die die Gebrauchstauglichkeit oder den optischen Gesamteindruck beeinträchtigt“<sup>13</sup>

## 2.2.2 ÖVBB Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen 2009

Nachfolgend wird die ÖVBB Richtlinie – Geschalte Betonflächen betrachtet, da sie die bedeutendste Richtlinie in Österreich darstellt.

### 2.2.2.1 Sichtbetondefinition

Die ÖVBB Richtlinie definiert den Sichtbeton folgendermaßen:

„[...] regelt die Herstellung von geschalten Betonflächen mit bestimmten Anforderungen, die sich aus der architektonische Gestaltung und/oder aus technischen Kriterien ergeben. Die Richtlinie gilt für mit Schalhaut gestaltete Betonflächen, die sichtbar bleiben (Sichtbeton).“<sup>14</sup>

<sup>11</sup> vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 3.

<sup>12</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 6.

<sup>13</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 6.

<sup>14</sup> vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 2.

### 2.2.2.2 Begriffe

#### Anforderungsklasse:

*„in dieser Richtlinie vordefinierte, zusammenfassende Festlegung der Anforderungen für die Planung, Ausschreibung und Ausführung von Sichtbetonbauteilen bzw. Sichtbetonflächen“<sup>15</sup>*

#### Anker:

*„Verbindung zwischen Schalung und Konterschalung zur Aufnahme des Frischbetondrucks“<sup>16</sup>*

#### Ankerloch:

*„verbleibende Öffnung in der Betonoberfläche“<sup>17</sup>*

#### Ankerraster:

*„geometrische Anordnung der Anker in der Betonoberfläche“<sup>18</sup>*

#### Arbeitsfuge:

*„Fuge zwischen Betonierabschnitten (vertikal und horizontal)“<sup>19</sup>*

#### Aufhängestelle:

*„Befestigung zur Aufhängung von Konsolen, Gerüsten oder Kletterelementen“<sup>20</sup>*

---

<sup>15</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>16</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>17</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>18</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>19</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>20</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

**Betonierabschnitt:**

*„in einem Arbeitsgang hergestellter Betonbauteil“<sup>21</sup>*

**Betonhersteller:**

*„für die Herstellung und Lieferung von Beton verantwortliches Unternehmen“<sup>22</sup>*

**Betonverwender:**

*„für den Einbau und die Nachbehandlung des Frischbetons verantwortliches Unternehmen“<sup>23</sup>*

**Bewehrungsgrad:**

*„Verhältnis zwischen Bewehrungsmasse und Betonvolumen“<sup>24</sup>*

**Farbtongleichmäßigkeit:**

*„Maß für die Abweichung des Farbtons innerhalb einer definierten Fläche“<sup>25</sup>*

**Feinmörtelaustritt:**

*„Austritt von Zementleim/Feinmörtel an Undichtigkeiten der Schalung und an Bauteilanschlüssen“<sup>26</sup>*

**Grat:**

*„durch Schalungsstöße entstehende linienförmige Unebenheit“<sup>27</sup>*

---

<sup>21</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>22</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>23</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>24</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>25</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>26</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>27</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

**Kiesnest:**

„Fehlstelle an der Betonoberfläche, z.B. durch austretenden Zementleim/Feinmörtel und/oder Freilegung der groben Gesteinskörnung“<sup>28</sup>

**Marmorierung / Wolkenbildung:**

„wolken- oder streifenförmige Farbtonunterschiede der Betonfläche“<sup>29</sup>

**Musterfläche:**

„zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbarte Betonfläche zur Festlegung des gewünschten Aussehens“<sup>30</sup>

**Objektschalung:**

„Schalung optimiert zur Herstellung eines spezifischen Objekts (Bauteils) mit speziell dazu passenden Elementgrößen und -formen“<sup>31</sup>

**Porigkeit:**

„Anteil offener Poren von 1 mm bis 15 mm Durchmesser an einer Prüf-  
fläche von 50 x 50 cm“<sup>32</sup>

**Probefläche:**

„Vom Auftragnehmer ohne Vereinbarung ausgeführte Betonfläche zur Festlegung des Zusammenwirkens von Stoffen und Hilfsmitteln an der Betonfläche“<sup>33</sup>

---

<sup>28</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>29</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>30</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>31</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>32</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>33</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.



**Rahmenabdruck:**

*„geordneter Abdruck an der Betonfläche, bedingt durch den Rahmen von Schalungselementen“<sup>34</sup>*

**Referenzbauwerk:**

*„Zum Vergleich der Eigenschaften von Betonoberflächen herangezogenes Bauwerk. Abhängig von Ort, Alter, Herstellungsbedingungen u. dgl. sind Referenzbauwerke nur in einzelnen Kriterien bedingt zur Beschreibung erwarteter Eigenschaften geeignet.“<sup>35</sup>*

**Referenzfläche:**

*„eine Betonfläche an einem Referenzbauwerk“<sup>36</sup>*

**Rüttelgasse**

*„Ausparung innerhalb der Bewehrung und/oder zwischen Bewehrung und Einbauten zum Einbringen von Innenrüttlern. Die Anordnung der Betonieröffnungen und der Rüttelgassen sowie die Größe der Betonierabschnitte“<sup>37</sup>*

**Schalungselement:**

*„aus Schalhaut, Rahmen oder Trägern und ev. Gurtung gefügtes vorgefertigtes und als Ganzes versetztes Element“<sup>38</sup>*

**Schalungselementstoß:**

*„Trennfläche zwischen Schalungselementen“<sup>39</sup>*

---

<sup>34</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3

<sup>35</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>36</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 3.

<sup>37</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>38</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>39</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

**Schalhaut:**

*„Formgebende und texturbestimmende Materialschichte. Im Allgemeinen ist dies eine Schalungsplatte.“<sup>40</sup>*

**Schalhautstoß:**

*„Stoß von Schalhäuten in einem Schalungselement“<sup>41</sup>*

**Schalungsgrad:**

*„Das Verhältnis zwischen geschalter Fläche und Betonvolumen. Zur Schalungsfläche wird hier nur die betonberührte Fläche gezählt. Der Schalungsgrad kann für einzelne Bauteile, Bauteilgruppen oder für das ganze Bauwerk berechnet werden.“<sup>42</sup>*

**Schalungsmusterplan:**

*„planliche Darstellung der Betonflächengeometrie von beispielhaften Bauteilen mit Angaben zu Schalungssystem, Schalungselmentgrößen, Ankerstellen, Betonierabschnitten, Arbeitsfugen u. dgl.“<sup>43</sup>*

**Schalungssystem:**

*„Systemrahmenschalung, Systemträgerschalung oder Objektschalung“<sup>44</sup>*

**Schleppwassereffekte**

*„an der Betonfläche sichtbare Kanäle, Verästelungen und Verfärbungen durch partielle Wasserabsonderung“<sup>45</sup>*

---

<sup>40</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>41</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>42</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>43</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>44</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>45</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

### Schüttlage:

*„Frischbetonschicht, die in einem Arbeitsgang eingebracht wird.“<sup>46</sup>*

### Sichtbetonklasse:

*„in dieser Richtlinie vordefinierte, zusammenfassende Festlegung der Anforderungsklassen für die Planung, Ausschreibung und Ausführung von Sichtbetonbauteilen bzw. Sichtbetonflächen“<sup>47</sup>*

### Sichtbetonteam

*„Koordinationsteam für die Ausführung der Sichtbetonarbeiten, bestehend aus Planer (Architekt, Tragwerksplaner), örtlicher Bauaufsicht und Ausführenden (Beton, Schalung, Trennmittel, Einbau)“<sup>48</sup>*

### Sonderklasse:

*„frei Festlegung der klassenbildenden Anforderungen für die Planung, Ausschreibung und Ausführung von Sichtbetonbauteilen bzw. Sichtbetonflächen“<sup>49</sup>*

### System- Rahmenschalung:

*„Schalungssystem mit universell nutzbaren Systemabmessungen (Raster) mit eingepassten Schalungsplatten und vorgegebenen Ankerraster“<sup>50</sup>*

### System- Trägerschalung:

*„Schalungssystem mit universell nutzbaren Systemabmessungen (Raster) mit vorgefertigten Schalungselementen aus Systemträgern, Gurtung*

---

<sup>46</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>47</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>48</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>49</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>50</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

*und Rüstung und wählbaren Schalhäuten, die Ankerung erfolgt im Systemraster in der Fläche des Schalungselements“<sup>51</sup>*

**Textur:**

*„Beschaffenheit der Betonfläche gemäß gewählter Schalhaut bzw. nachträglicher Oberflächenbearbeitung“<sup>52</sup>*

**Trennmittel:**

*„Mittel zum Erleichtern des Ausschalens“<sup>53</sup>*

**Versatz in der Arbeitsfuge:**

*„Überstand zwischen zwei benachbarten Betonierabschnitten aus der Fläche“<sup>54</sup>*

**Versatz im Elementstoß:**

*„Betonüberstand zwischen benachbarten Schalungselementen“<sup>55</sup>*

<b>2.3 Projektbezogen</b>
---------------------------

Es sind alle gesetzlichen Vorschriften, die generelle standardisierte Leistungsbeschreibung „Architectural Service Department General Specification for Building 2012“, sowie die im Bauvertrag festgelegten Normen anzuwenden. Aufgrund des britischen Einflusses und der geringen zur Verfügung stehenden Normen für Sichtbeton in Hong Kong, wird im Leistungsverzeichnis auf die nachfolgend erwähnten Britischen und Amerikanischen Normen zurückgegriffen, welche einschließlich, aber nicht beschränkt einzuhalten sind:

---

<sup>51</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>52</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>53</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>54</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

<sup>55</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 4.

• BS 5975:2008	Code of practice for temporary works procedures and the permissible stress design of falsework
• BS 8500-1:2006	Concrete. Complementary British Standard to BS EN 206-1. Method of specifying and guidance for the specifier
• BS 8500-2:2006	Concrete. Complementary British Standard to BS EN 206-1. Specification for constituent materials and concrete
• BS EN 197-1:2000	Cement. Composition, specifications and conformity criteria for common cements
• BS EN 206-1: 2000	Concrete. Specification, performance, production and conformity
• BS EN 1992	Design of concrete structures. General rules and rules for buildings
• BS EN 12350:2009	Testing fresh concrete. Sampling
• BS EN 12390:2009	Testing hardened concrete. Making and curing specimens for strength tests
• BS EN 12812:2004	Falsework. Performance requirements and general design
• BS EN 13139: 2002	Aggregates for mortar
• BS EN 13369: 2004	Common rules for precast concrete products
• ASTM C779	Standard Test Method for Abrasion Resistance of Horizontal Concrete Surfaces
• ASTM C805	Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete

Die Abkürzung BS steht für British Standard.

ASTM steht für American Society for Testing and Materials.

### 3 BIM und herkömmliche Arbeitsprozesse

Das folgende Kapitel befasst sich mit den Ablaufprozessen, welche in konventionelle Abläufe und modifizierte Abläufe aufgeteilt behandelt werden. Im Anschluss wird das System BIM allgemein ausgearbeitet und danach am Beispiel M+ Museum ergänzt.

#### 3.1 Ablaufprozesse für Sichtbetonarbeiten

Bei der Herstellung von Sichtbetonbauten können Ablaufprozesse zum einen in konventionelle Abläufe<sup>56</sup> und zum anderen in modifizierte Abläufe<sup>57</sup> eingeteilt werden.

Beim konventionellen Ablauf (Abbildung 3.1) werden meist die verschiedenen Arbeitsschritte isoliert und Schritt für Schritt ausgeführt. Infolge dessen treten in den Schnittstellen der Planung, der Ausschreibung, Angebotserstellung, Zuschlag und Ausführung Unklarheiten auf, welche große Auswirkungen auf die Qualität des Sichtbetons haben. Die fehlende Rückkopplung zu den einzelnen Arbeitsschritten, die häufig unzureichend beschriebene zu erbringende Leistung und die in der Regel Nichtvereinbarung von Musterflächen sind im Endergebnis des eigentlichen Sichtbetonbauteils wiederzufinden und könnten sich womöglich nicht mit den Vorstellungen des Auftraggebers decken.

<sup>56</sup> Vgl. HOFSTADLER, C. (2008). Schularbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 228.

<sup>57</sup> Vgl. HOFSTADLER, C. (2008). Schularbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 230.

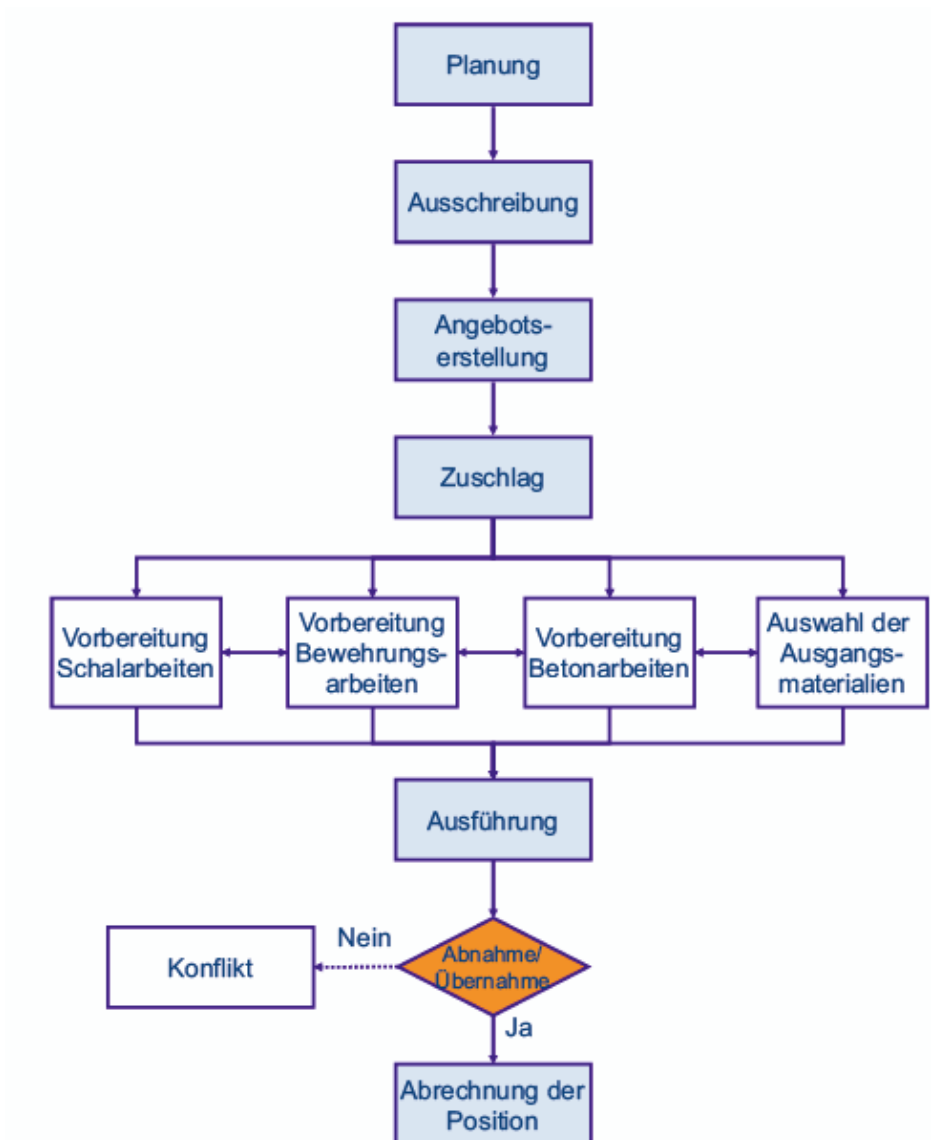


Abbildung 3.1: Sichtbeton – herkömmlicher Ablauf [Hofstadler]<sup>58</sup>

<sup>58</sup> HOFSTADLER, C. (2008). Schalarbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 229.

Gegenüberstellend ist der modifizierte Ablauf, dargestellt in Abbildung 2.2, der im Vergleich zum Konventionellen eine Sichtbetonkoordination von der Planung bis zur Abnahme vorsieht. Zudem wird eine systematische Koordination der verschiedenen Baubeteiligten und Arbeitsphasen angestrebt. Ziel ist es die Problematik bei den Schnittstellen sowie der fehlenden Information und Koordination zu verbessern, um so die architektonisch anspruchsvollen Anforderungen ausreichend genau zu planen, die Ausschreibung exakt zu formulieren und im Zuge der Ausführung dementsprechend umzusetzen.

Eine wichtige Rolle dabei spielt der Sichtbetonkoordinator, der beginnend von der Planungsphase dem Planer beratend zur Seite steht. Zu seinen Aufgaben zählen:

- die Vorstellungen des Architekten auf deren Realisierung zu prüfen
- die Auswahl von Schalungssystemen festzulegen
- den Kostenrahmen aufzuzeigen
- unterstützende Beratung in der Ausschreibungsphase
- stichprobenartige Kontrolle im Zuge der Ausführung, sowie Beratung des Auftragnehmers und Auftraggebers
- beratende Unterstützung zur Nachbehandlung

Ist mit Hilfe des Sichtbetonkoordinators die Planung und Ausschreibung abgeschlossen, beginnt die Kalkulation und Angebotserstellung der Bieter basierend auf einer eindeutigen und vollständigen Leistungsbeschreibung. Bei etwaigen Unklarheiten wird Rücksprache mit Auftraggeber bzw. Koordinator gehalten. Der mit dem Zuschlag bedachte Bieter beginnt mit der Arbeitsvorbereitung. Idealerweise ist die Herstellung von Musterflächen vereinbart um so die Anforderungskriterien beurteilen zu können. Unter Mitwirkung des Koordinators erfolgt die Ausführung des Sichtbetonbauteils und als letzter Ablaufprozess die Nachbehandlung bzw. der Schutz.



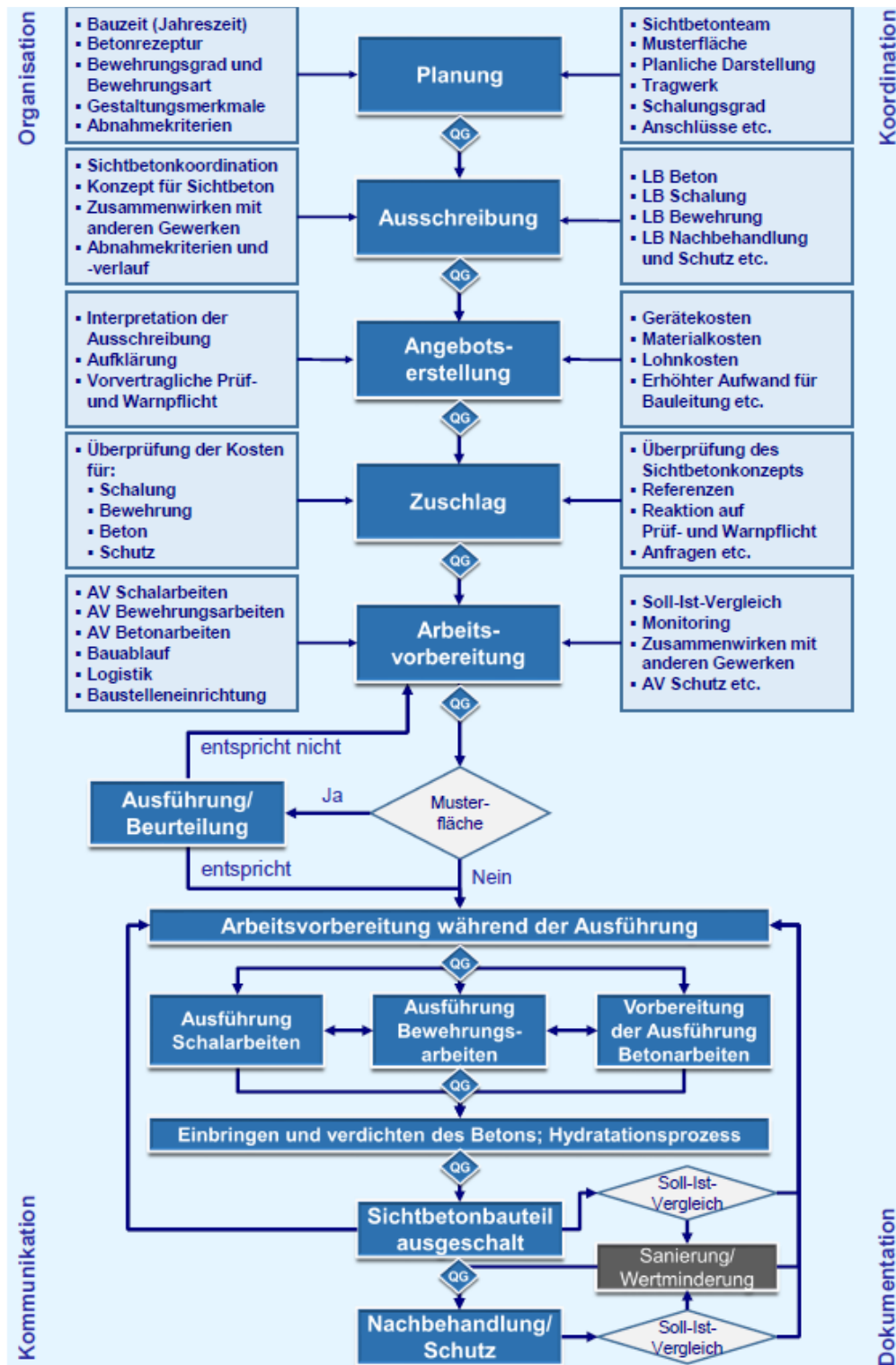


Abbildung 3.2: Sichtbeton – modifizierter Ablauf [Hofstadler]

Einen weiteren Ansatz in Bezug auf Koordination von Bauprozessen und Abläufen bietet aktuell das in der Baubranche immer häufiger verwendete Werkzeug BIM welches in Kapitel 3.2 näher betrachtet wird.

## 3.2 BIM

### 3.2.1 Allgemeines

BIM bedeutet ausgeschrieben „Building Information Modeling“ und beschreibt den integrierten Prozess der Planung mit Fokus auf objekt- und bauteilorientierter Modellbildung und Informationsaustausch. BIM wird auch als *„Methode zur vernetzen und kooperativen Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden anhand eines von allen Beteiligten genutzten dreidimensionalen Gebäudemodells, in welchem zusätzliche Informationen, etwa über Quantitäten, Qualitäten und Kosten, hinterlegt sind“*<sup>59</sup> beschrieben.

BIM wird häufig mit 3D Planung/3D Modell in Verbindung gebracht. Doch dabei handelt es sich nicht um eine reine 3D Softwarelösung sondern der Begriff BIM ist eine neue Planungsmethode im Bauwesen, die mit Hilfe digitaler Darstellungen alle physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks enthalten und eine interdisziplinäre, gewerkübergreifende Planung und durchgängige Kommunikation mit sämtlichen Baubeteiligten schaffen soll. Traditionell erfolgt die Kommunikation und der Datentransfer in einem Projekt von einem Projektbeteiligten zum Nächsten, wohingegen BIM auf eine zentrale Informationsbasis aufbaut. Dieser Ansatz wird nachfolgend in Abbildung 2.3 und Abbildung 2.4 modellhaft dargestellt.

<sup>59</sup> Vgl. ANDERL, T.; MARBOE, P.: BIM- Rechtliche Grundlagen nach österreichischem Recht in den Bereichen Vergabe- und Bauwerksvertragsrecht. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. S.120.

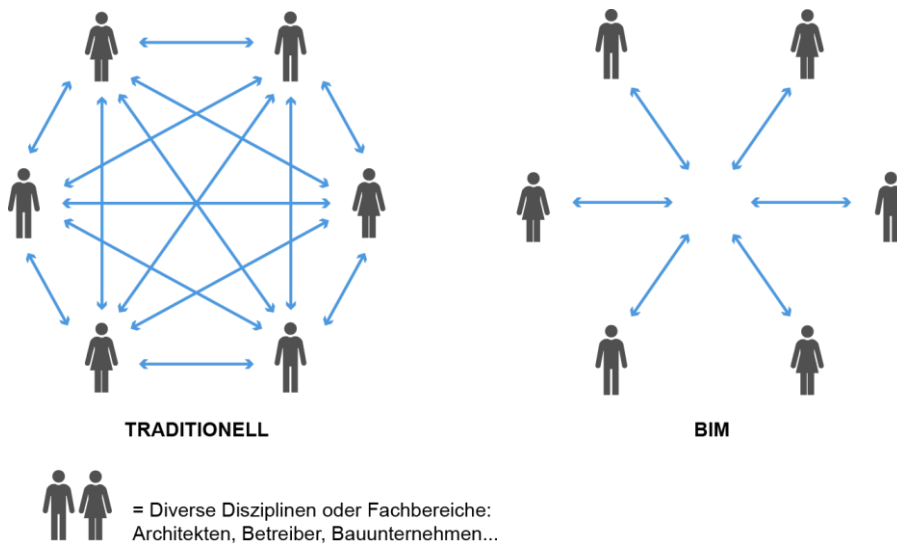


Abbildung 3.3: Vergleich des Informationsaustausches zwischen Traditioneller- und BIM- Arbeitsweise <sup>60</sup>

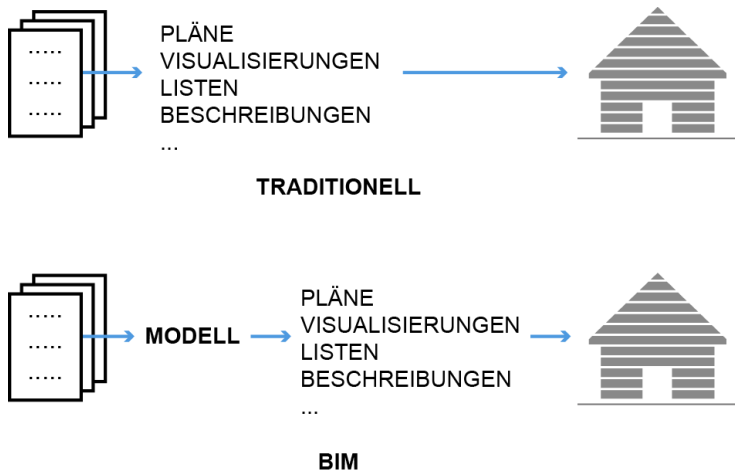


Abbildung 3.4: Extraktion aus einer zentralen Informationsbasis (BIM Modell) <sup>61</sup>

<sup>60</sup> Vgl. PRZYBYLO, J.: BIM – Einstieg kompakt. S. 2.

<sup>61</sup> Vgl. PRZYBYLO, J.: BIM – Einstieg kompakt. S. 3.

Die BIM Planung beschäftigt sich mit 3D, 4D und 5D. Um komplexe Projekte zu realisieren ist es notwendig eine Planung in 3D vorzusehen, da nur 3D Objekte exakte Informationen (Länge, Breite, Höhe, Aufbau von Bauteilen) liefern, welche im Vergleich zur 2D Planung nicht darstellbar sind.

Das 4D beschreibt die Komponente Zeit und verknüpft das 3D Modell mit Terminen der Bauplanung und Bauzeiten, um so interaktiv Baufortschritte anzuzeigen oder auf Abweichungen früh möglichst reagieren zu können.

Beim 5D werden weitere Daten und Prozesse, wie Mengenermittlungen mit Ausgabe in Leistungsverzeichnisse, Kalkulation, automatisches Auslösen von Bestellungen, Erfassen von tatsächlich verbauten Material, Abrechnung und Hinterlegen von Informationen für Inbetriebnahme und Wartung, mit dem 3D Modell verknüpft.<sup>62</sup>

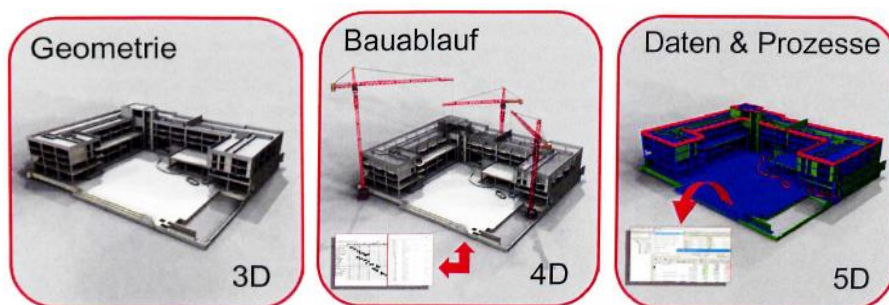


Abbildung 3.5: 3D, 4D und 5D Modell<sup>63</sup>

### 3.2.2 Rechtliche Herausforderungen in Österreich

Im internationalen Vergleich mit Staaten wie den USA, Niederlanden, Großbritannien oder Belgien ist BIM in Österreich noch nicht sehr weit verbreitet.<sup>64</sup> Für diesen Sachverhalt sind verschiedene Faktoren verantwortlich. Zum einen ist ein gewisser Investitionsaufwand erforderlich, welcher sich z.B. in Anschaffungs-, Folge- und Schulungskosten aufteilt. Für kleine und mittlere Architektur- und Ingenieurbüros kann dies eine existentielle unternehmerische Entscheidung sein. Zum anderen gibt es noch Entwicklungsbedarf für die Kompatibilität der verschiedenen am

<sup>62</sup> Vgl. KESSOUDIS,K.; PETROVIC,H.: Prozessintegration: Von 3D-BIM zu 5D. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. S.77ff.

<sup>63</sup> KESSOUDIS,K.; PETROVIC,H.: Prozessintegration: Von 3D-BIM zu 5D. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. S.77ff.

<sup>64</sup> Vgl. ANDERL,T.; MARBOE,P.: BIM- Rechtliche Grundlagen nach österreichischem Recht in den Bereichen Vergabe- und Bauwerksvertragsrecht. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. S.120.

Markt verfügbaren Softwarepakete und deren BIM-Modelle. Des weitern werden in Österreich die Bereiche Planung und Ausführung strikt voneinander getrennt, was den Gedanken der integrierten Planung erschwert.<sup>65</sup>

### Grundlagen im Vergaberecht

Momentan gibt es noch keine Gesetzesbestimmungen für die BIM-Methode, jedoch muss diese mit den vergaberechtlichen Grundsätzen übereinstimmen. Es muss das Prinzip der Gleichbehandlung der Bewerber und Bieter und das Gebot des freien, lauterer und fairen Wettbewerbs eingehalten werden. Um das Gesetz der Gleichbehandlung zu gewährleisten, ist verpflichtend eine eindeutige, vollständige und neutrale Leistungsbeschreibung zu erstellen. Genau dort entsteht die Herausforderung beim Einsatz von BIM. Wird vom öffentlichen Auftraggeber (AG) die Verwendung von BIM, zur Erstellung technischer Spezifikationen, verpflichtend vorgeschrieben, würde dies den Kreis der Bieter bzw. Bewerber einschränken und der AG muss dies sachlich begründen. Zusätzlich würde gewissen Bietern Vor- oder Nachteile entstehen, was unzulässig ist. Um dennoch BIM einsetzen zu können, besteht die Möglichkeit auf Seiten des AG eine bestimmte BIM Software für alle Bewerber und Bieter zu gleichen Bedingungen zur Verfügung zu stellen. Alternativ könnte der AG auch nur das herstellungsunabhängige IFC- Datenformat (Industry Foundation Classes) vorgeben, wodurch ein Informationsaustausch von unterschiedlichen Planungsprogrammen möglich ist. Eine weitere Herausforderung bei der Verwendung von BIM besteht bezüglich der Honorarrichtlinie, da die Honorarordnung für Architekten (HOA) ein sequentielles Modell vorsieht, wohingegen BIM einen integralen Ansatz bietet. Als Lösung könnte die HOA als Leitlinie angesehen und an die BIM Bedürfnisse angepasst werden.<sup>66</sup>

### Grundlagen im Bauwerksvertragsrecht

Durch den integralen Prozess der Planung ist bei BIM Projekten eine stärkere Kooperation aller Vertragspartner erforderlich, was sich auch auf die Rechtsverhältnisse aller Beteiligten auswirkt. Grundlage ist eine BIM- spezifische Leistungsbeschreibung, welche unter anderem das Leistungs-Soll des virtuellen Gebäudemodells, sowie inhaltliche Vorrau-

<sup>65</sup> Vgl. ANDERL,T.; MARBOE,P.: BIM- Rechtliche Grundlagen nach österreichischem Recht in den Bereichen Vergabe- und Bauwerksvertragsrecht. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. S.120ff.

<sup>66</sup> Vgl. ANDERL,T.; MARBOE,P.: BIM- Rechtliche Grundlagen nach österreichischem Recht in den Bereichen Vergabe- und Bauwerksvertragsrecht. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. S.122ff.

setzungen mit Meilensteinen, ein technisches Regelbuch für die Detailtiefe der Modelle, Datenformate, usw. beinhaltet. Anstelle einer Aneinanderreihung und Aufsummierung einzelner Planungsleistungen werden durch den interdisziplinären Planungsprozess sämtliche Planungsleistungen ineinander und miteinander verbunden, sodass das fertige virtuelle Gebäudemodell ein gemeinsames Leistungsergebnis aller Vertragspartner darstellt. Was die Frage aufwirft, ob der AG ein Vertragsverhältnis mit sämtlichen Beteiligten eingeht oder jeweils separate Verträge mit den unterschiedlichen Beteiligten abschließt. Die Varianten Mehrparteienvertrag, separate Verträge und die Zwischenlösung stehen zur Verfügung, die nachfolgend erläutert werden.<sup>67</sup>

Beim Mehrparteienvertrag gibt es nur 2 Vertragssphären, was bedeutet, dass der AG nur einen Vertrag mit sämtlichen Planungsbeteiligten, die sich gemeinsam oder in vergesellschafteter Form organisieren, abschließt. Vorteile von solch einem Mehrparteienvertrag liegen teilweise auf Seiten des AG, da dieser die einheitliche BIM-Leistung nicht in verschiedenen Leistungsbeiträge aufteilen und voneinander abgrenzen muss und er seine Haftung gegenüber einem einzelnen, einigen oder allen Vertragspartnern geltend machen kann. Zu anderem sind solche Verträge jedoch komplex, bieten Schwierigkeiten in der vergaberechtlichen Umsetzung, sind in der Abwicklung gegenüber Änderungen äußerst unflexibel und erschweren die Möglichkeit zur Auflösung einzelner Vertragspartner.<sup>68</sup>

Die zweite Variante stellen separate Verträge dar, die sich im anglo-amerikanischen Raum durchgesetzt haben. Hierbei muss besonders auf die Vernetzung bzw. Abstimmung aller Beteiligten geachtet werden. Der AG kann daher BIM-Richtlinien oder Vertragsbestimmungen festlegen, welche zum Gegenstand sämtlicher Verträge werden und Unstimmigkeiten, Problemfelder regeln und als vertragliches Bindeglied dienen. Jedoch führen separate Verträge zu separaten Leistungsbeschreibungen und zur isolierten Handhabung gegenüber Leistungsstörungen der einzelnen Planungsbeteiligten, was der „BIM Idee“ für ein gemeinschaftliches Leistungsergebnis aller Planungsbeteiligten, widerspricht. Beispiele für separate Verträge sind das „BIM Addendum“ oder das „AIA Building Information Modelling and Digital Data Exhibit“.<sup>69</sup>

<sup>67</sup> Vgl. ANDERL,T.; MARBOE,P.: BIM- Rechtliche Grundlagen nach österreichischem Recht in den Bereichen Vergabe- und Bauwerksvertragsrecht. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. S.126ff.

<sup>68</sup> Vgl. ANDERL,T.; MARBOE,P.: BIM- Rechtliche Grundlagen nach österreichischem Recht in den Bereichen Vergabe- und Bauwerksvertragsrecht. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. S.127ff.

<sup>69</sup> Vgl. ANDERL,T.; MARBOE,P.: BIM- Rechtliche Grundlagen nach österreichischem Recht in den Bereichen Vergabe- und Bauwerksvertragsrecht. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. S.128ff.

Als dritte Variante bieten sich die Zwischenlösungen an, welche als eine Kombination von Mehrparteienvertrag und separaten Verträgen verstanden werden kann. Der AG beauftragt lediglich einen Generalplaner bzw. Generalübernehmer, der eine einheitliche BIM Leistung erbringt, jedoch einzelne Planungsleistungen diversen Subunternehmern übergibt. Als weitere Zwischenlösung könnte ein BIM- Manger oder BIM- Koordinator eingesetzt werden, der für das gesamte Projekt die Leistungserbringung durch sämtliche Beteiligte koordiniert.<sup>70</sup>

### 3.2.3 BIM in der Schalungstechnik

Die Schalungstechnik ist stark mit der Planung, Arbeitsvorbereitung und Errichtung von Bauwerken aus Beton verbunden und kann somit einen erheblichen Anteil auf den Bauablauf und die Kostenstruktur eines Projektes haben. Diesbezüglich ist es sinnvoll die Schalung als festen Bestandteil eines BIM Modells zu integrieren.

Der Güteschutzverband Betonschalungen Europa e. V. hat in Kooperation mit den in der BIM-Technologie führenden Bauunternehmen eine Datenaustauschstruktur entworfen, welche die Entwicklungsstufen von modellbasierten Planungen im Bereich der Schalungstechnik definiert. Mit dieser Datenaustauschstruktur soll zwischen den an Planungs- und Ausführungsprozessen Beteiligten eine Grundlage für eine produktneutrale und standardisierte Kommunikation geschaffen werden. Diese Entwicklungsstufen werden LOD<sup>FT</sup> (Level of Development Formwork Technologies) genannt und orientieren sich an der klassischen Prozessstruktur eines Bauunternehmens. Ziel ist es, die Schalungsplanung bereits in frühen Projektphasen einer Bauorganisation einzubinden, um eine Bewertung der Bauleistung in Bezug auf Kosten, Termine, Qualitäten und Arbeitsschutz prognostizieren zu können. Die LOD<sup>FT</sup> sind in 5 Stufen gegliedert und beinhalten die jeweilige schalungstechnische Bauwerksinformation. Beginnend mit der Entwicklungsstufe LOD<sup>FT</sup> 100 steigt mit fortschreitender Entwicklungsstufe bzw. Projektbearbeitung der Detaillierungsgrad der Schalungsplanung. In Entwicklungsstufe LOD<sup>FT</sup> 100 befindet sich das Projekt in der Phase der Akquisition und die Eingabewerte beschränken sich seitens der Schalungsplanung auf Schalungstechnische Hilfswerte (Machbarkeit) und Referenzdaten. Folgend können in der Entwicklungsstufe LOD<sup>FT</sup> 200 für die Projektphase Angebot und Bauvertrag, die Eingabewerte der Schalungsplanung (projektbezogene Preis- und Ausführungsrichtwerte), sowie eine grobe Leistungsbeschreibung erstellt werden. In Entwicklungsstufe LOD<sup>FT</sup> 300 befindet

<sup>70</sup> Vgl. ANDERL,T.; MARBOE,P.: BIM- Rechtliche Grundlagen nach österreichischem Recht in den Bereichen Vergabe- und Bauwerksvertragsrecht. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. S.130.

sich das Projekt in der Phase zwischen Definition von Bau-Soll und Ausführungsplanung, in der seitens der Schalungsplanung die Eingabewerte für Preis- und Ausführungsrichtwerte verfeinert werden und die Art des Schalungssystems mit Leistungsbeschreibung und Vorhaltemenge mit Bezug auf die Vorgangsdauer bestimmt wird. Mit nachfolgender Entwicklungsstufe LOD<sup>FT</sup> 400 und der Projektzwischenphase Ausführungsplanung und Arbeitsvorbereitung wird eine vollständige Einsatzplanung generiert. Die Eingabewerte von LOD<sup>FT</sup> 300 werden bis ins Detail weiter entwickelt und ein Vertrag für die Schalungslieferung soll finalisiert werden. Die letzte Entwicklungsstufe LOD<sup>FT</sup> 500 beinhaltet den Vertrag für die Schalungslieferung mit vertragskonformer, detaillierter Schalungseinsatzplanung, geometrischer Darstellung von Schalungs- und Rüstobjekten sowie Zusatzinformationen.<sup>71</sup>

Jedoch ist bei der BIM-Arbeitsweise, die regen Anklang in der Baubranche findet, auch eine gewisse Unsicherheit, nicht nur aufgrund mangelnder Praxis, in allen Sphären vorhanden. Speziell in der Zusammenarbeit zwischen Schalungsfirma und Bauunternehmen können folgende Schwierigkeiten bzw. Unsicherheiten für die Schalungstechnik aufgezeigt werden:<sup>72</sup>

- Gewisses Misstrauen vom Kunden aufgrund Know-how Transfer und infolge mangelnde Zusammenarbeit, nur bedingter Zugriff auf Bauwerksdaten
- Keine Bereitstellung von brauchbaren 3D Daten
- Fehlende Schnittstellen bzw. Austauschformate, Weiterbearbeitung von Scans und Screenshots schwierig
- „Garbage in- Garbage out“, falls das Datengrundmodell bereits Schwächen und Mängel beinhaltet, können diese nur bedingt kompensiert werden
- hohe Softwareintensität, da große Vielfalt an BIM Software Anbietern
- generelle Kostenintensität für die Angebotsplanung

Es besteht auf diesem Gebiet sicher noch Forschungsbedarf, doch die BIM-Methodik bietet großes Potenzial für Effizienzsteigerungen im Planungs- und Ausführungsprozess. Jedoch können diese Prozessverbesserungen nur erreicht werden, wenn alle Projekt- und Prozessbeteiligten im Building Information Modelling interagieren.

<sup>71</sup> Vgl. MOTZKO, C.; LINNENBACHER, F.; LÖW, D.: Strukturierung digitaler Arbeitsmethoden in der Schalungsplanung. In: Ernst & Sohn Special 2015 BIM- Building Information Modeling, 11/2015. S.115ff.

<sup>72</sup> Vgl. BITTNER, M.; JANKER, S.; STIFT, H.; HOFMARCHER, M.: Simulationsgestützte Angebotsplanung in der Schalungstechnik. In: Ernst & Sohn Special 2015 BIM- Building Information Modeling, 11/2015. S.119.



### 3.3 BIM M+ Museum

Das West Kowloon Cultural District Hongkong M+ Museum Projekt ist in Zusammenarbeit mit dem Londoner Architekturbüro Farrells und den international gelobten Schweizer Architekten Herzog & de Meuron geplant worden. Für die gesamte Planung verwendeten sämtliche Planungsbeteiligte das Softwareprogramm Revit, um die insgesamt 3 BIM Modelle zu erstellen. Diese teilten sich in ein

- Architektonisches BIM Modell,
- Konstruktives BIM Modell,
- Elektro- und Haustechnik BIM Modell auf.

Vertraglich wurde die Planungsleistung der BIM Modelle bis zur Entwicklungsstufe LOD<sup>FT</sup> 300 festgelegt. Anschließend wurden diese BIM Modelle dem ausführenden Bauunternehmen übergeben und gleichzeitig damit beauftragt diese BIM Modelle während der Ausführungsphase bis zur Stufe LOD<sup>FT</sup> 500 weiterzuentwickeln. Zusätzlich sind nach Projektabschluss alle BIM Modelle für Wartungs- und Instandhaltungszwecke dem Facility Management des Bauherrn zu übermitteln.

Während der Planungsphase wurden, im Abstand von einem Monat, innerhalb der Planungsteams der verschiedenen Gewerke, Konfliktanalysen Reports erstellt, um so Unstimmigkeiten zwischen den 3 BIM Modellen erkennen zu können und diese zu beheben. Des weiteren ist das ausführende Bauunternehmen angehalten während der Ausführungsphase diese Konfliktanalysen Reports weiterzuführen. Kritische Aspekte der Planung oder Ausführung wurden in wöchentlichen Workshops diskutiert und gegebenenfalls Maßnahmen gesetzt.

Das ausführende Bauunternehmen hatte vertraglich ein 4D Simulationsmodell zu erstellen um die Bauablaufplanung für Haupt- und vorübergehende Baumaßnahmen darzustellen. Monatlich wurde dieses 4D Modell von den Architekten, beratenden Ingenieuren und den Vertretern des Bauherrn geprüft. Alle 2D Ausführungszeichnungen wurden vom dem Bauunternehmen aus dem 3D BIM Modell erzeugt, während gleichzeitig das 3D Modell als Referenz für die Überwachung und Überprüfung dem Architekten- und Ingenieurteam diente.

Für die Ausführungsplanung der Schalung entschloss sich das Bauunternehmen auf die Zusammenarbeit bzw. Hilfestellung von bekannten Schalungsherstellern zu verzichten und entschied sich für eine intern entwickelte BIM Schalungsplanung. Bei der Ausführung der Musterbauteile, wie später in Kapitel 8.4.2 gezeigt, musste aber festgestellt werden, dass die geforderten Qualitätsziele teilweise nicht erreicht werden konnten.

## 4 Ausschreibung

Die Ausschreibung ist ein wichtiger Schlüsselfaktor, um ein gewünschtes Sichtbetonergebnis zu erhalten. Anhand der Ausschreibung sollen alle Anforderungen an den Sichtbeton eindeutig, vollständig, technisch richtig und unter Einhaltung der gesetzlichen Richtlinien und Rechtsvorgaben beschrieben werden.

Das Bundesvergabegesetz (BVerG) 2006 beschreibt den Begriff Ausschreibung wie folgt:

*„**Ausschreibung** ist die an eine bestimmte oder unbestimmte Zahl von Unternehmen gerichtete Erklärung des Auftraggebers, in der er festlegt, welche Leistung er zu welchen Bestimmungen erhalten möchte (Bekanntmachung, Aufruf zum Wettbewerb, Ausschreibungs-, Wettbewerbs- und Auktionsunterlagen, Beschreibung der Bedürfnisse und Anforderungen beim wettbewerblichen Dialog).“<sup>73</sup>*

Die Grundsätze der Ausschreibung gemäß ÖNORM A 2050 können wie folgt zusammengefasst werden:<sup>74</sup>

- Die Bekanntmachung der Leistungen muss rechtzeitig erfolgen, damit die Fristen dieser ÖNORM eingehalten werden können. Außer es wurden Verfahren ohne vorherige Bekanntmachung oder eine Direktvergabe angewandt.
- Die Vergleichbarkeit der Angebote muss anhand der Ausschreibungsunterlagen sichergestellt werden.
- Die Preise müssen ohne umfangreiche Vorarbeiten und ohne Übernahme nicht kalkulierbarer Risiken von den Bietern ermittelt werden können.
- Die umschriebene Leistung in der Ausschreibung darf keinem Bieter im vorhinein Wettbewerbsvorteile verschaffen.
- Der AG kann mehrere Zuschlagskriterien an das technisch und wirtschaftlich günstigste Angebot oder ein Zuschlagskriterium an das Angebot mit dem niedrigsten Preis wählen. Sind keine Zuschlagskriterien angegeben, gilt das Angebot mit dem niedrigsten Preis.
- Zu den Zuschlagskriterien zählen Preis, Lieferfrist bzw. Ausführungsdauer, Rentabilität, Qualität, Ästhetik und Zweckmäßigkeit,

<sup>73</sup> BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH (2006), 17. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2006 – BVerG ,2006. §2.10.

<sup>74</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2006), ÖNORM A 2050 – Vergabe von Aufträgen über Leistungen, S. 15.

Umwelteigenschaften, technischer Wert, Kundendienst oder zukünftige Folgekosten.

**4.1 Grundlagen für die Ausschreibung**

**4.1.1 Vertragsbestimmungen**

Bauverträge und deren damit verbundenen rechtlichen Rahmenbedingungen für die Erstellung von Ausschreibungsunterlagen für Sichtbetonarbeiten werden üblicherweise unter Verwendung von ÖNORM B 2110:2009 oder ÖNORM B 2118:2009-06 geregelt. Nachfolgend wird in Abbildung 4.1 näher darauf eingegangen:

ÖNORM B 2110:2009 und ÖNORM B 2118:2009-06 befassen sich mit den allgemeinen Angaben zur Leistungsbeschreibung, jedoch wurde letztere nur für Großprojekte konzipiert.

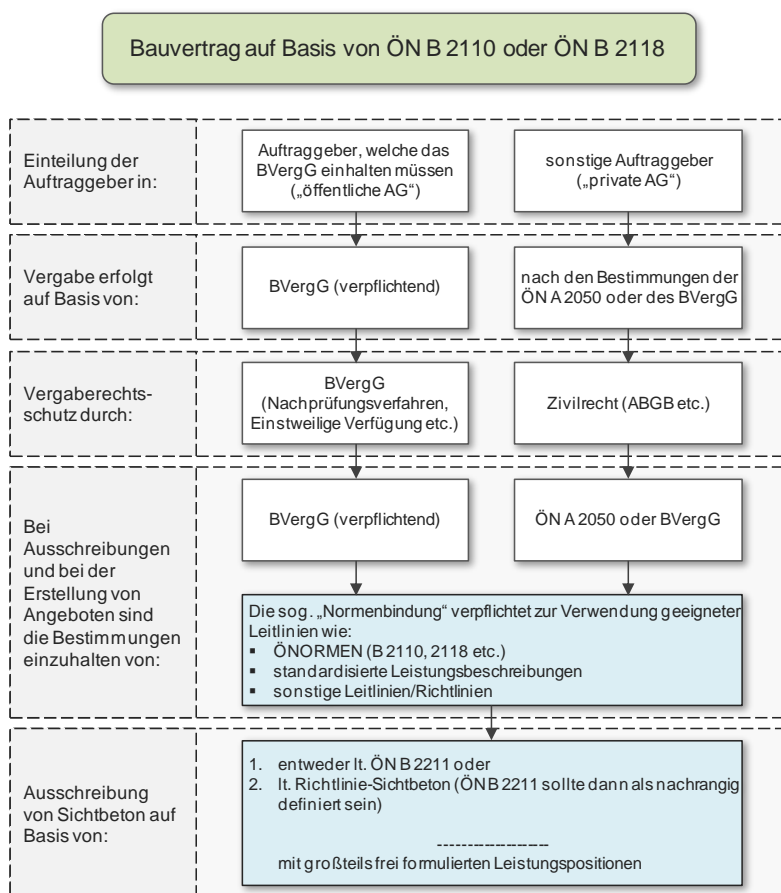


Abbildung 4.1: Bauvertrag auf Basis von ÖNORM B 2110 oder ÖNORM B 2118 [Hofstadler]<sup>75</sup>

<sup>75</sup> HOFSTADLER,C; SCHIEDER,A.: Leitfaden Sichtbeton – Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S. 10.

Der Verzicht auf die Verwendung von ÖNORM B 2110:2009 oder ÖNORM B 2118:2009-06 ist möglich aber nicht empfehlenswert. Dieser Fall ist in Abbildung 4.2 dargestellt:

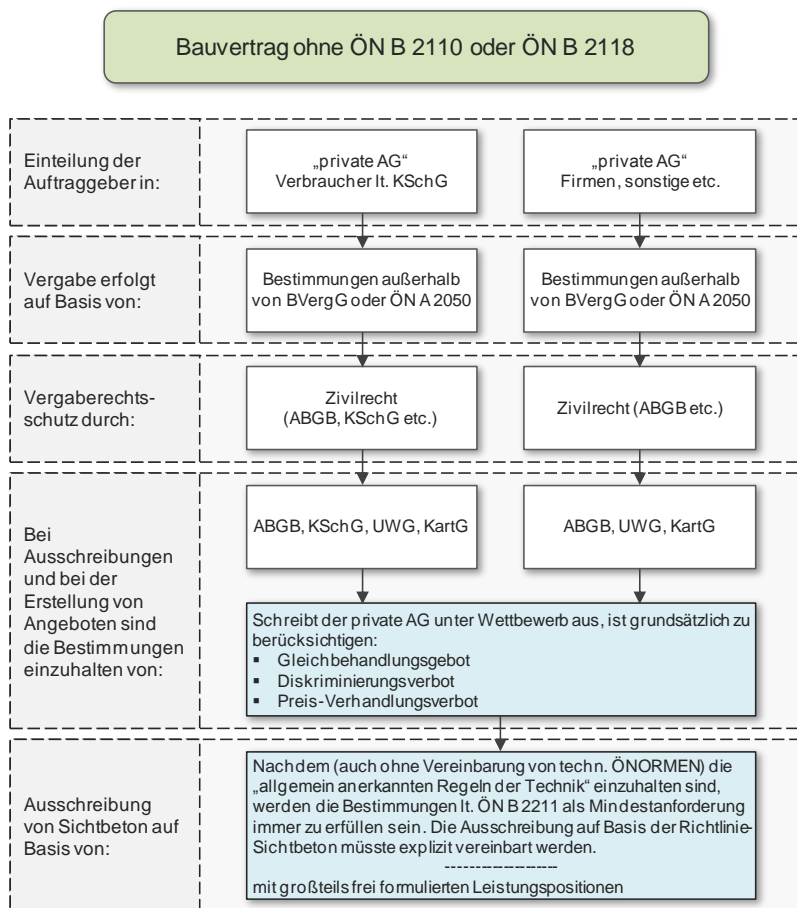


Abbildung 4.2: Bauvertrag ohne ÖNORM B 2110 oder ÖNORM B 2118 [Hofstadler] <sup>76</sup>

Werden Bauverträge auf Basis von ÖNORM B 2110:2009 oder ÖNORM B 2118:2009-06 vereinbart, sind diesbezüglich die Bestimmungen der ÖNORM A 2050 oder des BVerG 2006 einzuhalten. Im Detail jeweils in deren Kapitel 4 Verfahrensbestimmungen zu finden:

*„Bei Ausschreibungen und bei der Erstellung von Angeboten sind die Bestimmungen der ÖNORM A 2050 oder des BVerG 2006 einzuhalten. Weiters sind die ÖNORMEN B 2061, B 2062, B 2063, B 2111, B 2114*

<sup>76</sup> HOFSTADLER,C; SCHIEDER,A.: Leitfaden Sichtbeton – Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S. 11.

*und alle einschlägigen Werkvertragsnormen der ÖNORM-Serien B 22xx und H 22xx zu beachten.“<sup>77</sup>*

Somit besteht bei Bauabwicklungen auf Basis von ÖNORM B 2110:2009 oder ÖNORM B 2118:2009-06 bei öffentlichen AG, welche an das BVerG gebunden sind, und bei sonstigen AG, welche an das BVerG oder an die ÖNORM A 2050 gebunden sind, bei der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen und Leistungsbeschreibungen kein Unterschied. Folgende 3 Ausschreibungsvarianten sind in Österreich möglich:

- Auf Basis der ÖNORM B 2211:2009
- Auf Basis der Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen:2009
- Auf sonstiger Basis

#### **4.1.2 Ziel und Wegbeschreibung**

Zu den Grundlagen der Ausschreibung zählen auch die Begriffe Ziel- und Wegbeschreibung, welche hier erklärt werden. Ein Ziel ist ein definierter und angestrebter Endpunkt eines Prozesses und ist häufig mit dem Erfolg eines Projektes verknüpft. Die Zielbeschreibung definiert das gewünschte Endergebnis, ohne die Anforderungen des Wegs zu bestimmen. Zielbeschreibungen können in Verbindung mit Sichtbeton in harte und weiche Ziele unterschieden werden. Eindeutig messbare Anforderungen wie Fugenbreite, Porigkeit, Ebenheit, usw. können in harte Ziele eingeteilt werden. Zu den weichen Zielen zählen zum Beispiel Farbgleichheit oder Gesamteindruck und sind nicht eindeutig verifizierbar. Aufgrund einer reinen Zielbeschreibung hat der Auftragnehmer in Bezug auf die Produktionsfaktoren (Arbeit, Betriebsmittel, Stoffe, usw.) freie Wahl, um die Qualitätsziele zu erreichen.

Gegenüberstellend kann die Wegbeschreibung die Art und Weise sowie die Umstände der Leistungserbringung formulieren, um den Weg konkret festzulegen, wie das angestrebte Ziel zu erreichen ist. Dabei gibt die Wegbeschreibung dem Auftragnehmer elementare und dispositive Produktionsfaktoren vor, die im nächsten Unterkapitel 4.1.2.1 genauer erläutert werden.

Im Vergleich der beiden zentralen österreichischen Regelwerken, ÖNORM B 2211:2009 und der Richtlinie Sichtbeton- Geschalte Betonflächen: 2009 sind die behandelten Gestaltungsmerkmale der ÖNORM als Zielformulierungen zu betrachten. Im Gegensatz dazu kann die Richtlinie Sichtbeton bei genauerer Betrachtung als eine Kombination von Ziel-

<sup>77</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009), ÖNORM B2110 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen, S.10.

und Wegvorgaben angesehen werden. Aufgrund der verschiedenen Vorgabemöglichkeiten entsteht auch unterschiedliches Potenzial für Mehrkostenforderungen und Einschränkung der Gewährleistung. Wird zum Beispiel eine Sichtbetonfläche mit hoher Anforderung laut ÖNORM B 2211:2009 ausgeschrieben, werden die Sichtbetonarbeiten nur am gelieferten Erfolg gemessen (ÖNORM bezieht sich auf Zielvorgaben) und der Auftragnehmer schuldet uneingeschränkte Gewährleistung. Werden jedoch vom Auftraggeber Wegbeschreibungen (Vorgabe von Schalungssystem, Schalhaut, Trennmittel, usw.) vorgegeben, erhöht sich das Risiko für den Auftraggeber eine Mitverantwortung für das Endergebnis zu tragen. Somit schuldet der Auftragnehmer demnach nicht mehr uneingeschränkte Gewährleistung.<sup>78</sup>

Nachfolgend ist in der Tabelle 4.1, Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 die Ziel bzw. Wegbeschreibung zu den einzelnen Gestaltungsmerkmalen angeführt.

S	ÖNORM B 2211:2009		
	Gestaltungsmerkmale	Zielbeschreibung	Wegbeschreibung
Z	[A]	[B]	[C]
1	Porigkeit	✓	
2	Struktur; Elementstoß	✓	
3	Farbgleichheit	✓	
4	Arbeitsfugen	✓	
5	Ebenheit	✓	
6	Musterflächen	✓	

Tabelle 4.1 Ziel- Wegbeschreibung der Gestaltungsmerkmale in der ÖNORM B 2211:2009

<sup>78</sup> Vgl. HOFSTADLER,C.; SCHIEBER,A.: Leitfaden Sichtbeton- Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S.27ff.

S	Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen:2009		
	Gestaltungsmerkmale	Zielbeschreibung	Wegbeschreibung
Z	[A]	[B]	[C]
1	Abstimmung im Planungsprozess	✓	✓
2	Gliederung der Betonoberfläche	✓	✓
3	Porigkeit	✓	
4	Farbtongleichmäßigkeit	✓	
5	Farbe	✓	✓
6	Ebenheit der Betonfläche	✓	
7	Ausbildung von Arbeitsfugen	✓	
8	Schalungselementstoß	✓	
9	Schalhautstoß	✓	
10	Kantenausbildung	✓	
11	Ankerstelle	✓	
12	Verschluss der Ankerlöcher	✓	
13	Ausbildung von Aufhängestellen	✓	
14	Befestigungsart der Schalhaut	✓	
15	Schalhautzustand	✓	
16	Trennmittleinsatz	✓	✓
17	Schalungssystem	✓	✓
18	Textur	✓	
19	Musterflächen	✓	✓
20	Sichtbetonteam	✓	✓
21	Gütezeichen „Fachbetrieb für Sichtbeton“	✓	✓

Tabelle 4.2 Ziel- Wegbeschreibung der Gestaltungsmerkmale in der Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen:2009

S	M+ Museum		
	Gestaltungsmerkmale	Zielbeschreibung	Wegbeschreibung
Z	[A]	[B]	[C]
1	Abstimmung im Planungsprozess	✓	
2	Gliederung der Betonoberfläche	✓	
3	Porigkeit	✓	
4	Farbtongleichmäßigkeit	✓	
5	Farbe		
6	Ebenheit der Betonfläche	✓	
7	Ausbildung von Arbeitsfugen	✓	
8	Schalungselementstoß	✓	
9	Schalhautstoß	✓	
10	Kantenausbildung	✓	
11	Ankerstelle	✓	
12	Verschluss der Ankerlöcher	✓	
13	Ausbildung von Aufhängestellen		
14	Befestigungsart der Schalhaut	✓	
15	Schalhautzustand	✓	
16	Trennmittleinsatz	✓	
17	Schalungssystem	✓	✓
18	Textur	✓	✓
19	Musterflächen	✓	✓
20	Sichtbetonteam		

Tabelle 4.3 Ziel- Wegbeschreibung der Gestaltungsmerkmale beim Projekt M+ Museum

Die Reihenfolge und Bezeichnung der Gestaltungsmerkmale in Tabelle 4.3 ist an die Richtlinie Sichtbeton- Geschalte Betonflächen:2009 angelehnt obgleich sich die Anordnung und Bezeichnungen in der Leistungsbeschreibung M+ Museum von der Richtlinie unterscheiden. Die detaillierten Gestaltungsmerkmale und Anforderungen des M+ Museums sind im Kapitel 5.2 zu finden.



#### 4.1.2.1 Produktionsfaktoren

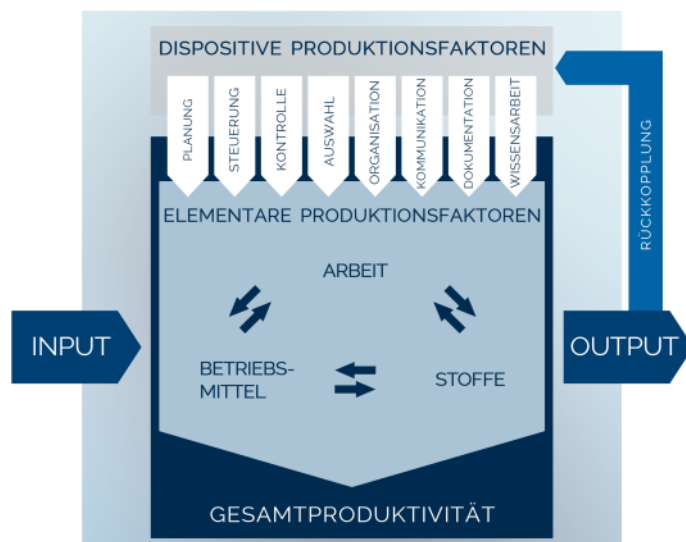


Abbildung 4.3: Kombination der Produktionsfaktoren [Hofstadler] <sup>79</sup>

Wie in Abbildung 4.3 gezeigt setzen sich die dispositiven Produktionsfaktoren aus Planung, Steuerung, Kontrolle, Auswahl, Organisation, Kommunikation, Dokumentation und Wissensarbeit zusammen, welche nun genauer erklärt werden.

Die **Planung** soll eine optimale Kombination von Produktionsfaktoren definieren, um ein wirtschaftliches Bauwerk herstellen zu können. Mit der **Steuerung** werden die geplanten Produktionsfaktoren umgesetzt. Durch die **Kontrolle** sollen Abweichungen früher erkannt werden, um effizienter auf die Ursachen reagieren zu können. Die **Auswahl** legt Art und Anzahl der Produktionsfaktoren fest. Die Produktivität der Produktionsfaktoren wird von der **Aufbau- und Ablauforganisation** stark beeinflusst. Die **Kommunikation** kann mündlich, schriftlich und elektronisch erfolgen. Die **Dokumentation** spielt für spätere Beurteilungen und Vergleiche eine wichtige Rolle. Zur **Wissensarbeit** zählt fachliches Wissen, Kenntnis über Arbeitsmethoden, Generierung von Wissen und Zuführung zum Wissensspeicher sowie vernetztes Denken. <sup>80</sup>

Diese acht Faktoren stellen für die nachfolgend genannten elementaren Produktionsfaktoren Arbeit, Betriebsmittel und Stoffe wichtige Operatoren dar, um geringe Herstellungskosten erzielen zu können.

<sup>79</sup> HOFSTADLER,C. (2014): Produktivität im Baubetrieb- Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 15.

<sup>80</sup> Vgl. HOFSTADLER,C.(2014): Produktivität im Baubetrieb- Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 22.

- **Arbeit:**  
objektbezogene menschliche Arbeitsleistung sowie Handlungsanweisungen wie Arbeitsabläufe auszuführen sind (z.B. Zeitpunkt der Trennmittelaufbringung)
- **Betriebsmittel:**  
sind alle Einrichtungen, Anlagen und die zu verwendeten Geräte sowie Hilfs- und Betriebsmittel (Energie). Bauwirtschaftliche Geräte wie Schalung und Rüstung werden laut ÖBGL bestimmt
- **Stoffe:**  
sind Baustoffe, Halb- und Fertigerzeugnisse, die für die Herstellung von Erzeugnissen dienen z.B. Betonrezeptur, Bewehrung, Trennmittel, Abstandhalter

Aufbauend von Abbildung 4.3 stellt der Produktionswürfel in Abbildung 4.4 eine Weiterentwicklung dar.



Abbildung 4.4: Produktionswürfel [Hofstadler]

HOFSTADLER erweitert hier die bisher bekannten Produktionsfaktoren um folgende 5 weitere Faktoren:

- **Bauzeit:**

Um Vertragsziele zu erfüllen, kann über die Bauzeit auf den erforderlichen Einsatz der Produktionsfaktoren geschlossen werden. Dabei kann durch Vorgabe der Bauzeit die Kosten und Preisbildung beeinflusst werden. Jedoch können auch zu kurze bzw. zu lange Bauzeiten zu Produktionsverlusten und höheren Kosten führen, da die Produktivität von Arbeitskraft und Maschine bei zu kurzer Zeit überschritten wird. Zusätzlich kann auch die Qualität durch zu kurze Bauzeiten negativ beeinflusst werden. Aufgrund des Termindrucks können Qualitätseinbußen beim Herstellungsprozess von Sichtbeton durch eine ungenaue Arbeitsvorbereitung, unsaubere Bauausführung und mangelnde Schutzmaßnahmen hervorgerufen werden. Bei der Erstellung des Gesamtterminplans ist auch besonders die Witterung sowie die Jahreszeit zu berücksichtigen, da sie einen deutlich höheren Einfluss auf Sichtbetonarbeiten, als auf Stahlbetonarbeiten ohne Anforderungen an das Aussehen haben.

Abbildung 4.5 stellt den qualitativen Zusammenhang zwischen der Bauzeit, der Produktivität und den Herstellkosten aus Sichtweise des Bieters bzw. Auftragnehmers her.

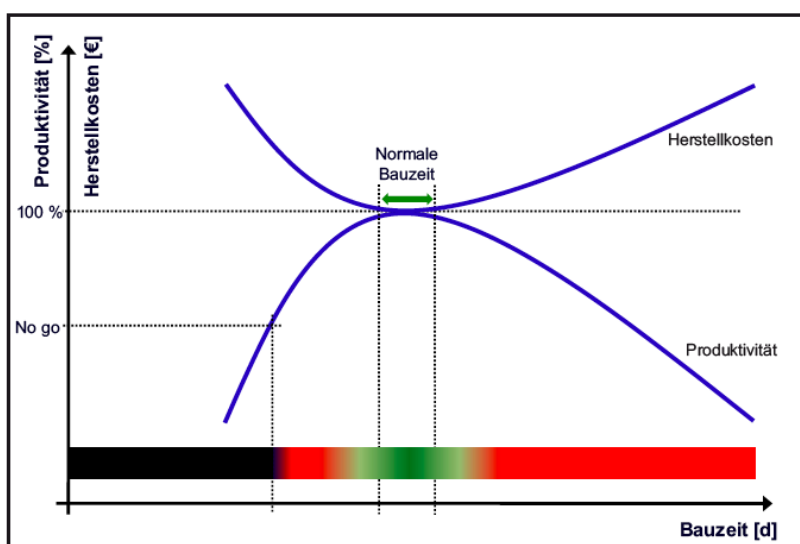


Abbildung 4.5: Qualitativer Zusammenhang von Bauzeit, Produktivität und Herstellkosten [Hofstadler] <sup>81</sup>

<sup>81</sup> HOFSTADLER, C. (2014): Produktivität im Baubetrieb- Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S.39.

- **Qualität und Quantität:**

Unterschiedliche Qualitätsanforderungen an Sichtbetonarbeiten erfordern mehr oder weniger aufwendige Arbeitsmethoden und haben so Einfluss auf die Produktivität. Um hohe Qualitätsanforderungen erreichen zu können, ist dementsprechend ein hoher Aufwand in Form von Zeit und Kosten einzusetzen, was sich wiederum auf die Gesamtproduktivität auswirkt. Anhand der Sichtbetonklasse SB4 lt. DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“ wird nachfolgend der Mehraufwand dargestellt:<sup>82</sup>

#### Abstimmung im Planungsprozess

- Minimalanforderung: DIN 18331:2012-09: VOB- Teil C
- SB4 Anforderung: zusätzlich Sichtbetonsteam zur planerischen Abstimmung der Haustechnik, der Bewehrung und Einbauteile auf die Betonierbarkeit und Festlegung der schalungstechnischen Details für Fugen, Kanten etc.

#### Gliederung der Betonoberfläche

- Minimalanforderung: gemäß DIN 18331, mit geordnetem Schalungsbild
- SB4 Anforderung: Gliederung nach Schalungsmusterplan des Planers

#### Ausführung und Qualitätssicherung

- Minimalanforderung: gemäß DIN EN 12670 in Verbindung mit DIN 1045-3
- SB4 Anforderung: zusätzlich Schalungsvorbereitung durch den Unternehmer, sichtbetontechnische Überwachung der Ausführung durch eine Fachkraft des Unternehmens und mit sichtbetontechnischem Qualitätssicherungsplan

In ähnlicher Weise wirkt sich auch die Quantität auf die Produktivität aus. Projekte mit einer großen Anzahl an Sichtbetonflächen benötigen einen weit höheren Zeit- und Kostenaufwand in Planung, Ausschreibung, Arbeitsvorbereitung und Herstellung als Projekte mit wenig Sichtbeton.

---

<sup>82</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S.40.

- **Witterung:**

Die Witterung wie Sonne, Wind, Regen und Kälte hat sehr großen Einfluss auf die Sichtbetonqualität. Extreme Temperatureinflüsse wie starke Sonneneinstrahlung oder rasche Abkühlung der Schalung verursachen Temperaturunterschiede innerhalb des Betons, was in weiterer Folge zur Rissbildung führt. Auch die Festigkeitsentwicklung des Jungbetons ist maßgebend von der Witterung bzw. Temperatur abhängig, da bei tiefen Temperaturen der Beton sehr langsam aussteift. Bei warmem Wetter besteht die Gefahr, dass der Frischbeton rasch aussteift und die gewünschte Konsistenz verliert sowie, dass bei Kälte die Abbindezeit verlängert wird, weshalb der Frischbeton unbedingt zu schützen ist. Häufig ist die Bewehrung der Witterung wie Schnee und Regen ausgesetzt, wodurch es zur Rostbildung und in weiterer Folge zu Rostflecken auf dem Sichtbeton kommt. Um das zu verhindern, ist die Anschlussbewehrung mit einer Hülle vor Regenwasser zu schützen. Eine weitere Maßnahme ist die Verwendung von verzinkter- oder Edelstahlbewehrung, welche mit einem massiven Kostenanstieg verbunden ist.

Die Sichtbetonoberfläche wirkt beim Betonieren in den kalten Wintermonaten in der Regel immer dunkler und fleckiger als beim Herstellen in den warmen Sommermonaten.<sup>83</sup>

Auch bei der Beurteilung von Sichtbeton spielt die Witterung eine Rolle. Das DBV/VDZ- Merkblatt „Sichtbeton“ gibt folgenden Rat:

*„Den Oberflächen ist ausreichend Zeit zur Abtrocknung und Vergleichmäßigkeit zu geben. Sichtbetonflächen im Außenbereich sollten nicht bei Regen oder bei Witterung mit sehr hoher relativer Luftfeuchtigkeit beurteilt werden.“<sup>84</sup>*

- **Umfeld:**

Das Umfeld ist ein weiterer wichtiger Produktionsfaktor für Sichtbetonarbeiten, welches in zwei Thematiken aufgeteilt werden kann. Zum einen ist das personenbezogene Umfeld zu betrachten. Sämtliche Projektbeteiligte können durch eine Gemeinschaftsleistung zu einem positiven Sichtbetonergebnis beitragen. Dabei sollte die Schnittstellenproblematik zwischen den mitwirkenden Personen (Bauherr, Architekt, Tragwerksplaner, Bauun-

<sup>83</sup> Vgl. HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. S.5.

<sup>84</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S.32.

ternehmern, Schalungsanbieter, usw.) so gering wie möglich gehalten werden. Betrachtet man z.B. die Bauausführung von Sichtbetonarbeiten wird deutlich, dass das Erreichen der geplanten Anforderungen an den Sichtbeton stark von den beauftragten Facharbeitern abhängt. Eine eingespielte und geschulte Arbeitskolonne für Sichtbetonarbeiten wird eine höhere Produktivität ohne Qualitätseinbußen erzielen können als Arbeitskräfte mit geringer bis keiner Erfahrung mit Sichtbeton. Aber auch unterschiedlichen Arbeitskräften (Schaler, Beweher, Betonierer) muss verdeutlicht werden, dass jeder einzelne ein wesentliches Glied der Produktionskette in Bezug auf die Qualität des Sichtbetons darstellt.

Zum anderen sind mit dem Umfeld die Baustellensituation bzw. Baustellenbedingungen gemeint. Wesentliche Aspekte dabei sind Zufahrtsmöglichkeit zur Baustelle, Verfügbarkeit des Kran bzw. Anzahl an Kränen bei Betonage mit Betonkübel, Möglichkeit bzw. Platzverhältnis zum Betonieren mit Betonpumpe, deklarierte Lagerflächen (für Rüstung, Schalung, usw.) am Baugrundstück, Einschränkungen oder besondere Anforderungen aufgrund angrenzender Stromleitungen, Bahngleisen, usw. Zusätzlich sollte auf die tageszeitbedingte Verkehrssituation in Bezug auf Liefer- und Wartezeiten geachtet werden.

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

Die Art und Form eines Bauwerks hat einen großen Einfluss auf die Arbeitsproduktivität und Kosten, da bei steigender Komplexität auch der technische und kostenmäßige Aufwand steigt. So kann bei geeigneter Form eine Fertigteilbauweise verwendet werden, welche im Gegensatz zum Ortbeton erhöhte Arbeitsproduktivität aufweist und kostensinkend wirkt. Bei sehr komplexen Bauwerken steigt der Herstellungsaufwand aufgrund der erhöhten Aufwandswerte von Bewehr-, Schal- und Betonierarbeiten, wonach mit erhöhten Baukosten zu rechnen ist. Zusätzlich sind je nach Komplexität Sonderschalungen sowie komplizierte Bewehrungsverlegearbeiten nötig, die einen erhöhten Kosten- und Materialaufwand von Schalung und Bewehrung voraussetzen.

### 4.1.3 Weitere Kriterien für die Ausschreibung

Zusätzlich zu den Vertragsbestimmungen und Ziel – und Wegbeschreibung sind für die Ausschreibung von Sichtbeton nachfolgend erwähnte Kriterien relevant: <sup>85</sup>

- Eindeutige und vollständige Beschreibung der Leistung
- Verwendung von erprobten Ausschreibungstexten (z.B. standardisierte Leistungsbeschreibung, Richtlinie Sichtbeton, Merkblatt Sichtbeton)
- Klare Formulierungen der Gestaltungskriterien
- Vereinbarung von Musterflächen
- Vereinbarung über die Führung eines Musterflächenprotokolls
- Vereinbarung über die Führung eines Sichtbetonprotokolls
- Regelungen über die Zustimmungspflicht bei der Weitergabe von Leistungen an Nachunternehmer
- Nachweis der Leistungsfähigkeit anhand von Sichtbetonreferenzen
- Angaben über den Zustand der Schalungshaut
- Angaben über geforderte Vorbehandlungsmaßnahmen der Schalungshaut
- Erstellung eines aussagekräftigen Schalungsplans
- Vereinbarung zur Abnahme/ Übernahme (Kriterien und zeitlicher Verlauf)
- Vereinbarung über den Schutz der Sichtbetonbauteile
- Vereinbarung über die Abwicklung des Stillstandes bei den Sichtbetonarbeiten bei ungeeigneter Wetterlage etc.

## 4.2 Ausschreibung M+ Museum

Bei Projekten in Hong Kong in der Größenordnung des M+ Museums werden maßgeschneiderte juristische Verträge verwendet, welche die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Vertragsbestimmungen und sämtliche Unterlagen der Ausschreibung festlegen. Aufgrund einer Geheimhaltungsklausel sind die Unterlagen der Ausschreibung M+ Museum, bis auf die Leistungsbeschreibung Sichtbeton, nicht zugänglich.

<sup>85</sup> HOFSTADLER, C. (2008). Schalarbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 222.

## 5 Leistungsbeschreibung

Die Leistungsbeschreibung stellt eine weitere wichtige Schlüsselrolle dar, um ein gewünschtes Sichtbetonergebnis zu erzielen.

Die ÖNORM A 2050 Ausgabe 2006-06-01 verwendet folgende Begriffsbestimmungen:

### **„Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis; konstruktive Leistungsbeschreibung**

*Beschreibung der zu erbringenden Leistung durch allgemeine Darstellung der Aufgabe und ein in Einzelleistungen gegliedertes Leistungsverzeichnis, erforderlichenfalls ergänzt durch Pläne, Zeichnungen, Modelle, Proben, Muster, statische Berechnungen und Hinweise auf ähnliche Leistungen.*

*Die Darstellung der Aufgabe kann bei Bauleistungen durch die Baubeschreibung erfolgen.“<sup>86</sup>*

### **„Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm; funktionale Leistungsbeschreibung**

*Beschreibung der zu erbringenden Leistung als Aufgabenstellung mit Leistungs- oder Funktionsanforderungen durch Angabe sowohl des Zwecks der fertigen Leistung als auch der an die Leistung gestellten Anforderungen in technischer, wirtschaftlicher, gestalterischer, funktionaler und sonstiger Hinsicht“<sup>87</sup>*

Gemäß BVergG 2006 § 95 kann die Beschreibung der Leistung konstruktiv oder funktional nach Wahl des AG erfolgen. Die konstruktive Leistungsbeschreibung ist in Leistungen nach zu erbringenden Teilleistungen in einem Leistungsverzeichnis aufzugliedern. Für die funktionale Leistungsbeschreibung sind die Leistungs- oder Funktionsanforderungen festzulegen bzw. zu beschreiben.<sup>88</sup>

<sup>86</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2006), ÖNORM A 2050 – Vergabe von Aufträgen über Leistungen, S. 5.

<sup>87</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2006), ÖNORM A 2050 – Vergabe von Aufträgen über Leistungen, S. 6.

<sup>88</sup> Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH (2006), 17. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2006 – BVergG ,2006. §95.



Die Grundsätze der Leistungsbeschreibung gemäß BVergG 2006 §96 können folgendermaßen zusammengefasst werden:

BVergG 2006 §96 (1) für konstruktive Leistungsbeschreibungen:<sup>89</sup>

- die Leistungen sind eindeutig, vollständig und neutral zu beschreiben
- die Vergleichbarkeit von Angeboten muss gewährleistet werden
- technische Spezifikationen müssen Bestandteil der Leistungsbeschreibung sein und können durch Pläne, Zeichnungen, Modelle, Proben, Muster und ähnlichem erweitert werden

BVergG 2006 §96 (2) für funktionale Leistungsbeschreibungen:<sup>90</sup>

- die technischen Spezifikationen müssen das Leistungsziel dementsprechend genau und neutral beschreiben, dass die Bedingungen und Umstände für die Erstellung eines Angebots erkennbar sind
- den Bewerbern und Bietern muss anhand der Leistungs- und Funktionsanforderungen eine eindeutige Vorstellung zum Auftragsgegenstand vermittelt werden und gleichzeitig dem AG eine Vergabe des Auftrages ermöglichen
- technische Spezifikationen müssen Bestandteil der Leistungsbeschreibung sein und können durch Pläne, Zeichnungen, Modelle, Proben, Muster und ähnlichem erweitert werden sofern diese beim AG vorliegen

Allgemeine Grundsätze gemäß BVergG 2006 §96 (3)ff:<sup>91</sup>

- kein Bieter darf aufgrund der umschriebenen Leistung einen Wettbewerbsvorteil im vorhinein genießen
- alle mit der Leistung verbundene allfällig zukünftig laufende bzw. anfallende Kostenfaktoren sind anzugeben, falls sie ein Zuschlagskriterium bilden
- alle Umstände (z.B. zeitliche oder örtliche, Art und Weise, usw.) der Leistungserbringung für die Ausführung und Erstellung des Angebots sind anzuführen

<sup>89</sup> Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH (2006), 17. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2006 – BVergG ,2006. §96 (1).

<sup>90</sup> Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH (2006), 17. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2006 – BVergG ,2006. §96 (2).

<sup>91</sup> Vgl. BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH (2006), 17. Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2006 – BVergG ,2006. §96 (3)ff.

## 5.1 Inhalt der Leistungsbeschreibung für Sichtbeton

Aufgrund des Umstandes, dass für die Ausschreibung von Sichtbetonarbeiten noch keine standardisierten Leistungsbeschreibungen existieren, wird die Leistung meist individuell beschrieben. Um aber das gewünschte Sichtbetonergebnis eindeutig, vollständig und zielsicher beschreiben zu können, und kaum Spielraum für Interpretationen und Improvisation zu lassen, sollten daher die Ausschreibungstexte zur Leistungsbeschreibung unter Verwendung von ÖNORM B2211:2009, ÖVBB Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen:2009 oder DVB/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ 2015 verfasst werden.

Zusätzlich sollten in der Leistungsbeschreibung von Sichtbetonarbeiten folgende Inhalte nicht fehlen: <sup>92</sup>

- Gestaltungsmerkmale
- Anforderungen an Beton
- Sichtbetonteam, Sichtbetonkoordinator
- Schutzmaßnahmen der Sichtbetonbauteile
- Muster- und Referenzflächen
- Beurteilungs- und Übernahmemodalitäten
- Vorgehen bei Mangelhaftigkeit

### 5.1.1 Gestaltungsmerkmale

Sichtbeton ermöglicht den Planern Beton nicht nur als tragendes, sondern auch als sichtbares Element zur Gestaltung von Innen- und Außenbereichen im Bauwesen darzustellen. Die Gestaltungsmerkmale sind ausschlaggebend für das Aussehen und Wirken des Sichtbetons. Um ein gewisses Basiswissen über die wesentlichen Gestaltungsmerkmale aufzubauen, werden Bauteilform, Textur, Farbe, Flächengliederung, Kanten/Ecken und Porigkeit nachfolgend genauer betrachtet. Danach werden die Gestaltungsmerkmale anhand von ÖNORM B2211:2009, ÖVBB Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen:2009 und DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“ 2015 vertieft behandelt sowie ein Vergleich zum Projekt M+ Museum hergestellt.

<sup>92</sup> Vgl. HOFSTADLER,C.; SCHIEBER,A.: Leitfaden Sichtbeton- Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S.57.

### 5.1.1.1 Wesentliche Gestaltungsmerkmale

#### Bauteilform

Die Bauteilform kann das Erscheinungsbild des Sichtbetons wesentlich beeinflussen. Ebene, gekrümmte oder mehrfach gekrümmte Bauteile können eine unterschiedliche Wirkung für das menschliche Auge erzeugen. Die Bauteilform und Abmessungen sind auch für die Wirkung von Licht und Schatten ausschlaggebend.

#### Textur (Struktur)

*„Als Textur wird die geometrische Beschaffenheit der Betonoberfläche bezeichnet. Im Gegensatz zur Textur steht die plane Ebene.“<sup>93</sup>*

Die Rauigkeit ist ein wesentlicher Faktor, die auf die Textur einer Sichtbetonoberfläche Einfluss nimmt, wobei raue Oberflächen den Beton stumpf und dunkel bzw. glatte Oberflächen hell und glänzend aussehen lassen. Die Makrotextur wird von der Größe des Bauteils und der Flächengliederung (Arbeitsfugen, Ankerraster, Schalhautfugen) geprägt. Die Mikrotextur wird hauptsächlich von der Beschaffenheit der Schalhaut (Rauigkeit) und Art des Trennmittels beeinflusst.

#### Farbe

Die farbliche Gestaltung von Sichtbeton wird von Zement, W/B-Wert, Zusatzstoffen und Zusatzmittel beeinflusst. Für das Einfärben von Sichtbeton können Zemente mit besonderer Farbwirkung (Weißzement, Portlandschieferzement), Gesteinskörnung mit besonderer Farbwirkung (roter Granit) oder Farbpigmente (Metalloxide) verwendet werden. Als Alternative zum Einfärben des Sichtbetons ist auch das Aufbringen einer farbigen Lasur möglich.

#### Flächengliederung

Bei der Festlegung einer Sichtbetonfläche spielt die Flächengliederung eine wichtige Rolle, die von Arbeitsfugen, Scheinfugen, Dehnungsfugen, Elementstößen, Schalungshautstößen, Schalungshautbefestigungen und Ankerraster beeinflusst werden können.

---

<sup>93</sup> SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S. 327.

- **Arbeitsfugen:**  
Entstehen durch fertigungstechnische Abläufe zwischen einzelnen Betonierabschnitten. Bei der Herstellung und Lage von Arbeitsfugen sind die technischen, konstruktiven und gestalterischen Möglichkeiten miteinzubeziehen sowie besonderes Augenmerk auf die Abdichtung zwischen den Betonierabschnitten zu legen. Auch das Herstellen von Bauteilen ohne Arbeitsfuge (monolithisch) ist unter Einhaltung konstruktiver und betontechnologischer Randbedingungen möglich.
- **Scheinfugen:**  
Werden bewusst zur Flächengestaltung (z.B. einlegen von Trapez- oder Dreikantleisten) von Sichtbeton eingesetzt.
- **Dehnungsfugen:**  
Werden zur Trennung als Bewegungsfuge einzelner Bauteile verwendet.
- **Elementstöße:**  
Entstehen zwischen zwei Schalungselementen, wobei zwischen unterschiedlichen Rastermaßen der Schalungshersteller sowie Form und Größe des Rahmenabdrucks unterschieden werden kann. Das Fugenbild zeichnet sich durch den Rahmenabdruck von Wand -oder Deckenschalelementen oder auch Deckentischen mit einer Vertiefung ab.
- **Schalungshautstöße:**  
Erzeugen innerhalb eines Schalungselements, oder zwischen den Schaltafeln bei Trägerschalungen, ein Abbild von Fugen in der Betonfläche.
- **Schalungshautbefestigungen:**  
In der Regel wird die Schalungshaut an der Unterkonstruktion mittels Schrauben, Nägel, Nieten oder Klammern an der dem Sichtbeton zugewandten Seite befestigt, wonach im Beton sichtbare Abdrücke entstehen. Um diese Abdrücke zu vermeiden, besteht die Möglichkeit eine Systemschalung mit rückwärtiger Befestigung einzusetzen.
- **Ankerraster:**  
Der Gestaltungsentwurf des Ankerrasters ist auf die Anforderungen der Schalungsanker abzustimmen. Bei Rahmenschalungen ist üblicherweise ein vorgegebenes Ankerbild systembedingt vorhanden, wobei manche Systeme eine flexible Anordnung erlauben. Hingegen ist bei Trägerschalungen der Ankerraster lediglich durch die Tragfähigkeit des Schalelement und Ankers eingeschränkt. Zusätzlich können für ein einheitliches Ankerbild Blindkonen verwendet werden.

## Kanten und Ecken

Es wird zwischen scharfkantigen oder gefasteten Kanten und Ecken unterschieden. Gefaste Kanten und Ecken werden durch Einlegen von Trapez- oder Dreikantleisten hergestellt. Der Aufwand von scharfkantigen Ecken und Kanten, im Vergleich zu den Gefasten, ist erheblich größer, da die Schalungsstöße mit besonderer Sorgfalt abgedichtet werden müssen damit kein Zementleim austreten kann. Als scharfkantige Abdichtung können komprimierbare Abdichtungsbänder, die die Bewegungen der Schalung mitmachen, verwendet werden. Aber auch Dichtstoffe auf Silikonbasis können eingesetzt werden. Allerdings weisen dann die Kanten und Ecken eine kleine Rundung auf.

## Porigkeit

Die Porigkeit ist der Anteil an offenen Poren, der bei einer bestimmten Fläche, in einem bestimmten Durchmesserbereich nicht überschritten werden darf. Bei geeigneter Schalung und hohem Bewehrungsgrad sind Poren kaum vermeidbar. Grundsätzlich ist die Porigkeit kein gezieltes Gestaltungsmerkmal, kann aber das Erscheinungsbild des Sichtbetons beeinträchtigen. Bei Poren mit einem Durchmesser unter 2 mm hat die Praxis gezeigt, dass der Gesamteindruck der Sichtbetonfläche nicht gestört wird. Zudem ist die Erfassung in dieser Größenordnung oftmals ungenau und fehlerhaft.<sup>94</sup>

---

<sup>94</sup> SCHULZ, J.: Handbuch Sichtbeton- Beurteilung und Abnahme. S. 51.

### 5.1.1.2 Gestaltungsmerkmale anhand ÖNORM B 2211:2009

Wie in Kapitel 2.2.1 erwähnt, zählt die ÖNORM B 2211:2009 zu den Werkvertragsnormen für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, welche auch Bestimmungen für Sichtbeton enthält. Es sind in der Leistungsbeschreibung folgende Angaben für Sichtbeton zu machen:<sup>95</sup>

- Porigkeit
  - Struktur
  - Farbgleichheit
  - Besondere Anforderungen an die Schalung
    - Anordnung der Schaltafeln oder Brettergruppen
    - Ausbildung von Arbeitsfugen, Elementfugen, Stoßfugen
    - Ankerraster und deren Abbildung
- Angaben zu Musterflächen

Bei den wesentlichen Gestaltungsmerkmalen für Sichtbeton gibt die Norm Anforderungen zur Ebenheit, Porigkeit, Struktur/Elementstoß, Farbgleichheit und Arbeitsfugen an (Abbildung 5.1), welche nachfolgend genauer betrachtet werden.

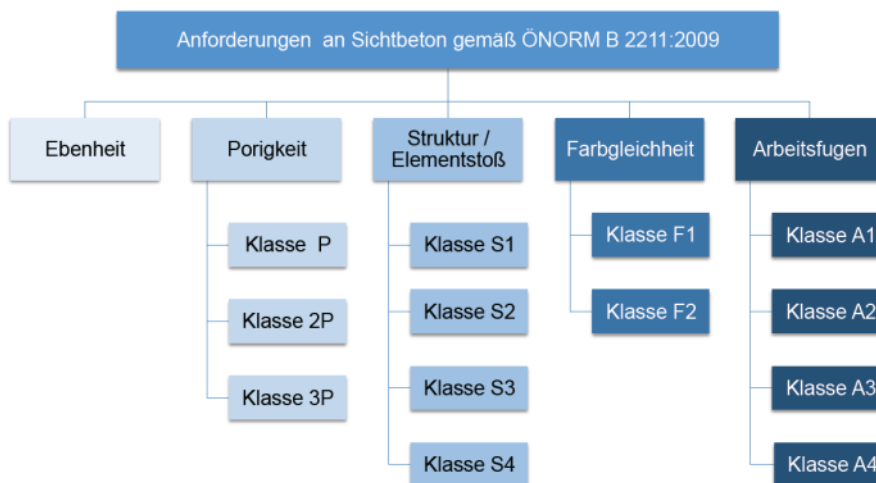


Abbildung 5.1: Anforderungen an Sichtbeton lt. ÖNORM B 2211:2009<sup>96</sup>

<sup>95</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 7ff.

<sup>96</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 11ff.

Sind bei Verwendung der ÖNORM B 2211:2009 keine erhöhten Anforderungen bei den Gestaltungsmerkmalen des Sichtbetons vereinbart, spezifiziert die ÖNORM folgendes:

*„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.“<sup>97</sup>*

#### **Ebenheit:**<sup>98</sup>

Bei keiner ausdrücklichen Vereinbarung von erhöhten Anforderungen gelten die Maß-, Form- und Lagetoleranzen der ÖNORM DIN 18202. Die Toleranzen für die Ebenheit gelten für Messabstandpunkte bis 15 Meter, sollten darüber hinaus größere Abstände gewollt werden, muss dies in der Leistungsbeschreibung ausdrücklich angeführt werden.

#### **Porigkeit:**<sup>99</sup>

Die Prüffläche der Sichtbetonoberfläche muss mindestens 50 cm x 50 cm = 2500 cm<sup>2</sup> betragen, wobei die Porigkeit an zwei Prüfflächen je Prüflos zu bestimmen ist. Das Prüflos ist lt. Norm eine definierte Fläche eines Bauteils oder zusammenhängender Bauteile, die zur Beurteilung herangezogen wird. Die zu berücksichtigten Poren haben einen Durchmesser von 1 mm bis 15 mm. Es wird in 3 Klassen P, 2P und 3P unterschieden, wonach die Klasse P die höchsten Anforderungen darstellt. Bei der obengenannten Prüffläche von 2500 cm<sup>2</sup> darf der Porenanteil bei der Anforderungsklasse P 0,3 %, bei der Klasse 2P 0,6 % und bei der Klasse 3P 0,9 % der Fläche nicht überschritten werden.

---

<sup>97</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 11.

<sup>98</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 11.

<sup>99</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 12.

### Struktur/Elementstoß <sup>100</sup>

Die Struktur von sichtbar bleibenden, geschalteten Betonoberflächen ist in 4 Anforderungsklassen eingeteilt.

- Klasse S1: Es muss eine geschlossene, weitgehend einheitliche Betonoberfläche mit geschlossener Zementleim- oder Mörteloberfläche vorhanden sein. Eine Grobkornansammlung ist nicht zugelassen sowie darf der Zementleim/Feinmörtel im Elementstoß nur bis max. 20 mm Breite und 10 mm Tiefe austreten. Ein Rahmenabdruck des Schalungselements ist zugelassen.
- Klasse S2: Anforderung wie Klasse S1, jedoch darf der Zementleim/Feinmörtel im Elementstoß bis max. 10 mm Breite und 5 mm Tiefe austreten. Der Versatz der Elementstöße und die verbleibenden Grate müssen beide kleiner gleich 5 mm sein.
- Klasse S3: Anforderung wie Klasse S2, jedoch darf der Zementleim/Feinmörtel im Elementstoß bis max. 3 mm Breite austreten. Der Versatz der Elementstöße muss kleiner gleich 3 mm sein. Feine, technisch unvermeidbare Grate dürfen nicht mehr als 2 mm betragen.
- Klasse S4: Anforderung wie Klasse S3, jedoch sind Rahmenabdrücke des Schalungselements nicht zugelassen.

### Farbgleichheit <sup>101</sup>

Die Beurteilung der Farbgleichheit ist in 2 Klassen eingeteilt. Für die Beurteilung ist der Gesamteindruck maßgeblich.

- Klasse F1: Unzulässig sind flächige Verfärbungen verursacht durch Rost, Art und Vorbehandlung der Schalhaut, Nachbehandlung des Betons, Zuschläge verschiedener Herkunft und linienförmige Verfärbungen. Es wird keine Anforderung an die Gleichmäßigkeit der Farbe gestellt.
- Klasse F2: Anforderungen wie Klasse F1 aber zusätzlich sind Verfärbungen aufgrund der Verwendung von art- oder herkunftsunterschiedlichen Zementen oder Betonzusätzen unzulässig.

<sup>100</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 12.

<sup>101</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 13.



## Arbeitsfugen <sup>102</sup>

Die Ausbildung von Arbeitsfugen ist in 4 Klassen eingeteilt.

- Klasse A1: Der Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte muss kleiner gleich 10 mm sein.
- Klasse A2: Der Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte muss kleiner gleich 10 mm sein, allfällige Feinmörtelaustritte sind zu entfernen sowie sind für die Ausbildung von Arbeitsfugen Dreikantleisten zu verwenden.
- Klasse A3: Der Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte muss kleiner gleich 5 mm sein, allfällige Feinmörtelaustritte sind zu entfernen sowie sind für die Ausbildung von Arbeitsfugen Dreikantleisten zu verwenden.
- Klasse A4: Der Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte muss kleiner gleich 3 mm sein, allfällige Feinmörtelaustritte sind zu entfernen und die Verwendung von Dreikantleisten oder dgl. ist für die Ausbildung von Arbeitsfugen nicht zugelassen.

---

<sup>102</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 13.

### 5.1.1.3 Gestaltungsmerkmale anhand ÖVBB Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen:2009

Die Richtlinie Sichtbeton bietet umfangreiche Möglichkeiten zur Beschreibung von Sichtbetonflächen, so können im Extremfall 19 Einzelkriterien maßgebend sein.

Der Sichtbeton wird in 4 Klassen eingeteilt:

- SB1: *„Betonflächen mit gestalterischen und/ oder technischen Anforderungen geringen Umfangs, überwiegend technische Anforderungen im Industrie- und Tiefbau“*<sup>103</sup>
- SB2: *„Betonflächen mit gestalterischen und/ oder technischen Anforderungen normalen Umfangs, z.B. einfache Fassaden in Hochbauten, Sichtflächen im Industriebau mit großem Betrachtungsabstand“*<sup>104</sup>
- SB3: *„Betonflächen mit gestalterischen und/ oder technischen Anforderungen hohem Umfangs, z.B. repräsentative Oberflächen oder komplexe Fassaden in Hochbauten“*<sup>105</sup>
- SBS Sonderklasse: *„sämtliche Einzelanforderungen aller Anforderungsklassen und sämtliche nicht klassenbildende Anforderungen sind festzulegen, die Verwendung von definierten Anforderungsklassen ist möglich, Abänderungen innerhalb der Anforderungsklassen sind unzulässig“*<sup>106</sup>

In nachfolgender Tabelle 5.1 sind die Gesamtanforderungen an das Sichtbetonbauwerk aller Sichtbetonklassen dargestellt.

---

<sup>103</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 8.

<sup>104</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 8.

<sup>105</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 8.

<sup>106</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 8.

Sichtbeton-Klasse	Beispiel Betonflächen mit gestalterischen und/ oder technischen Anforderungen	Anforderungsklasse Bauteilbeschreibung (PQ)	Anforderungsklasse Betonfläche (BQ)	Farbe (C)	Anforderungsklasse Bauausführung (AQ)	Kantenausbildung (K)	Ankerstelle (AS)	Verschluss der Ankerlöcher (AV)	Ausbildung von Aufhängestellen (AH)	Anforderungsklasse Schalungsmaterial, Trennmittleinsatz (SQ)	Schalungssystem (SY)	Textur der Betonfläche (T)	Musterfläche	Sichtbetonteam
SB1	geringen Umfangs, überwiegend technische Anforderungen im Industrie- und Tiefbau	PQ1	BQ1		AQ1					SQ1			empfohlen	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	hohem 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, Abänderungen innerhalb der Anforderungsklassen sind unzulässig													

Tabelle 5.1 Sichtbetonklassen SB - Gesamtanforderung an das Sichtbetonbauwerk  
107

Die Beschreibung der technischen und gestalterischen Anforderungen in dieser Richtlinie wird in zwei Arten unterschieden:

- **„Klassenbildenden Anforderungen**, die die Qualität von geistigen oder handwerklichen Leistungen oder/und von Material und Hilfsstoffen beschreiben [...]“<sup>108</sup> (blau eingefärbt)
- **„Nicht klassenbildenden Anforderungen (zusätzliche Einzelanforderungen)**, die unabhängig von der Anforderungsklasse maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis haben [...]“<sup>109</sup>

<sup>107</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 8.

<sup>108</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 6.

<sup>109</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 6.

Die klassenbildenden Anforderungen werden zu qualitätsbeschreibenden Klassen in den folgenden Teilbereichen zusammengefasst:

**1. Anforderungsklasse PQ**

Stellt Anforderungen an die Bauteilbeschreibung (Planung und Ausschreibung). Hauptverantwortlich sind: Architekten, TragwerksplanerInnen, Ausschreibende

Spalte	Anforderungsklasse Bauteilbeschreibung (PQ)	Abstimmung im Planungsprozess AP	Gliederung der Betonfläche GO
Zeile	[A]	[B]	[C]
1	PQ1	AP1	GO1
2	PQ2	AP2	GO2
3	PQ3	AP3	GO3

Tabelle 5.2 Anforderungsklasse PQ: Bauteilbeschreibung <sup>110</sup>

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

Tabelle 5.3 Klassenbildende Anforderung der Bauteilbeschreibung <sup>111</sup>

<sup>110</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 9.

<sup>111</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 9.

## 2. Anforderungsklasse BQ

Stellt Anforderungen an den Beton mit Auswirkungen auf die Betonfläche. Hauptverantwortlich sind: Betonhersteller, Verwender

Spalte	Anforderungsklasse Betonfläche (BQ)	Porigkeit, P	Farbton-gleichmäßigkeit, FT	Betonstandard BSBQ
Zeile	[A]	[B]	[C]	[D]
1	BQ1	3P	FT1	BSBQ1
2	BQ2	2P	FT2	BSBQ2
3	BQ3	P	FT3	

Tabelle 5.4 Anforderungsklasse BQ: Betonfläche, Betonstandard <sup>112</sup>

Zeile, Spalte	[A]	[B]	[C]
1	Porigkeit (P)	P	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anteil an offenen Poren von 1 – 15 mm größter Abmessung, Fläche <math>P \leq 0,3 \%</math> der Prüffläche, Prüfung nach Anhang A.1.1 ÖVBB Richtlinie</li> </ul>
2		2P, 3P	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vielfaches des Porenanteils P</li> <li><math>2P \leq 0,6 \%</math> der Prüffläche, Prüfung nach Anhang A.1.1 ÖVBB Richtlinie</li> <li><math>3P \leq 0,9 \%</math> der Prüffläche</li> </ul>
3	Farbton-gleichmäßigkeit (FT)	FT1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hell-/ Dunkelverfärbungen sind zulässig im Bereich von 5 benachbarten Farbtonstufen laut Grautonskala gem. Anhang A.1.2 ÖVBB Richtlinie</li> <li>Rost- und Schmutzflecken sind unzulässig</li> </ul>
4		FT2	wie FT1, jedoch: <ul style="list-style-type: none"> <li>gleichmäßige, großflächige Hell-/ Dunkelverfärbungen sind zulässig im Bereich von 4 benachbarten Farbtonstufen laut Grautonskala gem. Anhang A.1.2 ÖVBB Richtlinie</li> <li>deutlich sichtbare Schüttlagen sind unzulässig</li> </ul>
5		FT3	wie FT2, jedoch: <ul style="list-style-type: none"> <li>Hell-/ Dunkelverfärbungen (z.B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichung) sind zulässig im Bereich von 3 benachbarten Farbtonstufen laut Grautonskala gem. Anhang A.1.2 ÖVBB Richtlinie</li> <li>Verfärbungen durch ungeeignete Nachbehandlung des Betons sind unzulässig</li> </ul>

Tabelle 5.5 Klassenbildende Anforderung an die Betonfläche <sup>113</sup>

<sup>112</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 10.

<sup>113</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 10.

### 3. Anforderungsklasse AQ

Stellt Anforderungen an die Bauausführung.  
Hauptverantwortlich sind: Bauausführende

Spalte	Anforderungs-klasse Bauausführung (AQ)	Ebenheit (E)	Arbeitsfuge (AF)	Schalungs-elementstoß (ES)	Schalhautstoß (HS)
Zeile	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	AQ1	E1	AF1	ES1	HS1
2	AQ2		AF2	ES2	
3	AQ3	E2			

Tabelle 5.6 Anforderungsklasse AQ: Bauausführung <sup>114</sup>

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

Tabelle 5.7 Klassenbildende Anforderung an die Bauausführung <sup>115</sup>

<sup>114</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 11.

<sup>115</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 12.

#### 4. Anforderungsklasse SQ

Stellt Anforderungen an das Schalungsmaterial und den Trennmitteleinsatz.

Hauptverantwortlich sind: Bauausführende, Lieferanten der Hilfsmittel

Spalte	Anforderungsklasse Schalungsmaterial, Trennmitteleinsatz (SQ)	Befestigungsart der Schalhaut, BA	Schalhautzustand, SZ	Trennmitteleinsatz, TE
Zeile	[A]	[B]	[C]	[D]
1	SQ1	BA1	SZ1	TE1
2	SQ2			
3	SQ3	BA2	SZ2	TE2

Tabelle 5.8 Anforderungsklasse SQ: Schalungsmaterial, Trennmitteleinsatz <sup>116</sup>

<sup>116</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 13.

Zeile, Spalte	[A]	[B]	[C]
1	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
2		BA2	Die Befestigung der Schalhaut ist zu vereinbaren (z.B. schalhautebene/ überstehende Befestigung, nicht sichtbare Befestigung, betonte Befestigung)
3	Schalhautzustand (SZ)	SZ1	Zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• mehrmaligen Gebrauch, solange die vereinbarte Betonfläche erreicht wird</li> <li>• Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,2 cm</li> <li>• systemkonforme und fachgerechte Reparaturstellen der Schalhaut</li> <li>• Kratzer bis zu ca. 0,3 cm Tiefe und ca. 0,5 cm Breite</li> <li>• Nagel- und Schraublöcher ohne Absplitterungen bis ca. 1 cm Durchmesser</li> <li>• Aufquellungen im Befestigungs- und Kantenbereich</li> </ul> Betonreste in Vertiefungen und Zementschleier
4		SZ2	Zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• mehrmaligen Gebrauch, solange die vereinbarte Betonfläche erreicht wird</li> <li>• Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,1 cm</li> <li>• systemkonforme und fachgerechte Reparaturstellen der Schalhaut</li> <li>• Kratzer bis zu ca. 0,2 cm Tiefe und ca. 0,2 cm Breite</li> <li>• Nagel- und Schraublöcher ohne Absplitterungen bis ca. 0,5 cm Durchmesser</li> </ul> Nicht zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufquellungen im Befestigungsbereich</li> <li>• Betonreste in Vertiefungen</li> </ul> Beschädigung der Schalhaut durch Innenrüttler u.dgl.
5		SZ3	Zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Normalen Abrieb bei mehrmaligen Gebrauch</li> <li>• Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,1 cm</li> </ul> Nicht zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparaturstellen</li> <li>• Kratzer</li> <li>• Nagel- und Schraublöcher</li> </ul> (SZ3 ist nur bei SBS zulässig)
6	Trennmiteinsatz (TE)	TE1	Eignung der Kombination von Schalhaut und Trennmittel gemäß Tab. 6/1 der ÖVBB Richtlinie Sichtbeton:2009
7		TE2	Kombination von Schalhaut, Trennmittel und Beton ist an Probeflächen bei der jeweiligen Einsatzwitterung anzuwenden, zu beurteilen und festzulegen

Tabelle 5.9 Klassenbildende Anforderung an die Schalung <sup>117</sup>

Die gerade beschriebenen vier klassenbildenden Anforderungen (Klasse PQ, BQ, AQ und SQ) werden durch drei weitere nicht klassenbildende Anforderungen ergänzt:

- Farbe der Betonfläche
- Kantenausbildung, Ankerlöcher, Aufhängestellen, Ankerstellen
- Schalungssystem, Textur der Betonfläche

<sup>117</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 14.



## 5. Farbe der Betonfläche

Zeile, Spalte	[A]	[B]	[C]
1	Farbe (C)	C1	Betonfarbe, die sich aufgrund der Verwendung nutzungskonformer Betonmischungen und Zementarten ergibt
2		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
3		C3	wie C2, jedoch unter Verwendung von Weißzement, ausgewählter Gesteinskörnung oder weiteren Maßnahmen wie eingefärbter Beton unter Angabe dieser Maßnahmen im Leistungsverzeichnis

Tabelle 5.10 Nicht klassenbildende Anforderungen: Betonfarbe <sup>118</sup>

## 6. Kantenausbildung, Ankerlöcher, Aufhängestellen, Ankerstellen

Zeile, Spalte	[A]	[B]	[C]
1	Kantenausbildung (K)	K1	gebrochene, gefaste Kante (z.B. Dreikantleiste)
2		K2	scharfe Kante (Ungefaste, scharfe Kanten ohne kleinere Abbrüche sind nicht zielsicher herstellbar. Scharfe Kanten sind während der Bauzeit zu schützen.)
3	Ankerstelle (AS)	AS1	Ankerstelle ohne besondere Maßnahmen (z.B. nach Schalungssystem) mit üblichen Feinmörtelaustritt
4		AS2	Ankerstelle mit besonderen, festzulegenden Maßnahmen (z.B. Dichtungsring) mit geringem Feinmörtelaustritt
5		AS3	keine sichtbaren Ankerstellen durch ankerfreie Schalungskonstruktion
6	Verschluss der Ankerlöcher (AV)	AV1	Distanzrohre, Konen und marktübliche Verschlussstopfen oder vertieft gespachtelter Mörtelverschluss nach Wahl des Ausführenden
7		AV2	Distanzrohre, Konen und marktübliche Verschlussstopfen aus Kunststoff, Beton, Faserzement u. dgl. nach Angaben im Leistungsverzeichnis
8	Ausbildung von Aufhängestellen (AH)	AH1	Aufhängestellen in systemkonformer Ausführung nach Wahl des Ausführenden Anordnung und Erscheinungsbild dürfen von den Ankerlöchern abweichen
9		AH2	Anordnung und Erscheinungsbild müssen den Ankerlöchern entsprechen

Tabelle 5.11 Nicht klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung <sup>119</sup>

<sup>118</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 11.

<sup>119</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 13.

## 7. Schalungssystem, Textur der Betonfläche

Zeile, Spalte	[A]	[B]	[C]
1	Schalungssystem (SY)	SY1	System- Rahmenschalung Betonbild mit regelmäßigen Rahmenabdrücken im Raster der Herstellers, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut systembedingt vorgegeben
2		SY2	System- Trägerschalung Betonbild ohne Rahmenabdruck, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut systembedingt vorgegeben
3		SY§	Objektschalung Betonbild durch an das Bauteil angepasste einzelgefertigte Schalungselemente, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut in den Grenzen der technischen Möglichkeiten frei wählbar
4	Textur (T)	T1	raue Betonoberfläche unter Verwendung von Schalhäuten lt. Tab. 6/1 nach Wahl des Ausführenden
5		T2	glatte Betonoberfläche unter Verwendung von Schalhäuten lt. Tab. 6/1 nach Wahl des Ausführenden
6		T3	Betonfläche nach Angabe des Planers

Tabelle 5.12 Nicht klassenbildende Anforderungen an die Schalung <sup>120</sup>

Eine weitere wichtige Rolle für die Oberflächengestaltung von Betonbauteilen spielt die Schalung. Dabei ist das Zusammenwirken von Beton und Verarbeitung, Trennmittel und Schalhaut abzustimmen. In nachfolgender Tabelle 5.13 sind marktübliche Schalhauttypen und deren Auswirkung auf die Betonfläche sowie Trennmitteltypen und deren Eignung in Kombination mit den jeweiligen Schalhauttypen dargestellt.

<sup>120</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 15.

	Lfd. Nr.	Art der Schalung	Auswirkungen auf die Betonfläche	entspricht Textur gemäß Tab. 5.12	Mineralölbasis bzw. Pflanzenölbasis (lösemittelfrei) + Additive	Mineralölbasis lösemittelhaltig + Additive	hochviskose Pflanzenöle ohne Additive	hochviskose Mineralöle ohne Additive (Schalöl)	Trennmittel emulsionen (Mineralöl- und Pflanzenölbasis)	Wachshaltige Trennmittel
<b>stark saugend</b> <sup>1),3)</sup>	1	Holzwerkstoffplatten, z.B. Spannplatten unbeschichtetes Furnierholz	leicht raue, matte dunkle Betonfläche	T1	++	-	+	+	0	0
	2a <sup>2)</sup>	Bretter, sägerau	raue, dunkle Betonoberfläche, bei mehrmaligem Einsatz heller, Möglichkeit von Holzfasern im Beton	T1	++	-	+	+	-	-
	2b <sup>2)</sup>	Bretter, gehobelt	glatte, matte Betonoberfläche, sichtbare Maserung, hellerer Beton als bei 2a	T1	++	-	+	+	-	-
	2c <sup>2)</sup>	Bretter, profiliert	matte Betonfläche, Farbton wie 2b, dichte Brettstöße	T3	++	-	+	+	-	-
<b>schwach saugend</b> <sup>3),5)</sup>	3	3-Schicht-Platten Nadelholz geschliffen, oberflächenvergütet, ÖNORM B 3023	glatte, matte Betonoberfläche, leichte Holzmaserung, Farbton dunkel, bei mehrmaligem Einsatz heller	T1	++	-	+	+	-	-
	4	3-Schicht-Platten Nadelholz gebürstet, oder sandgestrahlt, versiegelt	helle Betonfläche, deutliche Holzmaserung	T3	+	+	-	-	++	0
	5	Furniersperrholz kunstharzbeschichtet	glatte, helle Betonfläche	T2	+	+	-	-	++	0
<b>nicht saugend</b> <sup>4),5)</sup>	6	Vollkunststoff-Platten Kunststoff-Verbundkonstruktion	glatte, helle Betonfläche	T2	+	++	-	-	++	0
	7	Schalrohre aus Kunststoff bzw. kunststoffbeschichtete Pappe	glatte, helle, glänzende Betonfläche	T2	kein Trennmittel zu verwenden					
	8	Matrizen	fein bis stark strukturiert, helle Betonfläche, fugen gesondert abdichten	T3	0	0	-	-	++	0
	9	Stahlblech	glatte, helle Betonfläche, Gefahr von Rostflecken	T2	+	++	-	-	++	0

Tabelle 5.13 Schalhautarten und deren Auswirkungen auf die Betonfläche sowie Trennmitteltypen <sup>121</sup>

Die Legende zu Tabelle 5.13 befindet sich auf der nächsten Seite.

<sup>121</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 29.

- ++ besonders gut geeignet
  - + geeignet
  - 0 Vorversuche erforderlich
  - nicht geeignet
- 1) Im Naturwerkstoff Holz ist anfangs Holzzucker ungleichmäßig verteilt vorhanden. Absandungen und Farbtonunterschiede bei den ersten Einsätzen können durch Vorbehandlung (Einschlämmen mit Zementmilch bzw. vorherigen Einsatz bei anderen Bauteilen) vorweggenommen werden. Stark saugende Schalhautarten sind bei trockener Witterung für Sichtbeton vor dem Betonieren vorzunässen.
  - 2) Formabweichungen durch Schwinden und Quellen von Brettern sind zu berücksichtigen.
  - 3) Die Saugfähigkeit der Schalhautarten 1 bis 5 verändert sich in Abhängigkeit von Wassersättigung und Einsatzzahl.
  - 4) Die nicht saugende Eigenschaft der Schalhautarten 6 bis 9 bleibt erhalten.
  - 5) Abziehen oder Abwischen des Trennmittelüberschusses erforderlich.

Fortsetzung Tabelle 5.13 Legende <sup>122</sup>

Des weiteren befasst sich die Richtlinie Sichtbeton mit den Themen Trennmittel, Anforderungen an den Beton, Ausführung -Einbau und Nachbehandlung, Instandsetzung kleinflächiger Ausführungsmängel und der Voraussetzung zur Erlangung und Aufrechterhaltung des ÖVBB-Gütezeichens „FACHTBETRIEB FÜR SICHTBETON“. Zusätzlich sind im Anhang Messmethoden bzw. Abnahmeprüfungen für Porigkeit und Farbtongleichmäßigkeit mit eigens entwickelter Grautonskala zu finden.

<sup>122</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 29.

#### 5.1.1.4 Gestaltungsmerkmale anhand DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ 2015

Das Merkblatt Sichtbeton setzt sich zum Ziel, den unterschiedlichen Baubeteiligten wie Auftraggeber, Architekten, Planer, Bauunternehmer, Bauüberwacher und Baustofflieferanten ein zusammenhängendes Rüstzeug für die Planung, Ausschreibung, Bau und Beurteilung von Sichtbetonflächen zur Verfügung zu stellen.

Zur Beschreibung von Sichtbeton werden vier Sichtbetonklassen definiert:

- „Sichtbetonklasse SB1 mit geringen gestalterischen Anforderungen bei niedrigen Herstellkosten, z.B. für Kellerwände oder Bereiche mit vorwiegend gewerblicher Nutzung,“<sup>123</sup>
- „Sichtbetonklasse SB2 mit normalen gestalterischen Anforderungen bei mittleren Herstellkosten, z.B. Treppenhäuser und Stützwände,“<sup>124</sup>
- „Sichtbetonklasse SB3 mit hohen gestalterischen Anforderungen bei hohen Herstellkosten, z.B. für Fassaden und“<sup>125</sup>
- „Sichtbetonklasse SB4 mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen bei sehr hohen Herstellkosten, z.B. für repräsentative Bauteile.“<sup>126</sup>

Die vier Sichtbetonklassen werden durch folgende Anforderungsklassen näher beschrieben:<sup>127</sup>

- Textur: T1 bis T3
- Porigkeit: P1 bis P4
- Farbtongleichmäßigkeit: FT1 bis FT4
- Ebenheit: E1 bis E3
- Schalungshaut: SHK1 bis SHK3
- Arbeitsfugen und Schalungsstöße: AF1 bis AF4

<sup>123</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 10.

<sup>124</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 10.

<sup>125</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 10.

<sup>126</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 10.

<sup>127</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 11.

In Tabelle 5.14 ist ein Überblick aller Sichtbetonklassen und den dazugehörigen Anforderungsklassen zu finden.

S		1		2	3		4		5	6	7	8	9
Z	Sichtbeton- klasse	Beispiele		Anforderungen an geschalte Sichtbeton- flächen nach Klasse bezüglich						Weitere Anforderungen		Herstellkosten	
				Textur	Porig-keit <sup>1</sup>		Farbton- gleich- mäßigkeit <sup>1,2</sup>		Ebenheit	Arbeits-fugen und Schalungs-stöße	Erprobungen <sup>3</sup>		Schalungshaut <sup>4</sup>
					s	ns	s	ns					
1	geringen Anfor- derungen	<b>SB1</b>	Betonflächen mit geringen gestalterischen Anforderungen, z.B. Kellerwände oder Bereiche mit vorwiegend gewerblicher Nutzung	T1	P1		FT1		E1	AF1	freigestellt	SHK1	niedrig
2	normalen Anfor- derungen	<b>SB2</b>	Betonflächen mit normalen gestalterischen Anforderungen, z.B. Treppenhausräume, Stützwände	T2	P2	P1	FT2	FT2	E1	AF2	empfohlen	SHK2	mittel
3	besonderen Anfor- derungen	<b>SB3</b>	Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderungen, z.B. Fassaden	T3	P3	P2	FT2	FZ2	E2	AF3	dringend empfohlen	SHK2	hoch
4	mit Sichtbeton	<b>SB4</b>	Betonflächen mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen, repräsentative Bauteile	T3	P4	P3	FT3	FT2	E3	AF4	erforderlich	SHK3	sehr hoch

1 s = saugend bzw. ns = nicht saugende Schalhaut, siehe Tabelle 5.17

2 Der Gesamteindruck einer Sichtbetonfläche ist i.d.R. erst nach längerer Standzeit (u.U. nach mehreren Wochen) beurteilbar. Die Farbtongleichmäßigkeit ist aus dem üblichen Betrachtungsabstand gemäß Abschnitt 7 des Merkblattes zu beurteilen.

3 Anforderungen an Erprobungen siehe Tabelle 5.23

4 Anforderungen an Schalungshaut siehe Tabelle 5.16

Tabelle 5.14 Sichtbetonklassen und zugehörige Anforderungsklassen <sup>128</sup>

<sup>128</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 12.

Weiters werden die Merkmale der Anforderungen in Tabelle 5.15 beschrieben.

S	1	2	3
Z	Merkmale	Anforderungs-klasse	Anforderungen
1	Textur	T1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weitgehend geschlossene Zementleim- bzw. Mörteloberfläche</li> <li>• In den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/ Feinmörtel bis ca. 20 mm Breite und ca. 10 mm Tiefe zulässig</li> <li>• Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen</li> </ul>
2		T2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche</li> <li>• in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/ Feinmörtel bis ca. 10 mm Breite und ca. 5 mm Tiefe zulässig</li> <li>• Höhe verbleibender Grate bis ca. 5 mm zulässig</li> <li>• Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen</li> </ul>
3		T3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche</li> <li>• in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/ Feinmörtel bis ca. 3 mm Breite zulässig</li> <li>• feine, technisch unvermeidbare Grate bis ca. 3 mm zulässig</li> <li>• weitere Anforderungen (z.B. an Ankerbildung, Schalungshautstöße, Koneverchlüsse) sind detailliert festzulegen</li> </ul>
4	Porigkeit	<b>Porenanteil mit Porendurchmesser d in den Grenzen <math>2\text{mm} &lt; d &lt; 15\text{mm}</math> gemessen an einer repräsentativen Prüffläche von <math>500\text{mm} \times 500\text{mm}</math></b>	
5		P1	≤ ca. 3000 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 1,2 % der Prüffläche)
6		P2	≤ ca. 2250 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 0,9 % der Prüffläche)
7		P3	≤ ca. 1500 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 0,6 % der Prüffläche)
8		P4	≤ ca. 750 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 0,3 % der Prüffläche)
9	Farbtongleichmäßigkeit	FT1	Hell-/ Dunkelverfärbungen sind zulässig, Schmutzflecken sind unzulässig.
10		FT2	Gleichmäßige, großflächige Hell-/ Dunkelverfärbungen in der Flächenfärbung sind zulässig. Schmutzflecken sind unzulässig. Unterschiedliche Arten und Vorbehandlungen der Schalungshaut sowie Betonausgangstoffe verschiedener Art und Herkunft sind unzulässig.
11		FT3	Zulässig sind geringe Hell-/ Dunkelverfärbungen (z.B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichungen). Unzulässig sind Schmutzflecken, deutlich sichtbare Schüttlagen sowie Verfärbungen, verursacht durch die Nichteinhaltung der Vorgaben aus Anhang A, Tab. A3 DVB/VDZ Merkblatt  Bei saugender Schalungshaut sind großflächige Verfärbungen, verursacht z.B. durch Ausgangstoffe verschiedener Art und Herkunft, unterschiedliche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut und ungeeignete Nachbehandlung des Betons unzulässig.

Tabelle 5.15 Merkmale der Anforderungen gemäß Tabelle 5.14 <sup>129</sup>

<sup>129</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 13.

S	1	2	3
Z	Merkmal	Anforderungs- klasse	Anforderungen
12	<b>Ebenheit</b>	<b>Ebenheitsforderungen, E1 bis E3 gelten nicht bei bearbeiteten oder Strukturierten Flächen</b>	
13		<b>E1</b>	gemäß DIN 18202, Tab. 3, Zeile 5
14		<b>E2</b>	gemäß DIN 18202, Tab. 3, Zeile 6
15		<b>E3</b>	gemäß DIN 18202, Tab. 3, Zeile 6 Höhere Ebenheitsanforderungen sind gesondert zu vereinbaren und vom AG detailliert festzulegen.  Höhere Ebenheitsanforderungen z.B. nach DIN 18202, Tab. 3, Zeile 7 sind nicht technisch zielsicher erfüllbar.
16	<b>Schalungshaut</b>	<b>SHK1</b>	siehe Tabelle 5.16
17		<b>SHK2</b>	
18		<b>SHK3</b>	
19	<b>Arbeitsfugen und Schalungsstöße</b>	<b>Arbeitsfugen und Schalungsstöße bleiben in AF1 bis AF4 sichtbar</b>	
20		<b>AF1</b>	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 10 mm zulässig.
21		<b>AF2</b>	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 10 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o.ä. empfohlen.
22			
23		<b>AF3</b>	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 5 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o.ä. empfohlen.
24	<b>AF4</b>	Planung der Detailsausführung erforderlich. Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 3 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. Weitere Anforderungen (z.B. Ausbildung von Arbeitsfugen und Schalungsstöße) sind detailliert festzulegen.	

Fortsetzung Tabelle 5.15 Merkmale der Anforderungen gemäß Tabelle 5.14 <sup>130</sup>

<sup>130</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 14.



In Tabelle 5.16 wird auf die vorher erwähnten Schalhautklassen im Detail eingegangen.

S	1	2	3	4
Z	Merkmal	Schalungshautklasse		
		SHK1	SHK2	SHK3
1	Bohrlöcher	mit Kunststoff- oder Holzstöpsel oder mit geeignetem Reparaturverfahren verschließen	als Reparaturstellen zulässig <sup>2</sup>	nicht zulässig <sup>3</sup>
2	Nagel- und Schraublöcher	zulässig	ohne Absplitterungen zulässig	nicht zulässig <sup>3</sup>
3	Beschädigung der Schalungshaut durch Innenrüttler	zulässig	nicht zulässig <sup>3</sup>	nicht zulässig
4	Kratzer	zulässig	in SB2 leichte Kratzer bis 1 mm Tiefe zulässig <sup>6</sup> , sonst als Reparaturstellen <sup>2</sup> zulässig	nicht zulässig <sup>3</sup>
5	Beton- oder Mörtelreste <sup>7</sup>	keine flächigen Anhaftungen	nicht zulässig	nicht zulässig
6	Zementschleier	zulässig	zulässig	nicht zulässig <sup>4</sup>
7	Aufquellen der Schalungshaut in Schraub- bzw. Nagel-bereichen oder Welligkeiten an Kantenflächen („Rippings“)	zulässig	in SB 2 zulässig in SB3 nicht zulässig <sup>4 5</sup>	nicht zulässig <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Die Schalungshaut ist vor jedem Einsatz auf ihren definierten Zustand hin zu überprüfen.  
<sup>2</sup> Reparaturen an der Schalungshaut sind sach- und fachgerecht durch qualifiziertes Personal vorzunehmen.  
<sup>3</sup> als Reparaturstellen<sup>2</sup> in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig  
<sup>4</sup> nach Absprache mit dem Auftraggeber zulässig  
<sup>5</sup> zu tolerieren sind werkstoffbedingte Dickentoleranzen im Kantenbereich  
<sup>6</sup> siehe auch GSV-Merkblatt Mietschalung, Güteschutzverband Betonschalungen e.V. Ratings  
<sup>7</sup> Beton- oder Mörtelreste in Nagellöchern und zwischen Schalungshaut und Elementkante sind zulässig  
 Erfahrungen zeigen, dass Auftraggeber häufig größere Toleranzen der Merkmale einer Schalungshaut zulassen. Soweit von den Fußnoten 3 und 4 dieser Tabelle Gebrauch gemacht wird, ist eine Absprache oder Abstimmung mit dem Auftraggeber erforderlich. Diese sollte spätestens im Angebotsstadium getroffen werden bzw. erfolgen.

Tabelle 5.16 Schalhautklassen <sup>131</sup>

<sup>131</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 15.

Von besonderer Bedeutung ist auch (in Tabelle 5.17) der Zusammenhang des gewählten Schalungshauttypen, deren Merkmale, Auswirkungen auf die Sichtbetonoberfläche und Einsatzhäufigkeiten.

S		1	2	3	4
Z	Eigen-schaft	Art der Schalungshaut	Merkmale/ Textur (Struktur) der Betonoberfläche (BO)	mögliche Auswirkungen auf die Betonoberfläche bzw. Anwendungsbereiche	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit <sup>2</sup>
1	saugend <sup>4</sup>	Holzwerkstoffplatten, unbeschichtet (Spannplatten)	leicht raue Textur der BO	starke Farbtonunterschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze
2a		Bretter sägerau, unbehandelt	raue Bretttextur, von Schnittverfahren abhängig, BO-farbtön dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung), einzelne Holzfasern in BO	bis ca. 3 Einsätze; bei SB4 nur einmaliger Einsatz
2b		Bretter gehobelt	glatte Bretttextur, Maserung erkennbar, BO-Farbtön dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	bis ca. 5 Einsätze
2c		Holzoberflächen geschliffen, unbeschichtet roh; z.B. 3-Schichtplatten, Bretter und Brettplatten	glatt, leichte Holzmaserung auf BO	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Bretter 5 bis 10 Einsätze
2d		wie vor, Oberfläche gebürstet	ausgeprägte Holzstruktur, sonst wie vor	wie vor	wie vor
3a		Sperrholzplatte oder Seekieferplatte, unbeschichtet	leicht raue Textur, Maserung teilweise erkennbar	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	ca. 3 bis 5 Einsätze
3b	schwach saugend <sup>5, 4</sup>	Nadelholz-/Brettplatte (oberflächenvergütet)	glatte Bretttextur, Maserung erkennbar, bei Ersteinsatz u.U. sehr dunkle BO	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	ca. 10 Einsätze
4		Furniersperrholz mit saugender Filmbeschichtung	glatt	BO wird bei mehrmaligem Einsatz heller	bisher wenig praktische Erfahrung
5a		3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenvergütet)	glatt, leichte Holzmaserung auf BO sichtbar	BO wird bei mehrmaligem Einsatz heller	ca. 15 bis 20 Einsätze
5b		3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenvergütet)	glatt, ausgeprägte Holzmaserung auf BO sichtbar	BO wird bei mehrmaligem Einsatz heller	ca. 8 bis 15 Einsätze
6a <sup>1</sup>		Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m <sup>2</sup> i.A. Phenolharzfilm, auf Furniersperrholzplatten oder Stab- und Stäbchensperrholzplatten	glatt, keine Struktur	stellenweise Neigung zu Ripplings, Unregelmäßigkeiten im Beton bilden sich an der BO stärker ab, (Farbtonunterschiede, Wolkenbildung, Marmorierung)	Einsatzzahl je nach Plattenaufbau und Filmbeschichtung; bei SB1 bis ca. 15 Einsätze, bei SB4 4 bis ca. 3 Einsätze

Tabelle 5.17 Orientierung bei der Auswahl von Schalungshäuten <sup>132</sup>

<sup>132</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 24.

S	1		2	3	4
Z	Eigen-schaft	Art der Schalungshaut	Merkmale/ Textur (Struktur) der Betonoberfläche (BO)	mögliche Auswirkungen auf die Betonoberfläche bzw. Anwendungsbereiche	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit <sup>2</sup>
6b <sup>1</sup>		Platten mit Filmbeschichtung, ab ca. 200 g/m <sup>2</sup> i.A. Phenol- oder Melaminharzfilm, auf Furniersperrholzplatten oder Stab- und Stäbchensperrholzplatten	glatt, keine Textur	stellenweise Neigung zu Ripplings, Unregelmäßigkeiten im Beton bilden sich an der BO stärker ab, (Farbtonunterschiede, Wolkenbildung, Marmorierung)	5 bis 30 Einsätze, Einsatzzahl je nach Plattenaufbau und Filmbeschichtung
6c	nicht saugend <sup>3</sup>	Platten mit thermoplastischer Beschichtung auf Furnierholzplatte oder Stab- und Stäbchensperrholzplatte	glatte, sehr helle BO	geringe Farbtonunterschiede	über 100 Einsätze bei Rahmenschalung
7		Kunststoffplatten oder Kunststoffverbundkonstruktionen	glatte, sehr helle BO	geringe Farbtonunterschiede, porenärmere BO als 6a und 6b	über 100 Einsätze bei Rahmenschalung
8		Kunststoffmatrizen	Textur nach Herstellerangebot beliebig gestaltbar, BO hell	produktabhängig	produktabhängig, hohe Einsatzhäufigkeiten möglich
9		runde Stützschalungen (Kunststoffrohre, Folienverbundmaterialrohre)	glatt, glänzend	Neigung zu erhöhter Porenbildung und Marmorierung	1 Einsatz
10		Stahlschalungen	glatt	Neigung zu erhöhter Porenbildung und Marmorierung, Rostflecken auf BO möglich	ca. 100 Einsätze
11	sonstige	Drainvlies Sonderfall zur Ableitung von Überschusswasser aus der Betonoberfläche (BO)	Textur des Drainvlies zeichnet sich auf der BO ab, siehe Herstellerangaben	dunkle, weitgehend porenfreie BO, i. Allg. keine Sichtbetonanwendung, Risiko der Faltenbildung	produktabhängig, i.R. nur 1 Einsatz

<sup>1</sup> Filmbeschichtung, i.d.R. Phenolharzpapier unterschiedlicher Beschichtungsdicke ab ca. 80 bis ca. 600 g/m<sup>2</sup>; je nach; siehe Herstellerangaben.

<sup>2</sup> Die angegebene Einsatzhäufigkeit sind Anhalts- bzw. Erfahrungswerte, die je nach Güte und Qualität der Schalungshaut sowie in Abhängigkeit der von den Sichtbetonklassen SB1 bis SB3 variieren können. Für die Klasse SB4 kann die Einsatzhäufigkeit erheblich abnehmen.

<sup>3</sup> Das Saugverhalten der schwach saugenden Schalhäute und damit auch die Farbtonung der BO wird von folgenden Faktoren beeinflusst: Einsatzhäufigkeit, Liegezeit, Lagerungsart (Hitze, Regen u.a.m.), dicke des Trennmittelauftrages, Trennmitteltyp. Je stärker das Saugverhalten umso dunkler wird die BO.

<sup>4</sup> Saugende Schalungshauttypen liefern tendenziell weniger Poren an der BO als schwach oder nicht saugende Schalungshäute. Bei sehr schwach saugenden und bei nicht saugenden Typen ist die Kombination aus Beton, Verarbeitung, Trennmittel und Schalungstyp hinsichtlich der Ausprägung der Porigkeit maßgebend. Insbesondere ist die Abstimmung von Schalungshaut und Trennmittel von Bedeutung.

Fortsetzung Tabelle 5.17 Orientierung bei der Auswahl von Schalungshäuten <sup>133</sup>

Zusätzlich werden in dem Merkblatt Sichtbeton im Anhang A die Anforderungen an die Planung, Erprobung und Ausführung für die in Abbildung 5.2 erwähnten Merkmale festgelegt. Diese sind detailliert in den nachfolgenden Tabellen (Tabelle 5.18 bis Tabelle 5.23) zu finden.

<sup>133</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 25.

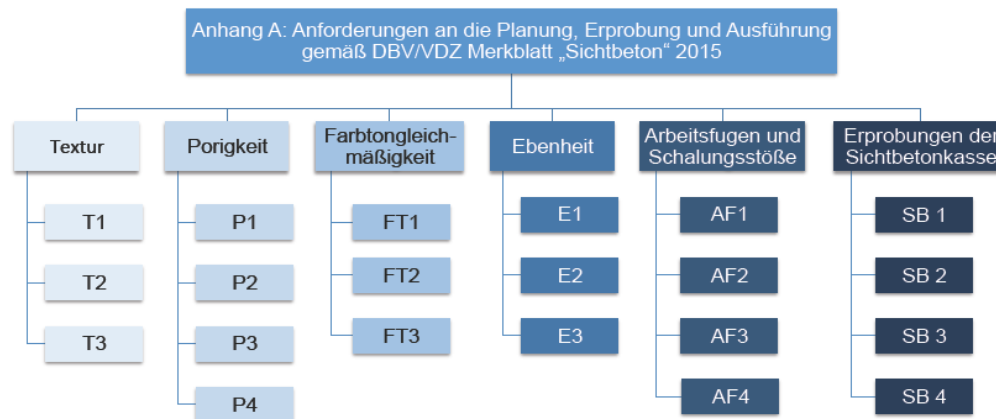


Abbildung 5.2: Anhang A: Anforderungen an die Planung, Erprobung und Ausführung <sup>134</sup>

Anforderung: Texturklasse	
Merkmal	Textur
T1	Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 üblich
T2	wie Klasse T1, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>• gleiche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut sicherstellen</li> <li>• Sauberkeit der Schalung und dünnen, Trennmittelauftrag sicherstellen</li> <li>• Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen</li> <li>• Schalungssystem mit geringen Fertigungstoleranzen wählen</li> <li>• Abdichtung der Schalungsstöße vereinbaren</li> <li>• Schalungseinlagen vereinbaren</li> <li>• Schalungsanker möglichst gleichmäßig fest anziehen</li> <li>• Fachgerechte Lagerung der Schalung vorsehen</li> <li>• Möglichst gleichhaltige Schalungshautplatten verwenden</li> <li>• Bauseits geschnittene Kanten der Schalungsplatten sind zu versiegeln</li> </ul>
T3	wie Klasse T2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anforderungen bezüglich Schalungsstöße und Rahmenabdruck sind detailliert festzulegen</li> <li>• Detailplanung der Schalung (Abdichtungen, Stöße, Fußpunkt) notwendig</li> <li>• Schalung bei Lagerung vor Witterungseinflüssen schützen</li> <li>• Schalungssystem mit sehr kleinen Fertigungstoleranzen wählen (mögliche Einschränkungen bei der Wahl beachten)</li> <li>• Kantenschutz der Schalungselemente vorsehen</li> <li>• Entwurfsplanung vereinbaren</li> <li>• Kurze Zeitspanne zwischen Aufstellen der Schalung und dem Betoneinbau vereinbaren</li> <li>• Erstellung von Arbeitsanweisungen vorsehen</li> <li>• Vorgaben für die Ausbildung von Arbeitsfugen definieren (Trapezleiste, flächenbündige Fugen u.ä.)</li> <li>• Fußpunkt: Aufstellen der Schalung auf nicht saugendem Schamstoffstreifen oder Abdichten der Schalung am Wandfuß</li> <li>• Kantenschutz der ausgeschalteten Bauteile vorsehen</li> </ul>

Tabelle 5.18 Anforderung an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Texturklassen <sup>135</sup>

<sup>134</sup>Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 34.

<sup>135</sup>Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 35.

Anforderung: Leistungsumfang bei Porigkeitsklasse	
Merkmal	Porigkeit
P1	Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 üblich
P2 auch anzuwenden auf den Fall P1 bei SB2 mit nicht saugender Schalungshaut	wie Klasse P1, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betonsorte, Trennmittel und Schalungshaut aufeinander abstimmen</li> <li>• gleiche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut sicherstellen</li> <li>• Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmäßigen Trennmittelauftrag sicherstellen</li> </ul>
P3 auch anzuwenden auf den Fall P2 bei SB3 mit nicht saugender Schalungshaut	wie Klasse P2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>• besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich von unterschrittenen Schalungen, Deckelschalungen, horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich</li> <li>• Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen</li> <li>• Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen</li> <li>• Nachverdichtung der obersten Betonierlage</li> </ul>
P4 auch anzuwenden auf den Fall P3 bei SB4 mit nicht saugender Schalungshaut	wie Klasse P3, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>• besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich von horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich</li> <li>• keine unterschrittene Schalungen, Deckelschalungen vorsehen</li> </ul>

Tabelle 5.19 Anforderung an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Porigkeitsklassen <sup>136</sup>

<sup>136</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 36.

Anforderung: Farbtongleichmäßigkeitsklasse	
Merkmal	Farbtongleichmäßigkeit
FT1	Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 üblich
FT2	wie Klasse FT1, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betonsorte, Trennmittel und Schalungshaut aufeinander abstimmen</li> <li>• gleiche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut sicherstellen</li> <li>• Bei nebeneinanderliegenden Bauteilen Schalung mit gleicher Einsatzhäufigkeit verwenden</li> <li>• Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmäßigen Trennmittelauftrag sicherstellen</li> <li>• Schalung fachgerecht lagern, dabei UV-Einwirkung vermeiden</li> <li>• Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen</li> <li>• Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen</li> <li>• Mischdauer des Betons im Werk je Charge mindestens 60 Sekunden</li> <li>• Lieferung in zusammenhängende Bauteile jeweils nur aus Produktionsstätte (Lieferwerk)</li> </ul>
FT3 auch anzuwenden auf den Fall FT2 bei SB4 mit nicht saugender Schalungshaut	wie Klasse FT2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauzeitplanung hat witterungsbedingte Einschränkungen/ Verzögerungen zu berücksichtigen</li> <li>• Bauteilgeometrie und Bewehrungsführung sind so zu planen, dass eine einfache und zügige Betonage möglich ist. Schütt- und Rüttelöffnungen in gleichmäßigen Abständen sind vom Planer vorzusehen</li> <li>• Bewehrungsführung, Schütt- und Rüttelöffnungen sind so zu planen, dass das Berühren von Schalung und Bewehrung mit dem Innenrüttler weitgehend vermieden werden kann.</li> <li>• Schalungsstöße, Durchbindungen, Aufstandsflächen sind gegen das Auslaufen von Zementleim abzudichten. Die Art der Abdichtung ist vom Planer festzulegen.</li> <li>• Saugverhalten von Leisten etc. dem der Schalungshaut anpassen</li> <li>• Betondeckung <math>c_v</math> (Verlegemaß) von mindestens 30 mm vorsehen</li> <li>• Komplizierte Bauteilgeometrien vermeiden, damit Schalungsanker gleichmäßig angezogen werden können</li> <li>• Kein Betonieren bei starken Regenfällen</li> <li>• Spülwasserkontrolle vor der Beladung eines jeden Fahrmischer durchführen</li> <li>• Einhaltung des Wasserzementwertes auf <math>\pm 0,02</math> genau, bzw. Einhaltung der Ausgangskonsistenz <math>a_{10}</math> auf <math>\pm 20</math> mm genau</li> <li>• Wahl geeigneter Verfahren zur Vermeidung von Kalkausblühungen an pigmentiertem Beton</li> </ul>

Tabelle 5.20 Anforderung an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Farbtongleichmäßigkeitsklassen <sup>137</sup>

<sup>137</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 37.

Anforderung: Ebenheitsklasse	
Merkmal	Ebenheit der Sichtbetonflächen
E1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ebenheitsanforderungen nach DIN EN 18202, Tab. 3, Zeile 5, vereinbaren</li> <li>Einmessen der Schalung erforderlich</li> <li>Zusätzliche Toleranzen aus anderen Normen berücksichtigen</li> <li>Maßkoordination bei Verwendung von Schalungen von verschiedenen Herstellern vornehmen</li> <li>auf steifes Bewehrungsgeflecht achten, ausreichende Anzahl von Abstandhaltern berücksichtigen</li> <li>Schalungsanker möglichst gleichmäßig anziehen</li> <li>Sicherung von Einbauteilen gegen Verschiebungen berücksichtigen</li> <li>ausreichend Abstützung des Schalungssystems berücksichtigen</li> </ul>
E2	wie Klasse E1, jedoch zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>höhere Anforderungen an die Ebenföchigkeit sind im Vertrag als Leistungsposition zu berücksichtigen</li> <li>sorgföltige Lagerung der Schalungshaut erforderlich</li> <li>besondere Regelungen für gekrümmte Schalungen und Sonderausföhrungen treffen</li> <li>u.U. begrenzte Einsatzzahl der Schalung berücksichtigen</li> <li>sorgföltige Reinigung der Schalung erforderlich</li> <li>Fertigungstoleranzen des zum Einsatz kommenden Schalungssystems berücksichtigen</li> </ul>
E3	wie Klasse E2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>ggf. über Zeile 6 von Tabelle 3 in DIN 18202 hinausgehende Ebenheitsanforderungen vertraglich vereinbaren</li> <li>Planung und Festlegung der zum Erreichen von über Zeile 6 von Tabelle 3 in DIN 18202 hinausgehende Ebenheitsanforderungen durch Auftraggeber</li> <li>geodätisches Einmessen der Schalung erforderlich</li> <li>Prüfung der Maßtoleranzen und der Ebenföchigkeit von Schalungshaut und Befestigung vor Ort überprüfen</li> <li>ggf. Detailplanung notwendig</li> </ul>

Tabelle 5.21 Anforderung an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Ebenheitsklassen <sup>138</sup>

Anforderung: Arbeitsfugen und Schalungshautstoßklasse	
Merkmal	Arbeitsfugen und Schalungshautstoße
AF1	Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 üblich
AF2	wie Klasse AF1, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>Feinmörtelaustritt aus dem vorhergehenden Betonierabschnitt entfernen</li> </ul>
AF3	wie Klasse P2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>Schalungssystem mit geringen Fertigungstoleranzen wählen</li> </ul>
AF4	wie Klasse P3, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>detaillierte Festlegung aller Maßnahmen durch den Planer</li> </ul>

Tabelle 5.22 Anforderung an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Arbeitsfugenklassen <sup>139</sup>

<sup>138</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 38.

<sup>139</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 39.

Anforderung: Sichtbetonklasse	
Merkmal	Erprobungen
SB1	Erprobungen sind freigestellt
SB2	Zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau und Verdichtung werden Erprobungen empfohlen. Test an Prüfschalungen sind zweckdienlich
SB3	Zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau, Verdichtung, Anker-, Fugen- und Kantenausbildung werden Erprobungen dringend empfohlen. ggf. in Verbindung mit Test an Prüfschalungen
SB4	Zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau, Verdichtung, Anker-, Fugen- und Kantenausbildung sind i.A. mindestens zwei Erprobungen erforderlich. ggf. in Verbindung mit Test an Prüfschalungen

Tabelle 5.23 Anforderung an die Erprobungen in Abhängigkeit von den Sichtbetonklassen <sup>140</sup>

<sup>140</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 39.



### 5.1.1.5 Gestaltungsmerkmale von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

Im folgenden Unterkapitel wird ein Vergleich der wichtigsten Gestaltungsmerkmale anhand von ÖNORM B2211:2009, ÖVBB Richtlinie Sichtbeton:2009, DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ und des M+ Museum hergestellt.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1	<b>Abstimmung im Planungsprozess</b>		
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>141</sup>	AP1	Angaben zu den Bauteilabmessungen (z.B. Dicken, Mindestquerschnitte, Neigung), Betonüberdeckung, Toleranzklasse, Ebenheit, Bauwerksfugen, Festlegung der Betonsorte (Festigkeitsklasse, Expositionsklasse, Betonstandard) sind erforderlich
4		AP2	wie AP1, zusätzlich: Betoneinbringung; Verdichtung, Rüttelgassen, Bewehrungsgrad
5		AP3	wie AP2, zusätzlich: Lage von Arbeitsfugen und Einbauteilen, Entlüftung horizontaler oder geneigter Sichtflächen, wenn erforderlich Details der Schalungsbaus, sichtbetonkonforme Bauzeitplanung (z.B. Pufferzeiten für Schlechtwetter)
6	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ <sup>142</sup>		bei SB1: gemäß DIN 18331:2012-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C
7			bei SB2: zusätzlich Sichtbetonsteam zur planerischen Abstimmung der Haustechnik, der Bewehrung und Einbauteile auf die Betonierbarkeit
8			bei SB3 & SB4: zusätzlich Sichtbetonsteam zur planerischen Abstimmung der Haustechnik, der Bewehrung und Einbauteile auf die Betonierbarkeit und Festlegung der schalungstechnischen Details für Fugen, Kanten etc.
9	M+ Museum		Angaben zu Betonrezeptur, Schalungsmaterialien (Schalungselemente, Trennmittel, Fugenfüller, Anker, Dichtungsmaterialien, Schutzanstriche, usw.), Ausführungsabläufe (einbringen des Betons, Rüttelvorgang, Errichten des Traggerüstes, Ausschalzeiten, usw.), Qualitätssicherung, Überwachungsplan (inklusive Name und Lebenslauf des verantwortlichen Poliers) sowie Reparatur- und Nachbesserungsarbeiten. <sup>143</sup> Vorgehensweise und Terminplan für Gerüst und Schalarbeiten, Betoniertakt, Betoneinbringung, Ausschalverfahren, Ausschalzeiten, Nachbehandlung sowie Schutzmaßnahmen, Verhinderungsmaßnahmen (z.B. Mörtelaustritt) und Sanierungsmaßnahmen. <sup>144</sup>

Tabelle 5.24 Abstimmung im Planungsprozess von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>141</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 9.

<sup>142</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 40.

<sup>143</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.4.

<sup>144</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.17.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1	<b>Gliederung der Betonoberfläche</b>		
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>145</sup>	GO1	Regelmäßig und geordnetes Schalungsbild, Ankerraster und Ankerlöcher in ausreichender Zahl nach Wahl des Ausführens
4		GO2	wie GO1, zusätzlich: Ausführung nach Vorgaben des Planers (Beschreibung und/ oder Skizzen z.B. durchgehende Vertikalfugen)
5		GO3	Gliederung durch Schalungsmusterplan festgelegt mit Angaben zu Schalungssystem, Bauteilabmessungen, Größe der Schalungselemente, Ankerstellen und Betonierabschnitte. (Der Schalungsmusterplan beinhaltet eine Darstellung der angegebenen Anforderungen an repräsentativen Bauteilen des Bauwerks und ist dem Leistungsverzeichnis beizulegen)
6	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ <sup>146</sup>		bei SB1 & SB2: Gemäß DIN 18331, mit geordnetem Schalungsbild
7			bei SB3: Gliederung nach Skizzen des Planers
8			bei SB4: Gliederung nach Schalungsmusterplan des Planers
9	M+ Museum <sup>147</sup>		für Sichtbetonklasse F3, F3+ und F5: Ausführungspläne im Maßstab 1:50 mit Angaben zu Schalungselementstöße, Schalhautstöße, Ausbildung von Arbeitsfugen, Ankerstelle, Durchbrüche und alle Details von Einbauteilen  Sämtliche horizontale und vertikale Ausbildungen von Arbeitsfugen des gesamten Gebäudes, inklusive Deckenspiegel und notwendige Schnitte und Pläne sind im Maßstab 1:200 zu erstellen

Tabelle 5.25 Gliederung der Betonoberfläche von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>145</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 9.

<sup>146</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 40.

<sup>147</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.17.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1	<b>Porigkeit</b>		
2	ÖNORM B2211:2009 <sup>148</sup>	P	Der Anteil an offenen Poren von 1mm bis 15mm Durchmesser $\leq 0,3\%$ der Prüffläche
3		2P	Vielfaches des Porenanteils P $\leq 0,6\%$ der Prüffläche
4		3P	Vielfaches des Porenanteils P $\leq 0,9\%$ der Prüffläche
5	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>149</sup>	P	Anteil an offenen Poren von 1 – 15 mm größter Abmessung, Fläche P $\leq 0,3\%$ der Prüffläche, Prüfung nach Anhang A.1.1 ÖVBB Richtlinie
6		2P	Vielfaches des Porenanteils P $2P \leq 0,6\%$ der Prüffläche
7		3P	Vielfaches des Porenanteils P $3P \leq 0,9\%$ der Prüffläche
8	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ <sup>150</sup>	P1	$\leq$ ca. 3000 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 1,2 % der Prüffläche)
9		P2	$\leq$ ca. 2250 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 0,9 % der Prüffläche)
10		P3	$\leq$ ca. 1500 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 0,6 % der Prüffläche)
11		P4	$\leq$ ca. 750 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 0,3 % der Prüffläche)
12	M+ Museum <sup>151</sup>		Vereinzelte Poren mit maximalen Durchmesser $\leq 10$ mm sind zulässig  Poren mit einem Durchmesser größer 3 mm werden bei Tragwerken mit angrenzenden Wasser und wasserdichten Tragwerken nicht akzeptiert  Kiesnester in einem Bereich größer 50 mm, werden nicht akzeptiert

Tabelle 5.26 Porigkeit von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>148</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 12.

<sup>149</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 10.

<sup>150</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 13.

<sup>151</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.42.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Farbtongleichmäßigkeit / Farbgleichheit</b>	
2	ÖNORM B2211:2009 <sup>152</sup>	F1	Flächige Verfärbungen, verursacht durch Rost, unterschiedliche Art und unsachgemäße Vorbehandlung der Schalung, 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.
3		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.
4	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>153</sup>	FT1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hell-/ Dunkelverfärbungen sind zulässig im Bereich von 5 benachbarten Farbtonstufen laut Grautonskala gem. Anhang A.1.2</li> <li>Rost- und Schmutzflecken sind unzulässig</li> </ul>
5		FT2	wie FT1, jedoch: <ul style="list-style-type: none"> <li>gleichmäßige, großflächige Hell-/ Dunkelverfärbungen sind zulässig im Bereich von 4 benachbarten Farbtonstufen laut Grautonskala gem. Anhang A.1.2</li> <li>deutlich sichtbare Schüttlagen sind unzulässig</li> </ul>
6		FT3	wie FT2, jedoch: <ul style="list-style-type: none"> <li>Hell-/ Dunkelverfärbungen (z.B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichung) sind zulässig im Bereich von 3 benachbarten Farbtonstufen laut Grautonskala gem. Anhang A.1.2</li> <li>Verfärbungen durch ungeeignete Nachbehandlung des Betons sind unzulässig</li> </ul>
7	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ <sup>154</sup>	FT1	Hell-/ Dunkelverfärbungen sind zulässig, Schmutzflecken sind unzulässig.
8		FT2	Gleichmäßige, großflächige Hell-/ Dunkelverfärbungen in der Flächenfärbung sind zulässig. Schmutzflecken sind unzulässig. Unterschiedliche Arten und Vorbehandlungen der Schalungshaut sowie Betonausgangstoffe verschiedener Art und Herkunft sind unzulässig.
9		FT3	Zulässig sind geringe Hell-/ Dunkelverfärbungen (z.B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichungen). Unzulässig sind Schmutzflecken, deutlich sichtbare Schüttlagen sowie Verfärbungen, verursacht durch die Nichteinhaltung der Vorgaben aus Anhang A, Tab. A3.  Bei saugender Schalungshaut sind großflächige Verfärbungen, verursacht z.B. durch Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft, unterschiedliche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut und ungeeignete Nachbehandlung des Betons unzulässig.
10	M+ Museum <sup>155</sup>		<p>Farbtonunterschiede aufgrund schlechter Schutzvorkehrungen (Rostflecken, Ausblühungen, usw.) werden nicht akzeptiert</p> <p>Farbtonunterschiede, welche auf eine Nichtkontrollierte Wasseraufnahme des Betons und in weiterer Folge unterschiedliches Austrocknen zurückzuführen ist, werden nicht akzeptiert</p> <p>Farbton- und Texturunterschiede, welche auf den natürlichen Betonier- und Erhärtungsvorgang zurückzuführen sind, werden anhand der Benchmarkflächen beurteilt</p>

Tabelle 5.27 Farbtongleichmäßigkeit / Farbgleichheit von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>152</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 13.

<sup>153</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 10.

<sup>154</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 13.

<sup>155</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.7.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Farbe</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>156</sup>	C1	Betonfarbe, die sich aufgrund der Verwendung nutzungskonformer Betonmischungen und Zementarten ergibt
4		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
5		C3	wie C2, jedoch unter Verwendung von Weißzement, ausgewählter Gesteinskörnung oder weiteren Maßnahmen wie eingefärbter Beton unter Angabe dieser Maßnahmen im Leistungsverzeichnis
6	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“		–
7	M+ Museum		–

Tabelle 5.28 Farbe von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>156</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 11.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Ebenheit</b>	
2	ÖNORM B2211:2009 <sup>157</sup>		es gelten die Maß-, Form- und Lagetoleranzen der ÖNORM DIN 18202
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>158</sup>	E1	Ebenheitsanforderungen nach ÖNORM DIN 18202, Tab. 3, Zeile 5
4		E2	Ebenheitsanforderungen nach ÖNORM DIN 18202, Tab. 3, Zeile 6
5	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ <sup>159</sup>	E1	gemäß DIN 18202 [R12], Tab. 3, Zeile 5
6		E2	gemäß DIN 18202 [R12], Tab. 3, Zeile 6
7		E3	gemäß DIN 18202 [R12], Tab. 3, Zeile 6 Höhere Ebenheitsanforderungen sind gesondert zu vereinbaren und vom AG detailliert festzulegen.  Höhere Ebenheitsanforderungen z.B. nach DIN 18202, Tab. 3, Zeile 7 sind nicht technisch zielsicher erfüllbar.
8	M+ Museum <sup>160</sup>	F1	graduelle Unebenheit: < 10 mm auf 3 m
9		F3	graduelle Unebenheit: < 5 mm auf 3 m
10		F3+	graduelle Unebenheit: < 5 mm auf 3 m
11		F5	graduelle Unebenheit: < 3 mm auf 2 m

Tabelle 5.29 Ebenheit von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>157</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 11.

<sup>158</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 12.

<sup>159</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 14.

<sup>160</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.12.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Arbeitsfuge</b>	
2	ÖNORM B2211:2009 <sup>161</sup>	A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versatz der Fläche zweier Betonierabschnitte ≤ 10 mm</li> </ul>
3		A2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versatz der Fläche zweier Betonierabschnitte ≤ 10 mm,</li> <li>• allfällige Feinmörtelaustritte müssen entfernt werden,</li> <li>• Dreikantleiste.</li> </ul>
4		A3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versatz der Fläche zweier Betonierabschnitte ≤ 5 mm,</li> <li>• allfällige Feinmörtelaustritte müssen entfernt werden,</li> <li>• Dreikantleiste.</li> </ul>
5		A4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versatz der Fläche zweier Betonierabschnitte ≤ 3 mm,</li> <li>• allfällige Feinmörtelaustritte müssen entfernt werden,</li> <li>• Dreikantleiste o. dgl. nicht zugelassen.</li> </ul>
6		Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>162</sup>	AF1
7	AF2		<ul style="list-style-type: none"> <li>• in den Arbeitsfugen ausgetretener Zementleim/ Feinmörtel bis 1,0 cm Breite und 0,5 cm Tiefe zulässig</li> <li>• Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte bis 0,5 cm zulässig</li> <li>• Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt muss rechtzeitig entfernt werden</li> <li>• Trapezleiste oder Ähnliches kann nur mit Vereinbarung verwendet werden</li> </ul>
7	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ <sup>163</sup>	AF1	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 10 mm zulässig.
8		AF2	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 10 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o.ä. empfohlen.
9		AF3	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 5 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o.ä. empfohlen.
10		AF4	Planung der Detailausführung erforderlich. Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 3 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. Weitere Anforderungen (z.B. Ausbildung von Arbeitsfugen und Schalungsstöße) sind detailliert festzulegen.
11	M+ Museum <sup>164</sup>	F1	Versatz: < 5 mm
12		F3	Versatz: < 3 mm, keine Mörtelaustritte, keine Haarrisse
13		F3+	Versatz: < 3 mm, keine Mörtelaustritte, keine Haarrisse
14		F5	Versatz: < 2 mm, keine Mörtelaustritte, keine Haarrisse
15			

Tabelle 5.30 Arbeitsfuge von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>161</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMITTEL (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 13.

<sup>162</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 12.

<sup>163</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 14.

<sup>164</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.12.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Schalungselementstoß / Struktur; Elementstoß</b>	
2	ÖNORM B2211:2009 <sup>165</sup>	S1	<ul style="list-style-type: none"> <li>geschlossene, weitgehend einheitliche Betonoberfläche mit geschlossener Zementleim- oder Mörteloberfläche,</li> <li>keine Grobkornansammlungen,</li> <li>in den Elementstößen austretender Zementleim/ Feinmörtel bis max. 20 mm Breite und 10 mm Tiefe,</li> <li>Rahmendruck des Schalungselement</li> </ul>
3		S2	Wie S1, jedoch: <ul style="list-style-type: none"> <li>glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonoberfläche,</li> <li>in den Elementstößen austretender Zementleim/ Feinmörtel bis max. 10 mm Breite und 5 mm Tiefe,</li> <li>Versatz der Elementstöße ≤ 5 mm,</li> <li>Verbleibende Grate ≤ 5 mm</li> </ul>
4		S3	Wie S2, jedoch: <ul style="list-style-type: none"> <li>in den Elementstößen austretender Zementleim/ Feinmörtel bis max. 3 mm Breite,</li> <li>Versatz der Elementstöße ≤ 3 mm,</li> <li>Verbleibende Grate ≤ 2 mm</li> </ul>
5		S4	Wie S3, jedoch: <ul style="list-style-type: none"> <li>Rahmenabdruck des Schalungselement nicht zugelassen.</li> </ul>
6	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>166</sup>	ES1	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine Grobkornansammlungen</li> <li>in den Schalungselementstößen ausgetretener Zementleim/ Feinmörtel bis 1,5 cm Breite und 1,0 cm Tiefe zulässig</li> <li>Versatz der Elementstöße bis 1,0 cm zulässig</li> <li>Höhe verbleibender Grate bis 0,5 cm zulässig</li> </ul>
7		ES2	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine Grobkornansammlungen</li> <li>in den Schalungselementstößen ausgetretener Zementleim/ Feinmörtel bis 1,0 cm Breite und 0,5 cm Tiefe zulässig</li> <li>Versatz der Elementstöße bis 0,5 cm zulässig</li> <li>Höhe verbleibender Grate bis 0,3 cm zulässig</li> </ul>
8	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“		DBV/VDZ Merkblatt fasst Schalungsstöße und Arbeitsfugen zusammen. AF1 bis AF4 (siehe Arbeitsfuge in Tabelle 5.30)
9	M+ Museum <sup>167</sup>		Alle Fugen inklusive Fugen zwischen Schalung und fertigem Bauteil sollen bündig gestoßen werden um Mörtelaustritt zu vermeiden. Lücken sind mit Dichtungsringen, Füllern, Dichtungsmittel oder Verstärkungsstreifen zu verschließen.  Jede Lücke, größer als 4 mm, zwischen den Paneelen ist unzulässig und soll mit Moosgummi oder gleichwertigen, nichtfärbenden Produkten versiegelt werden

Tabelle 5.31 Schalungselementstoß / Struktur, Elementstoß von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>165</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 12.

<sup>166</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 12.

<sup>167</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.26.



S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Schalhautstoß</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>168</sup>	HS1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schalhautstoß ohne besondere Maßnahmen (z.B. nach Schalungssystem, stumpfer Stoß) mit üblichen Feinmörtelaustritt</li> <li>• Versatz der Schalhautränder bis 0,5 cm zulässig</li> </ul>
4		HS2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schalhautstoß mit besondere Maßnahmen (z.B. Neubelegung, Dichtungsband) mit geringem Feinmörtelaustritt</li> <li>• Versatz der Schalhautränder bis 0,3 cm zulässig</li> </ul>
5	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“		DBV/VDZ Merkblatt fasst Schalungsstöße und Arbeitsfugen zusammen. AF1 bis AF4 (siehe Arbeitsfuge in Tabelle 5.30)
6	M+ Museum <sup>169</sup>		<p>Alle Fugen inklusive Fugen zwischen Schalung und fertigem Bauteil sollen bündig gestoßen werden um Mörtelaustritt zu vermeiden. Lücken sind mit Dichtungsringen, Füllern, Dichtungsmittel oder Verstärkungsstreifen zu verschließen.</p> <p>Jede Lücke, größer als 4 mm, zwischen den Paneelen ist unzulässig und soll mit Moosgummi oder gleichwertigen, nichtfärbenden Produkten versiegelt werden</p>

Tabelle 5.32 Schalhautstoß von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Kantenausbildung</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>170</sup>	K1	gebrochene, gefaste Kante (z.B. Dreikantleiste)
4		K2	scharfe Kante (Ungefaste, scharfe Kanten ohne kleinere Abbrüche sind nicht zielsicher herstellbar. Scharfe Kanten sind während der Bauzeit zu schützen.)
5	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“		–
6	M+ Museum <sup>171</sup>		Sofern nicht in den Plänen ausdrücklich deklariert oder vom AG nicht geprüft und freigegeben, sind gebrochene oder gefaste Kanten und Ecken der Sichtbetonklassen F3, F3+ und F5 unzulässig. Geringfügiges abraspeln unter 5 mm ist zulässig.

Tabelle 5.33 Kantenausbildung von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>168</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 12.

<sup>169</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.26.

<sup>170</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 13.

<sup>171</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.26.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Ankerstelle</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>172</sup>	AS1	Ankerstelle ohne besondere Maßnahmen (z.B. nach Schalungssystem) mit üblichen Feinmörtelaustritt
4		AS2	Ankerstelle mit besonderen, festzulegenden Maßnahmen (z.B. Dichtungsring) mit geringem Feinmörtelaustritt
5		AS3	keine sichtbaren Ankerstellen durch ankerfreie Schalungskonstruktion
6	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“		–
7	M+ Museum		Schalungsanker für sämtliche Sichtbetonflächen sollen horizontal, vertikal und rechtwinkelig in Übereinstimmung oder nach Schalungsmusterplan angeordnet werden. <sup>173</sup> Das Schalungsbild soll so gestaltet werden, dass der Ankerabstand immer maximal ausgereizt wird. <sup>174</sup>

Tabelle 5.34 Ankerstelle von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>172</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 13.

<sup>173</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.28.

<sup>174</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.9.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Verschluss der Ankerlöcher</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>175</sup>	AV1	Distanzrohre, Konen und marktübliche Verschlussstopfen oder vertieft gespachtelter Mörtelverschluss nach Wahl des Ausführenden
4		AV2	Distanzrohre, Konen und marktübliche Verschlussstopfen aus Kunststoff, Beton, Faserzement u. dgl. nach Angaben im Leistungsverzeichnis
5	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“		–
6	M+ Museum		<p>Der Zementmörtel für Verfüllung von Poren, Ankerlöchern und anderen Aussparungen muss die selbe Farbe wie der ausgehärtete Beton aufweisen. Dafür kann hellfarbiger Sand oder weißer Zement verwendet werden. Der AN hat die Farbe und Muster des Mörtels vor Beginn der Arbeiten dem AG zur Prüfung vorzulegen.<sup>176</sup></p> <p>Solange keine Besichtigung durch den AG erfolgt sind Arbeiten zum Verfüllen von Poren, Ankerlöcher oder Löcher von Aussparungen mit Spritzmörtel oder anderen Materialien unzulässig.<sup>177</sup></p> <p>Die Anker- und Aussparungslöcher sollen gereinigt werden und anschließend mit Zementmörtel stoßend in Schichten verfüllt werden. Jegliche Löcher der Sichtbetonbauteile sind in Abstimmung mit der Benchmarkfläche bis 5 mm unterhalb der Oberfläche zu verfüllen. Ein vollständiges auffüllen ist unzulässig.<sup>178</sup></p>

Tabelle 5.35 Verschluss der Ankerlöcher von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>175</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 13.

<sup>176</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particlar Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.33.

<sup>177</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particlar Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.41.

<sup>178</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particlar Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.43.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Ausbildung von Aufhängestellen</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>179</sup>	AH1	Aufhängestellen in systemkonformer Ausführung nach Wahl des Ausführenden Anordnung und Erscheinungsbild dürfen von den Ankerlöchern abweichen
4		AH2	Anordnung und Erscheinungsbild müssen den Ankerlöchern entsprechen
5	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“		–
6	M+ Museum		–

Tabelle 5.36 Ausbildung von Aufhängestellen von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Befestigung der Schalhaut</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>180</sup>	BA1	Zulässig sind Abdrücke durch systemkonforme Befestigung von vorne <ul style="list-style-type: none"> <li>mit max. 0,3 cm tiefen oder erhabenen Abdrücken in der Betonfläche</li> </ul>
4		BA2	Die Befestigung der Schalhaut ist zu vereinbaren (z.B. schalhautebene/ überstehende Befestigung, nicht sichtbare Befestigung, betonte Befestigung)
5	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“		–
6	M+ Museum <sup>181</sup>		Sofern nicht in den Plänen ausdrücklich deklariert oder vom AG nicht geprüft und freigegeben, dürfen Nägel und sämtliche Befestigungsmittel die Schalhaut nicht penetrieren und keine Abdrücke auf der fertigen Betonoberfläche hinterlassen. Schalungswerkzeug soll nicht im direkten Kontakt mit der Schalhaut verwendet werden.  Dichtungsmaterialien für Schalungselementfugen sollen nicht auf der Schalhaut befestigt werden damit keine Abdrücke auf der fertigen Betonoberfläche entstehen.

Tabelle 5.37 Befestigung der Schalhaut von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>179</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 13.

<sup>180</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 14.

<sup>181</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.26ff.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Schalhautzustand / Schalungshaut</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>182</sup>	SZ1	Zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• mehrmaligen Gebrauch, solange die vereinbarte Betonfläche erreicht wird</li> <li>• Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,2 cm</li> <li>• systemkonforme und fachgerechte Reparaturstellen der Schalhaut</li> <li>• Kratzer bis zu ca. 0,3 cm Tiefe und ca. 0,5 cm Breite</li> <li>• Nagel- und Schraublöcher ohne Absplitterungen bis ca. 1 cm Durchmesser</li> <li>• Aufquellungen im Befestigungs- und Kantenbereich</li> <li>• Betonreste in Vertiefungen und Zementschleier</li> </ul>
4		SZ2	Zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• mehrmaligen Gebrauch, solange die vereinbarte Betonfläche erreicht wird</li> <li>• Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,1 cm</li> <li>• systemkonforme und fachgerechte Reparaturstellen der Schalhaut</li> <li>• Kratzer bis zu ca. 0,2 cm Tiefe und ca. 0,2 cm Breite</li> <li>• Nagel- und Schraublöcher ohne Absplitterungen bis ca. 0,5 cm Durchmesser</li> </ul> Nicht zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufquellungen im Befestigungsbereich</li> <li>• Betonreste in Vertiefungen</li> <li>• Beschädigung der Schalhaut durch Innenrüttler u.dgl.</li> </ul>
5		SZ3	Zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Normalen Abrieb bei mehrmaligen Gebrauch</li> <li>• Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,1 cm</li> </ul> Nicht zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparaturstellen</li> <li>• Kratzer</li> <li>• Nagel- und Schraublöcher</li> </ul> (SZ3 ist nur bei SBS zulässig)
6	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“	SHK1	Detailliert unter Kapitel 5.1.1.4 in Tabelle 5.16 zu finden
7		SHK2	Detailliert unter Kapitel 5.1.1.4 in Tabelle 5.16 zu finden
8		SHK3	Detailliert unter Kapitel 5.1.1.4 in Tabelle 5.16 zu finden
9	M+ Museum <sup>183</sup>		Nicht zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• lose Äste, Kratzer, Risse oder Löcher die einen größeren Durchmesser als 10 mm aufweisen</li> <li>• Rost oder Staubverschmutzung</li> <li>• Markierungen und Beschriftungen</li> <li>• abstehende oder hervorspringende Befestigungsmittel</li> </ul> Geschalte Oberflächen sollen die natürliche Schalhaut wiederspiegeln. Künstliche Bearbeitung der Schalhaut wird nicht akzeptiert.

Tabelle 5.38 Schalhautzustand/ Schalungshaut von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>182</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 14.

<sup>183</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.8ff.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Trennmittleinsatz</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>184</sup>	TE1	Eignung der Kombination von Schalhaut und Trennmittel gemäß Tab. 6/1 der ÖVBB Richtlinie Sichtbeton:2009
4		TE2	Kombination von Schalhaut, Trennmittel und Beton ist an Probeflächen bei der jeweiligen Einsatzwitterung anzuwenden, zu beurteilen und festzulegen
5	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“		–
6	M+ Museum <sup>185</sup>		Als Trennmittel dürfen nur urheberrechtlich geschützte Produkte und ohne Inhalt von Mineralöl verwendet werden. Wasserabweisende Farbe, Polyurethan-Lacke, Wachs oder ähnliche Produkte dürfen nicht anstelle eines Trennmittels verwendet werden. Das Trennmittel darf keine Verfärbung oder Rückstände an der Betonoberfläche hinterlassen, keine Beeinträchtigung der Haftung für nachfolgende Anstriche oder Behandlungen aufweisen und den Erhärtungsprozess des Betons nicht stören. Als Schalungstrennmittel für alle Sichtbetonflächen aus Ortbeton sollen chemisch reagierende Trennmittel verwendet werden.

Tabelle 5.39 Trennmittleinsatz von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>184</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 14.

<sup>185</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.10.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Schalungssystem</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>186</sup>	SY1	System- Rahmenschalung Betonbild mit regelmäßigen Rahmenabdrücken im Raster der Hersteller, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut systembedingt vorgegeben
4		SY2	System- Trägerschalung Betonbild ohne Rahmenabdruck, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut systembedingt vorgegeben
5		SY3	Objektschalung Betonbild durch an das Bauteil angepasste einzelgefertigte Schalungselemente, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut in den Grenzen der technischen Möglichkeiten frei wählbar
6	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“		–
7	M+ Museum	F1	Sperrholz- oder Systemschalung, Details siehe Kapitel 5.2.2 6.
8		F3	Versiegelte Sperrholz- oder Systemholzschalung, Details siehe Kapitel 5.2.2 6.
9		F3+	Brettholzschalung, Details siehe Kapitel 5.2.2 6.
10		F5	Stahlschalung, Details siehe Kapitel 5.2.2 6.

Tabelle 5.40 Schalungssystem von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>186</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 15.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Textur der Betonfläche</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>187</sup>	T1	raue Betonoberfläche unter Verwendung von Schalhäuten lt. Tab. 6/1 nach Wahl des Ausführenden
4		T2	glatte Betonoberfläche unter Verwendung von Schalhäuten lt. Tab. 6/1 nach Wahl des Ausführenden
5		T3	Betonfläche nach Angabe des Planers
6	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ <sup>188</sup>	T1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weitgehend geschlossene Zementleim- bzw. Mörteloberfläche</li> <li>• In den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/ Feinmörtel bis ca. 20 mm Breite und ca. 10 mm Tiefe zulässig</li> <li>• Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen</li> </ul>
7		T2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche</li> <li>• in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/ Feinmörtel bis ca. 10 mm Breite und ca. 5 mm Tiefe zulässig</li> <li>• Höhe verbleibender Grate bis ca. 5 mm zulässig</li> <li>• Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen</li> </ul>
8		T3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche</li> <li>• in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/ Feinmörtel bis ca. 3 mm Breite zulässig</li> <li>• feine, technisch unvermeidbare Grate bis ca. 3 mm zulässig</li> <li>• weitere Anforderungen (z.B. an Ankerbildung, Schalungshautstöße, Koneverschlüsse) sind detailliert festzulegen</li> </ul>
9	M+ Museum <sup>189</sup>		<p>Farbton- und Texturunterschiede, welche auf den natürlichen Betonier- und Erhärtungsvorgang zurückzuführen sind, werden anhand der Benchmarkflächen beurteilt.</p> <p>Geschalte Oberflächen sollen die natürliche Schalhaut wiederspiegeln.</p>

Tabelle 5.41 Textur der Betonfläche von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>187</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 15.

<sup>188</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 13.

<sup>189</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.7ff.



S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Musterfläche / Erprobungsfläche</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>190</sup>		• bei Klasse SB1 empfohlen
4			• bei Klasse SB2 empfohlen
5			• bei Klasse SB3 erforderlich
6			Bei der Planung, Arbeitsvorbereitung und Herstellung der Musterfläche ist ein Musterflächenprotokoll zu führen. Alle relevanten Aufzeichnungen wie Gestaltungsmerkmale, Ausgangsmaterialien, Geräte, Arbeits- und Umweltbedingungen usw. sind festzuhalten und werden als Grundlage für allfällige Verbesserungsmaßnahmen verwendet. <sup>191</sup>
7	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ <sup>192</sup>		bei SB1: Erprobungsflächen sind freigestellt
8			bei SB2: zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau und Verdichtung werden Erprobungen empfohlen. Tests an Prüfflächen sind zweckdienlich.
9			bei SB3: zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau und Verdichtung, Anker-, Fugen- und Kantenausbildung werden Erprobungen dringend empfohlen. Ggf. in Verbindung mit Tests an Prüfschalungen
10			bei SB4: zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau und Verdichtung, Anker-, Fugen- und Kantenausbildung sind i.A. mindestens zwei Erprobungen erforderlich. Ggf. in Verbindung mit Tests an Prüfschalungen
11	M+ Museum <sup>193</sup>		bei F3 erforderlich
12			bei F3+ erforderlich
13			bei F5 erforderlich

Tabelle 5.42 Musterfläche/ Erprobungsfläche von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>190</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 8.

<sup>191</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 24.

<sup>192</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 39.

<sup>193</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.34.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1			<b>Sichtbetonteam</b>
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>194</sup>		• bei Klasse SB1 nicht erforderlich
4			• bei Klasse SB2 empfohlen
5			• bei Klasse SB3 erforderlich
6	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ <sup>195</sup>		bei Klasse SB1 nicht erforderlich
7			bei Klasse SB2, SB3 und SB4 erforderlich
8	M+ Museum		–

Tabelle 5.43 Sichtbeton von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>194</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 8.

<sup>195</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 12.

S	Regelwerke	Gestaltungsmerkmale	
Z	[A]	[B]	[C]
1		<b>Ausführung und Qualitätssicherung</b>	
2	ÖNORM B2211:2009		–
3	Richtlinie Sichtbeton: 2009 <sup>196</sup>		Die Erteilung des Gütezeichen „Fachbetrieb für Sichtbeton“ an jene Fachbetriebe oder Unternehmen, die sich verpflichten, die Sichtbetonarbeiten entsprechend der ÖVBB Richtlinie Sichtbeton- Geschalte Betonflächen zu erfüllen.
4	DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ 197		bei SB1: gemäß DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3
5			bei SB2: zusätzlich Schalungsvorbereitung durch den Unternehmer
6			bei SB3: zusätzlich Schalungsvorbereitung durch den Unternehmer und sichtbetontechnische Überwachung der Ausführung durch eine Fachkraft des Unternehmens
7			bei SB4: zusätzlich Schalungsvorbereitung durch den Unternehmer, sichtbetontechnische Überwachung der Ausführung durch eine Fachkraft des Unternehmens und mit sichtbetontechnischem Qualitätssicherungsplan
8	M+ Museum <sup>198</sup>		42 Tage vor Beginn der Sichtbetonarbeiten hat der AN eine Arbeitsanweisung inklusive Mustern, Ausführungsplänen, statischen Berechnungen der Schalung, Gliederung der Betonoberfläche, Ankermuster und Fugenbild dem AG zu übermitteln. Zusätzlich soll die Submission die Betonrezeptur, die Schalungsmaterialien (Schalungselemente, Trennmittel, Fugenfüller, Anker, Dichtungsmaterialien, Schutzanstriche, usw.), Ausführungsabläufe (einbringen des Betons, Rüttelvorgang, Errichten des Traggerüsts, Ausschalenzeiten, usw.), Qualitätssicherung, Überwachungsplan (inklusive Name und Lebenslauf des verantwortlichen Poliers) sowie Reparatur- und Nachbesserungsarbeiten beinhalten. (Detaillierter Genehmigungsprozess ist in Kapitel 5.2.2 5. Zu finden)

Tabelle 5.44 Ausführung und Qualitätssicherung von ÖNORM, Richtlinie Sichtbeton, DBV/VDZ Merkblatt und M+ Museum im Vergleich

<sup>196</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, S. 46.

<sup>197</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 40.

<sup>198</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.16ff.

## 5.1.2 Anforderungen an Beton

Neben den Gestaltungsmerkmalen ist die Festlegung der Betoneigenschaften ein weiterer wichtiger Punkt. Für Sichtbeton sind gemäß ÖNORM B 4710-1 folgende Anforderungen gestellt:

Der Sichtbeton muss mindestens der empfohlenen Betonsorte B2 in Tabelle 5.45 entsprechen.<sup>199</sup>

S	Kurzbezeichnung	Abgedeckte Umweltklasse	W/B Wert	Luftgehalt in %
Z	[A]	[B]	[C]	[D]
1	B1	XC3 (A)	0,60	–
2	B2	XC3/XD2/XF1/XA1L/SB (A)	0,55	–
3	B3	XC3/XD2/XF3/XA1L/SB (A)	0,55	2,5 bis 5,0
4	B4	XC4/XD2/XF1/XA1L/SB (A)	0,50	–
5	B5	XC4/XD2/XF2/XA1L/SB (A)	0,50	2,5 bis 5,0
6	B6 <sup>a</sup> /C <sub>3</sub> A-frei	XC4/XD2/XF3/XA2L/XA2T/SB (A)	0,45	2,5 bis 5,0
7	B7	XC4/XD3/XF4/XA1L/SB (A)	0,45	4,0 bis 8,0
8	B8	XC3/UB1 (A)	0,60	–
9	B9	XC3/UB2 (A)	0,60	–
10	B10	XC3/XD2/XF1/XA1L/UB1(A)	0,55	–
11	B10/C <sub>3</sub> Afrei	XC3/XD2/XF1/XA1L/XA1T/UB1/ C <sub>3</sub> Afrei (A)	0,55	–
12	B11	XC3/XD2/XF1/XA1L/UB2 (A)	0,55	–
13	B11/C <sub>3</sub> Afrei	XC3/XD2/XF1/XA1L/XA1T/UB2/ C <sub>3</sub> Afrei (A)	0,55	–
14	B12	XC4/XD2/XF1/XA1L/UB1(A)	0,50	–
15	B12/C <sub>3</sub> Afrei	XC4/XD2/XF1/XA1L/XA1T/UB1/ C <sub>3</sub> Afrei	0,50	–
16	HL-SW	XC4/XD3/XF3 <sup>b</sup> /XA3L <sup>c</sup> /XA3T <sup>c</sup>	0,34	–
17	HL-B	XC4/XD3/XF4 (A)	0,34	4,0 bis 8,0

<sup>a</sup> Gesteinskörnung ≤ 4 mm mit CO<sub>2</sub>- Gehalt ≤ 15%  
<sup>b</sup> XF2 und XF4 bei Einhaltung der für die Expositionsklassen entsprechenden Anforderungen an L300 und AF gemäß Tabelle NAD 10 ÖNORM B 4710-1:2007 Seite 60.  
<sup>c</sup> siehe 4.3.7. gemäß ÖNORM B 4710-1:2007

Tabelle 5.45 Betonkurzbezeichnung und damit abgedeckte Umweltklasse [ÖNORM B 4710–1]<sup>200</sup>

<sup>199</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009). ÖNORM B 4710–1 Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 66.

<sup>200</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009). ÖNORM B 4710–1 Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 115.

Bezogen auf das Größtkorn der Gesteinskörnung ist im Allgemeinen die Klasse GK 22 zweckmäßig. Jedoch darf bei Sichtbeton das Größtkorn nicht größer als das 0,8 fache der Überdeckung sein.<sup>201</sup>

Im Allgemeinen ist ein Mehlkorngesamt vom Mittelwert bis an die obere Grenze der Werte gemäß Tabelle 5.46 und bis 10% darüber zweckmäßig.<sup>202</sup>

S	Größtkorn der Gesteinskörnung GK	empfohlener Mehlkorngesamt kg/m <sup>3</sup>
Z	[A]	[B]
1	8	450 ± 25
2	16	375 ± 25
3	22	350 ± 25
4	32	325 ± 25

Tabelle 5.46 Empfohlener Mehlkorngesamt [ÖNORM B 4710–1]<sup>203</sup>

Die Konsistenz von Frischbeton wird in Österreich in zwei Klassen eingeteilt, Verdichtungsmaßklasse gemäß Tabelle 5.47 und Ausbreitmaßklasse gemäß Tabelle 5.48. Sichtbeton ist als Beton mit geringer Blutneigung zu klassifizieren. Bei Konsistenzen  $\geq F59$  weisen Betone mit geringer Blutneigung keine ausreichende Maßnahme gegen Entmischungen auf weshalb vorab andere Maßnahmen zu vereinbaren sind.<sup>204</sup> Auch die Konsistenzklassen C0, C1 und C2 sind nur dann zulässig, wenn die Eignung mit einer Probebetonierung nachgewiesen wird.<sup>205</sup>

<sup>201</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTRIUM (2009). ÖNORM B 4710–1 Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 32.

<sup>202</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTRIUM (2009). ÖNORM B 4710–1 Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 66.

<sup>203</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTRIUM (2009). ÖNORM B 4710–1 Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 57.

<sup>204</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTRIUM (2009). ÖNORM B 4710–1 Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 31.

<sup>205</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTRIUM (2009). ÖNORM B 4710–1 Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 66.

S	Klasse	Verdichtungsmaß	Beschreibung
Z	[A]	[B]	[C]
1	C0	mindestens 1,46	sehr steif
2	C1	1,45 bis 1,26	steif
3	C2	1,25 bis 1,11	steif plastisch
4	C3 <sup>a</sup>	1,10 bis 1,04	–
5	C4 <sup>a</sup>	unter 1,04	–
<sup>a</sup> in Österreich nicht relevant			

Tabelle 5.47 Verdichtungsmaßklassen [ÖNORM B 4710–1]<sup>206</sup>

S	Klasse	Klassenbezeichnung in Österreich	Ausbreitmaß (Durchmesser) mm	Beschreibung
Z	[A]	[B]	[C]	[D]
1	F1 <sup>a</sup>	–	≤ 340	–
2	F2	F38	350 bis 410	plastisch
3	F3	F45	420 bis 480	weich
4	F4	F52	490 bis 550	sehr weich
5	F5	F59	560 bis 620	fließfähig
6	F6 <sup>a</sup>	– F66 F73	≥ 630 630 bis 690 700 bis 760	– sehr fließfähig extrem fließfähig
<sup>a</sup> in Österreich nicht relevant				

Tabelle 5.48 Ausbreitmaßklassen [ÖNORM B 4710–1]<sup>207</sup>

Die Eignung für Zugabewasser sowie Restwasser aus der Betonherstellung ist in ÖNORM EN 1008 geregelt. Geeignet sind Trinkwasser und für Sichtbeton annähernd dieselbe Menge an Restwasser.<sup>208</sup>

Zusätzlich zur Einhaltung der geforderten Betoneigenschaften lt. ÖNORM B 4710–1 gelten die Anforderungen an die Betonzusammensetzung der ÖVBB- Richtlinie Sichtbeton – Geschalte Betonflächen in nachfolgender Tabelle 5.49.

<sup>206</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009). ÖNORM B 4710–1 Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 31.

<sup>207</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009). ÖNORM B 4710–1 Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 32.

<sup>208</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009). ÖNORM B 4710–1 Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 38.

S	Anforderungen	BSBQ1 entspricht SB/BL gemäß ÖNORM B 4710-1	BSBQ2
Z	[A]	[B]	[C]
1	Zementsorte	CEM I – CEM II Sulfathüttenzement kein Wechsel des Herstellers	CEM I – CEM II kein Wechsel des Herstellers und der Zementsorte <sup>1)</sup> (keine Kombination unterschiedlicher Zementsorten)
2	Zusatzstoff	gemäß ÖNORM B 4710-1	keine Zugabe mit Ausnahme von Pigmenten und Gesteinsmehl
3	Gesteinskörnung	Sieblinienklasse SK2	Sieblinienklasse SK1 kein Wechsel der Gewinnungsstätte
4	Festigkeitsklasse	gemäß den statischen Vorgaben	
5	Anrechenbarer Bindemittelgehalt	mind. 300 kg/m <sup>3</sup> bzw. ÖNORM B4710-1 Tab. NAD 10	mind. 340 kg/m <sup>3</sup> bzw. ÖNORM B4710-1 Tab. NAD 10
6	Mehlkorngehalt	ÖNORM B4710-1 / Tab. NAD 9 und Pkt. 5.4.5.3 bzw. 5.4.8 <sup>7)</sup>	ÖNORM B4710-1 / Tab. NAD 9 und Pkt. 5.4.5.3
7	Wirksamer Wassergehalt	–	max. 180 kg/m <sup>3</sup> <sup>2)</sup>
8	W/B-Wert bei Erstprüfung	max. 0,53 bzw. gem. erforderlicher Expositionsklasse	
9	W/B-Wert Schwankung	zulässig +0,02 vom Zielwert gem. ÖNORM B 4710-1, Tab.17	zulässig ± 0,02 vom Zielwert
10	Bluten <sup>8)</sup>	max. 10 kg/m <sup>3</sup>	max. 7 kg/m <sup>3</sup>
11	Konsistenz <sup>3)</sup>	mind. F45	mind. F45 empfohlen F52
12	Konsistenzschwankungen	gem. ÖNORM B4710-1 / Tab. 18	± 3cm vom Zielwert
13	LP- Gehalt	gem. erforderlicher Expositionsklasse	
14	Konformitäts- und Identitätsprüfung	gem. ÖNORM B 4710-1	
15	Mischanlage	–	Mikroprozessorsteuerung ÖNORM B 4710-1, Pkt. 9.6.2.3
16	Mischzeit (nass)	–	50 sec. ± 10 sec. (zusätzlich 15 sec. bei LP-Beton)
17	Nachbehandlung	ÖNORM B4710-1, Tab. NAD 17	ÖNORM B4710-1, Tab. NAD 17 Methodik gem. Probefläche bzw. Musterfläche, kein Wechsel in der Methodik <sup>6)</sup>
18	Ausschalfristen	ÖNORM B4710-1, Tab. NAD 18-19	nach Vorgabe der Erprobungsflächen <sup>6)</sup>
19	Frischtemperatur an der Einbaustelle <sup>5)</sup>	max. +27°C	+15 bis +27°C
20	Lufttemperatur beim Betoneinbau <sup>6)</sup>	–	+5 bis +30°C

Tabelle 5.49 Anforderung an Betonzusammensetzung bei GK22, Herstellung und Nachbehandlung, Erstprüfung für BSBQ1 und BSBQ2 [ÖVBB Richtlinie Sichtbeton– Geschalte Betonflächen]<sup>209</sup>

<sup>209</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009). Richtlinie Sichtbeton– Geschalte Betonflächen. S. 36.

### 5.1.3 Sichtbetonteam, Sichtbetonkoordinator

Bei der Planung und Ausführung von Sichtbetonbauwerken ist eine koordinierte Zusammenarbeit aller Baubeteiligten unerlässlich. Die Herstellung von Sichtbeton erfordert Sorgfalt, Fachkenntnis, Erfahrung sowie technische und handwerkliche Fähigkeiten. Um den hohen Anforderungen des Sichtbetons gerecht zu werden bietet die Bildung eines Sichtbetonteams eine ideale Lösung.

Da in der Planungs- und Ausschreibungsphase zumeist die Leistungen noch nicht vergeben sind und das ausführende Bauunternehmen noch nicht bekannt ist, ist es vorteilhaft mit kompetenten Fachfirmen (z.B. Schalungshersteller) oder erfahrenen Ingenieurbüros Beratungsvereinbarungen abzuschließen. Das beauftragte Ingenieurbüro kann dann die Rolle des Sichtbetonkoordinators und Betoningenieur übernehmen.<sup>210</sup>

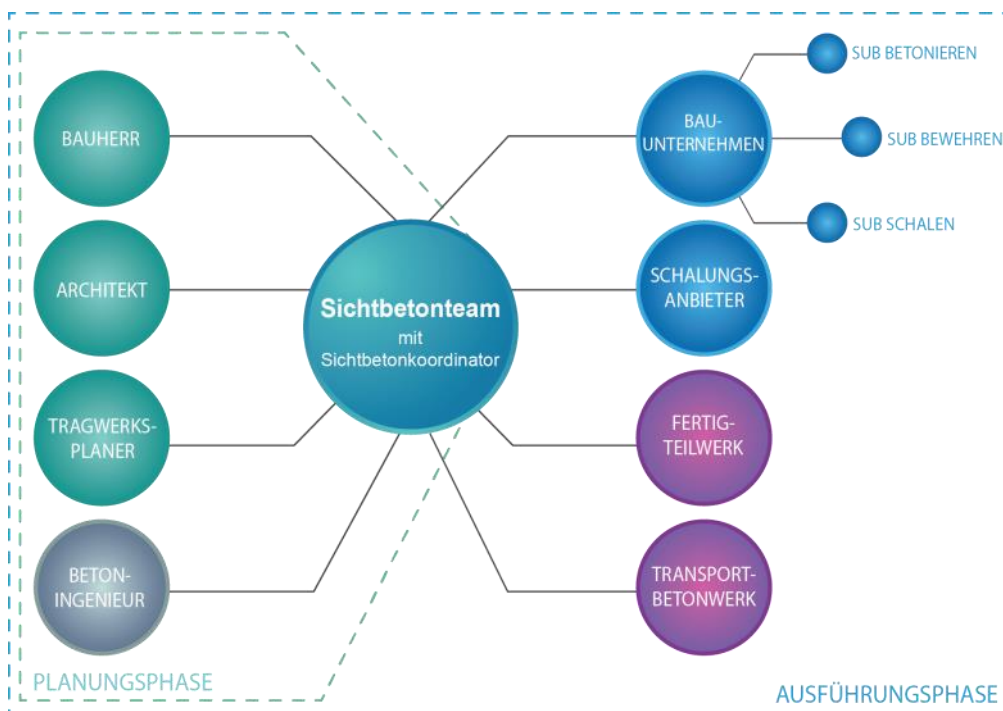


Abbildung 5.3: Sichtbetonteam <sup>211</sup>

Anhand von Abbildung 5.3 kann das Sichtbetonteam in die Aufgabengebiete Planung, Ausführung, Betonlieferant und Überwachung eingeteilt werden. Die verschiedenen Mitglieder des Sichtbetonteams werden nachfolgend genauer beschrieben.

<sup>210</sup> Vgl. PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.5f.

<sup>211</sup> Vgl. PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.5



**Planung:**

- **Bauherr**  
*„gibt seine Wünsche für das Bauwerk/Bauteil sowie den finanziellen Rahmen vor.“<sup>212</sup>*
- **Architekt**  
*„erarbeitet aus den Vorgaben des Bauherren den Entwurf für das Bauwerk/Bauteil und definiert die Anforderungen an die Betonoberfläche.“<sup>213</sup>*
- **Tragwerksplaner**  
*„berechnet die ausführbare, tragende Konstruktion.“<sup>214</sup>*

**Ausführung:**

- **Bauunterhemen**  
*„hat das vom Bauherren gewünschte Bauwerk entsprechend dem Entwurf, der Konstruktion und mit dem vereinbarten Preis zu erstellen. Er bedient u. a. folgender Kooperationspartner:“<sup>215</sup>*
- **Schalungsanbieter**  
*„plant nach den Vorgaben des Projektes die Schalung mit:*
  - *Auswahl des Schalungssystem und der Schalungshaut*
  - *Fugenanordnung und –ausbildung*
  - *Ankerraster und –ausbildung*

*Liefert die Schalung entsprechend der getroffenen Liefervereinbarung.“<sup>216</sup>*

**Betonlieferant:**

*„liefert einen Beton, der für das beschriebene Bauwerk/Bauteil die erforderlichen Eigenschaften hat.“<sup>217</sup>*

---

<sup>212</sup> PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.5.

<sup>213</sup> PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.5.

<sup>214</sup> PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.5.

<sup>215</sup> PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.6.

<sup>216</sup> PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.6.

<sup>217</sup> PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.6.

## Überwachung:

- **Betoningenieur**

*„hat die notwendigen Kenntnisse über den Baustoff Beton bezüglich Zusammensetzung, Herstellung, Verarbeitung und Prüfung;*

*sorgt und überwacht einen materialgerechten und technisch machbaren Einsatz des Baustoffes Beton und wählt eine geeignete Betonsorte aus;*

*sorgt und überwacht die sorgfältige Betonverarbeitung mit einem ausreichenden und geeigneten Schutz bis zum genügenden Erhärten (Nachbehandlung).“<sup>218</sup>*

- **Sichtbetonkoordinator**

*„ist der Kopf des Sichtbeton-Teams und ist koordinierend zwischen den Partnern tätig;*

*er begleitet und kontrolliert alle Planungs- und Ausführungsphasen, u. a. nach Mängeln und fehlenden Angaben in der Planung und Leistungsbeschreibung;*

*legt mit dem Schalungsanbieter die geeignete Schalung und Schalhaut fest;*

*prüft das Bauteil und die Bewehrung auf Betonierbarkeit.“<sup>219</sup>*

### 5.1.4 Schutzmaßnahmen der Sichtbetonbauteile

*„Für den Schutz der Sichtbetonteile werden eigene Leistungspositionen empfohlen. Nachlaufende Gewerke sind nachweislich auf Sichtbetonbauteile hinzuweisen.“<sup>220</sup>*

Grundsätzlich können die Schutzmaßnahmen von Bauteilen aus Sichtbeton in fünf Phasen gruppiert werden.<sup>221</sup>

#### Phase 1: Schutz während der Herstellung von Sichtbeton

Bei der Betonlieferung sollte der Frischbeton unbedingt vor schädlichen Witterungsbedingungen geschützt werden, da sich beim warmen Wetter die Konsistenzklasse ändern könnte und bei kaltem Wetter die Abbindezeit verlängern könnte. Es ist auch darauf zu achten, dass bei den Arbeitsschritten schalen, bewehren, betonieren, installieren usw. alle betei-

<sup>218</sup> PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.6.

<sup>219</sup> PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.6.

<sup>220</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009). Richtlinie Sichtbeton– Geschalte Betonflächen. S. 5.

<sup>221</sup> Vgl. HOFSTADLER,C.; SCHIEBER,A.: Leitfaden Sichtbeton- Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S.61.

lichten Gewerke zusammen wirken, auf den Schutz der entstehenden Sichtbetonbauteile Acht geben und aufeinander Rücksicht nehmen.

### **Phase 2: Schutz des jungen Betons während des Erstarrens und Erhärtens**

Es sollte darauf geachtet werden dass der Erhärtungsverlauf des jungen Betons nicht unterbrochen wird. Bis zur ausreichenden Erhärtung ist der frisch verarbeitete Beton zusätzlich gegen extreme Temperaturen und Temperaturschwankungen zu schützen. Zusätzlich sollte in Abhängigkeit der Jahreszeit auf die Ausschulfristen geachtet werden um optimale Sichtbetonergebnisse zu erzielen.

### **Phase 3: Schutz während des Ausschalens**

Hauptaugenmerk ist beim Ausschalen auf den Schutz der benachbarten Sichtbetonbauteile zu legen.

### **Phase 4: Schutz während der weiteren Rohbauphase**

Direkt nach dem Ausschalen ist die junge Sichtbetonfläche gegen vorzeitiges austrocknen, Kühlung, schädliche Witterung, mechanische Beanspruchung und schädliche Erschütterungen sowie Verschmutzungen und Beschriftungen zu schützen. Außerdem ist die Anschlussbewehrung vor Wasserzutritt zu schützen um Rostflecken auf der Betonoberfläche zu vermeiden.

### **Phase 5: Schutz während der restlichen Bauphase**

In der Ausbauphase bis zur Übergabe ist besonders darauf Acht zu geben, dass durch die nachfolgenden Gewerke (z.B. des Ausbaus, der Technik, usw.) die Sichtbetonbauteile nicht beschädigt, verschmutzt oder beschriftet werden. Es ist ratsam alle Baubeteiligten vertraglich auf die Lage aller Sichtbetonteile hinzuweisen.

#### **5.1.5 Musterflächen, Erprobungsflächen, Referenzflächen**

Um ein gemeinsames Verständnis aller Projektbeteiligten über das Aussehen von Sichtbetonflächen und deren Anforderungen zu schaffen, ist die Erstellung von Musterflächen (Erprobungsflächen) oder die Vereinbarung von Referenzbauwerken eine große Hilfestellung. Dabei kann in drei Varianten unterschieden werden:

- eigene Musterbauteile, welche auf der Baustelle erstellt und später wieder rückgebaut werden

- Musterflächen an untergeordneten Bauteilen (z.B. innerhalb des Gebäudes im Untergeschoss)
- Referenzflächen an anderen Bauwerken (Referenzbauwerke)

Die Vorteile von Musterflächen: <sup>222</sup>

- bei der Herstellung der Betonflächen existieren die vorhandenen Bauwerks- und Baustellenbedingungen
- eine klare authentische Darstellung der Gestaltungsmerkmale (Farbe, Textur, Porenanteil, Ankerbild, usw.) ist möglich
- Optimierungen können erprobt werden
- Anpassungen können vorgenommen werden
- es besteht eine gute Vergleichbarkeit zu den späteren Sichtbetonflächen
- vermeidbare Fehler können an der Musterfläche erkannt, analysiert und bei den nächsten Einsätzen vermieden werden

Die Nachteile von Musterflächen:

- erhöhter Arbeits- und Koordinationsaufwand
- erhöhte Kosten im Vergleich zum „Normalbeton“

Bei Vereinbarung von Referenzbauwerken besteht der Vorteil an Kosteneinsparung, da keine zusätzlichen Herstellungskosten anfallen, und dass sich das Erscheinungsbildes des Betons (Ausheileffekt) kaum noch verändert. Jedoch ist durch zeitliche und örtliche Unterschiede nur eine bedingte Vergleichbarkeit möglich. Referenzflächen anderer Bauwerke werden daher zur Klärung der Qualitätserwartungen herangezogen. Für eine vertragliche Qualitätsbeschreibung können Referenzbauwerke nicht herangezogen werden, da in der Regel Bauwerks- und Baustellenbedingungen, Witterungsbedingungen, Arbeitsvorbereitung aber auch Ausgangsmaterialien oder Betonrezeptur nicht mehr feststellbar sind.

Die Wahl von Musterflächen (Erprobungsflächen) ist so festzulegen, dass sie hinsichtlich ihrer Abmessungen (Decken-, Wanddicke), Öffnungen, Bewehrungsgrad, Schalungsgrad dem geplanten Bauteil annähernd und hinsichtlich Betonrezeptur genau entsprechen. Für die Planung, Arbeitsvorbereitung und Herstellung der Musterflächen

<sup>222</sup>Vgl. VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009). Richtlinie Sichtbeton– Geschalte Betonflächen. S. 23.

chenprotokoll zu führen.<sup>223</sup> Auch ein Schalungsmusterplan ist vorteilhaft. Die ÖVBB Richtlinie schreibt für die klassenbildende Anforderung GO3 zwingend einen Schalungsmusterplan vor, der eine Darstellung der angegebenen Anforderungen an einem oder mehreren für das gesamte Bauwerk repräsentativen Bauteilen beinhaltet und dem Leistungsverzeichnis beizulegen ist.<sup>224</sup>

Der Güteschutzverband Betonschalungen e. V. listet folgende Größen im Schalungsmusterplan auf:

„*Schalungssystem:*

- *Angaben zum gewählten Schalungssystem*
- *Anordnung und Ausbildung der Schalelemente (Schalelementstöße)*
- *Anordnung der Schalhautstöße*
- *Anordnung und Ausbildung der Anker und Ankerstellen*

*Schalungshaut:*

- *Schalungshauttyp und Qualität*
- *Ausbildung der Schalungshautbefestigung*

*Fugen:*

- *Anordnung und Ausbildung der Arbeitsfugen*
- *Anordnung und Ausbildung von Bauteil-/Dehnfugen*
- *Anordnung weiter Flächengliederungselemente (z.B. Schattenfugen)*

*Details:*

- *Kantenausbildung, Blindanker, Einbauteile*

*Toleranzen:*

- *Zulässige Maßabweichungen auf Normengrundlage (DIN 18 202)*

*Weitere Angaben:*

- *Zulässiger Frischbetondruck“<sup>225</sup>*

<sup>223</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009). Richtlinie Sichtbeton– Geschalte Betonflächen. S. 10.

<sup>224</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009). Richtlinie Sichtbeton– Geschalte Betonflächen. S. 24.

<sup>225</sup> GÜTESCHUTZVERBAND BETONSCHALUNGEN (2005). Empfehlungen zur Planung, Ausschreibung und zum Einsatz von Schalungssystemen bei der Ausführung von „Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen“. S. 5.

### 5.1.6 Beurteilungs- und Übernahmemodalitäten

In der Leistungsbeschreibung sollte genau formuliert werden nach welchen Kriterien die Beurteilung und in weiterer Folge die Übernahme des fertiggestellten Sichtbetons zu erfolgen hat. Es ist festzulegen ob zum Vergleich der Qualitätsmaßstäbe Referenzbauwerke oder Musterflächen herangezogen werden. Musterflächen eignen sich besser, da sie den Betriebs-, Baustellen- und Bauwerksbedingungen des zu beurteilenden Sichtbetonbauteils am nächsten kommen. Weiteres ist auf die Erfüllung der definierten Gestaltungsmerkmale (Ebenheit, Porigkeit, Farbtongleichheit, usw.) zu achten. Zusätzlich sollte das Vorgehen festgelegt werden, wenn im Zuge der Übernahme, kein Übereinkommen beim Erreichen der Sichtbetonkriterien statt findet.

Bei der Beurteilung von Sichtbetonflächen werden in der ÖVBB Richtlinie Sichtbeton folgende Einflüsse genannt:

- *„Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen*
- *Berücksichtigung der Tageszeit und der Lichtverhältnisse*
- *Berücksichtigung des Umstands, dass sich mit jedem Einsatz die Schallhaut verändert und sich auch die Farbgebung der Betonfläche ändern kann*
- *Betrachtungsabstand zur Beurteilung des Gesamteindrucks*
- *Zeitpunkt der Beurteilung nach Erstellung und Ausschalen, da der Beton mit der Zeit sein Erscheinungsbild (z.B. Farbe, Farbtongleichmäßigkeit) ändern kann (Ausheileffekt) usw.“*<sup>226</sup>

Des weiteren ist der Bauteil, der für die Musterfläche ausgewählt wurde, vor Beginn der eigentlichen Sichtbetonarbeiten herzustellen. In diesem Zeitraum von mehreren Wochen und Monaten ist die Veränderung vom Aussehen der Musterfläche für den Vergleich zu berücksichtigen, eine Dokumentation der Veränderung durchzuführen und ein Verantwortlicher zu bestimmen.

---

<sup>226</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009). Richtlinie Sichtbeton– Geschalte Betonflächen. S. 23.

Gemäß HOFSTADLER gestaltet sich der Inhalt zur Beurteilung von Sichtbeton wie in Abbildung 5.4 gezeigt. Zusätzlich sind für die Beurteilung der Sichtbetonflächen folgende Festlegungen im Vertrag zu treffen:

- „Kriterien für den Gesamteindruck
  - Betrachtungsabstand
  - Prüflose
  - Prüfmethode
- Kriterien für den Einzelabdruck
  - Betrachtungsabstand
  - Prüflose
  - Prüfmethode
- Zeitlicher Ablauf der Beurteilung
  - Frühester Beginn der Beurteilung nach dem Ausschalen der Bauteile
  - Tageszeit für die Beurteilung (Zeitraum)
- Nennung der für die Beurteilung zuständigen Personen (Sichtbetonteam)<sup>227</sup>

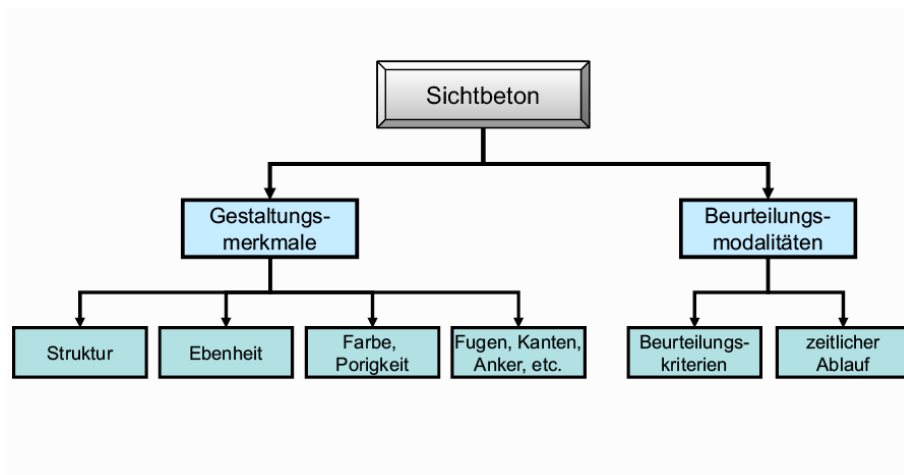


Abbildung 5.4: Inhalt zur Beurteilung von Sichtbeton [Hofstadler]<sup>228</sup>

<sup>227</sup>HOFSTADLER,C.; SCHIEBER,A.: Leitfaden Sichtbeton- Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S.62.

<sup>228</sup>HOFSTADLER,C. (2008): Schararbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 280.

Grundsätzlich ist lt. ÖVBB Richtlinie Sichtbeton zuerst der Gesamteindruck zu beurteilen, erzielt dieser nicht das verlangte Ergebnis sind in weiterer Folge die Einzelkriterien zur Beurteilung heranzuziehen.<sup>229</sup>

Der Soll-Zustand, die Beurteilung des Ist-Zustands und der Soll-Ist-Vergleich wird in Kapitel 8.1 bis Kapitel 8.3 näher behandelt.

### 5.1.7 Vorgehen bei Mangelhaftigkeit

Das Vorgehen bei Mangelhaftigkeit sollte in der Leistungsbeschreibung eindeutig hervorgehen. Nachfolgend finden sich mögliche Aspekte die anzuführen sind:

- Ist eine ästhetische Instandsetzung zielführend und gemäß Vertrag auch zulässig
- Bei Nichtdurchführung einer Instandsetzung sind die Kriterien einer Wertminderung zu bestimmen
- Kriterien für einen Abbruch der mangelhaften Sichtbetonfläche mit Neuerrichtung
- Voraussetzung zum Hinzuziehen von Sachverständigen in Konfliktfällen

---

<sup>229</sup>Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (2009), ÖNORM B2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, S. 24.

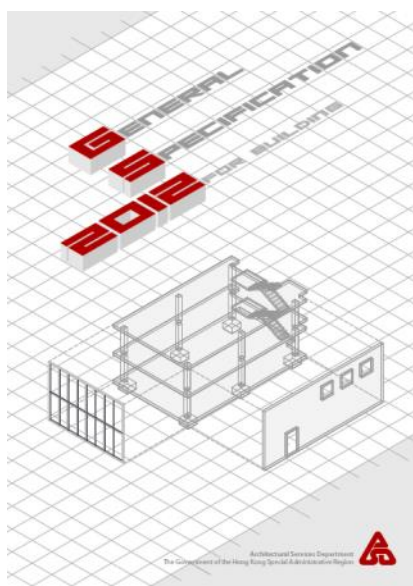


**5.2 Leistungsbeschreibung Sichtbeton M+ Museum**

**5.2.1 Allgemeines**

Das Architectural Service Department ist eine Behörde der Regierungsabteilung von Hongkong, die für den Entwurf, die Konstruktion und den Bau von öffentlichen Gebäuden jeglicher Art im Raum Hongkong zuständig ist.

Die Abkürzung ASD GS steht für Architectural Service Department -General Specification.



**CONTENTS**

Section No.	Title of Section	Pages
1	Preliminaries	1-1 ~ 1-18
2	Demolition, Site Clearance & Alterations	2-1 ~ 2-13
3	Excavation & Earthwork	3-1 ~ 3-15
4	Steel Sheet Piling Work	4-1 ~ 4-5
5	Piling Work	5-1 ~ 5-31
6	Structural Concrete Work	6-1 ~ 6-42
7	Prestressed Concrete Work	7-1 ~ 7-9
8	Concrete for Minor & Non-structural Work	8-1 ~ 8-5
9	Brickwork & Blockwork	9-1 ~ 9-6
10	Masonry	10-1 ~ 10-5
11	Tanking	11-1 ~ 11-5
12	Roofing	12-1 ~ 12-14
13	Carpentry & Joinery	13-1 ~ 13-13
14	Ironmongery	14-1 ~ 14-14
15	Structural Steel Work	15-1 ~ 15-22
16	Curtain Walls	16-1 ~ 16-44
17	Metal Work	17-1 ~ 17-12
18	Finishes	18-1 ~ 18-48
19	Sanitary Appliances	19-1 ~ 19-5
20	Glazing	20-1 ~ 20-11
21	Painting	21-1 ~ 21-26
22	Internal Fittings and Fixtures	22-1 ~ 22-12
23	Plumbing and Drainage	23-1
24	External Works	24-1 ~ 24-7
25	Landscape Work	25-1 ~ 25-77
26	Geotechnical Works on Soil and Rock Slopes	26-1 ~ 26-43

Index 1	Not Used	
Index 2	Subjects and Clause Numbers	B1 ~ B19
Index 3	List of Standards for Sections 1, 3, 5, 6, 7, 8, 15, 25 & 26	C1 ~ C4

Abbildung 5.5: General Specification für Building 2012 <sup>230</sup>

<sup>230</sup>ARCHITECTURAL SERVICE DEPARTMENT- THE GOVERNMENT OF THE HONG KONG SPECIAL ADMINISTRATIVE REGION, General Specification for Building 2012 Edition. S. 1ff.

## CONTENTS

Section No.	Title of Section	Pages
1	Preliminaries	1-1 ~ 1-18
2	Demolition, Site Clearance & Alterations	2-1 ~ 2-13
3	Excavation & Earthwork	3-1 ~ 3-15
4	Steel Sheet Piling Work	4-1 ~ 4-5
5	Piling Work	5-1 ~ 5-31
6	Structural Concrete Work	6-1 ~ 6-42
7	Prestressed Concrete Work	7-1 ~ 7-9
8	Concrete for Minor & Non-structural Work	8-1 ~ 8-5
9	Brickwork & Blockwork	9-1 ~ 9-6
10	Masonry	10-1 ~ 10-5

Abbildung 5.6: Teilauszug aus dem Inhaltsverzeichnis der ASD GS<sup>231</sup>

Da sich die „Architectural Service Department- General Specification for Building 2012“ (ASD GS) vorrangig mit konstruktiven Beton befasst und keine geeigneten Vorschriften für Sichtbeton enthält wurden für das West Kowloon Cultural District M+ Museum auf Basis des Kapitel 6 der „ASD GS 2012“ zwei separate Leistungsbeschreibungen erstellt:

- Particular Specification: Section 6A – Structural Concrete Finishes
- Particular Specification: Section 6B – Structural Concrete

Wie vertraglich vereinbart soll „Section 6B – Structural Concrete“ die „General Specification for Building 2012 Section 6 – Structural Concrete Work“ ersetzen sowie ist „Section 6A – Structural Concrete Finishes“ bestehend aus Zusatz- Positionen, als Ergänzung für Section 6B anzuerkennen. Section 6B befasst sich mit den statischen Anforderungen des Betons wohingegen Section 6A sich mit dem eigentlichen Thema Sichtbeton auseinandersetzt und deshalb nachfolgend genauer betrachtet wird.

Zusätzlich sind beide Spezifikationen Section 6A und 6B in Verbindung mit

- Particular Specification D – Facade und
- Particular Specification 21 – Sealer

zu betrachten, um so die Schnittstellen zwischen Sichtbeton, Fassade und Oberflächenschutz bzw. Oberflächenbehandlung detaillierter erkennen zu können.

<sup>231</sup> ARCHITECTURAL SERVICE DEPARTMENT– THE GOVERNMENT OF THE HONG KONG SPECIAL ADMINISTRATIVE REGION, General Specification for Building 2012 Edition. S. 4.

## 5.2.2 Particular Specification: Section 6A – Structural Concrete Finishes

Die Hauptkapitel der Leistungsbeschreibung Sichtbeton M+ Museum gestaltet sich wie folgt:<sup>232</sup>

1. General
2. Design requirements
3. Materials
4. Storage
5. Approval procedures
6. Construction
7. Removal / Dismantling of formwork and falsework
8. Concrete
9. Materials
10. Trial Panels
11. Mixes
12. Mixing and placing
13. Finishes for concrete
14. Compliance for finishes
15. Work on concrete surfaces
16. Remedial, repair work, making good, and patching up
17. Method of repair
18. Protection of finishes

Es wird nun auf die einzelnen Kapitel der Leistungsbeschreibung im Detail eingegangen und wesentlichen Merkmale herausgearbeitet.

---

<sup>232</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.2.

## 1. General (Allgemein)<sup>233</sup>

- I. Die M+ Sichtbetonanforderungen, wie in dieser Leistungsbeschreibung spezifiziert, besitzen höchste Qualitätsansprüche. Diverse Reparatur und Nachbesserungsarbeiten sind auf ein Minimum zu beschränken.
- II. Der verantwortliche Polier soll Erfahrung für Sichtbetongroßprojekte mit hohen Qualitätsanforderungen im Bereich Hochbau und/ oder Tiefbau besitzen, sowie sind der Name und die Erfahrung dem AG zur Überprüfung nach Auftragserteilung bekannt zugeben.
- III. Die Schalhautklassen werden in geschalte, nicht geschalte und behandelte Oberflächen eingeteilt.
- IV. Die höhere Sichtbetonoberfläche soll mindestens 150 mm unterhalb des fertigen Sichtbetonbodens beginnen.

## 2. Design requirements (Gestaltungsanforderungen)<sup>234</sup>

- I. Die Gebäudehülle, Fassade, Wände, Wand-Bodenübergang, Säulen, Kerntreppenhaus und öffentliche Treppen sind miteinander verbunden und werden deshalb kollektiv betrachtet.
- II. Statisch tragender und nichttragender Beton soll zum gleichen Zeitpunkt, ohne sichtbare Arbeitsfuge, betoniert werden.
- III. Alle Sichtbetonflächen unterliegen einer strikten Regelung in Bezug auf Nachbesserung- und Sanierungsarbeiten, um die Charakteristik des Schalhauttyps widerzuspiegeln.
- IV. Farbton- und Texturunterschiede, welche auf den natürlichen Betonier- und Erhärtungsvorgang zurück zuführen sind, werden anhand der Benchmarkflächen beurteilt.
- V. Farbtonunterschiede, welche auf eine Nichtkontrollierte Wasseraufnahme des Betons und in weiterer Folge unterschiedliches Austrocknens zurück zuführen ist, werden nicht akzeptiert.
- VI. Farbtonunterschiede aufgrund schlechter Schutzvorkehrungen (Rostflecken, Ausblühungen, usw.) werden nicht akzeptiert.

<sup>233</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.4ff.

<sup>234</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.7.

### 3. Materials (Materialien)<sup>235</sup>

- I. Der Werkstoff Holz ist für Stützen und Aussteifungen nicht zulässig.
- II. Tropisches Hartholz darf weder für Schalungen noch als Trägergerüstkonstruktionen verwendet werden.
- III. Geschalte Oberflächen sollen die natürliche Schalhaut wieder spiegeln. Künstliche Bearbeitung der Schalhaut wird nicht akzeptiert.
- IV. Schalungen aus Sperrholz sollen eine einheitliche Maserung besitzen. Sämtliche Kanten, Ecken und geschnittene Kanten sollen mit wasserabweisender Farbe, Polyurethan-Lack oder anderen wasserdichten Materialien versiegelt werden.
- V. Schalung für sämtliche Sichtbetonflächen müssen abgedeckt und von der Witterung geschützt gelagert werden.
- VI. Die finale Auswahl der Schalung wird mit der Musterflächen Beurteilung und der Freigabe durch den AG erfolgen.
- VII. Sofern anhand von Plänen oder durch Prüfung vom AG nicht anderes genehmigt darf die Schalhaut keine der folgenden Merkmale aufweisen:
  - lose Äste, Kratzer, Risse oder Löcher die einen größeren Durchmesser als 10 mm aufweisen
  - Rost oder Staubverschmutzung
  - Markierungen und Beschriftungen
  - abstehende oder hervorspringende Befestigungsmittel
- VIII. Das Schalungsbild soll so gestaltet werden, dass der Ankerabstand immer maximal ausgereizt wird.
- IX. Als Trennmittel dürfen nur urheberrechtlich geschützte Produkte und ohne Inhalt von Mineralöl verwendet werden. Wasserabweisende Farbe, Polyurethan-Lacke, Wachs oder ähnliche Produkte dürfen nicht anstelle eines Trennmittels verwendet werden. Das Trennmittel darf keine Verfärbung oder Rückstände an der Betonoberfläche hinterlassen, keine Beeinträchtigung der Haftung für nachfolgende Anstriche oder Behandlungen aufweisen und den Erhärtungsprozess des Betons nicht stören.

<sup>235</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.8ff.

- X. Als Schalungstrennmittel für alle Sichtbetonflächen aus Ort-beton sollen chemisch reagierende Trennmittel verwendet werden.
- XI. Sofern anhand der Pläne nicht anders spezifiziert darf keine Holzschalung zur Verwendung als Hohlkörper im Beton verbleiben.
- XII. Geschalte Oberflächen:

S	Oberflächenklasse	Art der Schalungshaut	Oberflächencharakteristik			
			Schalungselement	Versatz	graduelle Unebenheit	spezielle Anforderungen
Z	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]
1	F1	Sperrholz	Vorschlag AN für Schalungsbild und Ankermuster	< 5 mm	< 10 mm auf 3 m	Wiederholte Schalungseinsätze gemäß Vorgehensweise
2	F3	versiegeltes Sperrholz, oder System-schalung	4 foot x 8 foot ( ca. 1220 mm x 2440 mm) Sperrholzelemente, Ausrichtung gemäß	< 3 mm	< 5 mm auf 3 m	2 Einsätze, keine Mörtelaustritte, keine Haarrisse, keine Lunker und Poren, keine Fleckenbildung oder Verfärbung
3	F3+	Holzbretter	versetzte 100 mm breite Bretter gemäß	< 3 mm	< 5 mm auf 3 m	2 Einsätze, keine Mörtelaustritte,, keine Haarrisse, keine Lunker und Poren, keine Fleckenbildung oder Verfärbung
4	F4	siehe Particular Specification: Section 6B – Structural Concrete				
5	F5	Stahlschalung	Stahlelement gemäß 6. IX.	< 2 mm	< 3 mm auf 2 m	keine Mörtelaustritte,, keine Stahlstruktur, kein Lunker, keine Fleckenbildung oder Verfärbung

Tabelle 5.50 geschalte Oberflächen <sup>236</sup>

<sup>236</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.12.

## XIII. Nichtgeschalte Oberflächen:

S	Oberflächenklasse	Arbeitsmethode	Oberflächencharakteristik		
			Versatz	graduelle Unebenheit	spezielle Anforderungen
Z	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	U1	die Oberfläche des Betons mit einem Brett abziehen	Brettabdrücke < 5 mm	< 10 mm auf 3 m	keine speziellen Anforderungen
2	U2	Oberflächenklasse U1 herstellen und zusätzlich durch stampfen behandeln	Stampfabdrücke < 10 mm	nicht zutreffend	gerippte Oberflächenstruktur
3	U3	Oberflächenklasse U1 herstellen und zusätzliche Holz- oder Maschinenglättung	Glättabdrücke < 3 mm	< 10 mm auf 2 m	gleichmäßige, dichte und glatte Oberfläche
4	U4	Oberflächenklasse U3 herstellen und zusätzliche Behandlung der Oberfläche mit einer harten Bürste	Bürtenabdrücke < 3 mm	< 10 mm auf 2 m	Raue Textur
5	U5	Oberflächenklasse U3 herstellen und zusätzliche Behandlung der Oberfläche mit einer Stahltraufel unter starkem Druck oder mit Maschinenglättung	keine erlaubt	< 5 mm auf 2 m	gleichmäßige, dichte und glatte Oberfläche, frei von Kellenabdrücken, keine Fleckenbildung oder Verfärbung

Tabelle 5.51 nichtgeschalte Oberflächen <sup>237</sup>

<sup>237</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.13.

XIV. Behandelte Oberflächen:

S	Oberflächenklasse	Oberflächentyp	Herstellungsmethode	Oberflächencharakteristik
Z	[A]	[B]	[C]	[D]
1	T0	unbehandelt	keine Nachbesserungs- oder Sanierungsarbeiten, außer durch strikte Anweisung des AG	Farbton- und Texturunterschiede, welche auf den natürlichen Betonier- und Erhärtungsvorgang zurückzuführen sind, werden zugelassen
2	T5	leichtes strahlen	Strahlen der Betonoberfläche anhand von Schleifmitteln mit Luft oder durch Wasser	Zementstein entfernt, Gesteinskörnung bis maximal 1/5 der Zuschlagsgröße freigelegt
3	T7	Bearbeitung mit Nadelpistole	Bearbeitung der Betonoberfläche mit einer Nadelpistole um eine raue, sandstrahlähnliche Textur zu erzielen, Fugen sollen undeutlich gemacht werden damit eine monolithische Betonoberfläche entsteht	Die Bearbeitungstiefe soll maximal 5 mm betragen.
4	T8	Nassschleifen	Bearbeitung der Oberfläche mit einer 200 Diamantkörnung um eine perfekt geschliffene, ebene Oberfläche zu erzielen	geschliffene Oberfläche; Betonrezeptur, Farbe und Härte des Zuschlags erkennbar

Tabelle 5.52 behandelte Oberflächen <sup>238</sup>

XV. Nichtgeschalte Oberflächenbeschaffenheit:

S	Beschreibung der Oberfläche	Oberflächenklasse
Z	[A]	[B]
1	Oberflächen abgedeckt durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrich</li> <li>• Fliesen</li> <li>• Lackierung</li> </ul>	U2 U3 U5
2	Durchlässe, Kanäle	U5
3	Bauteile im Grundwasserbereich	U5
4	Sichtbare Oberflächen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufzugschwellen</li> <li>• Fensterbänke</li> </ul>	U5

Tabelle 5.53 nichtgeschalte Oberflächenbeschaffenheit <sup>239</sup>

<sup>238</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.14.

<sup>239</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.14.



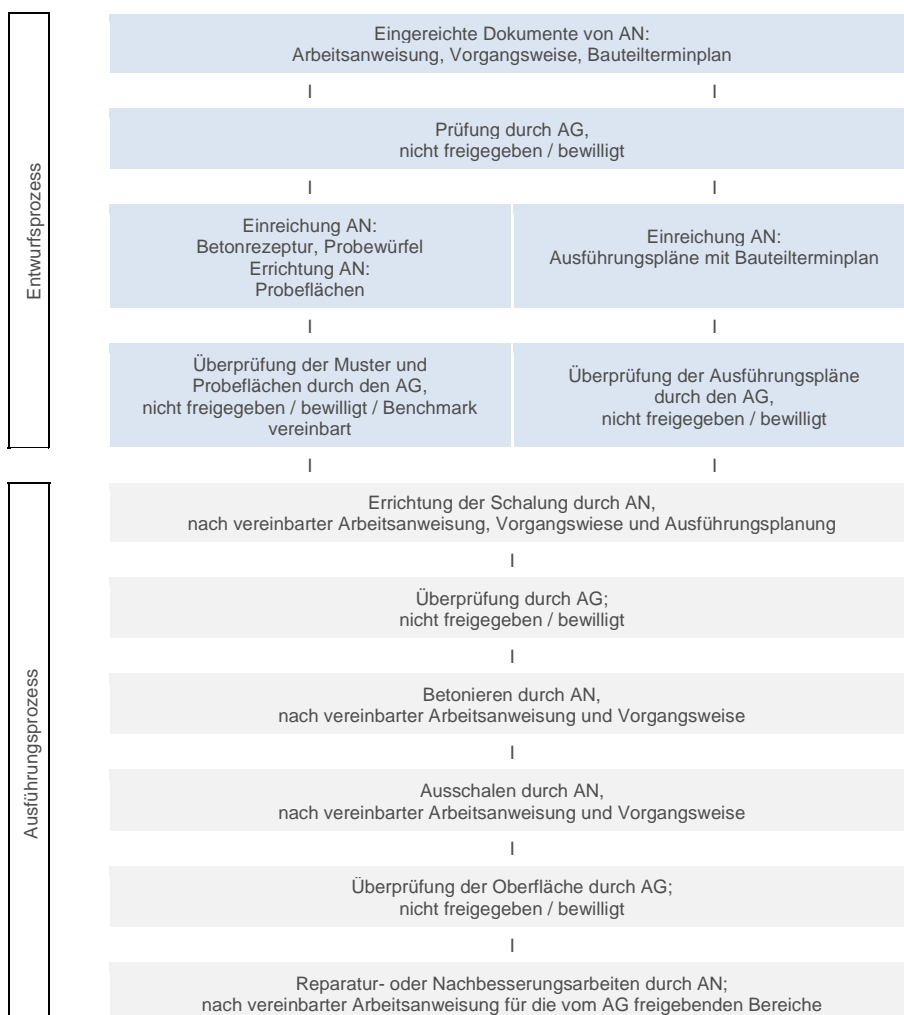
#### 4. Storage (Lagerung)<sup>240</sup>

- I. Schalungen für alle sichtbaren Betonflächen sollen auf einem ebenen, drainierten, gewarteten und festen Untergrund auf Unterstützungen gelagert werden, damit keine Deformierung oder Verschmutzung der Schalhaut auftritt. Die Schalelemente sind vor der Witterung in Form von Austrocknung oder extremer Luftfeuchtigkeit zu schützen. Beabsichtigte Maßnahmen sind dem AG zur Prüfung und Freigabe zu übermitteln.
- II. Schalungen für alle sichtbaren Betonflächen sind vor Verschmutzung, Beschädigung, Rost, Verfärbung und der gleichen zu schützen. Beabsichtigte Schutzmaßnahmen sind dem AG zur Prüfung und Freigabe zu übermitteln.
- III. Trennmittel und Oberflächenverzögerer sind in abschließbaren Containern aufzubewahren, zu beschriften und vor Witterung zu schützen um die Materialeigenschaften u gewährleisten.

---

<sup>240</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.15.

### 5. Approval procedures (Genehmigungsprozess)<sup>241</sup>



- I. 42 Tage vor Beginn der Sichtbetonarbeiten hat der AN eine Arbeitsanweisung inklusive Mustern, Ausführungsplänen, statischen Berechnungen der Schalung, Gliederung der Betonoberfläche, Ankermuster und Fugenbild dem AG zu übermitteln.
- II. Zusätzlich soll die Submission die Betonrezeptur, die Schalungsmaterialien (Schalungselemente, Trennmittel, Fugenfüller, Anker, Dichtungsmaterialien, Schutzanstriche, usw.), Ausführungsabläufe (einbringen des Betons, Rüttelvorgang, Errichten des Traggerüstes, Ausschalzeiten, usw.), Qualitätssicherung, Überwachungsplan (inklusive Name und Lebenslauf des verantwortlichen Poliers) sowie Reparatur- und Nachbesserungsarbeiten beinhalten.

<sup>241</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.16ff.

- III. Alle Probewürfel sollen die gleiche Dimension besitzen, jedoch dürfen sie die Maße 150 x 150 x 150 mm nicht unterschreiten.
- IV. Der AN ist für die Planung von Gerüst- und Schalarbeiten verantwortlich und hat statische Berechnungen und Ausführungspläne einzureichen. Folgendes muss beinhaltet sein: Vorgehensweise und Terminplan, Betoniertakt, Betoneinbringung, Ausschalverfahren und -zeiten, Nachbehandlung sowie Schutz-, Verhinderungs- und Sanierungsmaßnahmen.
- V. Der AN hat für die Sichtbetonklassen F3, F3+ und F5 Detailausführungspläne der Schalungselemente im Maßstab 1:20 zu erstellen.
- VI. Für alle Ansichten der Sichtbetonklassen F3, F3+ und F5 sind Ausführungspläne im Maßstab 1:50 zu erstellen. Die Pläne sollen Schalungselementstöße, Schalhautstöße, Ausbildung von Arbeitsfugen, Ankerstelle, Durchbrüche und alle Details von Einbauteilen beinhalten.  

Bei Verwendung von Kletterschalungen hat der AN für mindestens drei Betonierabschnitte Ausführungspläne im Maßstab 1:20 / 1:50 zu erstellen.
- VII. Der AN hat für sämtliche horizontale und vertikale Ausbildung von Arbeitsfugen des gesamten Gebäudes, inklusive Deckenspiegel und notwendige Schnitte, Pläne im Maßstab 1:200 zu erstellen.
- VIII. Die Detailangaben und Muster für die geschalteten Oberflächen müssen, mindestens 8 Tage bevor die entsprechende Schalung oder die Musterflächen errichtet werden, eingereicht werden.
- IX. Die Detailangaben und Muster für nichtgeschaltete und behandelte Oberflächen müssen, mindestens 8 Tage bevor das entsprechende Bauteil oder die Musterflächen betoniert wird, eingereicht werden.
- X. Der AN muss vor Beginn der Arbeiten für alle Löcher, Einlegteile oder Einbauteile und deren Größe, Form und Lage eine Überprüfung und Freigabe des AG einholen.
- XI. Kein Bereich des Sichtbetons darf ohne Freigabe des AG gebohrt oder geschnitten werden.
- XII. Der AN hat vor Beginn der Betonierarbeiten für Sichtbetonbauteile und Musterflächen eine Schalungs- und Bewehrungsabnahme des AG einzuholen. Nach der Abnahme ist dem AG eine Frist von 24 Stunden, für Kommentare und der Freigabe zu gewähren.

## 6. Construction (Ausführung)<sup>242</sup>

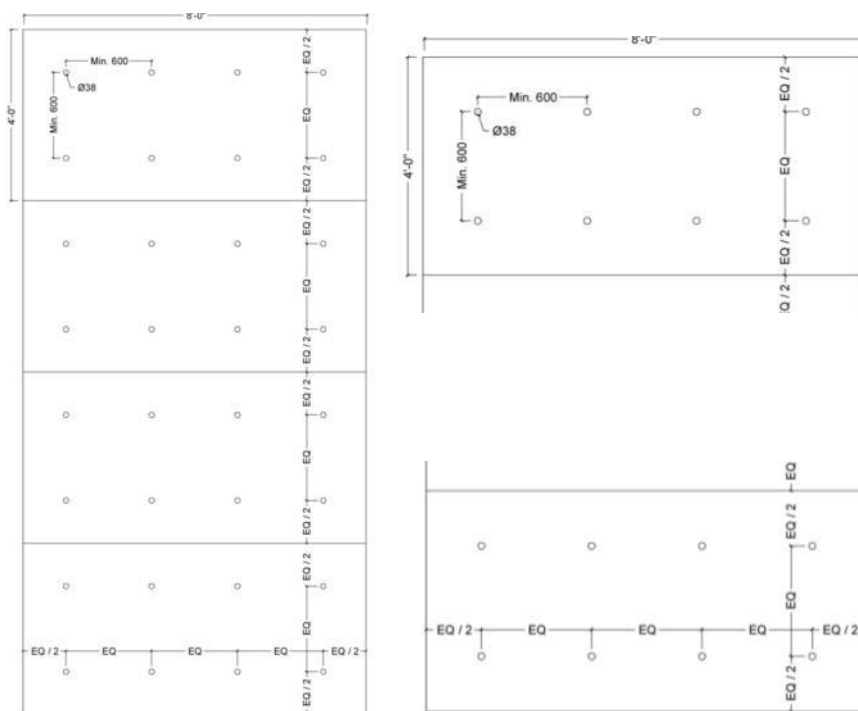
- I. Für Änderungsvorschläge seitens des AN, in Bezug auf Materialien und/oder Arbeitsvorgangsweisen, müssen neue Probe- bzw. Musterflächen für die Überprüfung und Freigabe seitens des AG erstellt werden.
- II. Der Stützenabstand soll in jede Richtung nicht mehr als 2 Meter betragen und hinreichend querverstrebt werden.
- III. Die Schalung für sämtliche Sichtbetonteile soll nicht, vor Freigabe der spezifischen Musterfläche durch den AG, errichtet werden.
- IV. Die Anzahl von Ausgleichs- oder Flickstücken von Schalungselementen soll auf ein Minimum reduziert werden. Die festgelegten Schalungselementgrößen für alle Sichtbetonoberflächen sollen nicht mit Hilfe von Ausgleichs- oder Flickstücken hergestellt werden.
- V. Systemschalungen können als Alternativen zu den hier erwähnten Schalungshautklassen angeboten werden. Die vom AN vorgeschlagene Systemschalung muss die gleichen Oberflächenanforderungen, wie in dieser Leistungsbeschreibung dargestellt, erfüllen und unterliegt der Überprüfung und Freigabe des AG.
- VI. Klasse F1:  
Sperrholz- oder Systemschalung
  - Größe der Schalungselemente: nach Wahl des AN
  - Schalungselementmaterial: Sperrholz oder gleichwertig anerkannt
  - Gliederung der Betonoberfläche: Maserung und Plattenformat ,rechteckiges Schalungsmuster, Gestaltung nach Wahl des AN
  - Abrupte Unebenheit: <5 mm
  - Graduelle Unebenheit: <10 mm auf 2 m
  - Betonoberfläche: unbehandelt außer Oberflächenbehandlung ist angegeben, Sanierungsarbeiten sind nur durch Prüfung und Freigabe des AG gestattet

<sup>242</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.20ff.

## VII. Klasse F3:

## Versiegelte Sperrholz- oder Systemholzschalung

- Größe der Schalungselemente: 4 foot x 8 foot (ca. 1220 mm x 2440 mm) oder ähnliches Verhältnis
- Schalungselementmaterial: versiegeltes Sperrholz, Systemholzschalung oder gleichwertig anerkannt
- Gliederung der Betonoberfläche: rechteckiger Schalungsraster, gleichmäßiges Ankermuster je Schalungselement
- Abrupte Unebenheit: <3 mm
- Graduelle Unebenheit: <5 mm auf 2 m
- Betonoberfläche: unbehandelt außer Oberflächenbehandlung ist angegeben, Sanierungsarbeiten sind nur durch Prüfung und Freigabe des AG gestattet.
- Ansicht: typische Elementansicht (kein Maßstab), angegebenes Schalungsmuster und Ankerstellenraster

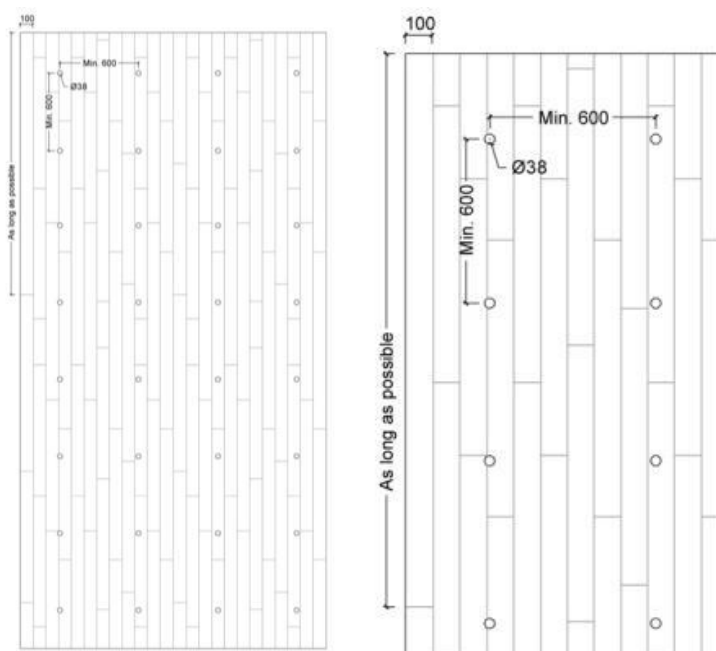
Abbildung 5.7: Schalungselement Klasse F3<sup>243</sup>

<sup>243</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.23.

## VIII. Klasse F3+:

## Brettholzschalung

- Größe der Schalungselemente: Holzbretter 100 mm breit, mindestens 2400 mm lang oder gleichwertig anerkannt
- Schalungselementmaterial: Holzbretter, künstliche Herstellung von Stoßfugen werden nicht akzeptiert
- Gliederung der Betonoberfläche: vertikal ausgerichtete Maserung und Bretter, beliebig versetzt, Ankerstellen können unabhängig vom Schalungsmuster der Bretter angeordnet werden
- Abrupte Unebenheit: <3 mm
- Graduelle Unebenheit: <5 mm auf 2 m
- Betonoberfläche: naturbelassen außer Oberflächenbehandlung ist angegeben, Sanierungsarbeiten sind nur durch Prüfung und Freigabe des AG gestattet.
- Ansicht: typische Elementansicht (kein Maßstab), angegebenes Schalungsbrettmuster und Ankerstellenraster

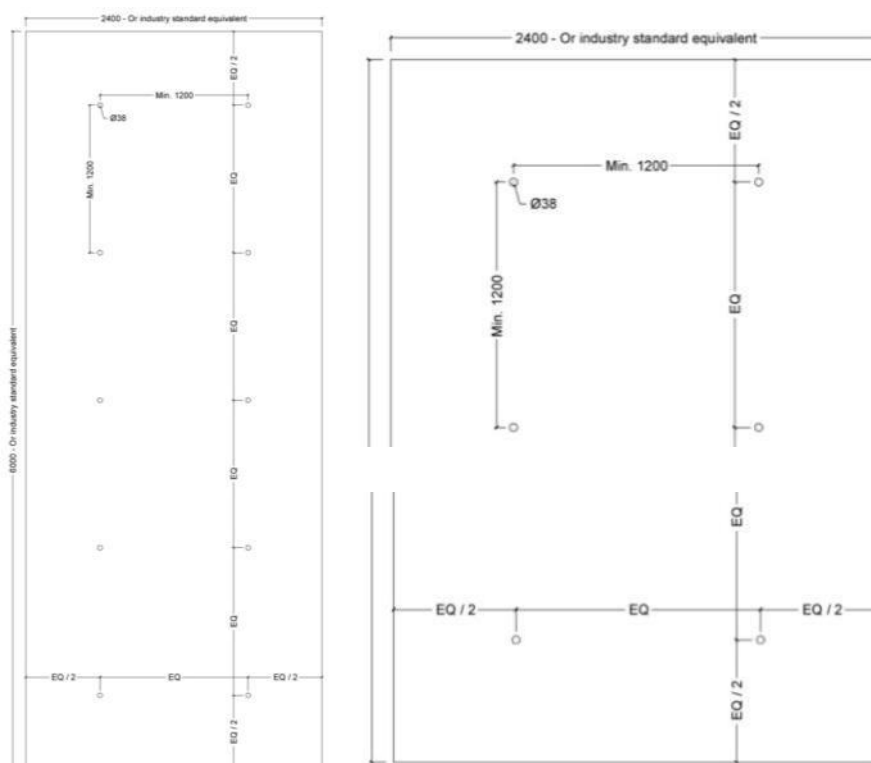
Abbildung 5.8: Schalungselement Klasse F3+ <sup>244</sup>

<sup>244</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.24.

## IX. Klasse F5:

## Stahlschalung

- Größe der Schalungselemente: 6000 mm x 2440 mm, gleichwertig genormt oder ähnliches Verhältnis
- Schalungselementmaterial: Stahl
- Gliederung der Betonoberfläche: rechteckiger Raster, gleichmäßiges Ankermuster je Schalungselement
- Abrupte Unebenheit: <2 mm
- Graduelle Unebenheit: <3 mm auf 2 m
- Betonoberfläche: unbehandelt außer Oberflächenbehandlung ist angegeben, Sanierungsarbeiten sind nur durch Prüfung und Freigabe des AG gestattet.
- Ansicht: typische Elementansicht (kein Maßstab), angegebenes Schalungsmuster und Ankerstellenraster

Abbildung 5.9: Schalungselement Klasse F5 <sup>245</sup>

<sup>245</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.25.

- X. Wenn die horizontale Neigung 15 Grad übersteigt muss auf der Oberseite des zu betonierten Bauteils eine Schalung verwendet werden.
- XI. Alle Fugen inklusive Fugen zwischen Schalung und fertigem Bauteil sollen bündig gestoßen werden um Mörtelaustritt zu vermeiden. Lücken sind mit Dichtungsringen, Füllern, Dichtungsmittel oder Verstärkungsstreifen zu verschließen.
- XII. Alle Schalungen für sämtliche Sichtbetonarbeiten sollen ein gleichbleibendes Format besitzen und mit den Bestimmungen in diesem Kapitel (5.2.2 6. Construction) und Kapitel 6.4.2 übereinstimmen. Die Linienführung der Fugen zwischen den Paneelen soll gerade und kontinuierlich, horizontal und vertikal oder an ein schräges Bauteil angepasst ausgeführt werden. Gleichzeitig soll die Linienführung auch den Arbeitsfugen, Schattenfugen und Aussparungen angepasst werden.
- XIII. Die Schalungselementfugen aller Bereiche der Sichtbetonflächen sollen bündig und dicht gestoßen werden. Jede Lücke, größer als 4 mm, zwischen den Paneelen ist unzulässig und soll mit Moosgummi oder gleichwertigen, nichtfärbenden Produkten versiegelt werden.
- XIV. Dichtungsmaterialien für Schalungselementfugen sollen nicht auf der Schalhaut befestigt werden damit keine Abdrücke auf der fertigen Betonoberfläche entstehen.
- XV. Sofern nicht in den Plänen ausdrücklich deklariert oder vom AG nicht geprüft und freigegeben, sind gebrochene oder gefaste Kanten und Ecken der Sichtbetonklassen F3, F3+ und F5 unzulässig. Geringfügiges abraspeln unter 5 mm ist zulässig.
- XVI. Sofern nicht in den Plänen ausdrücklich deklariert oder vom AG nicht geprüft und freigegeben, dürfen gekrümmte Sichtbetonflächen nicht anhand aneinander gereihter, ebener Schalungen hergestellt werden.
- XVII. Sofern nicht in den Plänen ausdrücklich deklariert oder vom AG nicht geprüft und freigegeben, dürfen Nägel und sämtliche Befestigungsmittel die Schalhaut nicht penetrieren und keine Abdrücke auf der fertigen Betonoberfläche hinterlassen. Schalungswerkzeug soll nicht im direkten Kontakt mit der Schalhaut verwendet werden.
- XVIII. Schalungsanker für sämtliche Sichtbetonflächen sollen horizontal, vertikal und rechtwinkelig in Übereinstimmung oder nach Schalungsmusterplan angeordnet werden.



- XIX. Trennmittel soll für alle Schalungen außer verlorene Schalungen oder Schalungen mit Oberflächenverzögerer verwendet werden.
- XX. Der Trennmittelleinsatz soll nach der Methode und Richtlinie des Herstellers erfolgen, kann aber auch auf der Anwendung zum Herstellen der Musterflächen beruhen.
- XXI. Das Trennmittel je Sichtbetonklasse soll vom selben Hersteller bezogen werden. Unterschiedliche Produkte der Trennmittel dürfen nicht quer über verschiedene Sichtbetonklassen verwendet werden.
- XXII. Trennmittel die Verfärbungen und/ oder Fleckbildung hervorrufen sind unzulässig. Des weitern darf die Haftung für nachfolgende Oberflächenbehandlungen sowie der Erhärtungsprozess nicht beeinträchtigt werden.

## 7. Removal / Dismantling of formwork and falsework (Abbau der Schalung und des Gerüst)<sup>246</sup>

- I. Der Abbau der Schalung und des Gerüsts soll ohne Störung, Beschädigung oder Überlastung des fertigen Betonbauteils erfolgen.
- II. Der Abbau der Schalung und des Gerüsts soll ohne Erschütterung, Störung, Beschädigung oder unzulässiger Belastung des Betons ausgeführt werden, damit die Anforderungen zum Entfernen oder Verbleib der Seitenschalung, Deckenschalung und Stützen eingehalten werden können und angrenzende Schalungen und Stützen nicht beschädigt werden.
- III. Die Schalung, inklusive Ausgleichsstücke soll in einem fortlaufenden Vorgang gelockert und ausgeschalt werden, damit das gesamte Bauteil gleichmäßig austrocknen kann. Des weitern soll die gesamte Schalung, inklusive Ausgleichsstücken zuerst gelockert werden bevor einzelne Schalungselemente ausgebaut werden. Der Ausschalvorgang soll entsprechend der vereinbarten Arbeitsanweisung und der eingereichten Vorgangsweise erfolgen.
- IV. Geschalte Oberflächen sollen zeitnah und so bald als möglich nach dem Ausschalvorgang inspiziert werden. Der AN hat in einer Frist, von nicht weniger als 48 Stunden, den AG über das Ausschalen zu informieren.

<sup>246</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.30ff.

- V. Der Ausschalvorgang von Schalung und Gerüst darf nicht die in Tabelle 5.54 angegebenen Ausschalfristen unterschreiten.
- VI. Stützen unter Kragarmen dürfen nicht unter 28 Tagen entfernt werden.
- VII. Ausschalfristen für Schalung und Gerüste:

S	Art der Schalung und Gerüst	Klasse F1, F3 und F3+	Klasse F5
Z	[A]	[B]	[C]
1	Vertikal (Nicht profiliert) (profiliert)	30 Stunden 7 Tage	48 Stunden 7 Tage
2	Geneigte Bauteiloberseite	12 Stunden	48 Stunden
3	Deckenuntersichten von Platten (verbleibende Stützen)	7 Tage	14 Tage
4	Deckenuntersichten von Träger (verbleibende Stützen)	7 Tage	14 Tage
5	Stützen unter Platten	7 Tage	10 Tage
6	Stützen unter Trägern	16 Tage	16 Tage
7	Stützen unter Kragarmträger	28 Tage	28 Tage

Tabelle 5.54 Ausschalfristen für Schalung und Gerüst <sup>247</sup>

## 8. Concrete (Beton)<sup>248</sup>

- I. Der zu verwendende Beton für Stahlbetonbauwerke soll gemäß dem Leitfaden für Tragwerke aus Beton, herausgegeben vom Bau Department Hongkongs, ausgeführt werden.
- II. Der Beton für Tragwerke muss von einem registrierten Hersteller des QSPSC (Quality Scheme for Production and Supply of Concrete) geliefert werden.

<sup>247</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.32.

<sup>248</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.32ff.

**9. Materials (Betonzusatzstoffe)<sup>249</sup>**

- I. Der Zementmörtel für Verfüllung von Poren, Ankerlöchern und anderen Aussparungen muss die selbe Farbe wie der ausgehärtete Beton aufweisen. Dafür kann hellfarbiger Sand oder weißer Zement verwendet werden.
- II. Der AN hat die Farbe und Muster des Mörtels vor Beginn der Arbeiten dem AG zur Prüfung vorzulegen.

**10. Trial Panels (Musterflächen)<sup>250</sup>**

- I. Die Einzelheiten, Proben und Musterflächen für die vom AN gewählten Materialien und Arbeitsausführungen sollen gemäß Tabelle 5.55 eingereicht werden.
- II. Die Größe des Bauteils der Musterflächen soll nicht kleiner als 2,4 x 3,6 x 0,2 m betragen. Der AN hat Ausführungspläne anzufertigen, um die in Tabelle 5.55 geforderten Merkmale aufzuzeigen.
- III. Drei Musterflächen (F3, F3+ und F5) mit folgender Bearbeitung sollen hergestellt werden:
  - a. Sichtbeton Klasse F3 mit T0 Bearbeitung
  - b. Sichtbeton Klasse F3 mit T5 Bearbeitung
  - c. Sichtbeton Klasse F3 mit T7 Bearbeitung
  - d. Sichtbeton Klasse F3+ mit T0 Bearbeitung
  - e. Sichtbeton Klasse F3+ mit T5 Bearbeitung
  - f. Sichtbeton Klasse F5 mit T0 Bearbeitung
  - g. Sichtbeton Klasse F5 mit T8 Bearbeitung

---

<sup>249</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.33.

<sup>250</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.34ff.

## IV. Einzureichende Angaben:

S			Geschalte Oberflächen				Oberflächenbearbeitung			
			F1	F3	F3+	F5	T0	T5	T7	T8
Z	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G]	[H]	[I]	[J]
1	<b>Arbeitsmethode</b>	Arbeitsvorbereitung, Errichtung, Sequenz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2		Verminderungs-/ Sanierungsbereitstellung	✓	✓	✓	✓				
3	<b>Zeitplan</b>	Rahmen/ Information Veröffentlichungszeitplan		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4		Ausschaffristen		✓	✓	✓				
5		Anwendung der Oberflächenbearbeitung					✓	✓	✓	✓
6	<b>Markenname und Produktbeschreibung</b>	Trennmittel	✓	✓	✓	✓				
7		Verdunstungsschutz	✓	✓	✓	✓				
8		Oberflächenverzögerer	✓	✓	✓	✓				
9		Verdichtungsmittel	✓	✓	✓	✓				
10		Versiegelungsmittel	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	<b>Details</b>	Herkunft der Schalung	✓	✓	✓	✓				
12		Aushärten	✓	✓	✓	✓				
13		Verfüllen der Luftporen und Ankerlöcher	✓	✓	✓	✓				
14		Oberflächenschutz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	<b>Proben</b>	Schalung		✓	✓	✓				
16		Anker und Abstandhalter		✓	✓	✓				
17		Trennmittel		✓	✓	✓				
18		Mörtel		✓	✓	✓				
19		Überprüfung Feinmörtelaustritt		✓	✓	✓				
20		Arbeitsfugen		✓	✓	✓				
21	<b>Schalungspläne / Ansichten</b>	Paneelkonstruktion		✓	✓	✓	✓		✓	
22		Gliederung der Paneele, Fugen und Anker		✓	✓	✓	✓		✓	
23	<b>Musterflächen</b>	F3 geschalte Oberfläche mit gekennzeichneter Bearbeitung		✓			✓	✓	✓	
24		F3+ geschalte Oberfläche mit gekennzeichneter Bearbeitung			✓		✓	✓		
25		F5 geschalte Oberfläche mit gekennzeichneter Bearbeitung				✓	✓			✓

Tabelle 5.55 einzureichende Einzelangaben <sup>251</sup><sup>251</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.36.

- V. Zusätzliche Musterflächen sind herzustellen, bis das vertragliche Oberflächenergebnis erzielt wird. Die Kosten zur Herstellung der Musterflächen hat der AN selbst zu tragen, sowie hat er keinen Anspruch auf Bauzeitverlängerung oder Mehrkosten.
- VI. Nach der Freigabe durch den AG wird die genehmigte Musterfläche als Benchmark als akzeptierter Standard für Material und Verarbeitung festgelegt. Die Beurteilung der Sichtbetonflächen am fertigen Bauwerk erfolgt in Gegenüberstellung mit der jeweiligen Benchmarkfläche.

#### 11. Mixes (Rezeptur)<sup>252</sup>

- I. Der AN soll für alle Sichtbetonflächen eine spezielle Betonrezeptur vorschlagen, welche eine bessere Verformbarkeit und Verarbeitbarkeit aufweist und wenig Wasser aufnimmt um bluten des Betons zu verhindern.
- II. Der AN ist verpflichtet, für jede Musterfläche eine Aufzeichnung der Betonrezeptur und der Zusatzstoffe zuführen. Des weitern muss zur Rückverfolgung jede Musterfläche mit einer Identifikationsnummer deutlich gekennzeichnet werden.

#### 12. Mixing and placing (Mischen und Einbringen)<sup>253</sup>

- I. Beim Transportieren und einbringen des Betons soll keine Verschmutzung, Trennung oder Verlust der Betonbestandteile stattfinden.
- II. Das Einbringen von Beton in fließendes Wasser ist unzulässig.
- III. Der oberste Betonierabschnitt einer Wand soll mit Plastikfolien (Luftzirkulation soll ermöglicht werden) vor nassem Wetter geschützt werden, um das Eindringen von Wasser zwischen Schalung und Beton zu minimieren und dadurch Farbunterschiede des fertigen Betons zu verhindern.

---

<sup>252</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.37.

<sup>253</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.38ff.

- IV. Das Erscheinungsbild aller Arbeitsfugen des Sichtbetons soll kontrolliert gestaltet werden. Dazu sind Profileisten in die Schalung anzuordnen, wie nachfolgend dargestellt:

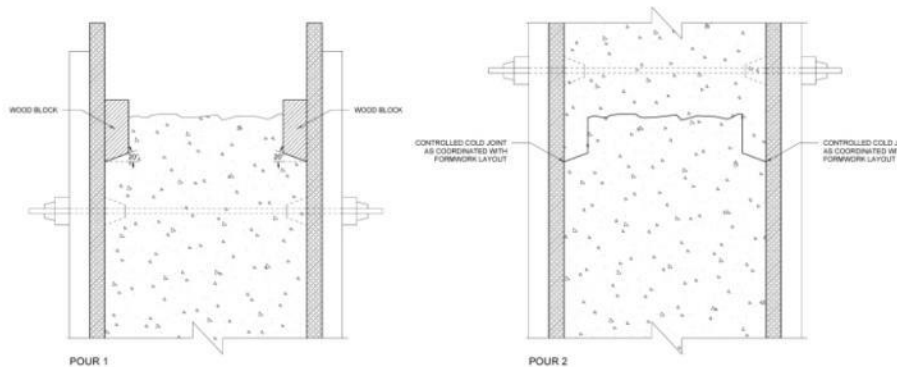


Abbildung 5.10: Herstellen von kontrollierten Arbeitsfugen<sup>254</sup>

- V. Unmittelbar nach dem Verdichten ist die Betonoberfläche vor Witterung, laufendem Wasser und Austrocknen zu schützen, um Fleckenbildung zu vermeiden.
- VI. Generelle Schutzmaßnahmen sind zu treffen um die Betonoberfläche vor Fleckenbildung zu schützen.

### 13. Finishes for concrete (Betonoberfläche)<sup>255</sup>

- I. Proben und Musterflächen sind gemäß Kapitel 5 (Approval Procedures) herzustellen und unterliegen der Prüfung und Freigabe des AG.
- II. Alle Sichtbetonflächen aus Ortbeton sollen gemäß Tabelle 5.50 und Kapitel 5.2.2 (6. Construction) hergestellt werden.
- III. Je nach Spezifizierung der Betoncharakteristik soll folgende Betonbearbeitung zur Anwendung kommen:
  - T0: Unbehandelte Oberfläche; keine Nachbesserungs- oder Sanierungsarbeiten zulässig.  
Vorbehaltlich unterliegen alle Sanierungsarbeiten der Prüfung und Freigabe des AG.
  - T5: Leichtes Strahlen; soll erst bei vollständiger Aushärtung des Betons angewendet werden; der Zementstein

<sup>254</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.39.

<sup>255</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.39ff.

wird entfernt wobei die grobe Gesteinskörnung nicht zerstört werden darf.

Angrenzende Bauteile sind vom Strahlvorgang und Staub durch Abschirmung und Sprühwasser zu schützen.

- T7: Bearbeitung mit Nadelpistole, ist gleichmäßig und nicht in deutlich sichtbaren Linien auszuführen. Die Bearbeitung soll frühestens 14 Tage nach dem Betonieren beginnen.
  - T8: Nasses schleifen, um eine mit Körnung 200 geschliffene Oberfläche zu erreichen. Vor Ausführung ist die Betonoberfläche mit Wasser und Seife zu reinigen.
- IV. Nichtgeschalte Oberflächen sollen gemäß Tabelle 5.51 hergestellt werden.

#### 14. Compliance for finishes (Übereinstimmung der Oberfläche)<sup>256</sup>

- I. Bevor nachfolgende Arbeiten ausgeführt werden, ist die fertige Betonoberfläche vom AG zu inspizieren, um festzustellen ob das vereinbarte Oberflächenergebnis erzielt wurde.
- II. Solange keine Besichtigung durch den AG erfolgt sind Arbeiten zum Verfüllen von Poren, Ankerlöcher oder Löcher von Aussparungen mit Spritzmörtel oder anderen Materialien unzulässig.
- III. Versätze in der Oberfläche werden durch Direktmessung bestimmt. Graduelle Unebenheiten werden mit einer 2 m langen Latte und Vorgangsweise gemäß Vorgabe des AG bestimmt.
- IV. Vereinzelt Poren, die den maximalen Durchmesser von 10 mm nicht überschreiten, werden akzeptiert.
- V. Poren, die größer als 3 mm betragen, werden bei Tragwerken mit angrenzenden Wasser und wasserdichten Tragwerken nicht akzeptiert.
- VI. Kiesnester in einem Bereich größer 50 mm, werden nicht akzeptiert.

<sup>256</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.41ff.

## 15. Work on concrete surfaces (Oberflächenarbeiten am Beton)<sup>257</sup>

- I. Alle Sanierungs-, Instandsetzungs-, Ausgleichs- und Reparaturarbeiten (inklusive Verfüllen der Ankerlöcher) unterliegen der Prüfung und Freigabe des AG. Des weiteren dürfen sämtliche Sanierungs-, Instandsetzungs-, Ausgleichs- und Reparaturarbeiten (inklusive Verfüllen der Ankerlöcher) nicht ohne vorherige Freigabe des AG an der Betonoberfläche ausgeführt werden. Jede ausgeführte Arbeit ohne Genehmigung ist unzulässig.
- II. Auf Verlangen des AG sind Sanierungs-, Instandsetzungs-, Ausgleichs- und Reparaturarbeiten (inklusive Verfüllen der Ankerlöcher) unmittelbar nach dem Ausschalvorgang und innerhalb von 3 Tagen auszuführen.
- III. Die Anker- und Aussparungslöcher sollen gereinigt werden und anschließend mit Zementmörtel stoßend in Schichten verfüllt werden. Jegliche Löcher der Sichtbetonbauteile sind in Abstimmung mit der Benchmarkfläche bis 5 mm unterhalb der Oberfläche zu verfüllen. Ein vollständiges auffüllen ist unzulässig.
- IV. Wenn gemäß AG die Anzahl, Dichte und Größe der Luftporen in der Betonoberfläche für die Sichtbetonklassen F3, F3+ und F5 im Vergleich zu den Musterflächen unverhältnismäßig ist, kann die Sichtbetonoberfläche abgelehnt und Sanierungsarbeiten gemäß Tabelle 5.57 ausgeführt werden.
- V. Die Vorgangsweise beim Ausbessern solle keine Fleckenbildung und Verfärbung der Betonoberfläche verursachen. Die Ausbesserungsmasse muss in Farbe und Gesteinskörnung mit der fertigen Betonoberfläche übereinstimmen. Die ausgebesserte Oberfläche ist mit der fertigen Betonoberfläche bündig, eben und einheitlich zu gestalten.

## 16. Remedial, repair work, making good, and patching up (Sanierung, Instandsetzung, ausgleichen und reparieren)<sup>258</sup>

- I. Alle Sanierungs-, Instandsetzungs-, Ausgleichs- und Reparaturarbeiten (inklusive Verfüllen der Ankerlöcher) unterliegen der Prüfung und Freigabe des AG. Der AN hat die zur Anwendung gewählte Sanierungs-, Instandsetzungs-, Aus-

<sup>257</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.42ff.

<sup>258</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.44ff.



gleichs- und/ oder Reparaturarbeit dem AG mitzuteilen und gemäß Tabelle 5.56 zu ermitteln.

## II. Instandsetzungsmaßnahmen nach Sachverhalt:

S	Mängel	Umfang	Instandsetzung <sup>1</sup>
Z	[A]	[B]	[C]
1	Luftporen und Lunker	einzelne Poren größer als 10 mm Durchmesser	1, 3
2		Poren auf einer Fläche bis 200 x 200 mm	3
3		Poren auf einer Fläche größer als 200 x 200 mm	3
4		gesamte Betonage, hohes überschreiten der Benchmarkfläche	8, 9
5	Risse	feuchte Risse	9
6		≤ 2 mm Breite	1, 3
7		≥ 2 mm Breite	1, 3, 8, 9
8	Verfärbung: Aushärten Trennmittel Wettereinfluss Entmischung Bluten Rostflecken	Fläche bis 200 x 200 mm	1, 2, 5, 6, 7
9		Fläche größer als 200 x 200 mm	2, 5, 6, 7
10		Verfärbungen zwischen Betonierabschnitten	8, 9
11	Kiesnester: Bluten Entmischung	Einzelne Bereiche bis 50 x 50 mm	1, 3, 4
12		Kiesnester auf einer Fläche bis 200 x 200 mm	3, 4, 8
13		Kiesnester auf einer Fläche bis 1000 x 1000 mm	4, 8
14		Kiesnester auf einer Fläche größer als 1000 x 1000 mm	8, 9
15	Unebenheiten	Ebenheitsüberschreitungen von Toleranzen und/ oder Benchmarkflächen	8, 9
16	Fugenmörtelaustritt	Jegliche Art von Fugenmörtelaustritte	2, 5, 8
<sup>1</sup> siehe Tabelle 5.57			

Tabelle 5.56 Instandsetzungsmaßnahmen nach Sachverhalt <sup>259</sup>

<sup>259</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.45.

## 17. Method of repair (Instandsetzung)<sup>260</sup>

- I. Ausgleichs- bzw. Instandsetzungsarbeiten sind unzulässig, außer das Entfernen der Betongrate zwischen den Schalungsstößen ist ohne Bewilligung des AG zulässig. Jede andere ausgeführte Arbeit ohne Genehmigung wird abgewiesen. Sollte eine Freigabe des AG vorliegen, sind die Ausgleich bzw. Instandsetzungsarbeiten unmittelbar nach dem Ausschalvorgang und innerhalb von 3 Tagen auszuführen.
- II. Sanierungsmaßnahmen:

S		Maßnahme	Ausführung/ Beschreibung
Z	[A]	[B]	[C]
1	1	Wird nach Prüfung des AG anerkannt	
2	2	Waschen	mit Seifenwasser reinigen
3	3	Glätten	mit Zementmörtel glätten
4	4	Ausbessern	herausschneiden und wiederverfüllen einer rechteckigen Fläche
5	5	Behandlung mit Säure	Behandlung mit leichter Säure
6	6	Fleckenentfernung	Fleckenentfernungsmittel
7	7	Absanden	leichtes händisches abschleifen der Betonoberfläche
8	8	Umgestaltung	künstliche Umgestaltung / Nachbildung der fertigen Oberfläche
9	9	Beseitigung	Abbruch und Wiederaufbau

Tabelle 5.57 Sanierungsmaßnahmen <sup>261</sup>

## 18. Protection of finishes (Schutzmaßnahmen)<sup>262</sup>

- I. Der Kontakt jeglicher Baumaterialien, Baumaschinen und andere Geräten mit der Betonfläche ist unzulässig, außer es wurde vom AG geprüft und freigegeben.
- II. Alle Sichtbetonflächen sind vor Fließwasser, Verschmutzungen, Rostflecken und Verfärbungen mit Polyethylen-Folien oder Holz zu schützen. Andere Schutzmaßnahmen unterliegen der Prüfung und Freigabe des AG.

<sup>260</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.46.

<sup>261</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.46.

<sup>262</sup> Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes. S.47ff.

- III. Um die Betonoberfläche vor Rostfahnen oder Rostflecken zu schützen, ist die Anschlussbewehrung mit Polyethylen-Hülsen zu verkleiden oder mit Zementschlamm zu beschichten. Die Beschichtung der Bewehrungsstäbe mit Öl oder Schmierfett ist unzulässig.
- IV. Dem AN ist auf keinem Fall gestattet, die Sichtbetonoberfläche aus irgendeinem Grund zu beschriften.

## 6 Arbeitsvorbereitung

Die Auswahl des Schalungssystem und der Schalungshaut sowie der Zubehörmaterialien (Trennmittel, Schalungsanker, Abstandhalter) zählen zu den wichtigsten Aufgaben der Arbeitsvorbereitung. Weitere Kriterien sind genaue Analyse aller Ausschreibungsunterlagen, Berücksichtigung der Baustellenbedingungen, genaue Terminplanung aller sichtbetontechnischen Arbeitsabläufe, Berücksichtigung der Kraftableitung, Auswahl und Abstimmung der Kraftableitung auf das Erscheinungsbild (Ankerraster), Einsatzplanung der Betonverdichtung und Festlegung einer zielführenden Steiggeschwindigkeit des Betons.

### 6.1 Schalungssystem

Ein Schalungssystem besteht grundsätzlich aus Schalungshaut, Unterkonstruktion, Aussteifungskonstruktion, Verbindungsmittel und Zubehörmaterialien. Die Hauptaufgaben einer Schalung bzw. Schalungssystems sind eine genaue Maßhaltigkeit beim Einbau der Bewehrung, beim Einbringen des Frischbeton und Verdichten sowie die Aufnahme des Frischbetondrucks und die Ausbildung der Oberfläche.<sup>263</sup> Weitere Anforderungen an die Schalung sind die Oberflächenausbildung und Strukturierung der Sichtfläche anhand von Plattenstößen und Schalungsankermuster. Die Bezugnahme in der Ausschreibung auf die Gestaltungsmerkmale und Bauteilform des Sichtbetons sowie die Möglichkeit der Kraftableitung haben einen weiteren entscheidenden Einfluss auf die Auswahl des Schalungssystems und der Schalungshaut. Aufgrund immer neuer Entwicklungen in der Schalungsindustrie können heute mit modernen Schalsystemen kurze Schalzeiten und geringe Lohnkosten erreicht werden.

Im Umfang dieser Arbeit werden Schalungen in 2 Gruppen unterteilt:

- Schalungen für vertikale Bauteile
- Schalungen für horizontale Bauteile

Schalungen für geneigte Bauteile werden hier nur zur Vollständigkeit erwähnt, da auch bei geneigten Bauteilen, wenn möglich die gleichen Systemschalungen wie für vertikale und horizontale Bauteile eingesetzt werden. Jedoch ist eine intensivere Arbeitsvorbereitung, der Auftrieb bei der Bemessung und die Kraftableitung zu beachten.

<sup>263</sup> SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S. 27.

## 6.1.1 Schalungen für vertikale Bauteile

Zu den vertikalen Bauteilen zählen unter anderem Fundamente, Wände, Stützen, Pfeiler und Widerlager. Die Auswahl und Dimensionierung von Schalungen für vertikale Bauteile hängt hauptsächlich von der Größe und Verlauf des Frischbetondrucks über die Bauteilhöhe ab.

### 6.1.1.1 Wandschalungen

Grundsätzlich können Wandschalungen in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden: Rahmenschalungen und Trägerschalungen.

#### Rahmenschalung

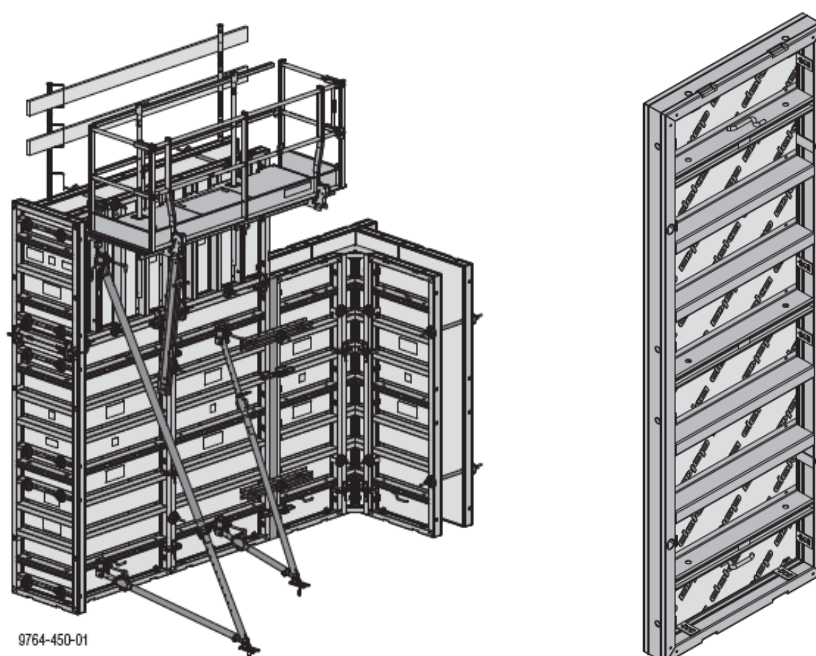


Abbildung 6.1: Rahmenschalung und Rahmenelement [Doka]<sup>264</sup>

Der Begriff Rahmenschalung beschreibt ein System kleiner bis mittelgroßer Schal- bzw. Rahmenelemente. Das Rahmenelement, wie in Abbildung 6.1 rechts dargestellt, besteht im Grundlegenden aus dem umlaufendem Rahmen, Queraussteifungen und der Schalungshaut. Der Rahmen selbst besteht meist aus Stahl oder Aluminium, kann aber auch aus Kunststoff hergestellt sein. Die Schalungshaut ist mit einem minimalen Abstand von der Rahmenkante nach innen versetzt um ein Aufquellen der Schalungshaut auszugleichen. Dadurch entsteht an der Beton-

<sup>264</sup> DOKA (2012). Anwenderinformation Rahmenschalung Framax Xlife. S. 11, 20.

oberfläche der typische Rahmenabdruck. Durch konische Ankerhülsen können die Schalungselemente einseitig oder beidseitig schräggeneigt sowie höhenversetzt werden. Die einzelnen Rahmenelemente werden übereinander und seitlich mit besonderen Verbindungsmitteln bzw. Klemmvorrichtungen kraftschlüssig miteinander verbunden (Abbildung 6.1 links) um eine beliebig große Fläche zu formen. Die Anordnung der Elemente kann entweder stehend oder liegend ausgeführt werden. Die Krafteinleitung des Frischbetondrucks erfolgt über die Schalhaut in die Rahmenelemente und danach in die Anker. Die Anzahl der Anker bezogen auf die Schalungsfläche in  $\text{m}^2$  ist von der Schalungshöhe, dem Frischbetondruck und den spezifischen Kennwerten des Schalelements abhängig.

## Trägerschalung

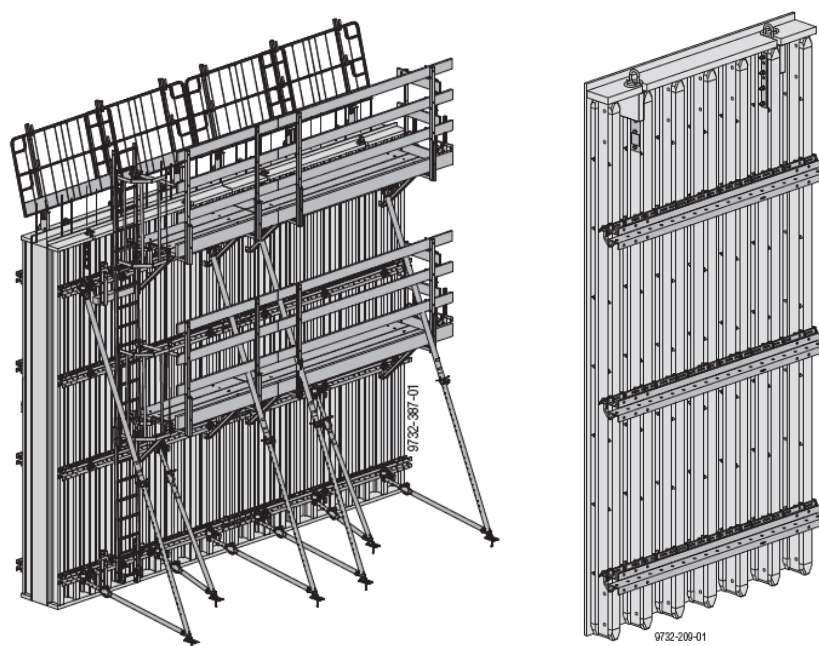


Abbildung 6.2: Trägerschalung und Trägerelement [Doka]<sup>265</sup>

Trägerschalungen sind in der Regel großflächige Schalelemente die auf der Baustelle vorgefertigt oder vom Schalungshersteller vorgefertigt angeliefert werden und mit Hebezeugen vor Ort umgesetzt werden. Die Schalhaut wird dabei auf vertikal angeordnete Holzträger montiert, welche durch horizontale Gurte, meist Doppel-U-Stahlprofile ausgesteift werden (Abbildung 6.2 rechts). Die Krafteinleitung des Frischbeton-

<sup>265</sup> DOKA (2014). Anwenderinformation Trägerschalung Top 50. S. 12, 14.

drucks erfolgt über die Schalhaut in die dahinterliegenden vertikalen Holzträger und in weiterer Folge in die horizontalen Stahlgurte und wird von den Ankern aufgenommen. Der Abstand der vertikalen Holzträger ist von der Bauteilhöhe und dem Frischbetondruck abhängig. Der Vorteil von Trägerschalungen besteht im Einsatz von komplexen Bauteilgeometrien, großen Frischbetondrücken und mehrmaligen Einsätzen.

Eine weitere Feinunterteilung kann in Anzahl der Häupter, Gekrümmte Flächen und Ausbildung von Ecken erfolgen.

### Anzahl der Häupter

Bestehen auf der Baustelle beengte Platzverhältnisse oder ist ein ankerloses Bauteil erforderlich ist die Anzahl der Häupter ein weiterer Entscheidungsfaktor. Es wird zwischen einhäutig (Abbildung 6.3) und doppelhäutig (Abbildung 6.4) unterschieden. Für beide Varianten können Rahmen- als auch Trägerschalungen eingesetzt werden.

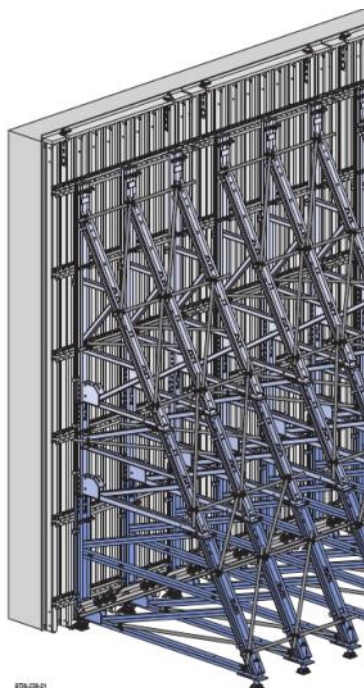


Abbildung 6.3: Einhäutige Schalung, Trägerschalung [Doka]<sup>266</sup>

Die einhäutige Schalung wird nur auf einer Seite der Betonwand aufgestellt. Das gegenüberliegende Schalungshaupt entfällt. Sie wird bei Platzmangel auf der Baustelle, bei Sichtbeton ohne Ankermuster oder bei Betonieren gegen Wände (Felswand, Bohrpfahlwand, Schlitzwand)

<sup>266</sup> DOKA (2014). Anwenderinformation Doka Abstützböcke. S. 31.

eingesetzt. Bei diesem System wird der Frischbeton über Zuganker in tragfähigen Untergrund oder in ein vorangegangenes Betonbauteil eingeleitet, wobei mit einem erhöhten Aufwand für die Lastableitung zu rechnen ist.

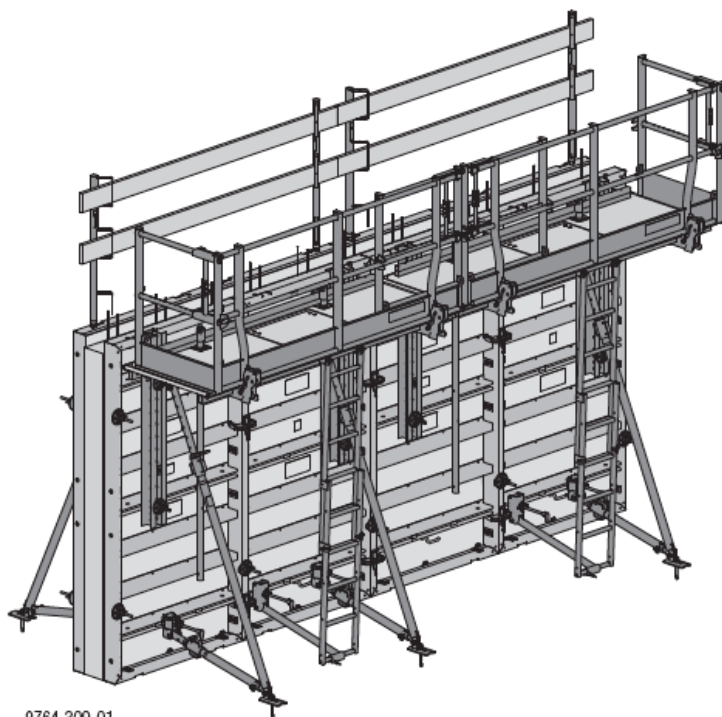


Abbildung 6.4: Doppelhäuptige Schalung ‚Rahmenschalung [Doka] <sup>267</sup>

Das System in Abbildung 6.4 (in diesem Fall Rahmenschalung) besitzt gegenüberliegende Schalungshäupter und wird deshalb als doppelhäuptig bezeichnet. Die beiden gegenüberliegenden Schalungsflächen sind mittels Schalungsanker miteinander verbunden. Der Frischbetondruck wird hier von der Schalung über das Schalelement in die Schalungsanker übertragen.

<sup>267</sup> DOKA (2012). Anwenderinformation Rahmenschalung Framax Xlife. S. 108.



## Gekrümmte Flächen

Bei der Herstellung von gekrümmten Flächen kommen Rundschalungen zum Einsatz. Zumeist werden dafür Trägerschalungen verwendet da sie die Krümmung annähernd exakt nachbilden können. Durch spindelbare Elementverbindungen auf der Schalhautrückseite kann die gewünschte Krümmung erzielt werden.

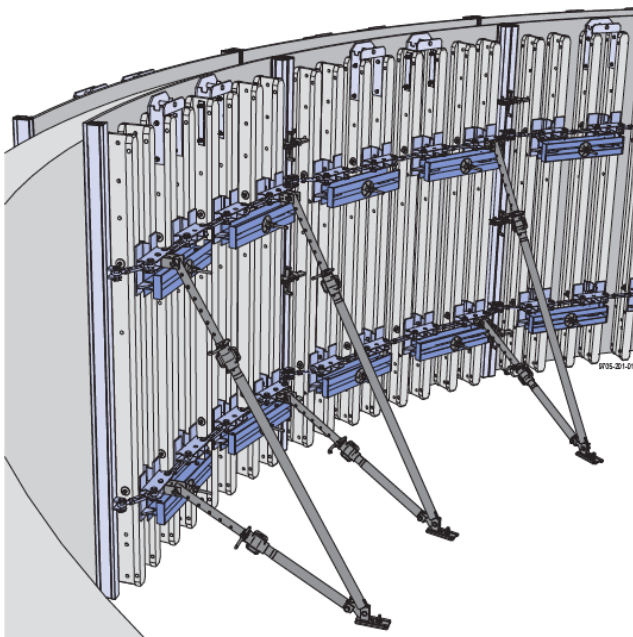


Abbildung 6.5: Rundschalung mit Spindel, Trägerschalung [Doka] <sup>268</sup>

Bei einer weiteren Ausführungsvariante (Abbildung 6.6) werden gekrümmte Formhölzer (grau eingefärbt) zwischen Träger und Schalhaut verwendet um die gewünschte Form zu erhalten.

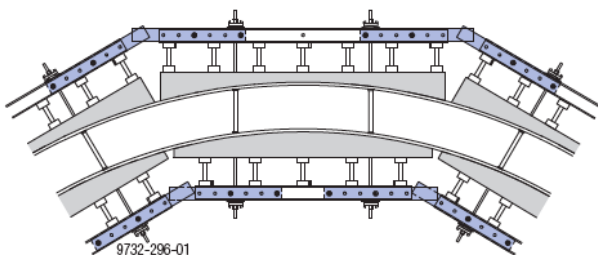


Abbildung 6.6: Rundschalung mit Formholz, Trägerschalung [Doka] <sup>269</sup>

<sup>268</sup> DOKA (2014). Anwenderinformation Rundschalung H20. S. 1.

<sup>269</sup> DOKA (2012). Anwenderinformation Trägerschalung Top 50. S. 39.

Mit Rahmenschalungen hingegen können aufgrund der geraden Elemente nur polygonale Krümmungen erzeugt werden. Um sich der idealen Rundform möglichst genau zu nähern sollten kleine Elementbreiten gewählt werden. Für die Ausführung werden zwischen den Schalelementen zugeschnittene Kanthölzer oder eingelegte Stahlbleche verwendet.

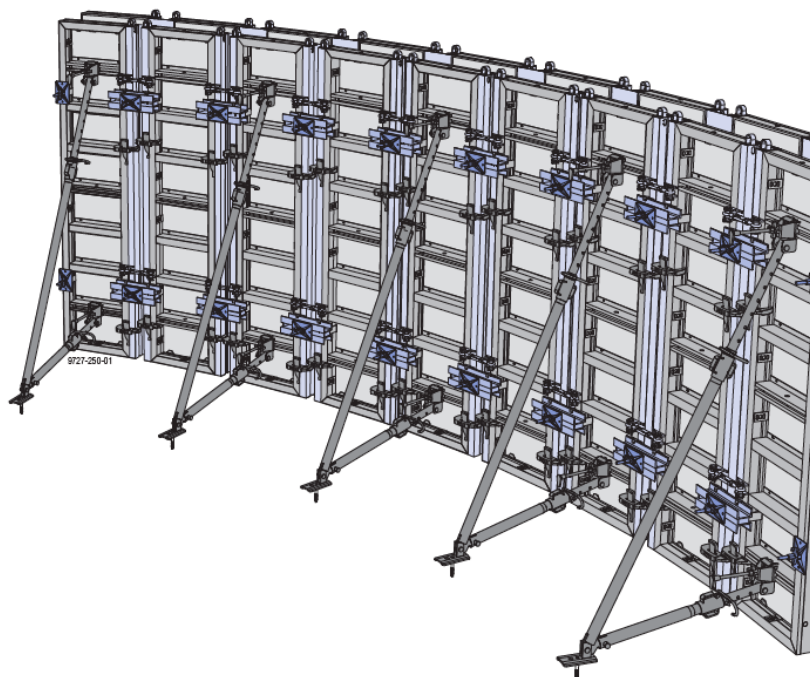


Abbildung 6.7: Rundschalung, Rahmenelemente [Doka] <sup>270</sup>

### Ausbildung von Ecken

Bei der Ausbildung von Ecken ist der Aufwandswert von Schalarbeiten generell höher, da auch der Frischbetondruck in der Regel höher ist. Verschiedene Schalungssystemhersteller bieten in diesem Fall effiziente Ecklösungen für Rahmen- als auch Trägerschalungen an, die auch in Sonderfällen verwendet werden können. In Abbildung 6.8 ist eine rechtwinkelige Eckausbildung und ein T-Stoß im System Rahmenschalung dargestellt.

<sup>270</sup> DOKA (2012). Anwenderinformation Rahmenschalung Framax Xlife. S. 167.

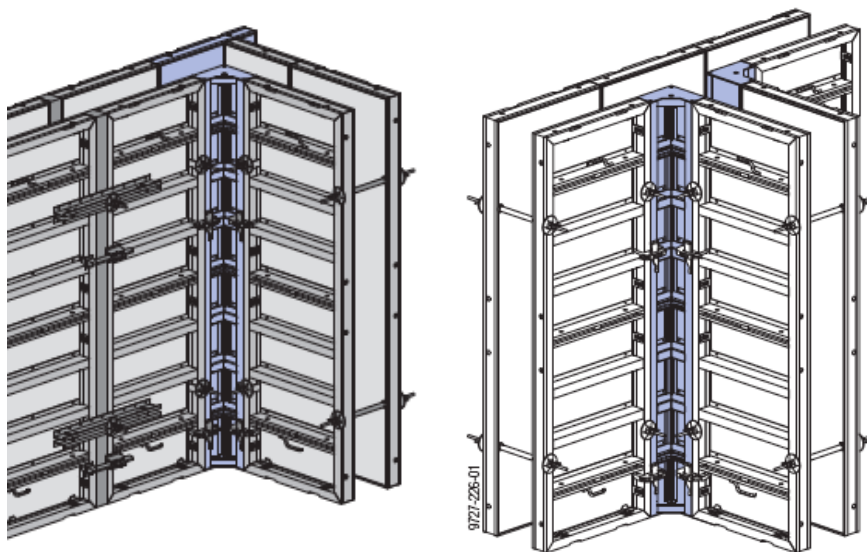


Abbildung 6.8: 90 Grad und T-Stoß Ausbildung ,Rahmenschalung [Doka] <sup>271</sup>

Auch spitze und stumpfe Eckausbildungen sind möglich. In Abbildung 6.9 ist eine stumpfe Eckausbildung und ein T- Stoß am Beispiel einer Trägerschalung gezeigt.

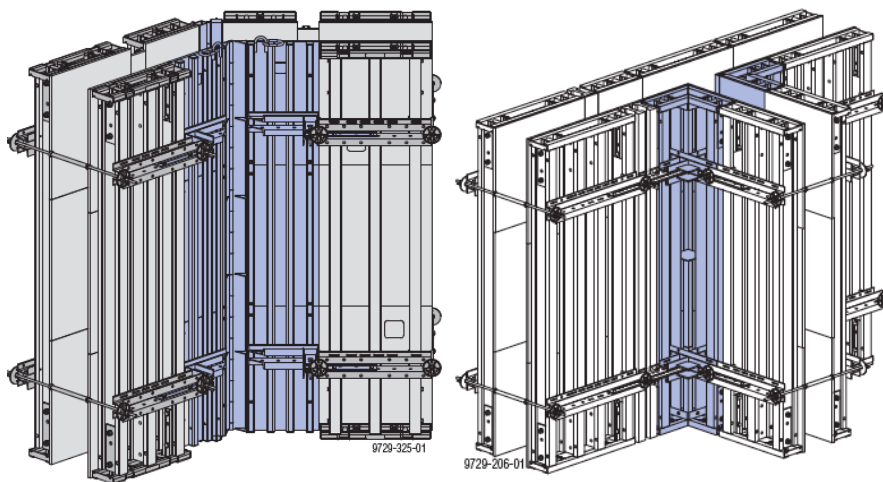


Abbildung 6.9: Stumpfe Eck und T-Stoß Ausbildung, Trägerschalung [Doka] <sup>272</sup>

<sup>271</sup> DOKA (2012). Anwenderinformation Rahmenschalung Framax Xlife. S. 44, 46.

<sup>272</sup> DOKA (2013). Anwenderinformation Trägerschalung FF20. S. 32, 31.

### 6.1.1.2 Stützenschalungen

Stützen- und Säulenschalungen können wie kurze Wandanschnitte betrachtet werden, müssen jedoch höhere Belastungen aufnehmen. Wie auch bei Wänden kommen Trägerschalungen und Rahmenschalungen zum Einsatz. Eine Sonderlösung bieten Einwegschalungen. Durch verschiedenste moderne Schalsysteme können Stützen heutzutage fast jede Querschnittsform annehmen und mit Konsolen, Vouten und Anschlängen kombiniert werden. Die Schalungen können wie folgt unterteilt werden:

- Stützenschalung: Quadrat-, Rechteck-, Polygonquerschnitt
- Säulenschalungen: Rund-, Halbrund-, Ovalquerschnitt

Rahmenschalungen finden bei Stützen wie auch bei Säulen Verwendung. Zwei Arten der Stützenrahmenschalung für eckige Querschnitte sind in Abbildung 6.10 dargestellt, links Rahmenelemente für den Universaleinsatz und rechts Rahmenelemente mit Klappeneinsatz um kürzeste Ein- und Ausschalzeiten zu erzielen.

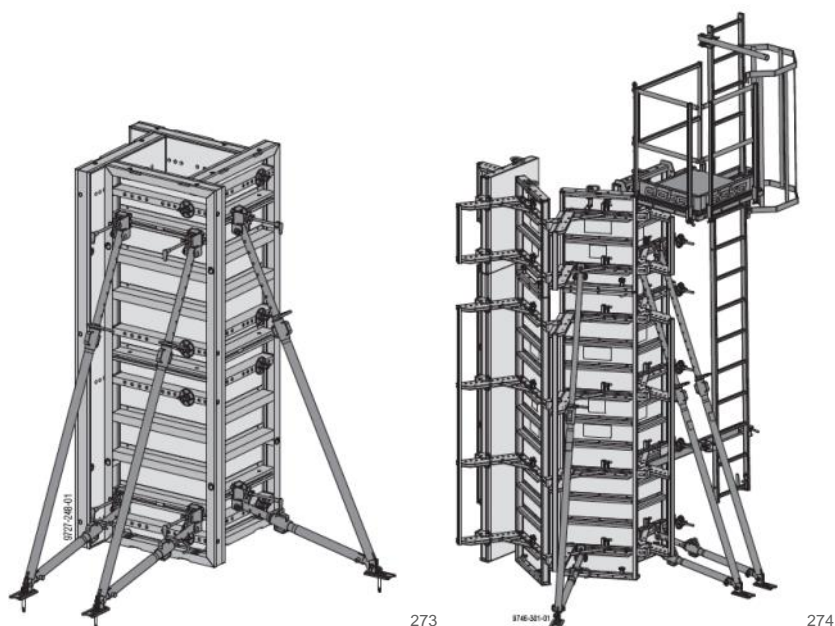


Abbildung 6.10: Rahmenschalungen für Stützen [Doka]

<sup>273</sup> DOKA (2012). Anwenderinformation Rahmenschalung Framax Xlife. S. 153.

<sup>274</sup> DOKA (2014). Anwenderinformation Stützenschalung KS Xlife. S. 10.

Aber auch runde Querschnitte sind mit Rahmenschalungen möglich. In nachfolgender Abbildung 6.11 sind Halbrunde Systemelemente zu sehen, die zu Segmente zusammengebaut und je nach Säulenhöhe verbunden werden.

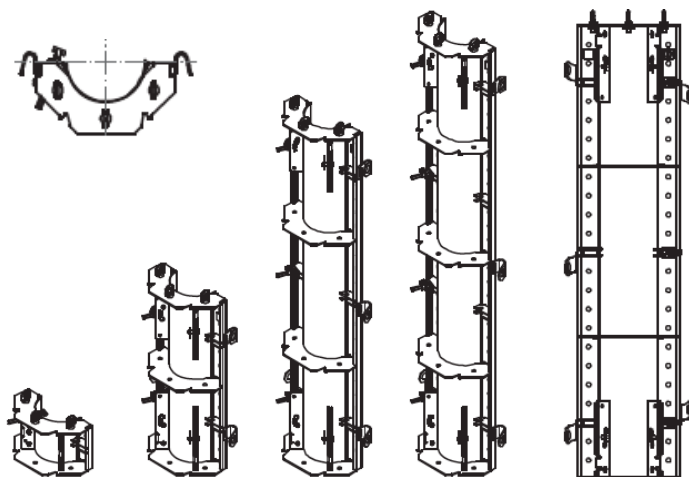


Abbildung 6.11: Säulenrahmenschalung [Peri] <sup>275</sup>

Wie bereits bei den Rahmenschalungen gezeigt können auch Träger-schalungen für beliebige Querschnittsformen (eckig bis rund) eingesetzt werden. In Abbildung 6.12 links ist eine Stützenträgerschalung gezeigt die größtenteils identisch der Trägerwandschalung ist. Für runde Querschnitte werden wie auch bei den Wänden Formhölzer zwischen Träger und Schalhaut montiert um die gewünschte Säulenform zu erhalten (rechts).

<sup>275</sup> PERI (2009). Formwork Component Catalogue. S. 292.

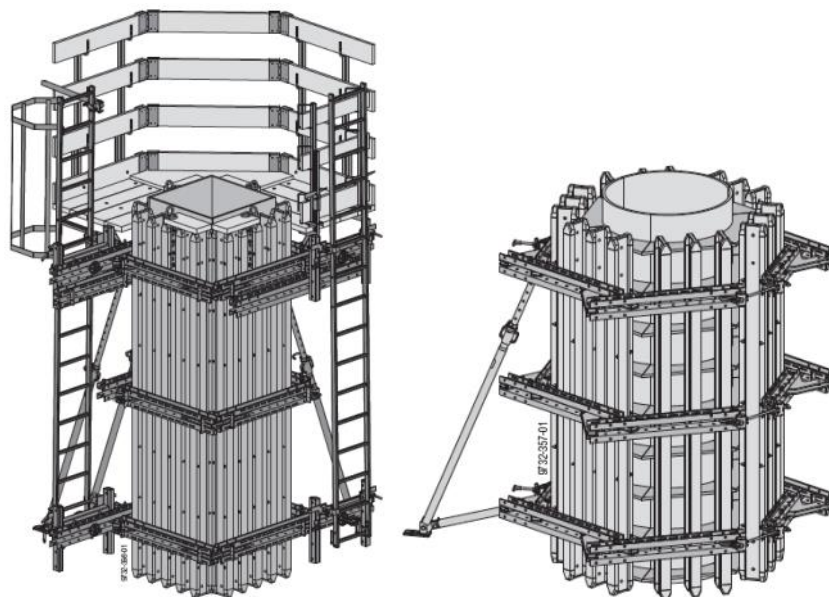


Abbildung 6.12: Trägerschalung für Stützen und Säulen [Doka] <sup>276</sup>

Im Gegensatz zur Systemschalung werden auch Einwegschalungen verwendet, die in der Regel für Säulen (Rund-, Halbrund-, Ovalquerschnitt) eingesetzt werden, jedoch auch rechteckige Schalungsausbildungen annehmen können. Diese Sonderform der Schalung besteht aus recycelten Hülsenkarton oder Wickelrohre aus Metall. Es können sehr glatte Oberflächen erzielt werden, jedoch sind sie nur einmal verwendbar. Durch die Innenbeschichtung kann auf ein Trennmittel verzichtet werden und der Ausschalvorgang erfolgt beim Hülsenkarton mittels integrierter Reißleine oder beim gewickelten Blechrohr durch auswickeln.

Weitere Faktoren bei der Auswahl der jeweiligen Stützen- oder Säulenschalung sind Einsatzhäufigkeit, Oberflächenqualität, Vielseitigkeit und Abmessungen.

### 6.1.1.3 Treppenschalungen

Sichtbetontreppen werden in den Varianten Fertigteil oder Ortbeton ausgeführt wobei heutzutage erstere Variante in der Regel angewandt wird. Je nach Form und Größe von Treppen liegt der Vorteil von Fertigteilen in der Zeit- und damit verbundenen Kostenersparnis. Zusätzlich sind durch verstellbare Stahlschalungen flexible Geometrien (gerade, gewandelt)

<sup>276</sup> DOKA (2013). Anwenderinformation Stützenschalung Top 50. S. 4, 6.

mit oder ohne Podest, bestimmte Steigungs- und Neigungsverhältnisse möglich.

Ortbeton kann im Fall von Sonderwünschen mit extrem komplizierten Geometrien, präzisen Einpasstoleranzen und Anforderung an Farbgleichheit die kostengünstigere Variante darstellen, jedoch ist eine Vorkalkulation für Zeit - und Kostenaufwand im Vergleich zum Fertigteil sinnvoll.

#### **6.1.1.4 Sonderformen**

Weitere Arten die hier nur zur Vollständigkeit erwähnt werden sind Gleitschalungen sowie Selbstkletter- und Kletterschalungen.

### **6.1.2 Schalungen für horizontale Bauteile**

Zu den horizontalen Bauteilen zählen unter anderem Decken, Podeste, Überzüge, Unterzüge und Tragwerke. Die Auswahl und Dimensionierung von Deckenschalungen hängt von den Lasten aus Bewehrung, Eigenlast, Frischbeton und Verkehrslast ab.

Schalungen für horizontale Bauteile werden in dieser Arbeit folgend unterteilt:

- Kranunabhängige Schalungen: Trägerschalung, Rahmenmodulschalung
- Kranabhängige Schalungen: Deckentische

#### **6.1.2.1 Kranunabhängige Schalung**

Kranunabhängige Schalungen zählen zu den Kleinflächenschalungen und können aus Träger- oder Rahmenschalung bestehen. Sie sind flexibel in Bezug auf die Bauaufgabe einsetzbar und können händisch ein- und ausgeschalt werden.

## Trägerschalung

Die Deckenträgerschalung besteht grundlegend aus der Schalungshaut, Querträger, Längsträger, Stützen und Dreibein (Abbildung 6.13).

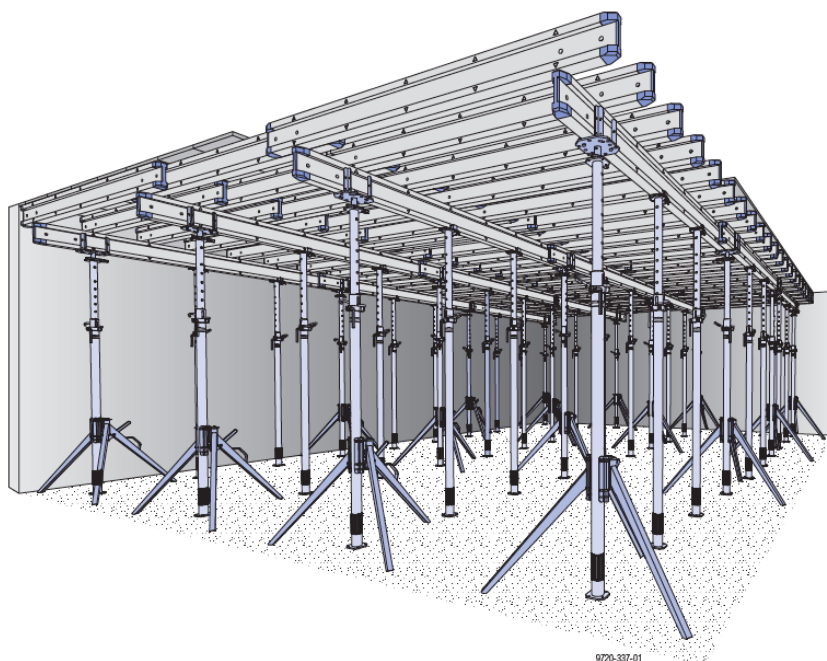


Abbildung 6.13: Deckenträgerschalung [Doka] <sup>277</sup>

Bei Überschreitung der üblichen Geschosshöhen können für die Lastableitung anstelle der Stützen auch Gerüste eingesetzt werden. Die Rasteraufteilung und Bemessung der Längs- und Querträger erfolgt anhand Herstellerangaben oder Schalungsprogrammberechnungen. Beim Einschalen werden zuerst die Stützen aufgestellt und danach die Längsträger für eine Längsaussteifung eingelegt. Durch die darauf aufgebrachten Querträger erfolgt die Queraussteifung. Die Schalungshaut wird in Form von Schaltafeln auf die Querträger montiert.

<sup>277</sup> DOKA (2014). Anwenderinformation Dokaflex 1-2-4. S. 1.



In Abbildung 6.14 sind die Arbeitsschritte schemenhaft dargestellt.

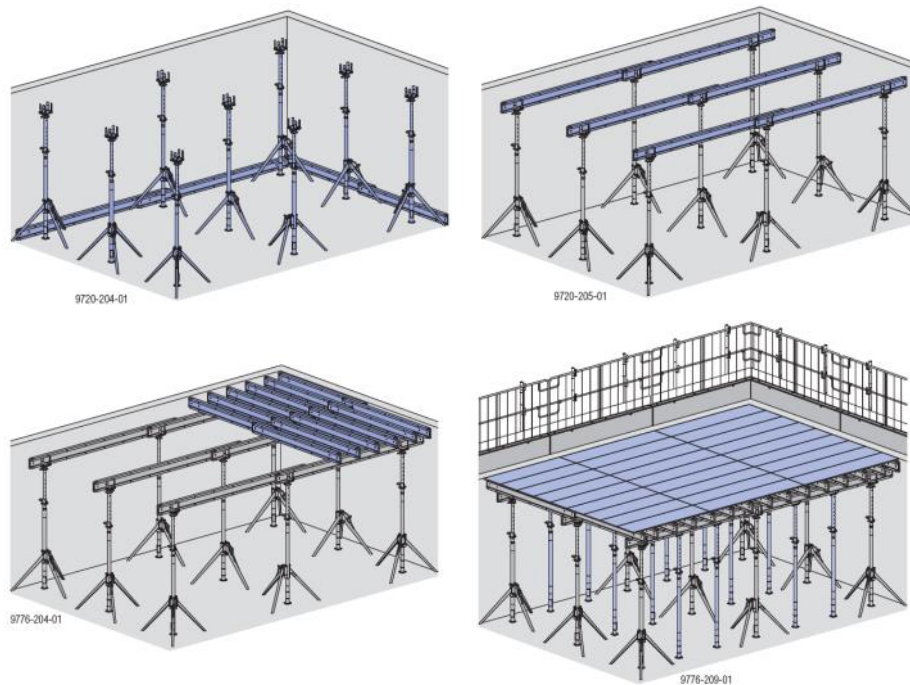


Abbildung 6.14: Arbeitsschritte Einschalen Trägerschalung [Doka] <sup>278</sup>

Beim Ausschalen wird mit dem Entfernen der Zwischenstützen begonnen. Danach werden die Längs-, Querträger und die Schalhaut in einem Vorgang über einen Absenkmechanismus an der Stütze einige Zentimeter abgesenkt. Dadurch kann mit dem Ausschalvorgang der einzelnen Elemente begonnen werden.

<sup>278</sup> DOKA (2014). Anwenderinformation Dokaflex 1-2-4. S. 16, 17, 18, 20.

## Trägerschalung mit Fallkopf

Das Einschalen ist identisch mit dem der Deckenträgerschalung ohne Fallkopf und ist in nachfolgender Abbildung 6.15 gezeigt.

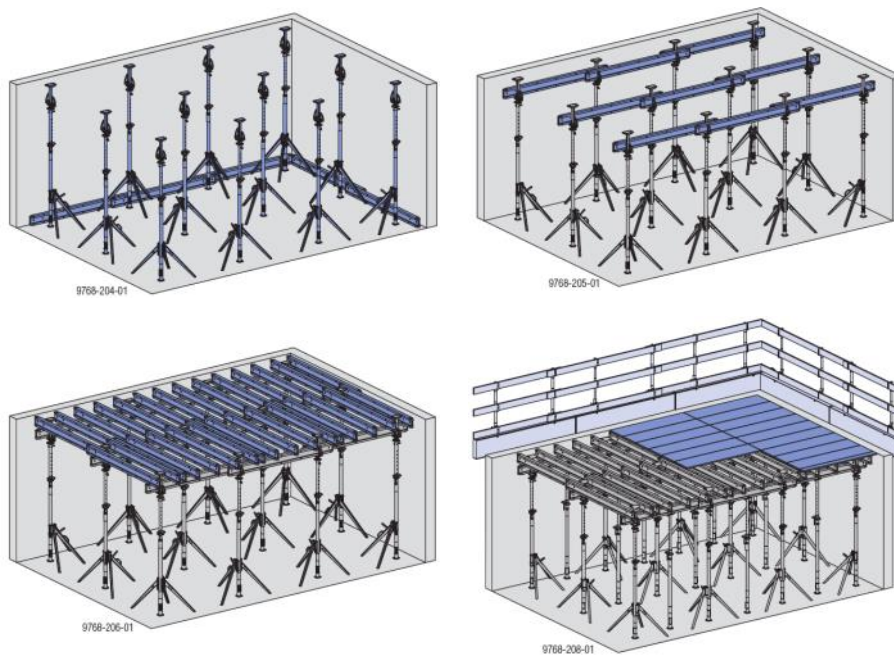


Abbildung 6.15: Arbeitsschritte Einschalen Trägerschalung mit Fallkopf [Doka]<sup>279</sup>

Im Vergleich zum konventionellen Deckenträgersystem kann mit dem Fallkopf ein früheres Ausschalen ohne partielle Entspannung der Schalungsstützen erfolgen. Das besondere an diesem System ist direkte Verbindung im Bereich der Stützen zwischen Schalungshaut und Fallkopfstütze. Zwischen den Stützen liegt die Schalungshaut wie beim konventionellen Deckenträgersystem nur auf den Quer- und Längsträgern auf (Abbildung 6.16).

<sup>279</sup> DOKA (2012). Anwenderinformation Doka Xtra. S. 16, 17, 18.

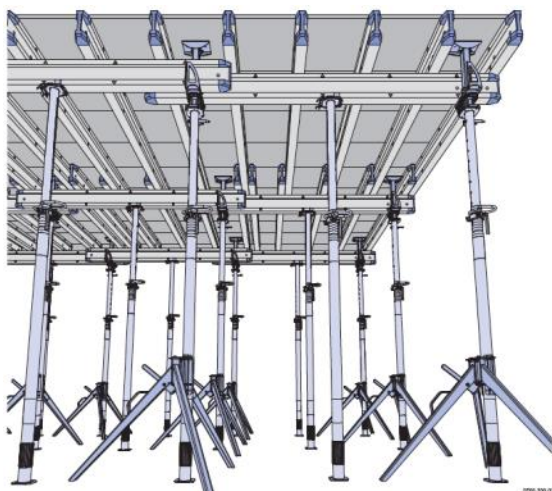


Abbildung 6.16: Deckenträgerschalung mit Fallkopf [Doka] <sup>280</sup>

Durch diese spezielle Fallkopfstütze wird eine Absenkung von Schalungshaut, Quer- und Längsträger in dem Bereich zwischen den Stützen ermöglicht und mit dem verfrühten Ausschalen kann begonnen werden. In Abbildung 6.17 ist der ausgeschaltete Zustand zu sehen, wonach nur noch ein geringer Teil der Schalungshaut verbleibt und der Rest der Deckenschalung bereits für neue Aufgaben verwendet werden kann. Der Vorteil liegt dabei in einer kürzeren Ausschaltzeit und geringerer Vorhaltemenge, wobei ein höherer Materialwert zu bedenken ist.

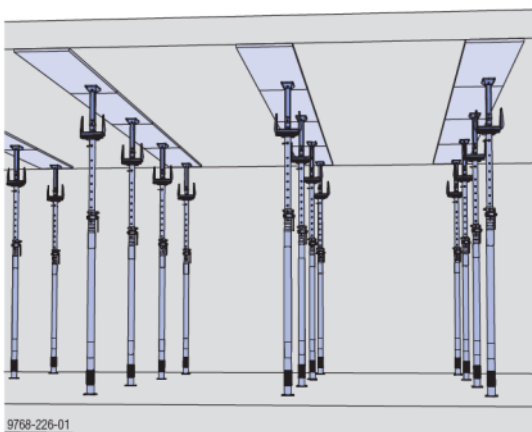


Abbildung 6.17: Deckenträgerschalung mit Fallkopf [Doka] <sup>281</sup>

Eine weitere Art die hier nur zur Vollständigkeit erwähnt wird ist die Trägerrostschalung.

<sup>280</sup> DOKA (2012). Anwenderinformation Doka Xtra. S. 1.

<sup>281</sup> DOKA (2012). Anwenderinformation Doka Xtra. S. 20.

## Rahmenmodulschalung

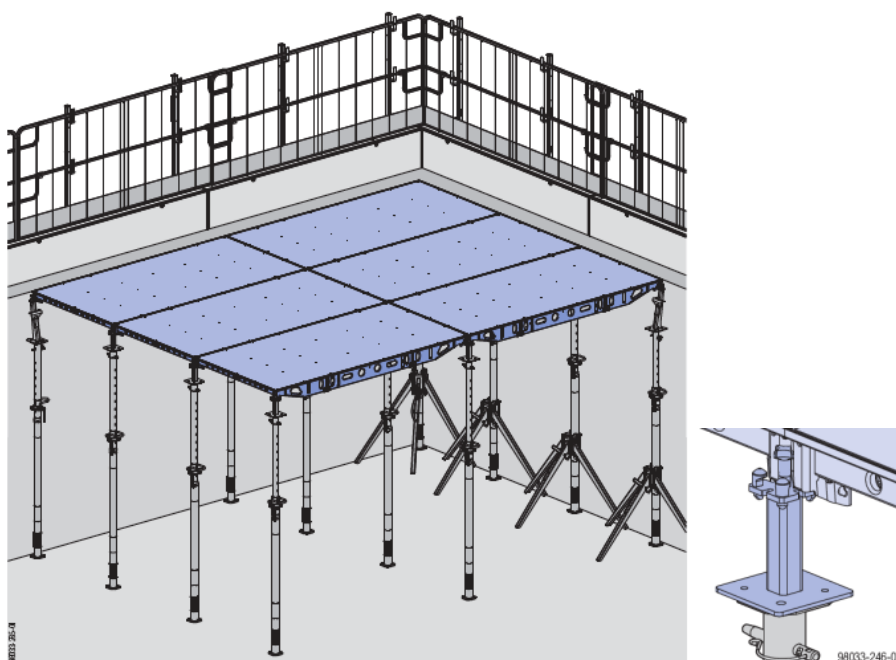


Abbildung 6.18: Deckenrahmenschalung [Doka] <sup>282</sup>

Das Rahmenmodulsystem für Decken besitzt die gleiche Funktionsweise wie Rahmenschalungen für vertikale Bauteile. Anstelle der Anker erfolgt die Lastableitung wie auch beim Deckenträgersystem über die Stützen. Beim Einschalen werden die Rahmenelemente entweder auf Träger und Stützen gelagert oder direkt an den Kreuzungspunkten mit Stützen (Abbildung 6.18 rechts) unterstellt. Abbildung 6.19 zeigt den Einschalvorgang mit Hilfe einer Montagestange für das montieren der Rahmenelemente mit direkter Stützenunterstellung (Träger sind bei diesem System nicht notwendig).

<sup>282</sup> DOKA (2016). Anwenderinformation Element-Deckenschalung Dokadek 30. S. 1, 22.

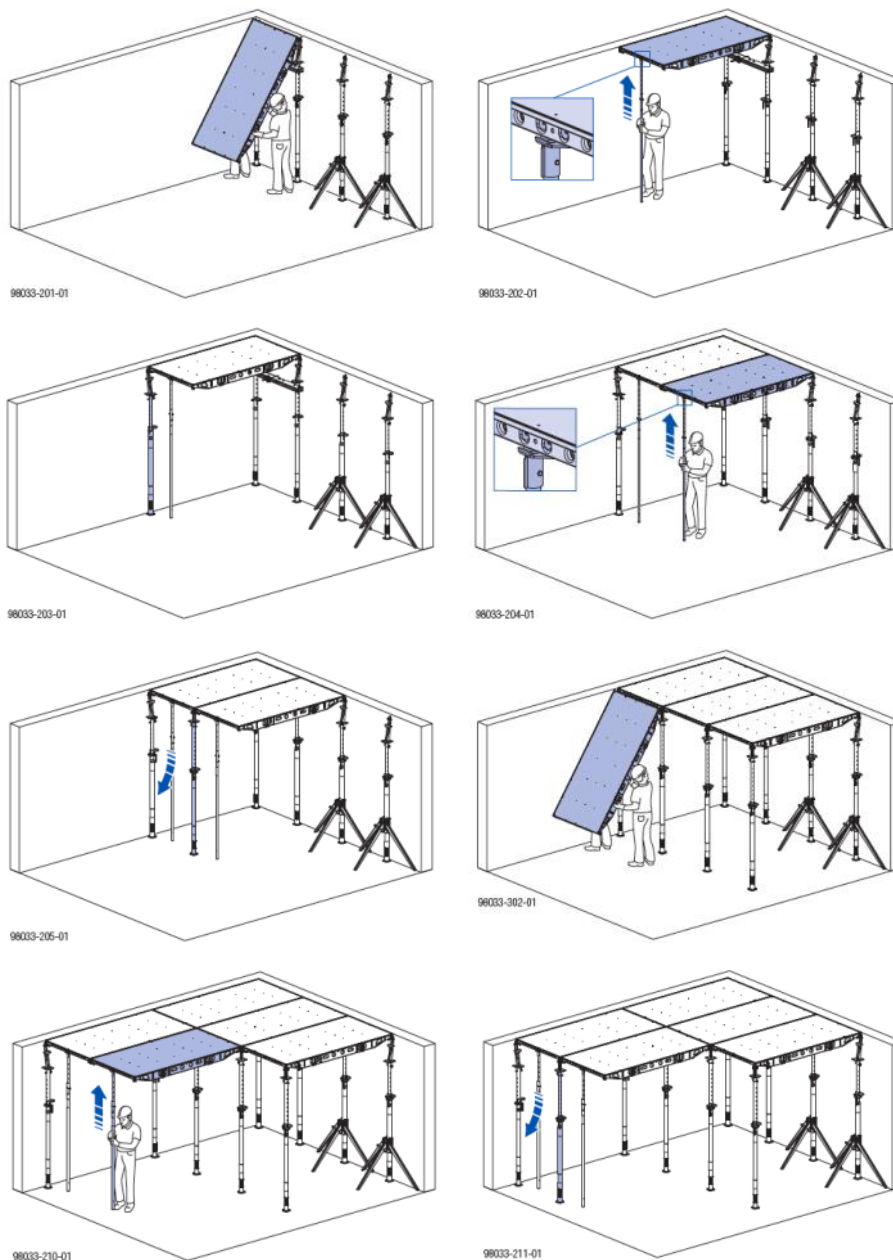


Abbildung 6.19: Arbeitsschritte Einschalen Rahmenmodulschalung [Doka] <sup>283</sup>

Passflächen sind mit Ausgleichselementen oder mit Schaltafeln zu füllen. Nach Ende der Ausschallfrist werden die Elemente über die Stütze abgesenkt und ausgeschalt.

<sup>283</sup>DOKA (2016). Anwenderinformation Element-Deckenschalung Dokadek 30. S. 24, 25, 26, 27.

## Rahmenmodulschalung mit Fallkopf

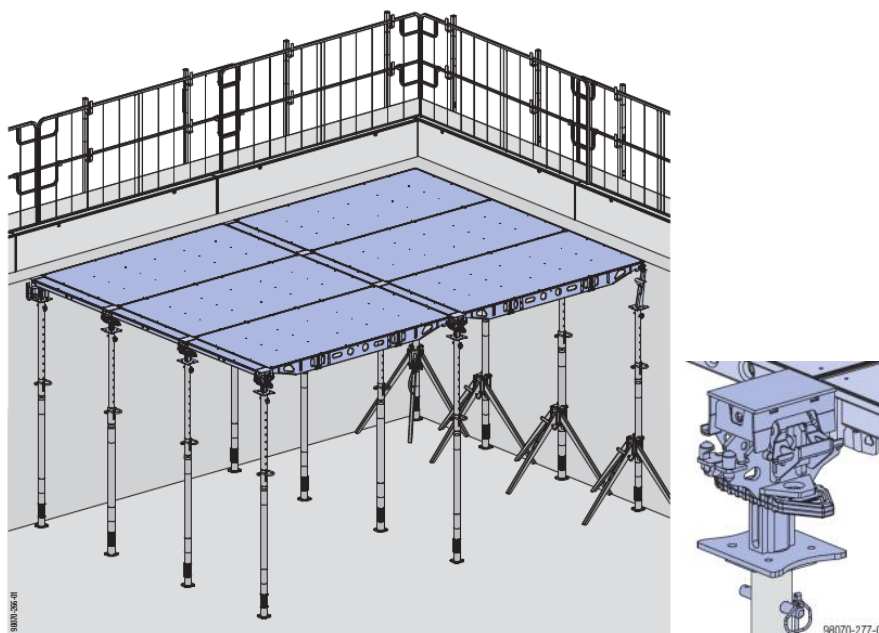


Abbildung 6.20: Deckenrahmenschalung mit Fallkopf [Doka] <sup>284</sup>

Dieses System basiert auf dem gleichen Prinzip wie das der Trägerschalung mit Fallkopf. Beim Fallkopfsystem werden die Rahmenelemente (Pannee), mit oder ohne Träger auf den Fallköpfen (Abbildung 6.20, rechts) montiert, die auf Stützen aufgelagert werden. Das Einschalen erfolgt mit der gleichen Methode wie in Abbildung 6.19 gezeigt. Die Zwischenelemente verschließen die Querfugen zwischen den einzelnen Paneelen. Beim Ausschalen werden die Fallköpfe gelöst, wobei die Stütze weiterhin direkten Kontakt zur Deckenunterseite besitzt. Die Paneele werden durch das lösen der Fallköpfe feldweise abgesenkt und können dadurch ausgehängt und abgebaut werden. Danach können die Zwischenelemente entfernt werden. Durch dieses spezielle System übernehmen während und nach dem Ausschalen die Fallkopfstützen die Lastableitung, sodass früher ausgeschalt werden kann. Auch hier liegt der Vorteil in einer kürzeren Ausschaltzeit und geringerer Vorhaltemenge, wobei ein höherer Materialwert zu bedenken ist.

<sup>284</sup> DOKA (2015). Anwenderinformation Element-Deckenschalung Dokadek 30 mit Fallkopf. S. 1, 21.

### 6.1.2.2 Kranabhängige Schalung

Kranabhängige Schalungen zählen zu den Großflächenschalungen und besitzen den Vorteil große Deckenflächen auf einmal ein-, auszuschalen und umzusetzen zu können. Allerdings werden für das Umsetzen der Schalung Hebezeuge benötigt.

#### Deckentische



Abbildung 6.21: Deckentisch aus Rahmenschalung [Doka] <sup>285</sup>

Wie bereits bei den kranunabhängigen Schalungen erwähnt, können auch Deckentische aus Träger- oder Rahmenschalungen hergestellt werden. Dabei kann der Deckentisch bereits vormontiert auf die Baustelle geliefert oder bauseits zusammengefügt werden. Der Aufbau besteht grundsätzlich aus der Schalungshaut die auf einem Trägerrost (Quer- und Längsträger) montiert ist. Auf dieser Unterkonstruktion sind Tischköpfe mit starrer oder klappbarer Ausführung angebracht, die mit den Stützen verbunden sind. Aufgrund der Möglichkeit, dass der Deckentisch auf einmal ein-, ausgeschalt und umgesetzt werden kann, wird die Schalzeit reduziert, der Bauablauf dadurch beschleunigt und in weiterer Folge Kosten gespart. Ein weiterer Vorteil ergibt sich bei großen Geschosshöhen und massiven Deckenstärken. Um jedoch einen wirtschaftlichen Einsatz von Deckentischen zu gewährleisten sollten die baubetrieblichen und bauwerksbedingten Randbedingungen eingehalten werden.

<sup>285</sup> DOKA (2016). Anwenderinformation Dokaflex-Tisch. S. 1.

Weitere Arten von horizontalen Schalungen die hier nur zur Vollständigkeit erwähnt werden sind Schubladenschalungen, Raumschalungen und Fertigteile, die als verlorene Schalung oder als reines Fertigteil ausgeführt werden.



## 6.2 Schalungshaut

Die Schalungshaut ist gegenüber dem Beton formgebend und gestaltend und erfüllt somit technische und/ oder optische Aufgaben. Daher werden für verschiedene Leistungsansprüche auch unterschiedliche Schalhauttypen eingesetzt. Für die Wahl der Schalungshaut sind nicht nur materialbezogene sondern auch verarbeitungstechnische Schalhauteigenschaften und die Zusammenwirkung mit dem Trennmittel von Bedeutung. Im Allgemeinen können Schalhäute in saugende und nicht saugende Schalungen eingeteilt werden.

### Saugende Schalung

Zum Bereich der saugenden Schalungen gehören angefangen vom sägerauen Brett, Spannplatten und sämtliche standardisierte Brettplatten sofern sie weder filmbeschichtet noch kunstharzvergütet sind, mit denen grundsätzlich porearme Oberflächen hergestellt werden können. Imprägnierungen und Beharzen können die Saugfähigkeit mindern, schließen sie aber nicht aus. Die Saugfähigkeit hat wesentlichen Einfluss auf die Struktur der Oberfläche und nimmt mit der Einsatzhäufigkeit ab. Jedoch nimmt mit der Einsatzhäufigkeit die Grauton- Helligkeitsstufe zu. Da bei Sichtbeton eine gleichmäßige Farbtongestaltung angestrebt wird, werden physikalische Trennmittel (Mineralöle) verwendet um die Saugfähigkeit und den damit verbundenen physikalischen Effekt der Grautonhelligkeit zu steuern. Auch bei gering saugenden Schalungen ist der Einsatz von physikalisch wirkenden Trennmitteln zweckdienlich und den chemischen vorzuziehen.<sup>286</sup>

Folgende Eigenschaften sollten bei saugenden Schalungen berücksichtigt werden:<sup>287</sup>

- Grautonhelligkeit nimmt nach mehreren Einsätzen zu
- Sehr starkes Saugvermögen
- Unterschiedliches Saugverhalten der Äste
- Holzzucker kann die Betonerhärtung verhindern
- Absandungen, Abplatzungen und der Verbleib von Holzfasern an der Betonoberfläche ist möglich
- eine Vorbehandlung der Schalung ist notwendig

<sup>286</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S. 27ff.

<sup>287</sup> Vgl. HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung, S.12.

### Nicht saugende- porengeschlossene Schalung

Zum Bereich der nicht saugenden Schalungen zählen sämtliche Kunststoff-, Blech- und Stahlschalungen. Bei porengeschlossener, dichter Schalung und zusätzlich großer Oberfläche entsteht zwischen Betonoberfläche und Schalungshaut eine starke Haftung. Aufgrund dessen werden chemische Trennmittel eingesetzt die den Entschalungsvorgang erheblich erleichtern. Die Struktur der Betonfläche zeichnet sich grundsätzlich durch eine glatte, einheitlich gleiche und helle Oberfläche aus, jedoch tendieren nicht saugende- porengeschlossene Schalungen zu starker Porenbildung. <sup>288</sup>

Folgende Eigenschaften sollten bei nicht saugenden Schalungen berücksichtigt werden: <sup>289</sup>

- Gefahr von Marmorierung und Porenbildung
- Farbunterschiede sind nicht ganz vermeidbar
- Kleinste Betonfehler sind sichtbar
- einheitliche Sichtbetonflächen sind schwer herstellbar
- Schalung verlangt sorgfältige Behandlung

Bemerkungen zu den Schalungshauttypen lt. ÖVBB Richtlinie Sichtbeton sind in Tabelle 5.13 und lt. DBV/VDZ Merkblatt „Sichtbeton“ in Tabelle 5.17 zu finden.

Nachfolgend werden einige Schalungshauttypen genauer betrachtet.

#### 6.2.1 Holzschalung

Holz wird größtenteils als „Standard Schalung“ für Betonarbeiten eingesetzt, da es in der Lage ist bei Bedarf Feuchtigkeit aufzunehmen bzw. abzugeben und dadurch den Hydratationsprozess unterstützt. Infolge der Feuchtigkeitsaufnahme ist jedoch die Volumenänderung aufgrund von Schwinden und Quellen zu berücksichtigen. Dabei verändert das Holz seine Dimensionen, jahresringbezogen in unterschiedliche Richtungen. Um eine konstruktive Verbindung und Abdichtung zwischen den losen Brettern herzustellen, sowie Absandungen und Nestbildungen zu verhindern werden verschiedene Arten von Spundungen verwendet, die wie in Abbildung 6.22 ausgeführt werden können. Im Allgemeinen sollten sämtliche Brettschalungen für Sichtbeton gespundet ausgeführt werden.

<sup>288</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S. 28ff.

<sup>289</sup> Vgl. HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung, S.13.

Abbildung 6.22: Spundungsarten <sup>290</sup>

Zu den Holzschalungen zählen Massivholz (sägeraue Bretter, gehobelte Bretter, mechanisch vorbehandelte Bretter), Weich- und Hartfaserplatten, Spannplatten, Dreischichtplatten und Sperrholzplatten (Stab- und Stäbchen-Sperrholz, Furnier-Sperrholz).

### Sägeraue Bretter <sup>291</sup>

Das sägeraue Brett formt wegen seiner saugenden Beschaffenheit eine raue, stark strukturierte Oberfläche. Aufgrund dieser Saugfähigkeit und den damit verbundenen Rauigkeitseffekt kann überschüssiges Zuga-bewasser in die Schalung eindringen und hat bei Sichtbeton den Vorteil dass Absandungen, Schleppwassereffekte usw. in einem bestimmten Maß verhindert werden können. Die Effekte beim Einsatz von sägerauen Brettern sind eine ansprechende Holzstruktur, ein einheitlicher dunkler Farbton und die Abbildung vom Brettraster. Verwendung finden sägeraue Brettschalungen für Sichtbeton vorrangig im Tiefbau. Die durchschnittliche Einsatzhäufigkeit liegt je nach Trennmittelbehandlung und Oberflächenvergütung bei 4 bis 10 Einsätzen. Zur ersten Porenabdichtung kann ein Mineralöltrennmittel aufgebracht werden, wobei sich bei weitem Einsätzen, vor allem bei saugenden Schalungen, eine Öl-in-Wasser-Emulsion empfiehlt.

Handelsübliche Dimensionen:

Schmalware: 10 bis 14 cm Breite, 3 bis 5 m Länge, Dicke 24 mm

Breitware: 15 bis 18 cm Breite, 3 bis 5 m Länge, Dicke 24 mm

<sup>290</sup>SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele. S. 30, 31.

<sup>291</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.33ff.

### **Gehobelte Bretter** <sup>292</sup>

Grundsätzlich ist es identisch dem sägerauen Brett, besitzt im Unterschied eine flachere Struktur und hat einen geringeren Rauigkeitskoeffizienten. Dadurch entsteht die Gefahr von Schleppwasserbildung, Sedimentation und Grautondifferenzen. Die durchschnittliche Einsatzhäufigkeit liegt je nach Trennmittelbehandlung, Reinigung und Oberflächenvergütung bei 6 bis 20 Einsätzen. Als Trennmittel können Öl-in-Wasser-Emulsion oder chemisch reagierende Mittel verwendet werden.

Handelsübliche Dimensionen:  
entsprechend dem sägerauen Brett, Dicke 21/22 mm

### **Mechanisch vorbehandelte Bretter (strukturiert)** <sup>293</sup>

Das Massivholz erhält bereits im Werk eine Vorbehandlung, wo weiche Holzteile entfernt werden und die Holzstruktur betont wird. Mit ggf. zusätzlicher Oberflächenimprägnierung oder -vergütung erhält diese Brett-schalung im Unterschied zum sägerauen Brett eine optimale Wirtschaftlichkeit und eignet sich daher für geschalte Struktur-Betonflächen mit der architektonisch wirkungsvoller und optisch einheitlicher Sichtbeton erzielt werden kann. Im vergüteten Zustand besitzt das mechanisch vorbehandelte Brett eine unbedeutende Saugfähigkeit, weist jedoch einen gewissen Rauigkeitseffekt auf um Absandungen, Schleppwasserbildungen, Sedimentation usw. weitgehend zu verhindern. Die durchschnittliche Einsatzhäufigkeit kann je nach Trennmittelbehandlung und Oberflächenvergütung bei 20 bis 30 Einsätzen liegen. Als Trennmittel sollten bevorzugt farblose Mineralöle verwendet werden, aber auch chemisch reagierende Trennmittel können eingesetzt werden.

Handelsübliche Dimensionen:  
1 m Breite (auf Anfrage auch 2 m möglich), 6 m Länge, Dicke 21 mm

### **Weichfaserplatten** <sup>294</sup>

Werden aufgrund der porösen Struktur nur einmal oder als Verlorene Schalung mit Dämmfunktion eingesetzt. Weichfaserplatten besitzen keine statische Funktion und sind daher als Betonschalung von geringer Bedeutung. Die durchschnittliche Einsatzhäufigkeit beschränkt sich auf einen Einsatz. Als Trennmittel sollten farblose Mineralöle verwendet werden.

---

<sup>292</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.35ff.

<sup>293</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.36ff.

<sup>294</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.37ff.

Handelsübliche Dimensionen:

Großflächenmaß 550/520 x 200 cm, gebräuchliche Dicke 4 mm (6, 8 mm möglich)

### **Hartfaserplatten (normal und ölgehärtet) <sup>295</sup>**

Einfache, normale Hartfaserplatten werden aufgrund neigender Wasseraufnahme und folgender Oberflächenwellenbildung vermehrt als Verlorene Schalung eingesetzt. Spielen als Betonplattenschalung keine Rolle.

Ölgehärtete Hartfaserplatten sind ähnlich wie die normale Hartfaserplatte aufgrund partieller Feuchtigkeitsaufnahme von zweitrangiger Bedeutung. Eingesetzt werden sie bei gewölbten Betonflächen ohne optischen Anspruch und bei untergeordneten Bauteilen im Erdreich und Hochbau. Trotz einer geringeren Feuchtigkeitsaufnahme besteht die Tendenz zur Wellen- und Fleckenbildung bzw. Grautonschattierung und sind daher für Sichtbeton nicht oder bedingt geeignet. Die durchschnittliche Einsatzhäufigkeit beschränkt sich bei der normalen Platte auf einen Einsatz, die ölgehärtete kann durchschnittlich drei bis fünfmal eingesetzt werden. Als Trennmittel sollten farblose Mineralöle verwendet werden.

Handelsübliche Dimensionen:

Großflächenmaß 550/520 x 200 cm, gebräuchliche Dicke 4 mm (6, 8 mm möglich)

### **Spannplatten <sup>296</sup>**

Es kann grundsätzlich in 3- und 5 schichtige Spannplatten (Abbildung 6.23) unterschieden werden, wohingegen die Deckschichten einen höheren Bindemittelgehalt und eine stärkere Verdichtung als die Mittelschichten aufweisen. Sie besitzen zwar einen geringen statischen Wert können aber als selbsttragende Betonschalung eingestuft werden. Je nach Oberflächenvergütung, roh, beharzt oder filmvergütet, können mit Spannplattenschalungen griffige Betonflächen mit einheitlichem dunklem Farbeffekt erzielt werden. Die Platten sind im Wandbereich für Betonflächen mit technischen Anforderungen und als Beischalungen geeignet. Die durchschnittliche Einsatzhäufigkeit liegt bei beharzten oder befilmten Oberflächen bei 7 bis 12 Einsätzen. Die Trennmittelbehandlung muss auf die unterschiedlichen Oberflächen angepasst werden. Bei einer rohen Spannplatte empfiehlt sich eine Mineralölbehandlung oder Öl-in-Wasser-Emulsion. Beharzte Platten sollten mit farblosen Mineralöl-

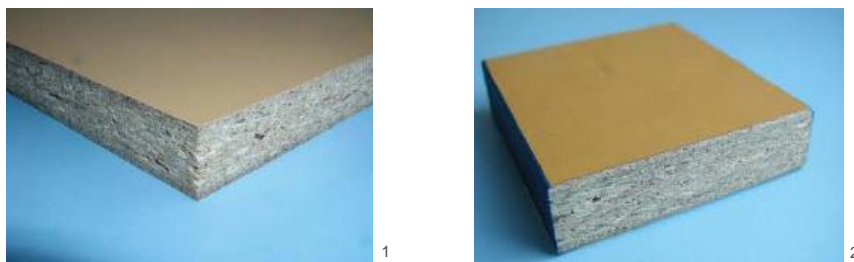
<sup>295</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.37ff.

<sup>296</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.38ff.

Trennmittel und befilmte Platten mit physiko- chemischen Trennmittel behandelt werden.

Handelsübliche Dimensionen:

Formate unterschiedlich 410 x 185/207 cm je nach Hersteller,  
Dicke ca. 21 mm



<sup>1</sup> Spannplatte, filmbeschichtet, 3- schichtig gestreut

<sup>2</sup> Spannplatte, hochverdichtet, 5- schichtig gestreut

Abbildung 6.23: Spannplatten <sup>297</sup>

### Dreischichtplatten <sup>298</sup>

Betonschalungen aus Dreischichtplatten werden auch 3-S-Platten genannt und bestehen aus drei Lagen durchgehender Platten, die gleich stark sind (Abbildung 6.24) und meist eine Imprägnierung mittels Emulsion aufweisen. 3-S-Platten sind kran- und objektunabhängig, können an verschiedenen Rasterformate angepasst werden und sind saugfähig was zu einem natürlichen Feuchtigkeitsausgleich führt. Sie sind wirtschaftlicher als Brettschalungen und besitzen gute statische Werte. Aufgrund dieser guten Eigenschaften wird die 3-S-Platte häufig für technisch funktionelle Flächen eingesetzt. Dreischichtplatten werden als standardisierte Plattenschalung im 50er Raster, als Großflächeneinheit oder mit mechanisch vorbehandelter (strukturiertes) Oberfläche universell im Hoch und Tiefbau eingesetzt. Die durchschnittliche Einsatzhäufigkeit liegt bei Plattenschalung bis zu 40 Einsätzen sowie bei großformatiger oder strukturierter Ausführung zwischen 10 und 20 Anwendungen. Die Trennmittelbehandlung muss auf die unterschiedlichen Oberflächen angepasst werden. Bei einer rohen 3-S-Platte empfiehlt sich eine Öl-in-Wasser-Emulsion. Imprägnierte Plattenschalungen sollten mit farblosem Mineralöl-Trennmittel behandelt werden. Bei strukturierten Platten empfiehlt sich Mineralöl oder auch ein physiko- chemisches Trennmittel.

<sup>297</sup> SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.39.

<sup>298</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.40ff.

Handelsübliche Dimensionen:

1 m Breite (auf Anfrage auch 0,5 bis 2,5 m möglich), 3 bis 6 m Länge,  
Dicke 21 mm

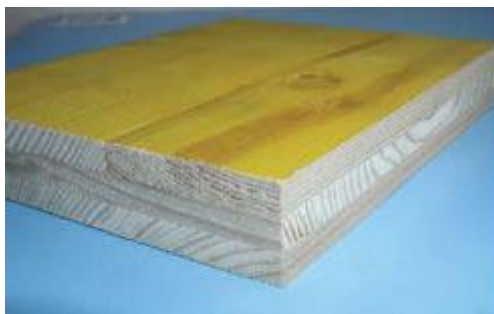


Abbildung 6.24: Dreischichten-Platte, kunstharzbeschichtet <sup>299</sup>

## 6.2.2 Sperrholzplatten

Der Aufbau einer Sperrholzplatte ist grundsätzlich nach Holzart und Dimension symmetrisch (Abbildung 6.26) und besteht aus mindestens drei miteinander, im rechten Winkel, stehenden verklebten Lagen. Die Sperrholzplatte fällt unter den Bereich Großflächenschalungen (größer als 3 m<sup>2</sup>) und kann in Stab-Sperrholz und Furnier-Sperrholz eingeteilt werden.

### Stab- und Stäbchen-Sperrholz <sup>300</sup>

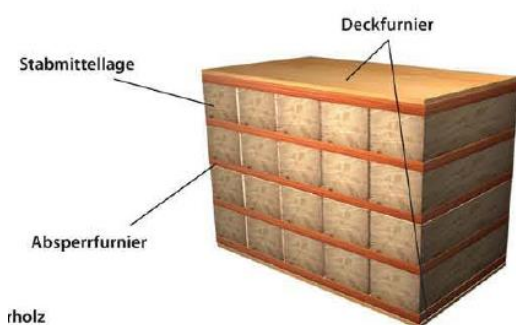


Abbildung 6.25: Aufbau Stabsperrholz <sup>301</sup>

<sup>299</sup> SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.41.

<sup>300</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.43ff.

<sup>301</sup> SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.44.

Stabsperrholzplatten bestehen aus einem oder mehreren Furnieren mit Mittellagen aus aneinander liegenden Stäbchen (Abbildung 6.25). Dabei können zwei Gruppen unterschieden werden. Zum einen Stabsperrholzplatten, die eine beliebig nach Jahresringen verlaufende Stabmittellage aufweisen und zum anderen, Stabsperrholzplatten die eine weitgehend nach Jahresringen ausgerichtete und senkrecht stehende Stabmittellage besitzen und dadurch für eine bessere Ebenflächigkeit sorgen.

Stäbchensperrholzplatten verfügen über Mittellagen die hochkant zur Plattenebene und miteinander verklebten Hartholz furnier oder Furnierstreifen bestehen und dadurch eine noch bessere Ebenflächigkeit besitzen und daher ein Höchstmaß an Betonflächenqualität liefern.

Stab- und Stäbchensperrholzplatten sind oberflächenvergütet oder filmbeschichtet und werden als 3-schichtige oder 5-schichtige Platte ausgeführt. Aufgrund der sehr guten Ebenflächigkeit wird diese Platte zur Fertigteilherstellung im Werk eingesetzt, als Ortbetonschalung ist sie, ob im Zuschnitt oder im Rahmen eines Systems zu aufwendig. Es kann Quellen, Schwinden und feine Rissbildung witterungsbedingt auftreten. Die Einsatzhäufigkeit hängt neben der Qualität und Härte des Deckfurniers von der Vergütung ab und ist den Anwendungsrichtlinien der Hersteller zu entnehmen. Die Trennmittelbehandlung muss auf die unterschiedlichen Oberflächen angepasst werden. Bei einer beharzten Stabsperrholzplatte sind chemisch reagierende Trennmittel zweckmäßig. Befilmte Stabsperrholzplatten können mit Ölen, Wachsen, Pasten oder chemisch reagierende Trennmittel behandelt werden.

Handelsübliche Dimensionen:

die Formate sind vielfältig, größtes Standardmaß 600 x 300 cm, Dicke 21 bis 22 mm im 3-schichtigen oder 5-schichtigen Aufbau

### **Furnier-Sperrholz** <sup>302</sup>

Furniersperrholzplatten werden nach Anzahl der Furniere, dem Aufbau, der Holzart, der Beschichtung und dem Format unterschieden. Der Aufbau besteht aus mindestens drei Furnierlagen, die faserparallel oder fasergekreuzt verlaufen. Die Holzart und Dimension ist meist symmetrisch kann sich aber auch unterscheiden. Es kann Quellen, Schwinden und feine Rissbildung witterungsbedingt auftreten. Aufgrund konstruktiv-wirtschaftlichen Überlegungen und formatbezogener Dimensionsstabilität werden filmvergütete Furniersperrholzplatten für Systemschalungen eingesetzt. Das gute Preis- Leistungsverhältnis, die Verwendung als Vorsatzschale, die Möglichkeit gewölbte oder geschwungene Formen und planebene- geschlossenen Betonflächen herstellen zu können schließen

<sup>302</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.47ff.



praktisch keinen Einsatzbereich der Furniersperrholzplatte aus. Die Oberflächenbeschaffenheit kann in saugend (roh) und nicht saugend (vergütet, meist filmbeschichtet) unterschieden werden. Die Einsatzhäufigkeit hängt neben der Qualität und Härte des Deckfurniers von der Oberflächenvergütung ab und liegt bei rohen Platten zwischen 10 und 20 Einsätzen. Filmbeschichtete Platten haben eine Einsatzzahl zwischen 10 und 70 Anwendungen. Die Trennmittelbehandlung sollte auf die unterschiedlichen Oberflächen angepasst werden. Bei einer filmvergüteten Furniersperrholzplatte sind physiko-chemische Trennmittel zweckmäßig. Rohe, offenporige Platten sollten einen erhöhten Feuchtigkeitsgrad aufweisen, aber auch dann ist die Verwendung von hydrationsstörenden Trennmitteln fraglich.

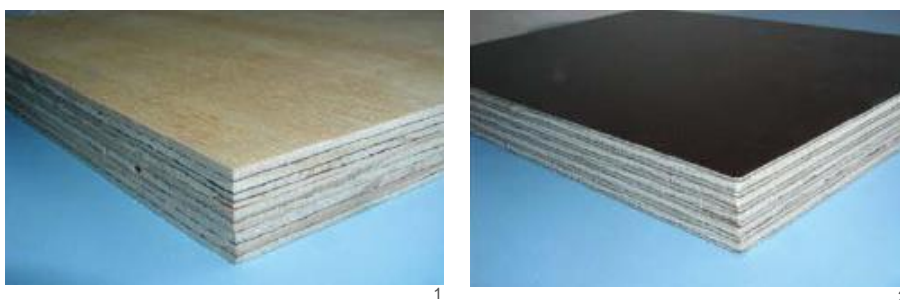
Handelsübliche Dimensionen:

250 x 125 cm, 265 x 125/150 cm, 300 x 150 cm

Großformat 1230 x 275 cm

Dicke der Vorsatzschale: 4 und 8 mm

Dicke selbsttragenden Platten: 9, 12, 15, 18, 20 und 21



<sup>1</sup> Furniersperrholzplatte<sup>303</sup>

<sup>2</sup> Sperrholz-Platte, filmbeschichtet, 11-schichtig<sup>304</sup>

Abbildung 6.26: Sperrholzplatten

### 6.2.3 Kunststoff Schalung

Kunststoffschalungen finden hauptsächlich im Bereich Sichtbeton Verwendung und werden meist in Kombination mit Sperrholz oder Aluminium hergestellt. Nachfolgend werden gängige Kunststoffschalungen beschrieben.

<sup>303</sup> SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.44.

<sup>304</sup> SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.41.

**Glas-Faser-Kunstharz-Schalung** <sup>305</sup>

GKF-Schalungen sind kostenintensiv, besitzen eine quasi unbegrenzte Einsatzhäufigkeit und werden ausschließlich zur Herstellung für Fertigteile eingesetzt. Als Trennmittel sollten chemisch reagierende Trennmittel verwendet werden.

**Polysulfid-Schalung** <sup>306</sup>

Die Polysulfid-Schalung ist eine elastische Strukturschalung mit Originalmodell im Hintergrund, kann 30 bis 50 mal eingesetzt werden und benötigt keine Trennmittelbehandlung.

**Polyurethan Matrizen** <sup>307</sup>

Polyurethan Matrizen werden mit der Schalung verklebt und besitzen robuste Eigenschaften die bis zu 100 Einsätze ermöglichen.

**Polystyrol-Schalung** <sup>308</sup>

Die Polystyrol-Schalung ist eine preiswerte, industriell, gewichts-technisch leichte, vorgefertigte, geschäumte Kunststoffschalung. Die Einsatzhäufigkeit liegt zwischen 1 und 5 Anwendungen.

**Gummi-Schalung** <sup>309</sup>

Gummi-Schalungen bestehen aus Polypropylen Kautschuk und können in den Bereich Spezialschalungen eingereiht werden. Trennmittel sind nicht erforderlich.

**Hartschaumstoffmatrizen** <sup>310</sup>

Die Hartschaumstoffmatrizen wird mit einer Folie zur Betonseite als Einwegmatrize in die Schalung eingestellt, wonach kein Trennmittel erforderlich ist.

---

<sup>305</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.51.

<sup>306</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.51.

<sup>307</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.52.

<sup>308</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.52.

<sup>309</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.52.

<sup>310</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele S.52.

### Filtervlies <sup>311</sup>

Das Filtervlies besteht aus einem textilen Drainagevlies mit stützender Einlage und wird direkt auf die Schalhaut montiert. Aufgrund der Filterwirkung kann Überschusswasser entweichen und ein porenarmes sowie wolken- und fleckenfreies Oberflächenbild ist erzielbar. Der Farbton wirkt infolge der feinen Vliesstruktur dunkler. Auf Trennmittel kann verzichtet werden.

### Fotobeton mit Trägerfolie <sup>312</sup>

Der Fotobeton ist eine besondere Form des Waschbetons. Dabei wird ein Foto in Rauigkeiten (Auswaschtiefen) hergestellt, auf eine Trägerfolie aufgebracht und mit mechanisierter Dosierung des Oberflächenverzögerers behandelt. Die unterschiedlichen Auftragsdicken und daraus resultierenden unterschiedlichen Auswaschtiefen erzeugen die gewollten Grautonabstufungen und das ursprüngliche Bild kommt zum Vorschein. Die Herstellungstechnik ist sehr aufwendig und wird deshalb weitgehend für Fertigteile im künstlerischen Bereich eingesetzt. In Abbildung 6.27 ist der Fotobeton von den Architekten Herzog & de Meuron gezeigt.

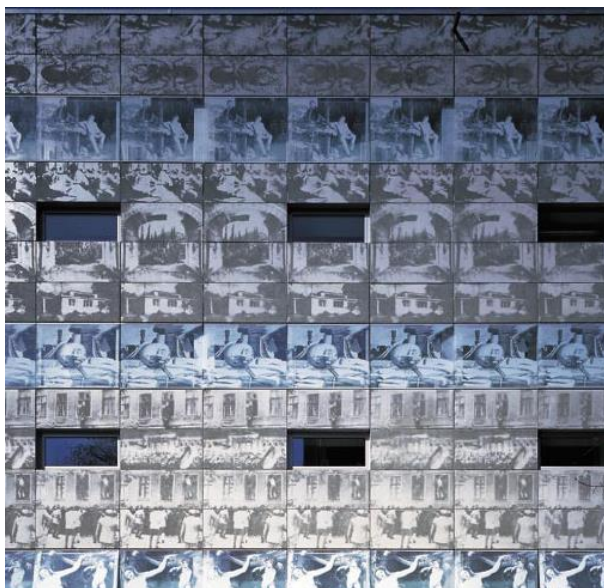


Abbildung 6.27: Fotobeton<sup>313</sup>

<sup>311</sup> Vgl. PECK.M.; BOSOLD.D.: Sichtbeton- Techniken der Flächengestaltung. In: Zement-Merkblatt Hochbau H8, 1.2009. S.2ff.

<sup>312</sup> Vgl. PECK.M.; BOSOLD.D.: Sichtbeton- Techniken der Flächengestaltung. In: Zement-Merkblatt Hochbau H8, 1.2009. S.4ff.

<sup>313</sup> PECK.M.; BOSOLD.D.: Sichtbeton- Techniken der Flächengestaltung. In: Zement-Merkblatt Hochbau H8, 1.2009. S.4.

## 6.2.4 Stahl Schalung <sup>314</sup>

Stahlschalungen finden im Bereich der Systemschalung (Raum-, Wand- oder Stützenschalung) oder als Blechelemente (Wickelrohre für Stützen) Anwendung. Sie sind verschleißfester als Holz, sind formänderungsstabil gegenüber Witterung und besitzen eine hohe, dauerhafte Maßgenauigkeit. Stahlschalungen haben eine Einsatzzahl von bis zu 500 Anwendungen. Als Trennmittel können Öle oder auch chemisch reagierende Trennmittel eingesetzt werden.

## 6.3 Zubehörmaterialien

Zubehörmaterialien und Einbauteile sind am Markt zahlreich vorrätig und werden je nach Anforderung beim Herstellen von Beton eingesetzt. Dazu zählen unter anderem Trennmittel, Schalungsanker, Abstandhalter, Injektionsschläuche, Fugenbleche, Fugenbänder, Quellbänder usw. Nachstehend werden drei Zubehörmaterialien genauer behandelt.

### 6.3.1 Trennmittel

Trennmittel sollten folgende Ziele erfüllen: <sup>315</sup>

- Optimales Entfernen der Schalung vom Beton
- Einwandfreies Spiegelbild der Schalautoberfläche
- zur Konservierung und Schutz der Schalung
- Verhinderung von Fleckenbildung und Marmorierung
- Vermeidung von Absandungen und Kalkausblühungen
- Begünstigung des Aufsteigens der Luftblasen
- Keine Beeinträchtigung der Haftung von Anstrichen, Putzen, usw.

Es wird in physikalische Wirkungsweise (keine Reaktion mit dem Beton) und chemische Wirkungsweise (Reaktion mit dem Beton) unterschieden. Bei Trennmitteln mit physikalischer Wirkungsweise wird eine Filmhaut auf der Schalungsoberfläche geschaffen, die eine strukturelle Verbindung zwischen Schalung und Beton verhindert. Die Dosierung des Trennmittelauftrages spielt in Bezug auf den Klebeeffekt und Verfärbungen eine entscheidende anwendungstechnische Rolle.

<sup>314</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele. S.52ff.

<sup>315</sup> Vgl. HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. S.15.

Die chemische Wirkungsweise erfolgt nach dem Prinzip der Hydratationsstörung im Betonoberflächenbereich, was zu einem geplanten Vermehrungseffekt führt. Anwendungstechnisch kann es bei saugenden Schalungen aufgrund vom Schwinden der Eigenfeuchtigkeit zu Problemen kommen.

Der Trennmitteltyp muss auf die Schalhautart (saugende oder nicht saugende Schalung) angepasst werden und muss im Allgemeinen alkaliresistent wie ihre Träger sein. Bei nicht saugenden Schalungen ist der Bedarf an Trennmittel überschaubar. Zum Unterschied ist bei saugenden Schalungen die Oberflächenstruktur der Schalhaut und ihre Eigenfeuchtigkeit für den Bedarf an physikalischen oder chemischen Trennmittel entscheidend, wobei vor allem beim Einsatz von chemisch reagierenden Trennmittel über die Bestimmung der Eigenfeuchte die anwendungstechnisch geforderte Menge mit dem Trennmittelbedarf koordiniert werden kann. Anwendungstechnische Qualitätsmerkmale der Trennmittel sind Tixotropie (ein ablaufen des Trennmittels beim Auftragen, vor allem bei saugenden Schalungen, soll verhindert werden), Hydrophobie (das Trennmittel soll eine möglichst langfristige, wasserabweisende Wirkung besitzen) und Klebarmut (soll eine kurzfristige Abtrocknung sicherstellen).<sup>316</sup>

Bei Sichtbeton sollte das zu verwendende Trennmittel auf dessen Eignung getestet werden, sowie zusätzlich die Wechselwirkung Schalungshaut, Trennmittel und Beton an einem untergeordneten Bauteil erprobt werden und gegebenenfalls Anpassungen an Betonrezeptur und Trennmittel vorgenommen werden.

---

<sup>316</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele. S.58.

### 6.3.2 Schalungsanker

Der Schalungsanker verbindet die Häupter der Schalung und nimmt bis zum Ausschalen die einwirkenden Kräfte auf. Er besteht aus Ankerstab, Ankerverschluss und Abstandhalter(siehe Abbildung 6.28).



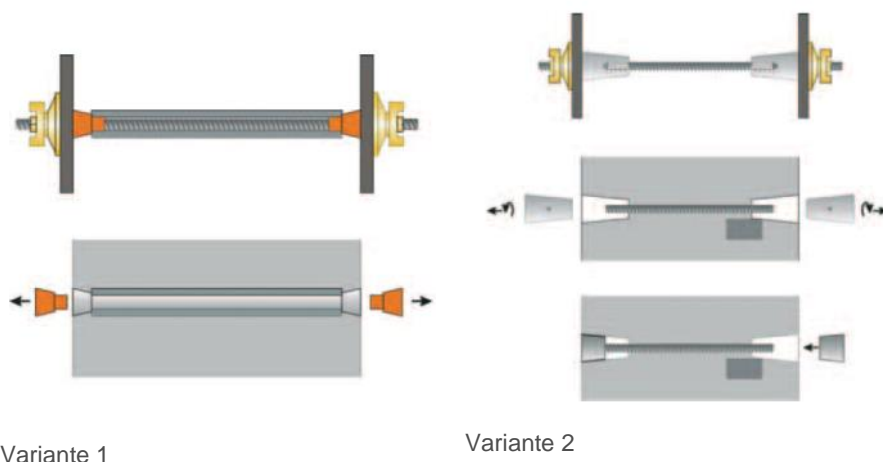
- <sup>1</sup> Ankerstab
- <sup>2</sup> Ankerverschluss
- <sup>3</sup> Abstandhalter

Abbildung 6.28: Bestandteile des Schalungsanker <sup>317</sup>

Grundsätzlich wird zwischen zwei Einbauvarianten unterschieden. Bei der ersten Variante wird der Ankerstab durch ein Hüllrohr (Abstandhalter) geführt und zwischen den beiden Schalungshäuptern eingebaut. Das Hüllrohr verbleibt im Beton und der Ankerstab kann gezogen und wiederverwendet werden. An den beiden Enden des Abstandhalters können Kunststoffkonusen angebracht werden, die beim Ausschalvorgang wieder entfernt werden. Die verbleibenden Ankerlöcher können mit Verschlusskonusen aus Kunststoff oder Faserzement verschlossen werden. Auch eine Verfüllung mit Verschlussmörtel ist möglich.

Bei der zweiten Variante wird der Ankerstab einbetoniert und übernimmt zugleich auch die Aufgabe des Abstandhalters. Die aufgebrauchten Kunststoffkonusen werden nach dem Ausschalen wieder abgeschraubt. Der Verschluss der Ankerlöcher erfolgt wie in Variante 1. Die beiden Varianten sind in Abbildung 6.29 dargestellt.

<sup>317</sup> Vgl. SCHULZ, J. (2009): Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele. S.58.

Abbildung 6.29: Einbauvarianten<sup>318</sup>

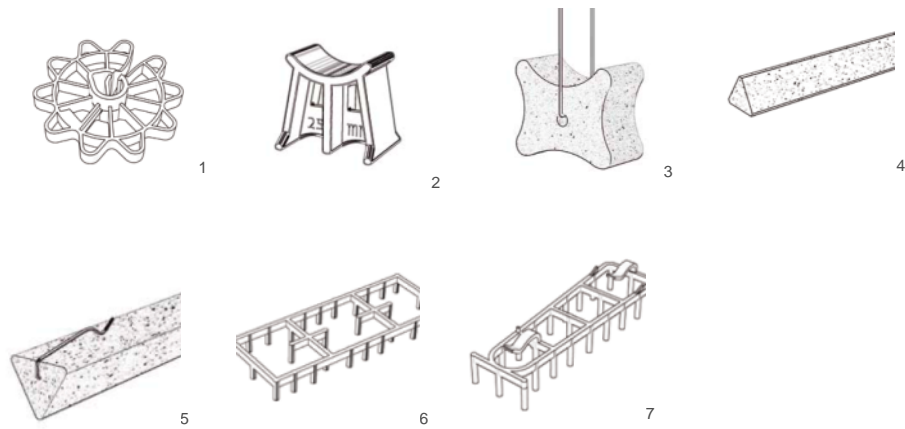
### 6.3.3 Abstandhalter

Abstandhalter unterscheiden sich in Form, Größe, Werkstoff und Verwendungszweck. Sie können in zwei Aufgabengebiete eingeteilt werden.

Zum einen sichern sie den lichten Abstand der Schalung. Daher muss die Länge des Abstandhalters mit der Wandstärke übereinstimmen. Die am Markt erhältlichen Fabrikate können aus Plastik-, Faserzement-, Stahl- oder Betonröhrchen, konischen Vollquerschnitten, Hohlquerschnitten aus Stahl und mehrteiligen Bolzen hergestellt sein.

Zum anderen sichern Abstandhalter auch den Abstand zwischen Schalung und Bewehrung und die erforderliche Betondeckung zu gewährleisten. Dabei kommen punktuelle-, linienförmige- als auch Flächenabstandhalter zu Anwendung die aus Plastik oder Beton bestehen. Eine Einteilung nach Art der Aufstandsfläche ist in Abbildung 6.30 dargestellt.

<sup>318</sup> BOSOLD.D.: Gestaltung von Ankerlöchern und Spannstellen bei Sichtbeton. In: Opus C, 6.2005. S.81.



<sup>1</sup> Radform, befestigt

<sup>2</sup> punktförmig, nicht befestigt

<sup>3</sup> punktförmig, befestigt

<sup>4</sup> linienförmig, nicht befestigt

<sup>5</sup> linienförmig, befestigt

<sup>6</sup> flächenförmig, nicht befestigt

<sup>7</sup> flächenförmig, befestigt

Abbildung 6.30: Abstandhalter<sup>319</sup>

<sup>319</sup> <http://www.elmenhorst.de/download/Grundlagen/Grundlagen%20Abstandhalter.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2016. S.2.



## 6.4 M+ Museum

Für die Schalungssysteme der Klassen F1, F3 und F5 werden vom AN fertige Herstellerlösungen verwendet. Schalungstechnisch interessanter ist die Schalungsklasse F3+ die gemäß Leistungsbeschreibung anzufertigen ist. Deshalb befasst sich das nächste Unterkapitel mit dem Schalungssystem der Klasse F3+ und den Zubehörmaterialien die für die Erstellung des Mock-ups 2.0 verwendet wurden.

### 6.4.1 Schalungssystem für F3+ und Zubehörmaterialien

In Abbildung 6.31 ist die Herstellung der Schalungsklasse F3+ gezeigt. Es wird eine Trägerschalung verwendet auf der zuerst eine untergeordnete Furniersperrholzplatte montiert wird. Als oberste Lage und eigentliche Schalhaut werden die gemäß LV vorgegebenen Bretter auf die Unterkonstruktion befestigt. Die Bretter sollen zufällig angeordnet werden sowie muss ein dichter Verbund zwischen den einzelnen Bretter hergestellt werden.



Abbildung 6.31: Schalung F3+<sup>320</sup>

Um einen gleichbleibenden Farbton zu erhalten wurde, wie in Abbildung 6.32 dargestellt, die Schalung mit Zementschlamm vor dem ersten Betonvorgang vorbehandelt. Zusätzlich kann bei Wiederverwendung der Schalung ein annähernd gleicher Farbton durch diese Vorbehandlung erzielt werden.

<sup>320</sup> TFP FARRELS (2015): Concrete formed finishes – VMU Photo record. S.2.

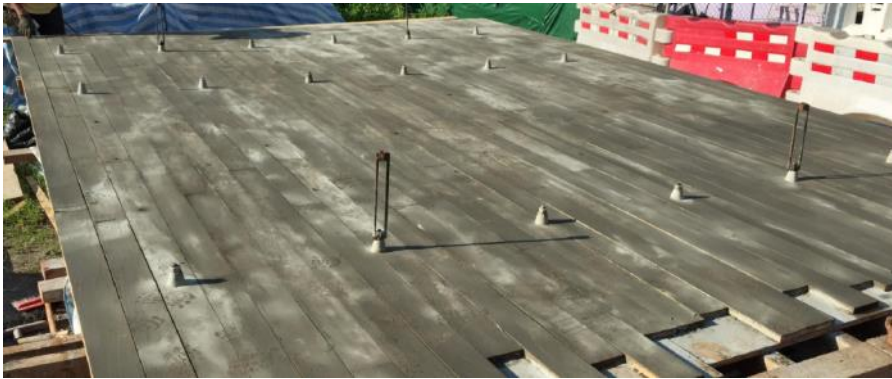
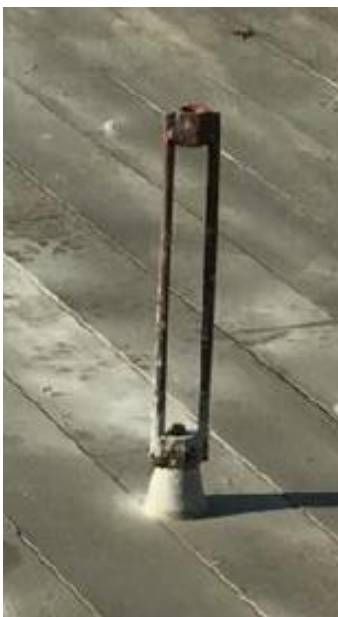


Abbildung 6.32: vorbehandelte Schalung F3+<sup>321</sup>

Wie bereits erwähnt wird zwischen zwei Einbauvarianten der Schalungsanker unterschieden. Wie in Abbildung 6.32 und Abbildung 6.33 dargestellt, handelt es bei diesem Schalungsankersystem um Einbauvariante 2. Dabei wird der Schalungsanker einbetoniert und die Kunststoffkone nach dem Ausschalen wieder gezogen.



322



[Schmid]

Abbildung 6.33: Ankerkonus und Schalungsanker

<sup>321</sup>, TFP FARRELS (2015): Concrete formed finishes – VMU Photo record. S.3.

<sup>322</sup>, TFP FARRELS (2015): Concrete formed finishes – VMU Photo record. S.3.

Die Kunststoffkonen werden auf der Schalhaut befestigt und später mit dem Schalungsanker (ist zugleich auch Abstandhalter) befestigt (Abbildung 6.35).



Abbildung 6.34: Ankerkonen<sup>323</sup>



Abbildung 6.35: Ankerkonen mit Schalungsanker<sup>324</sup>

---

<sup>323</sup> TFP FARRELS (2015): Concrete formed finishes – VMU Photo record. S.7.

<sup>324</sup> TFP FARRELS (2015): Concrete formed finishes – VMU Photo record. S.4.

Nach dem Ausschalen werden die aufgeschraubten Kunststoffkonusen abgeschraubt. Wie jedoch in Abbildung 6.36 dokumentiert, wurde der Konus nicht fachgerecht auf der Schalhaut montiert, wodurch Zementleim zwischen Schalung und Kunststoffkonus eindringen konnte. Das Entfernen des Konus kann in diesem Fall nur mit Beschädigung der Sichtbetonoberfläche erfolgen.



Abbildung 6.36: Ankerkonusen [Schmid]

Der unten dargestellte Abstandhalter aus Beton wird punktförmig mit einem Draht an die Bewehrung fixiert. Aufgrund der unterschiedlichen Abmessung des Abstandhalters kann die Betondeckung in zwei Stärken variiert werden.

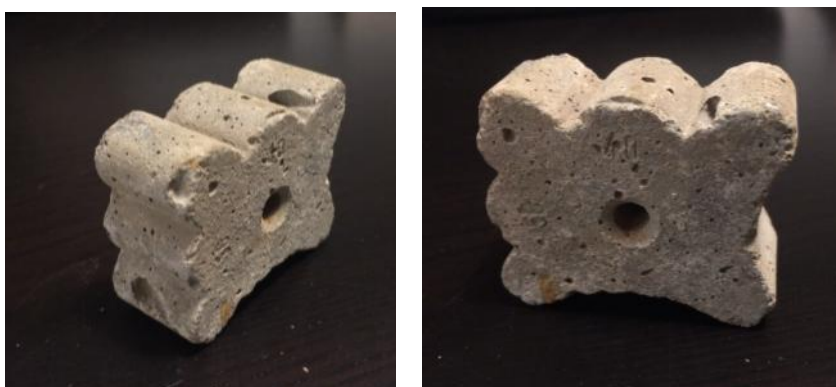


Abbildung 6.37: punktförmiger Abstandhalter [Schmid]

### 6.4.2 Gestaltungsprinzipien und typische Details

Nachfolgend werden die Gestaltungsprinzipien in folgende Gruppen unterteilt:

- Generelle Grundsätze der Schalungsgestaltung für Wände
- Grundsätze der Schalungsgestaltung für Wände im UG2 und UG1
- Gestaltungsgrundsätze für Decken und Unterzüge

Im Anschluss folgen die typischen Details.

### Generelle Grundsätze der Schalungsgestaltung für Wände

#### 1. Typische Ansicht F3:

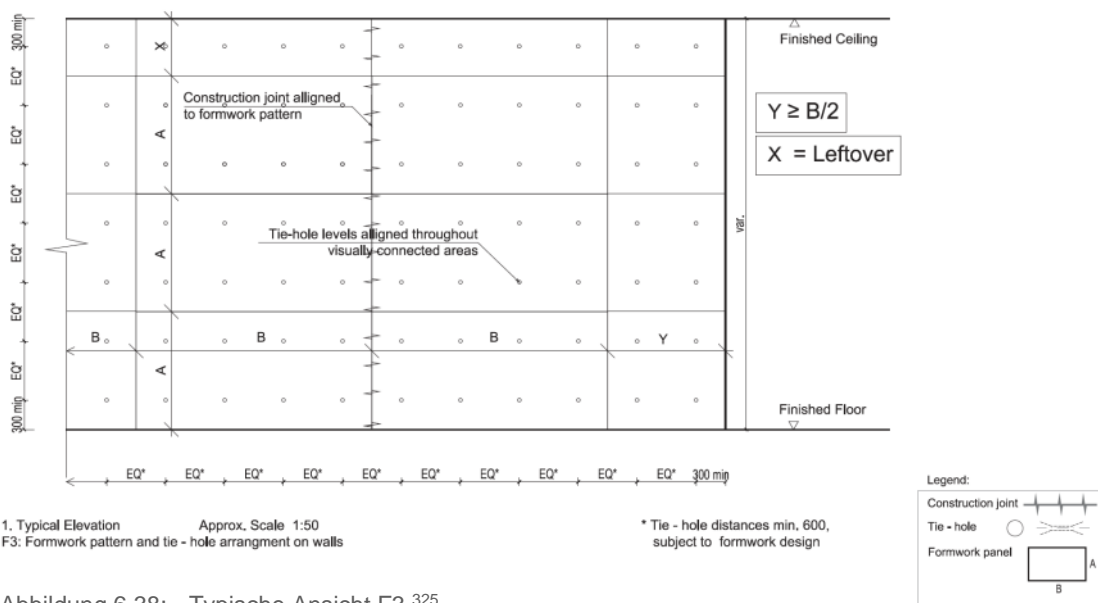


Abbildung 6.38: Typische Ansicht F3 <sup>325</sup>

<sup>325</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.2.

2. Typische Ansicht F3+:

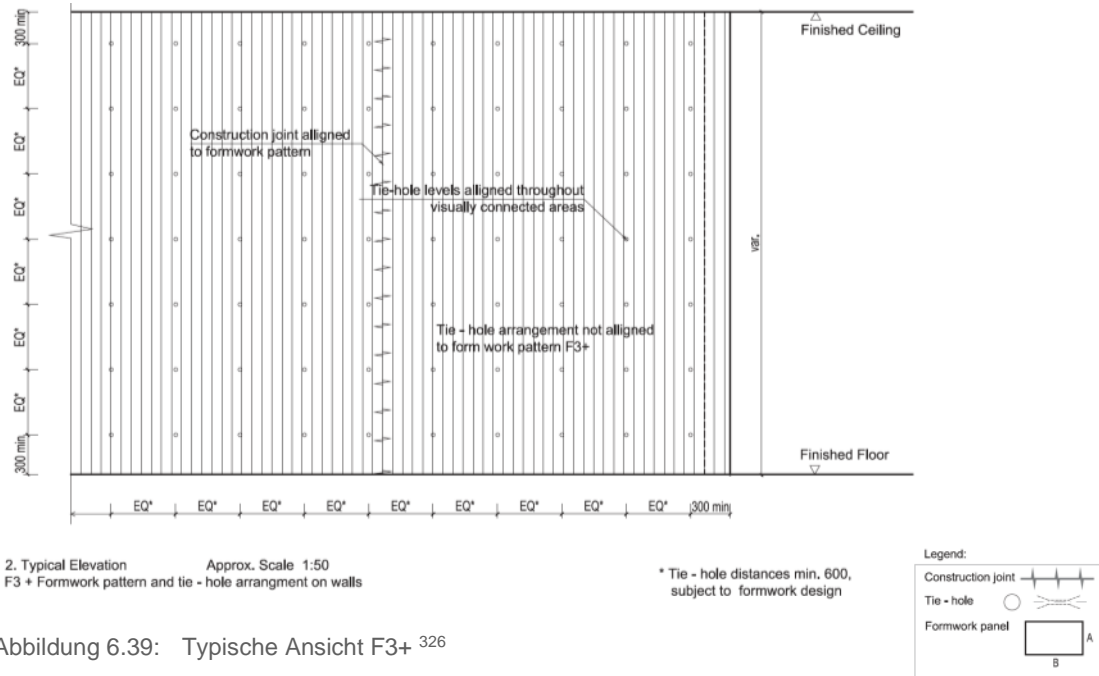


Abbildung 6.39: Typische Ansicht F3+ <sup>326</sup>

<sup>326</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.2.

3. Typische Ansicht F5:

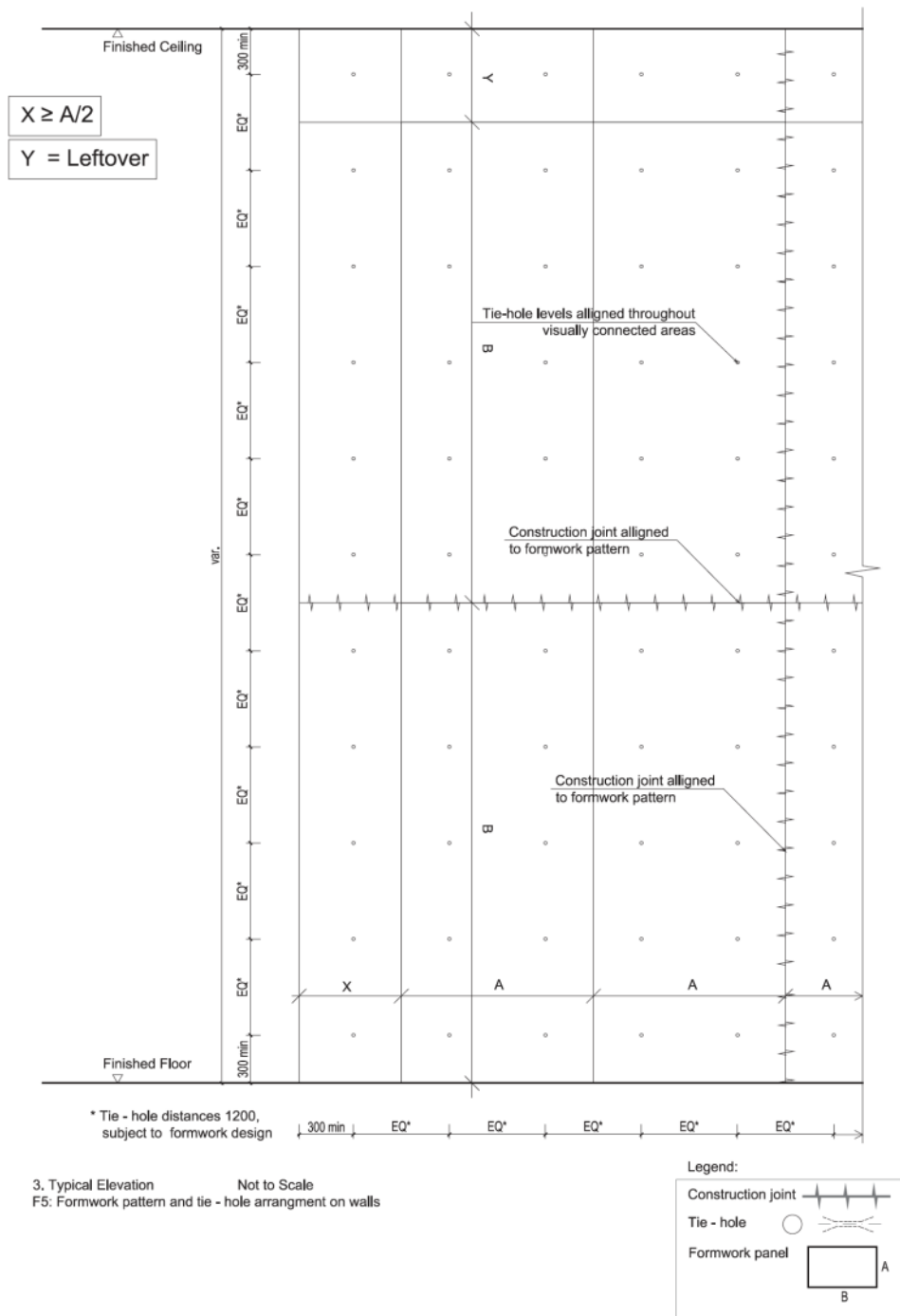
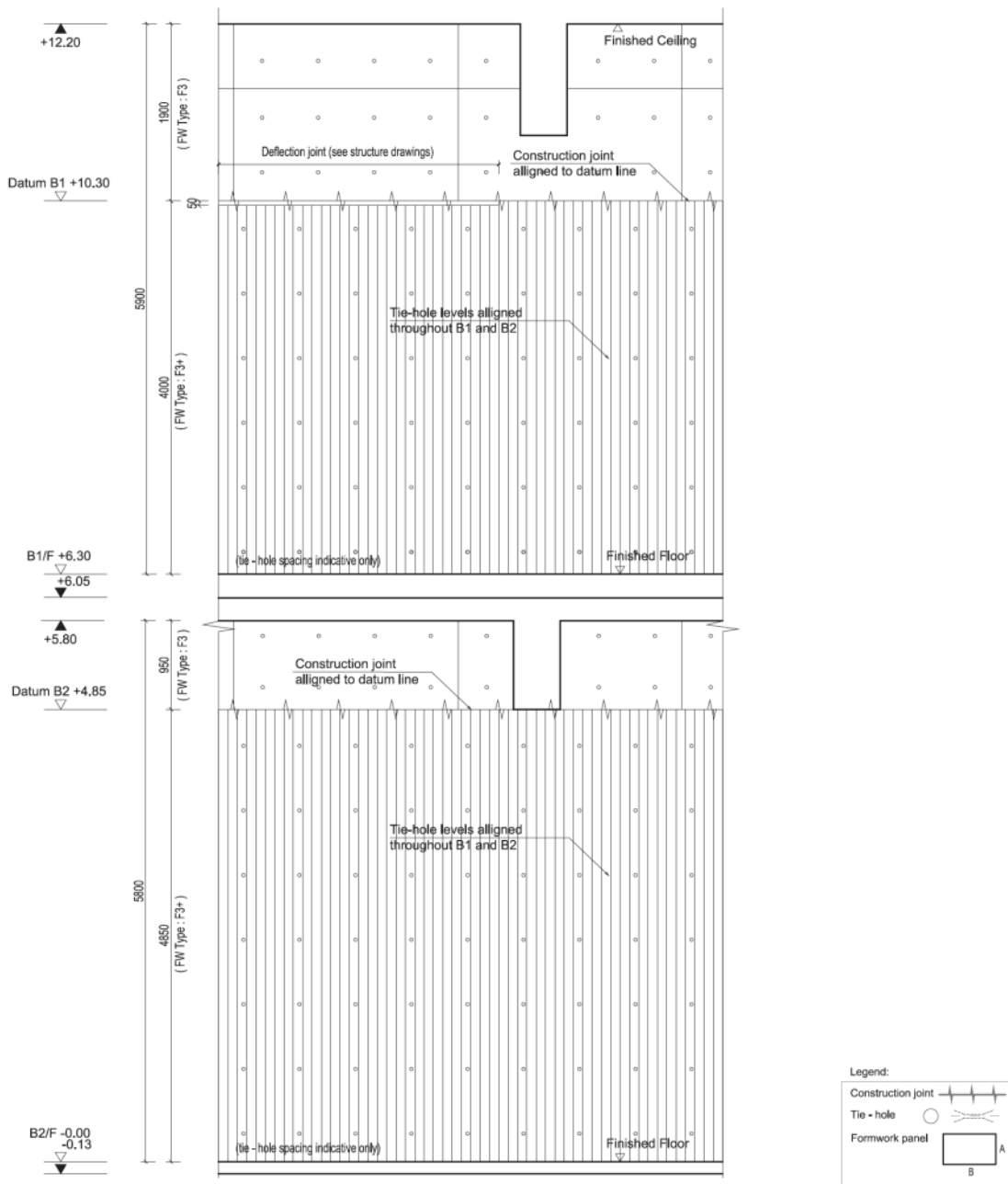


Abbildung 6.40: Typische Ansicht F5 <sup>327</sup>

<sup>327</sup>. Vgl. TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.2.

### Grundsätze der Schalungsgestaltung für Wände im UG2 und UG1

#### 4. Typische Ansicht F3+ / F3 für UG2 und UG1:



4. Typical Elevation 1 B2/F - B1F Approx. Scale 1:50  
F3+/F3 formwork pattern, tie - hole arrangement and datum line for Level B2F/B1F

Abbildung 6.41: Typische Ansicht F3+ / F3 <sup>328</sup>

<sup>328</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.3.



5. Typische Ansicht F3+ / F3 für UG2 und UG1 mit doppelter Wandhöhe:

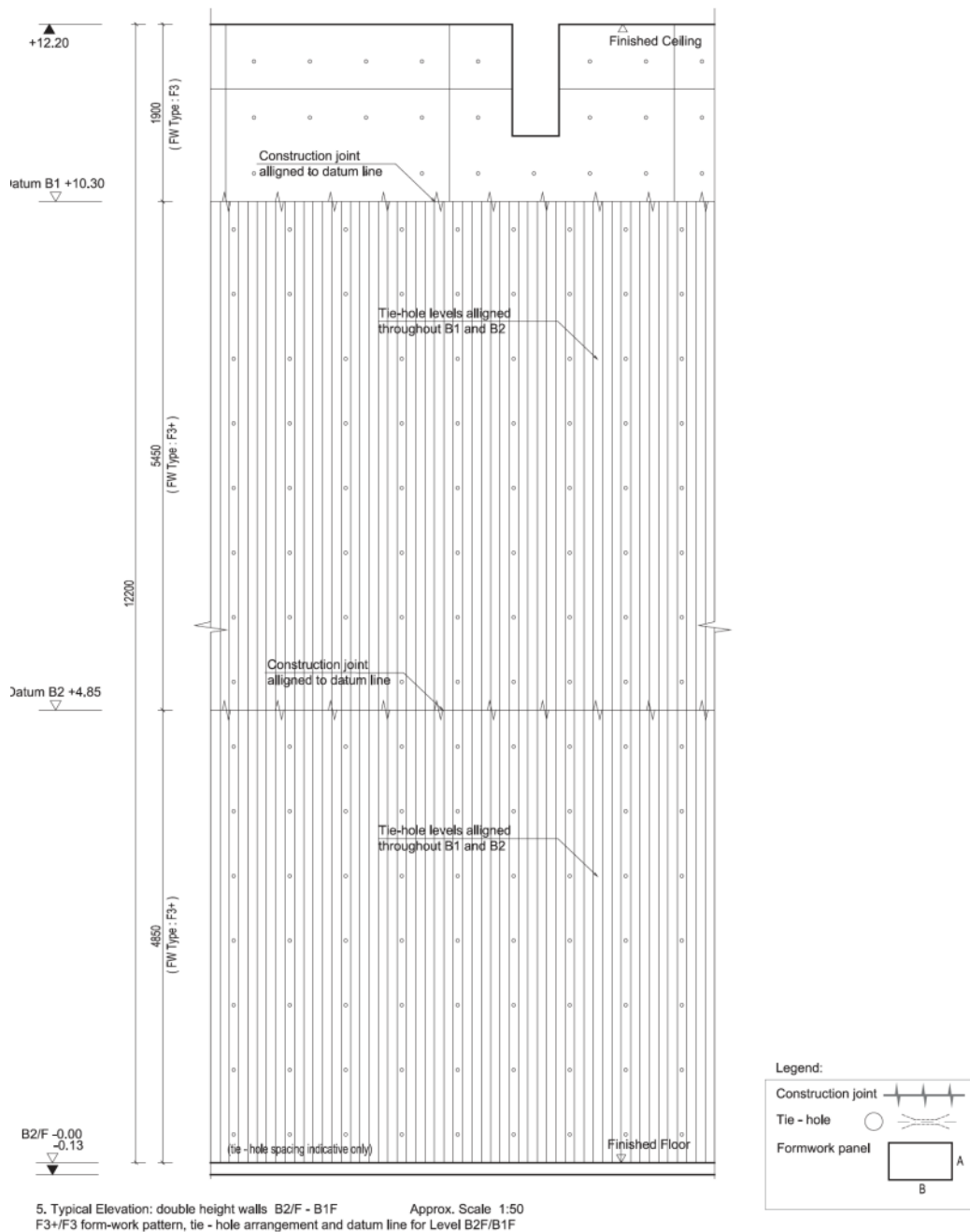


Abbildung 6.42: Typische Ansicht F3+ / F3 mit doppelter Wandhöhe <sup>329</sup>

<sup>329</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.3.

## Gestaltungsgrundsätze für Decken und Unterzüge

### 6. Typischer Deckenspiegel F3:

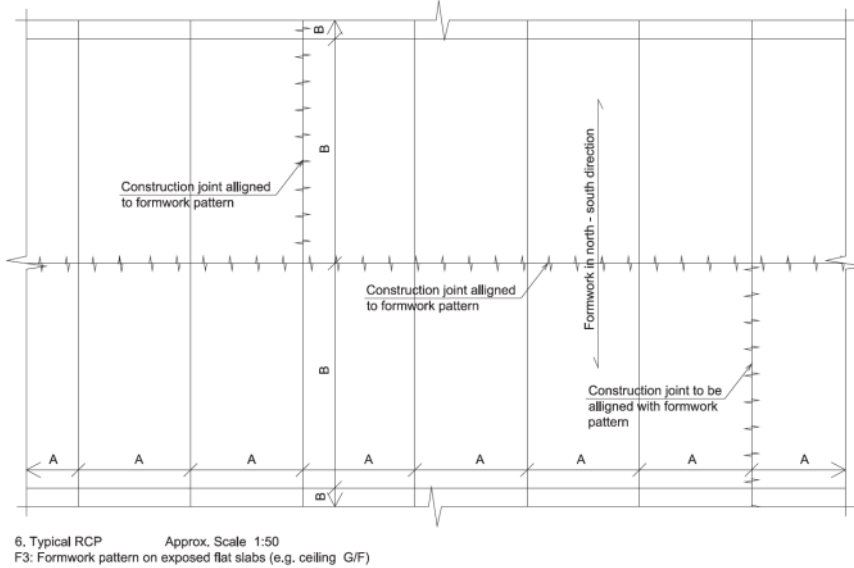


Abbildung 6.43: Typischer Deckenspiegel F3 <sup>330</sup>

### 7. Typischer Deckenspiegel F3 mit Unterzügen:

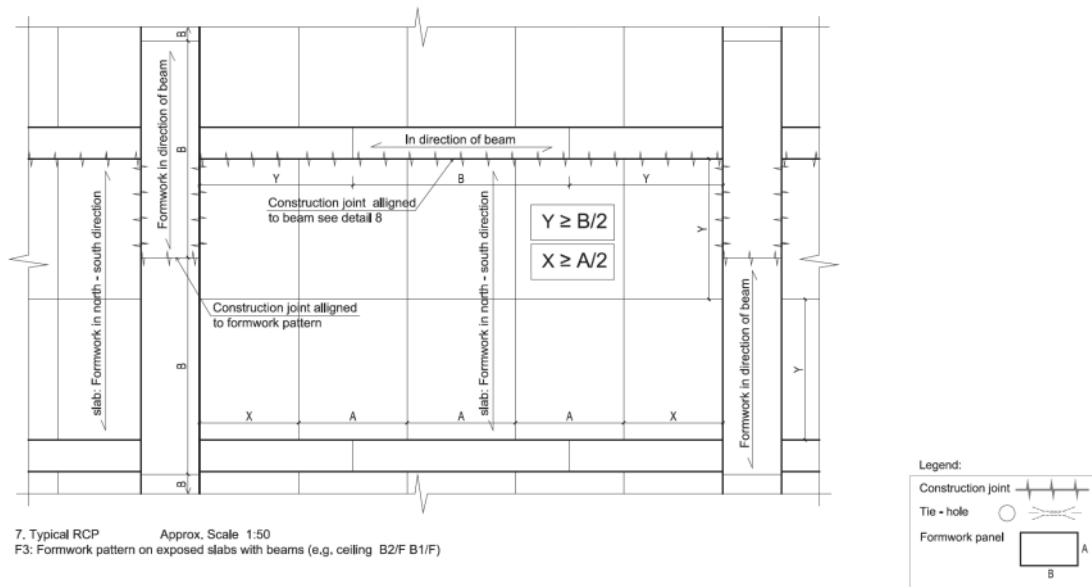
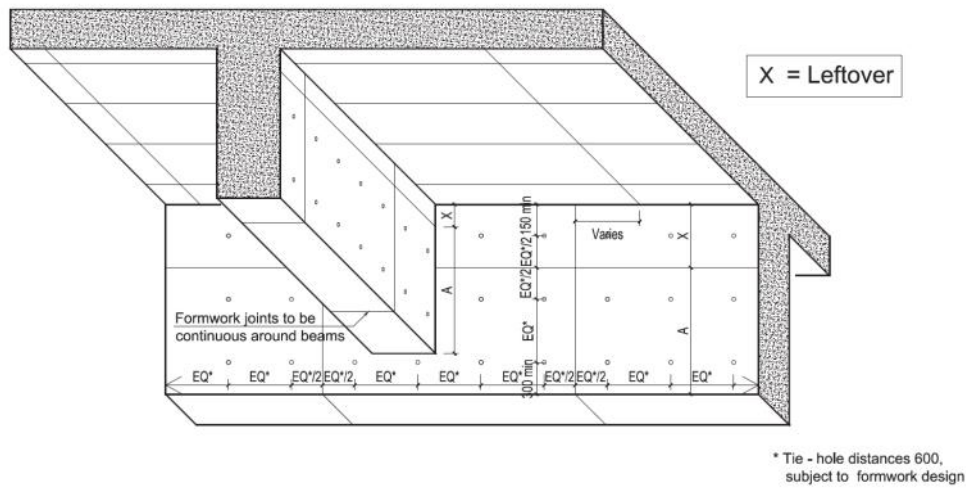


Abbildung 6.44: Typischer Deckenspiegel F3 <sup>331</sup>

<sup>330</sup> . TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.4.

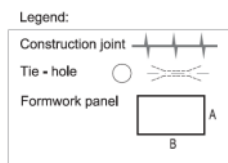
<sup>331</sup> . TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.4.

8. Typische 3D Ansicht F3 mit Unterzügen:



8. Typical sketch Not to Scale  
 F3: Formwork pattern and tie - hole arrangement on exposed slabs with beams (e.g. ceiling B2/F B1/F)

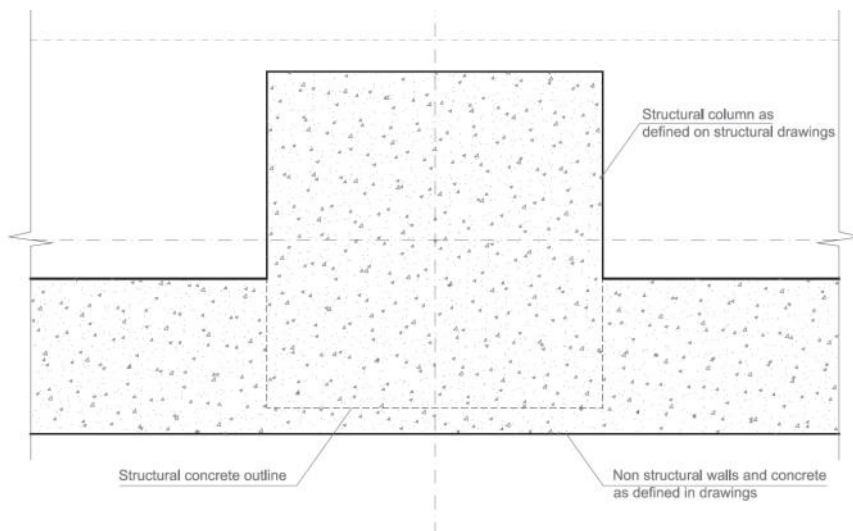
Abbildung 6.45: Typische 3D Ansicht F3 <sup>332</sup>



<sup>332</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.4.

## Typische Details

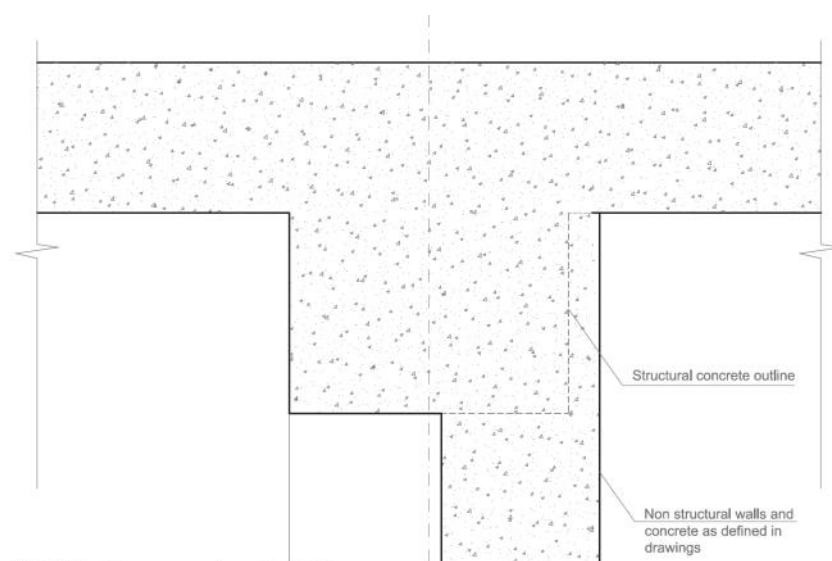
### 1. Prinzip für tragenden- und nichttragenden Beton im Grundriss:



1. Principle Plan Approx. Scale 1:10  
Structural and non - structural concrete poured together

Abbildung 6.46: Grundrissdetail <sup>333</sup>

### 2. Prinzip für tragenden- und nichttragenden Beton im Schnitt:



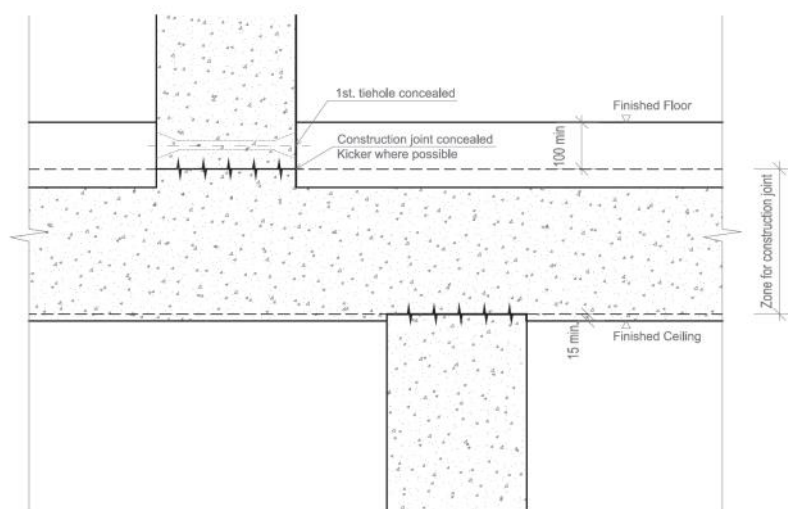
2. Principle Section Approx. Scale 1:10  
Structural and non - structural concrete poured together

Abbildung 6.47: Detail im Schnitt <sup>334</sup>

<sup>333</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.5.

<sup>334</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.5.

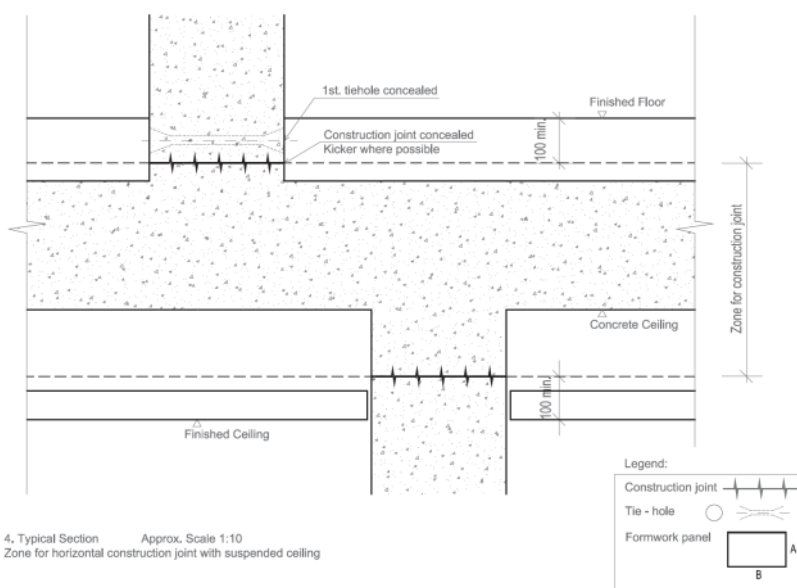
3. Schnitt für horizontale Arbeitsfugen:



3. Typical Section Approx. Scale 1:10  
Zone for horizontal construction joint in exposed flat concrete ceiling

Abbildung 6.48: Detail für horizontale Arbeitsfugen <sup>335</sup>

4. Schnitt für horizontale Arbeitsfugen mit abgehängter Decke:



4. Typical Section Approx. Scale 1:10  
Zone for horizontal construction joint with suspended ceiling

Abbildung 6.49: Detail für horizontale Arbeitsfugen mit abgehängter Decke <sup>336</sup>

<sup>335</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.5.

<sup>336</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.5.

5. Schnitt für horizontale Arbeitsfugen mit 2 Schüttilagen:

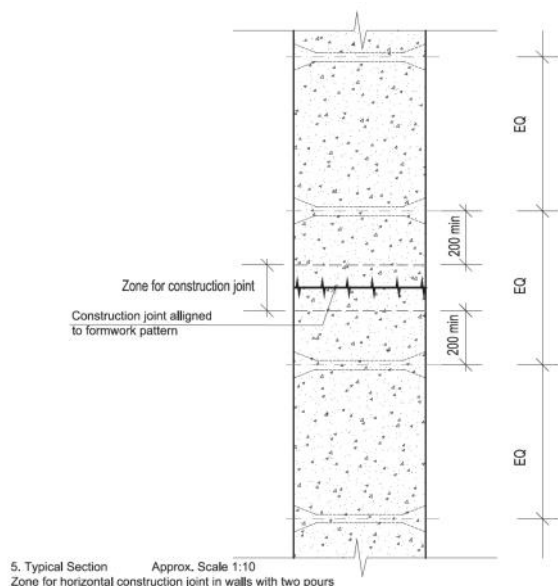


Abbildung 6.50: Detail für horizontale Arbeitsfugen mit 2 Schüttilagen <sup>337</sup>

6. Schnitt für horizontale Arbeitsfugen für Deckenuntersichten:

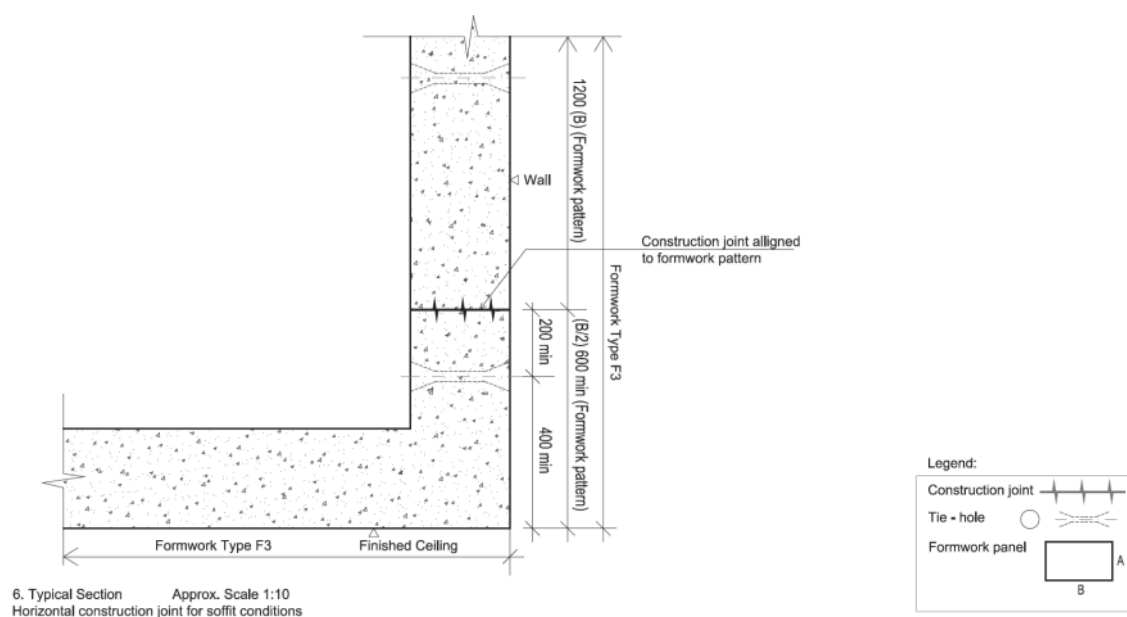
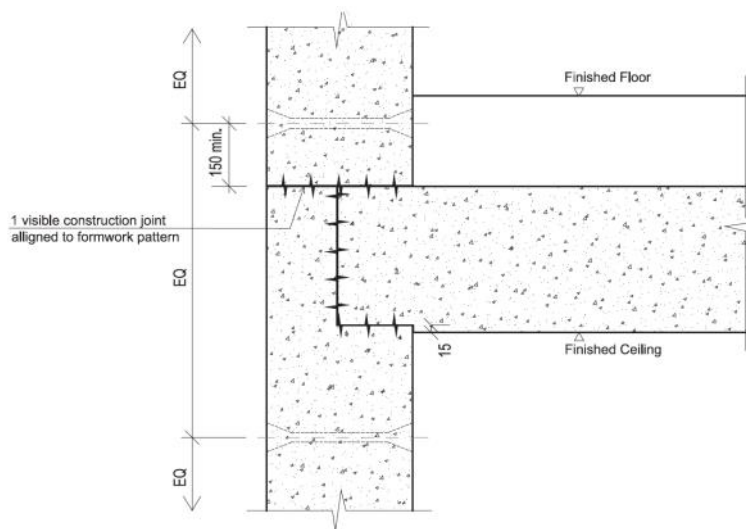


Abbildung 6.51: Detail für horizontale Arbeitsfugen für Deckenuntersichten <sup>338</sup>

<sup>337</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.6.

<sup>338</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.3.

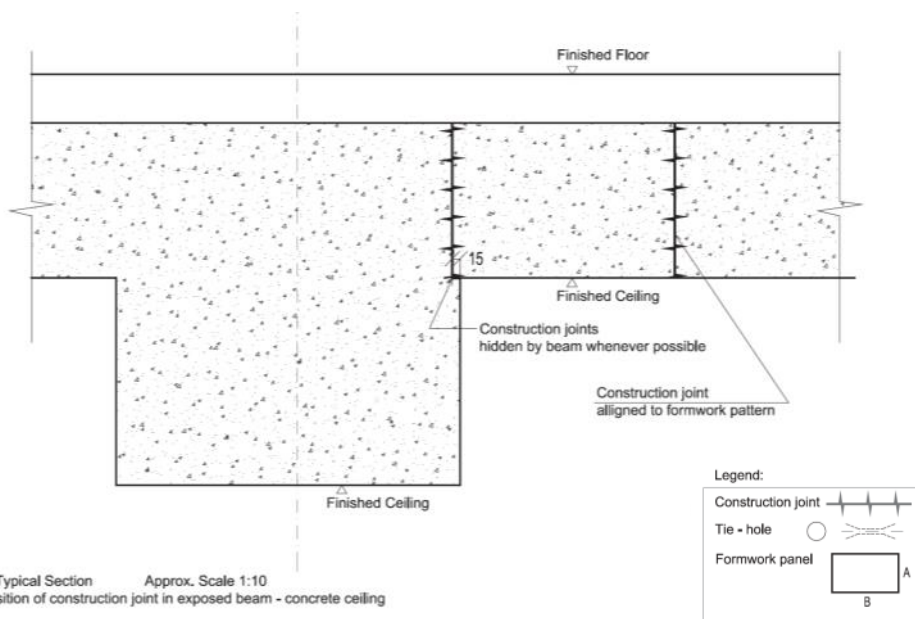
7. Schnitt für horizontale Arbeitsfugen bei Decken- Wandanschluss:



7. Typical Section Approx. Scale 1:10  
Horizontal construction joint when slab meets a continuous wall

Abbildung 6.52: Detail für horizontale Arbeitsfugen bei Decken- Wandanschluss<sup>339</sup>

8. Schnitt für horizontale Arbeitsfugen in Unterzügen:



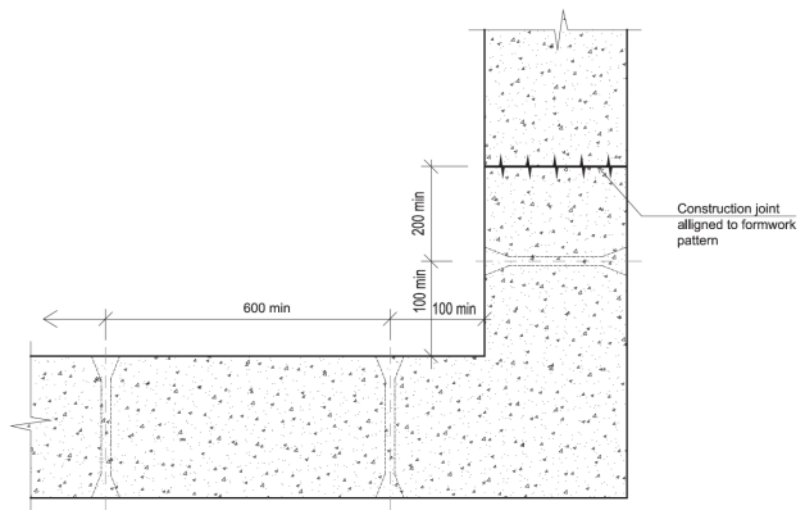
8. Typical Section Approx. Scale 1:10  
Position of construction joint in exposed beam - concrete ceiling

Abbildung 6.53: Detail für horizontale Arbeitsfugen in Unterzügen<sup>340</sup>

<sup>339</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.6.

<sup>340</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.6.

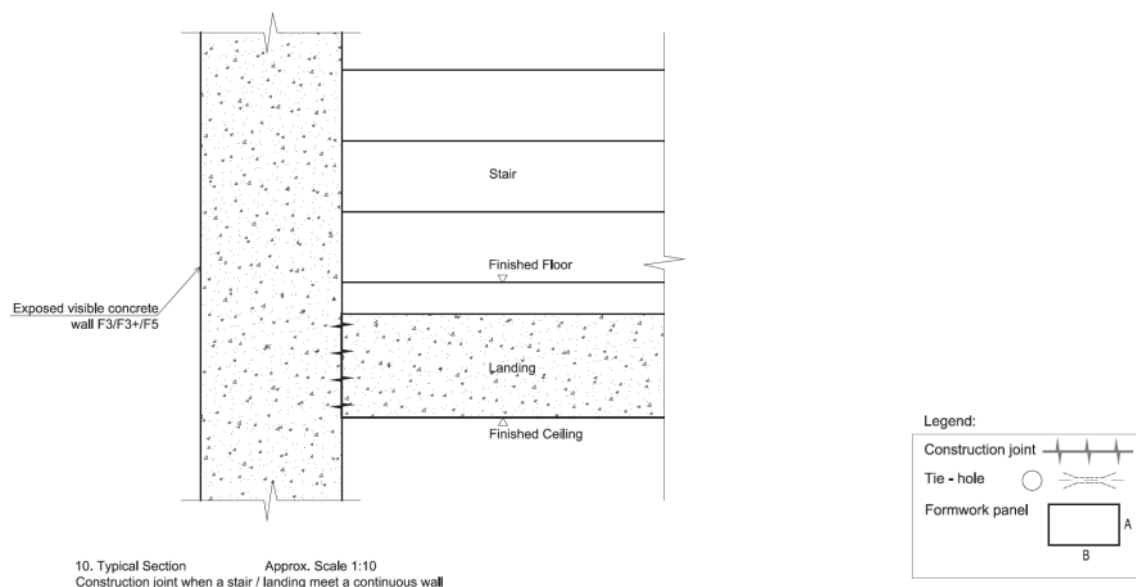
9. Schnitt für vertikale Arbeitsfugen in Ecken:



9. Typical Plan Approx. Scale 1:10  
Vertical construction joint at corner condition

Abbildung 6.54: Detail für vertikale Arbeitsfugen in Ecken<sup>341</sup>

10. Schnitt für Arbeitsfugen bei Treppenpodest Anschluss:



10. Typical Section Approx. Scale 1:10  
Construction joint when a stair / landing meet a continuous wall

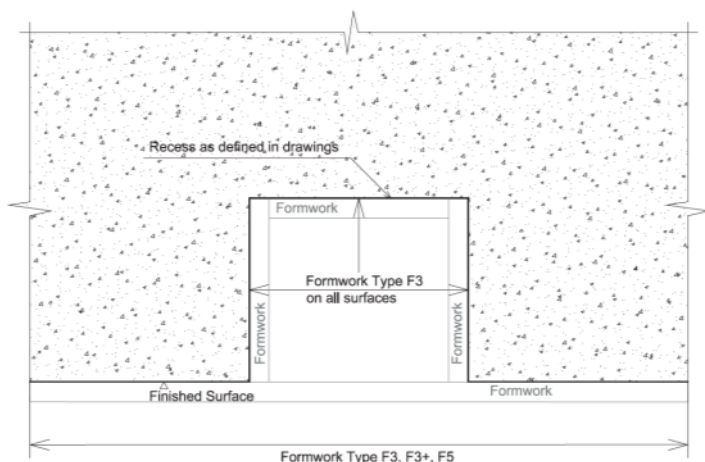
Abbildung 6.55: Detail für Arbeitsfugen bei Treppenpodest Anschluss<sup>342</sup>

<sup>341</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.7.

<sup>342</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.7.



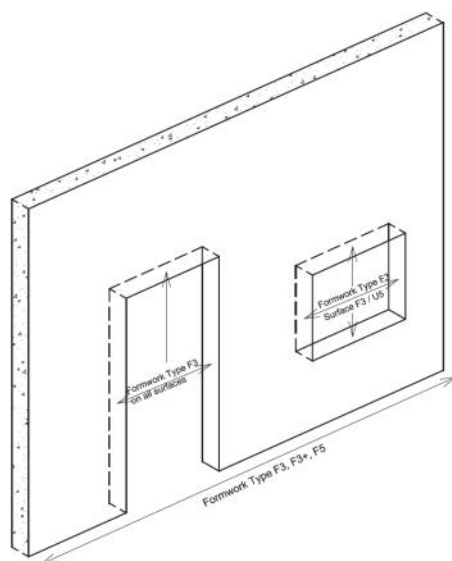
11. Typische Ansicht für Aussparungen:



11. Typical Plan and Section Not to Scale  
Finish principle for recesses vertical and horizontal

Abbildung 6.56: Prinzip für vertikale- und horizontale Aussparungen<sup>343</sup>

12. Typische 3D Ansicht für Öffnungen:



12. Typical Sketch Not to Scale  
Finish principle for openings

Abbildung 6.57: Typische 3D Ansicht für Öffnungen<sup>344</sup>

<sup>343</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.7.

<sup>344</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.7.

13. Typische Ansicht des Übergangs unterschiedlicher Schalungsklassen mit und ohne Dehnungsfuge:

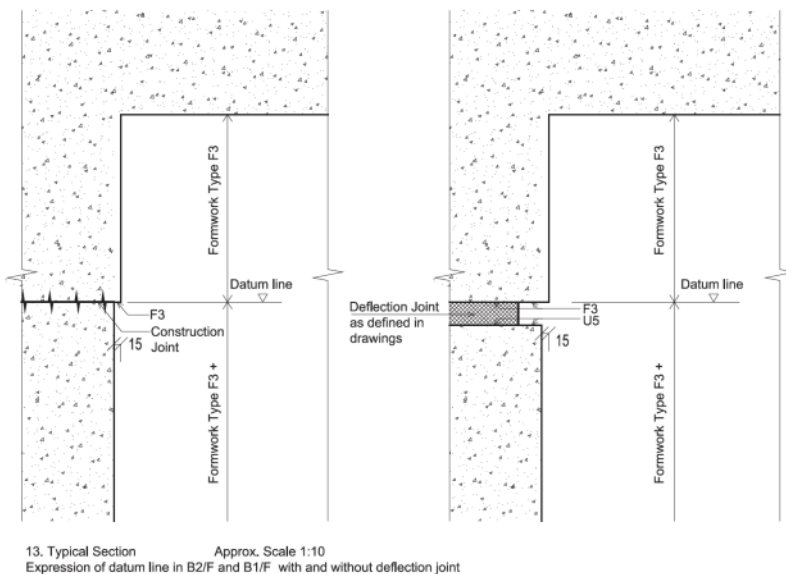


Abbildung 6.58: Arbeitsfuge mit und ohne Verformungsmöglichkeit<sup>345</sup>

14. Typisches Detail zur Verfüllung der Ankerlöcher:

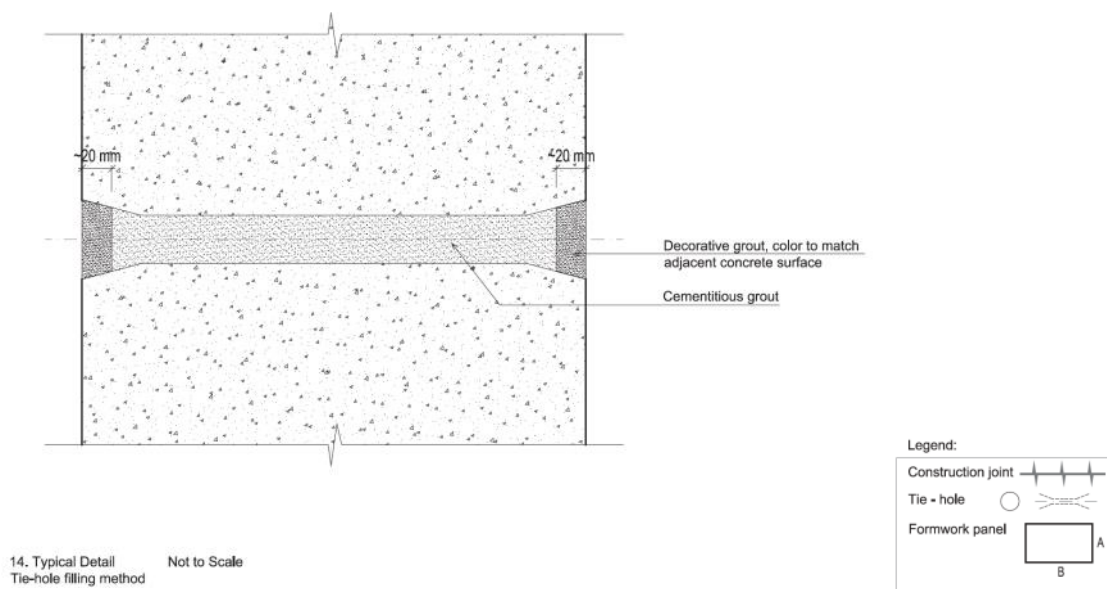
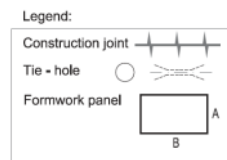
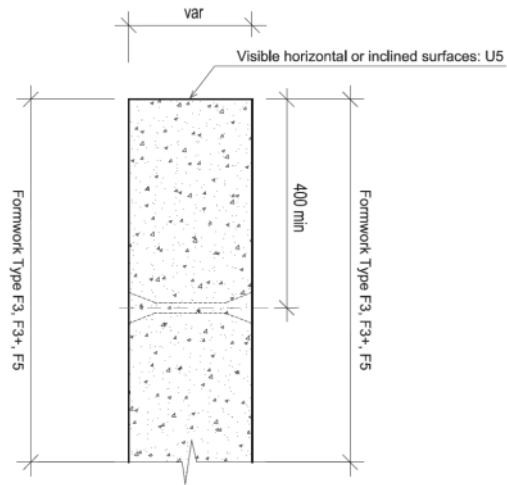


Abbildung 6.59: Typisches Detail zur Verfüllung der Ankerlöcher<sup>346</sup>

<sup>345</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.8.

<sup>346</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.8.

15. Schnitt für horizontale, sichtbare Betonoberflächen:



15. Typical Section Approx. Scale 1:10  
 Finish principle for horizontal, visible concrete surfaces

Abbildung 6.60: Schnitt für horizontale, sichtbare Betonoberflächen<sup>347</sup>

<sup>347</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix B- Layout Principles & Typical Details. S.8.

## 7 Bauausführung

Mit einer sorgfältigen Arbeitsvorbereitung und einer präzisen Bauausführung kann eine hohe Sichtbetonqualität erreicht werden. Um sehr gute Sichtbetonergebnisse zu erzielen ist es wichtig, sämtliche beeinflussbare Parameter und Schnittstellen bei der Betonherstellung zu berücksichtigen. Nachfolgend werden die drei Hauptschnittstellen schalen, bewehren und betonieren genauer betrachtet.

### 7.1 Schalarbeiten

Eine richtige und geschützte Lagerung der Schalung zwischen den Einsätzen ist unumgänglich. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Schalung weder der Witterung noch mechanischer Beschädigung ausgesetzt wird und konstante Lagerungsbedingungen erfährt. Bei ausgesetzter Sonneneinstrahlung trocknet die Schalhaut aus und verfärbt anschließend die Betonoberfläche dunkel. Beim Stapeln der Schalungen sind ausreichend Zwischenhölzer oder ähnliches zu verwenden.

Die Pflege der Schalung ist ein weiterer wichtiger Punkt. Auf der Sichtbetonoberfläche zeichnet sich später jeder Kratzer, jede Fehlstelle oder Verschmutzung und jedes Nagelloch der Schalung ab. Deshalb sollte mit der Schalung sorgsam umgegangen werden sowie sollten bei der Reinigung und Pflege keine Werkzeuge eingesetzt werden die eben diese Mängel erzeugen. Zudem sollten auch die Kanten der Schalhaut bzw. Schalungselements gereinigt werden. Eine fachgemäße Reinigung mit Wasser und Poliermaschine ist in Abbildung 7.1 dargestellt.



Abbildung 7.1: fachgerechte Reinigung der Schalung [Schmid]

Eine Vorbehandlung von saugenden Schalhäuten mit Öl-in-Wasser Emulsionen ist empfehlenswert. Jedoch ist die Auswahl des geeigneten Trennmittels auf den Schalhauttyp und die Betonrezeptur abzustimmen. Vorteilhaft wäre, dies mit Vorversuchen zu ermitteln. Die besten Sichtbetonergebnisse werden dann erzielt, wenn so wenig wie möglich an Trennmittel aufgetragen wird und überschüssiges Trennmittel mit Hilfe von Lappen oder Gummischaber gleichmäßig verteilt werden. Beim Aufbringen mit der Düse muss auf ein feines zerstäuben und auf einen gleichmäßigen Druck geachtet werden.<sup>348</sup> Die Zeitspanne zwischen Trennmittelauftrag und Betoneinbau wirkt sich ebenfalls auf das Erscheinungsbild des Sichtbetons aus, da es z.B. im Sommer zum Austrocknen des Trennmittels kommen kann.<sup>349</sup>



1 Auftrag mit Spritzdüse  
2 verteilen mit Poliermaschine

3 verteilen mit Gummischaber  
4 verteilen mit Lappen

Abbildung 7.2: Aufbringen des Trennmittels<sup>350</sup>

<sup>348</sup> Vgl. HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung..S.15.

<sup>349</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 33.

<sup>350</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung..S.15.

Bei der Herstellung von Ecken, Kanten und Schalungsstößen ist ein sorgfältiges Abdichten der Fugen unumgänglich. Bei gebrochenen Ecken und Kanten sollte die Dreieck- oder Trapezleiste sauber platziert und gut befestigt werden. Um unschöne Arbeits- oder Anschlussfugen zu verbergen werden auch hier Dreieck- oder Trapezleiste eingelegt, die durch die Schattenwirkung die Fugen unsichtbar erscheinen lassen. Bei scharfen Kanten, Ecken oder Schalthautstößen ist die Verwendung eines Abdichtbandes empfehlenswert. Dabei empfiehlt sich ein komprimierbares, geschlossenzelliges Fugenband (Moosgummi), das die Fuge dicht schließt und Bewegungen der Schalung aufnehmen bzw. ausgleichen kann.

Der Schalungsfuß stellt besonders beim Herstellen von Wänden eine Schwierigkeit dar. Dabei tragen zwei Sachverhalte zu Entmischungen bzw. Kiesnester bei. Zum einen entstehen sie durch zu einer großen Fallhöhe wodurch der Beton entmischt wird und in weiterer Folge nur das Grobkorn an den Schalungsfuß gelangt. Als Auswirkung sind Kiesnester zu beobachten. Zum anderen ist es anwendungstechnisch extrem schwierig, die Schalung ohne Lücken auf eine ebene Unterlage zu stellen. Aufgrund dessen kann durch die Lücken der Zementleim austreten und Kiesnester bilden sich ab (Abbildung 7.3).<sup>351</sup> Diese Entmischungen können durch einlegen eines Dichtungsschlauchs oder durch ausschäumen der Fugen bzw. Lücken vermieden werden. Zusätzlich sollte auf eine möglichst geringe Fallhöhe geachtet werden.



1



2

<sup>1</sup> Kiesnest wegen undichter Schalung

<sup>2</sup> ausgeschäumter abgedichteter Schalungsfuß

Abbildung 7.3: Schalungsfuß <sup>352</sup>

<sup>351</sup> Vgl. HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. S.20.

<sup>352</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. S.20.

Die Verwendung von unterschiedlich alten Schalhäuten sowie Vermischung von verschiedenen Schalhauttypen sollte vermieden werden. In Abbildung 7.4 wird die deutliche optische Auswirkung von unterschiedlichen Schalhäuten dargestellt.



<sup>1</sup> Farbunterschiede durch unterschiedlich alte Bretter<sup>353</sup>

<sup>2</sup> Betonoberfläche von verschiedenen Schalhauttypen<sup>354</sup>

Abbildung 7.4: Auswirkung von unterschiedlichen Schalhauttypen

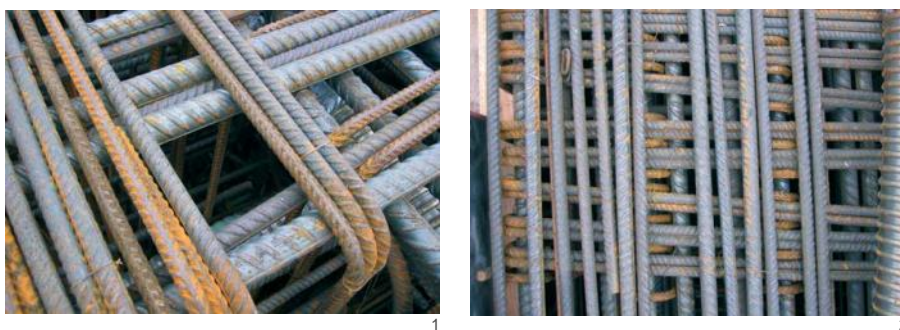
Weiters sollte auf ein genaues Einmessen der Schalung (Lotstellung), sorgfältiges und gleichmäßiges Spannen der Anker, exaktes Aus- und Einrichten, Fugenanordnung und -ausbildung sowie sicheres Aufstellen der Schalung geachtet werden.

<sup>353</sup>HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung.S.12.

<sup>354</sup>HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung.S.7.

## 7.2 Bewehrungsarbeiten

Bei Bauteilen mit hohem Bewehrungsgrad sind beim Verlegen der Bewehrung Betonier- und Rüttelaussparungen anzuordnen und so zu dimensionieren, dass der Innenrüttler die Bewehrung beim Verdichten möglichst nicht berührt. Zusätzlich können Außenrüttler angebracht werden. Zu beachten ist, dass die Bewehrung oder Einbauteile beim Verdichten die verdrängten Luftblasen nach oben steigen lassen.



<sup>1</sup> Betonier- bzw. Rüttelaussparung

<sup>2</sup> zu eng verlegte Bewehrung

Abbildung 7.5: Bewehrungsarbeiten <sup>355</sup>

Die Bewehrung darf mit dem Trennmittel nicht in Berührung kommen da der Verbund zwischen Beton und Bewehrung stark vermindert wird. Ein nachträgliches aufbringen von Trennmittel bei bereits verlegter Bewehrung ist gemäß ÖVBB Richtlinie- Sichtbeton unzulässig.<sup>356</sup>

Um die Deckenuntersichten zu schützen sollte die Schalung und die Bewehrung so wenig wie möglich betreten werden. Besonders bei horizontalen Bauteilen sollte die Schalung vor dem Betonieren von losen Teilen und Bindedrahtresten gereinigt werden. Bei Bewehrungseisen die über längere Zeit der Witterung ausgesetzt sind, sollte eine Abdeckung vorgesehen werden.

Die Bewehrung oder Abstandhalter dürfen die Schalhaut nicht beschädigen. Beim Festziehen der Schalungsanker darf die Bewehrung nicht durch die Schalung zusammengepresst werden, noch dürfen die Abstandhalter in die Schalhaut eingedrückt werden. Beim Anbringen der Abstandhalter ist auf eine gleichmäßige Verteilung, unverrückbare Fixierung und auf die Einhaltung der erforderlichen Betondeckung zu achten.

<sup>355</sup>HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. S.12, 7.

<sup>356</sup>ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 38.



### 7.3 Betonierarbeiten

Bei der Betonanlieferung auf die Baustelle ist der Beton wiederholt gut durchzumischen sowie sollten lange Warte- oder Standzeiten vermieden werden. Des Weiteren ist der Beton bei der Anlieferung vor Witterungseinflüssen zu schützen. Bei zu warmen Temperaturen besteht die Gefahr, dass der Beton ansteift und die gewünschte Konsistenz verliert. Bei zu kalten Temperaturen besteht die Gefahr, dass der Beton blutet (Absonderung von Wasser).

Die besten Sichtbetonergebnisse werden erfahrungsgemäß bei einer Einbautemperatur zwischen 15 °C und 25 °C erzielt. Eine Frischbetonkontrolle auf der Baustelle ist empfehlenswert um Entmischungen, Wasserabsonderung, Konsistenz usw. zu prüfen.<sup>357</sup>

Um eine anspruchsvolle Sichtbetonoberflächenqualität zu erreichen empfiehlt es sich weiters, eine erfahrene Betoniermannschaft einzusetzen sowie eine Checkliste mit exakten Arbeitsanweisungen bzw. Ausführungshinweise zu Schalmaterial, Bewehrung, Einbauteile und Betoneinbau anzugeben.<sup>358</sup>

Beim Einbau des Frischbetons kann eine Betonpumpe oder ein Betonkübel, der mit Hilfe des Baukrans versetzt wird, verwendet werden. Beim Betoniervorgang darf sich der Beton nicht entmischen. Besonders bei vertikalen Bauteilen wie Wänden und Stützen muss auf die Fallhöhe geachtet werden, da bei freiem Fall die Bewehrung wie ein Sieb wirkt und der Beton sich entmischt. Die ÖVBB Richtlinie- Sichtbeton gibt eine Fallhöhe von 50 cm an, die nicht überschritten werden sollte.<sup>359</sup> Diese 50 cm sollten lageweise eingebaut und vollständig verdichtet werden. Bei Bedarf kann auch eine Anschlussmischung mit kleinerem Größtkorn für den unteren Wand- oder Stützbereich eingesetzt werden. Es sollte darauf geachtet werden den Beton mittig und nicht gegen die Schalung einzubringen. Die Verarbeitungszeit sollte unter 90 Minuten liegen sowie sollten längere Betonierpausen vermieden werden, um spätere Abzeichnungen von Schüttaglagen oder Wasserläufen zu verhindern. In den Wintermonaten kann durch Vorheizen der Schalung eine schönere Oberfläche mit geringerer Marmorierung erzielt werden.<sup>360</sup>

Ein weiterer wichtiger Faktor um gute Sichtbetonergebnisse in Bezug auf Homogenität, Tragfestigkeit, Dauerhaftigkeit, Dichtigkeit und Qualität zu

<sup>357</sup> Vgl. HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. S.23.

<sup>358</sup> Vgl. PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.82.

<sup>359</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 39.

<sup>360</sup> Vgl. HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. S.26.

erzielen, ist die Frischbetonverdichtung. Dabei werden größtenteils alle Hohlräume im Beton durch die ausgelösten Schwingungen des Rüttlers geschlossen und die im Beton vorhandene Luft entweicht über die Oberfläche. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass ein praktisch vollständig verdichteter Frischbeton noch einen Luftporenanteil von ca. 1,5 % enthält.<sup>361</sup> Der Vorgang des Verdichtens sollte so lange andauern bis eine geschlossene Oberfläche entsteht und keine größeren Luftporen mehr entweichen. Es sollte jedoch auf eine zu starke und intensive Verdichtung Acht gegeben werden, da es in solchen Fällen zu Entmischungen und in weiterer Folge zu Farbtonunterschieden kommen kann. Je nach Bauteilform können beim Verdichten des Betons Innenrüttler und Außenrüttler oder in Kombination eingesetzt werden.

Folgende Merkmale sind bei ausreichender Betonverdichtung festzustellen:

- *„Beim Innenrüttler ändert sich der Ton (Drehzahl) im Beton nicht mehr.*
- *Der Beton erfährt aufgrund der Rüttelenergie keine weitere Verdichtung mehr.*
- *Es treten nur noch vereinzelt Luftblasen an der Oberfläche aus.*
- *Die Oberfläche ist mit einer dünnen Feinmörtelschicht geschlossen.“<sup>362</sup>*

Innenrüttler: In Abstimmung mit der Betoniergeschwindigkeit müssen ausreichend viele Innenvibratoren vorgehalten werden. Als Richtwert kann für einen Innenrüttler mit 60 mm Flaschendurchmesser eine Verarbeitung für 10 bis 15 m<sup>3</sup> Frischbeton angenommen werden. Beim Eintauchen des Innenrüttlers muss sich der Wirkungsbereich, wie in Abbildung 7.6 gezeigt, in lotrechter und waagrechter Richtung überschneiden. Beim Einbringen mehrerer Lagen ist die Rüttelflasche schnell 10 cm bis 15 cm in die schon verdichtete Schicht einzutauchen, danach langsam durch den Frischbeton herausziehen und sobald die Flasche sichtbar wird schnell aus dem Beton ziehen (Abbildung 7.7).

<sup>361</sup> Vgl. PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING. Arbeitsheft Sichtbeton. S.82.

<sup>362</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalbe Betonflächen. S. 39.

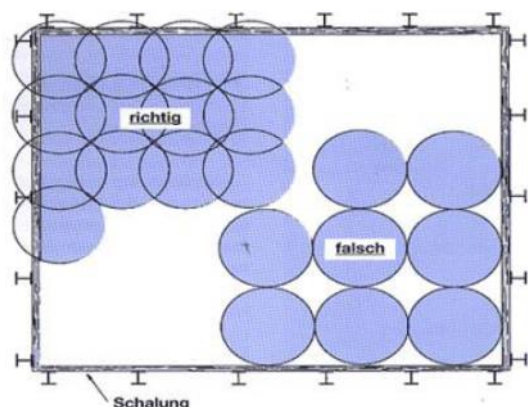


Abbildung 7.6: Wirkungsbereich des Innenrüttlers <sup>363</sup>

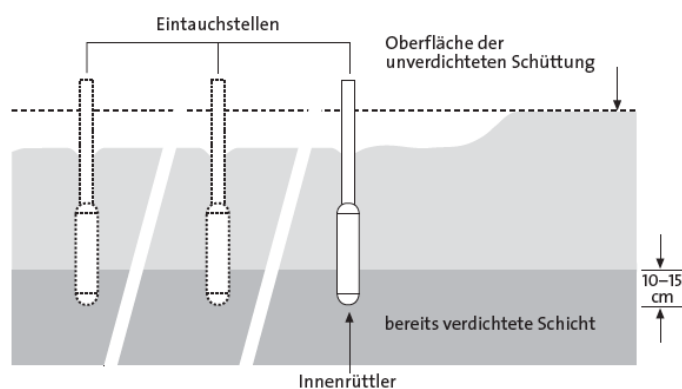


Abbildung 7.7: lageweises Verdichten <sup>364</sup>

Werden hohe Wände oder Säulen in einem Arbeitsschritt betoniert, verbleibt der Innenrüttler im Beton und ist kontinuierlich mit dem Schüttvorgang hochzuziehen.<sup>365</sup> Beim Verdichten darf die Rüttelflasche nicht mit der Bewehrung oder Schalung in Kontakt kommen um eine Schwingungsübertragung zu verhindern. Aufgrund dieser Schwingungsübertragung kann es zu Entmischungen, zu einer Abzeichnung der Bewehrung an der Betonoberfläche oder zu Schleppwasser und Mörtelaustritt an den Schalhautfugen kommen.

<sup>363</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 39.

<sup>364</sup> Vgl. HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. S.27.

<sup>365</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 39, 40.

Außen- oder Schalungsrüttler: Diese Art von Rüttlern findet bei komplizierten Bauteilgeometrien, geneigten dünnwandigen Bauteilen, schmalen engen Bauteilen, hohem Bewehrungsgrad, großen Aussparungen und hohem Anteil an Einbauteilen sowie hohen Sichtbetonanforderungen Anwendung. Die Schalungsrüttler können einseitig oder beidseitig an der Schalung angebracht werden. Zu beachten ist, dass sich die Wirkungsbereiche vollflächig überschneiden müssen, was zu einer baupraktischen Aufteilung von einem Außenrüttler pro zwei Quadratmeter führt. Die Außenrüttler sind fest, vibrationsübertragend und möglichst nahe an der Schalung an zubringen. Die Bestückung kann einzeln oder reihenweise erfolgen sowie können sie in Abfolge mit der Betoniergeschwindigkeit von unten nach oben umgesetzt werden. In nachfolgender Abbildung 7.8 ist eine Kombination von Bestückung, unterschiedlichen Wandstärken und optimaler Schüttlage dargestellt.<sup>366</sup>

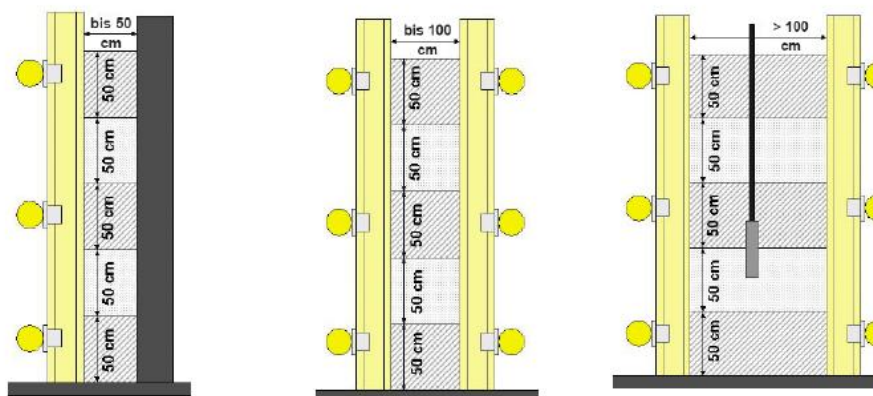


Abbildung 7.8: Konfiguration von Außenrüttlern <sup>367</sup>

<sup>366</sup>Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 40, 41.

<sup>367</sup>ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 39.

#### 7.4 Nachbehandlung und Schutz der Betonoberfläche

Die Ausschallfristen sollten entsprechend den technischen Normen bzw. Richtlinien entnommen werden. Gemäß ÖVBB Richtlinie darf mit dem Ausschalvorgang erst bei ausreichender statischer Festigkeit und wenn von der Witterung keine Schäden mehr zu erwarten sind, begonnen werden.<sup>368</sup>

Die besten Sichtbetonergebnisse werden erzielt, je kürzer der Beton in der Schalung verbleibt. Dabei sollten die Ausschalzeiten der verschiedenen Bauteile möglichst gleich gehalten werden. Besonders bei feuchter Witterung sollte der Beton nicht zu lange in der Schalung verweilen, da es zur Bildung von Rostflecken und Farbunterschieden kommen kann. Durch ein frühzeitiges Ausschalen kann eine gleichmäßigere und hellere Oberfläche erzielt werden. Aufgrund des schnellst möglichen Ausschalens verliert der Jungbeton die schützende Haut der Schalung, weshalb die Betonflächen sofort mit einem wirksamen Nachbehandlungsmittel oder Abdeckung (Folie oder Bauschutzmatte) zu schützen ist. Die ÖVBB Richtlinie gibt einen Richtwert an, bei der die Zeitdauer zwischen Ausschalen und Wirksamwerden der Nachbehandlung maximal 1 Stunde betragen darf.<sup>369</sup>

Bei Verwendung einer Folie ist darauf zu achten, dass eine Luftbewegung entlang der Oberfläche vermieden wird, kein direktes Wasser die Betonfläche berührt und kein direkter Kontakt zwischen der Folie und dem Jungbeton besteht. Um die Sichtbetonbauteile vor Ausblühungen (Berührung mit Wasser), Verfärbungen (Kontakt mit Folie) zu schützen sind Hilfskonstruktionen zielführend. In Abbildung 7.9 Bild 1 ist eine unsachgemäße Abdeckung mit Verfärbungsergebnis und rechts eine sachgemäße Abdeckung mit Hilfskonstruktion dargestellt.

<sup>368</sup>Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 38.

<sup>369</sup>Vgl. ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 39.



<sup>1</sup> unsachgemäß, Verfärbungen sichtbar, ohne Hilfskonstruktion

<sup>2</sup> sachgemäß, mit Hilfskonstruktion

Abbildung 7.9: Nachbehandlung mit Folie<sup>370</sup>

Nach dem Ausschalen sind sämtliche Ecken, Kanten, Brüstungen und Treppen in der Rohbauphase entsprechend mit Hölzern oder ähnlichem zu schützen. Damit der Sichtbeton nicht von nachfolgenden Ausbauebenen beschriftet wird, müssen die Bauteile deutlich gekennzeichnet oder eventuell Warnschilder angebracht werden. Häufig wird nicht darauf geachtet, dass die überstehende Anschlussbewehrung der Witterung ausgesetzt ist, wodurch es zu Rostfahnen oder Rostflecken an der Betonoberfläche kommen kann. Als Maßnahme gegen diese Rostverschmutzungen kann der Bewehrungsstahl mit einer Folie vor Wasserzutritt geschützt werden (Abbildung 7.10) oder es wird nicht rostende Bewehrung (Edelstahl) verwendet.<sup>371</sup>



Abbildung 7.10: Schutz der Anschlussbewehrung mit Folie [Schmid]

<sup>370</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung..S.29, 30.

<sup>371</sup> Vgl. HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung..S.31, 32.

## 7.5 Oberflächenbearbeitung -behandlung

Bauteile aus Beton eignen sich besonders gut zur nachträglichen Oberflächengestaltung. Folgende Verfahren werden angewandt:

Absäuern, Besenstrich, Farbpigmente, Waschen, Feinwaschen, Flammstrahlen, Polieren, Sandstrahlen, Scharieren, Schleifen, Spalten, Spitzen und Stocken

die nachfolgend einzeln genauer erklärt werden. Bei allen Gestaltungsmöglichkeiten muss unbedingt die geforderte Betondeckung eingehalten werden.

Absäuern:

Beim Absäuern wird die oberste Zementhaut mittels verdünnter Säure (z.B. verdünnte Salzsäure 1:10) entfernt. Als Vor- und Nachbehandlung sollte die Fläche gut mit Wasser abgewaschen werden. Diese Methode wird im Betonwerk und grundsätzlich nur bei kleinen Flächen angewandt, da sie auch eine gewisse Umweltbedenklichkeit mit sich bringt. Der Oberflächeneffekt ähnelt leichtem Sandstrahlen.<sup>372</sup>



Abbildung 7.11 absäuern<sup>373</sup>

Besenstrich:

Nach dem Verdichten und Abziehen des Betons wird ein Stahlbesen über die Oberfläche gezogen um die charakteristischen Besenstricheffekt zu erhalten.<sup>374</sup>



Abbildung 7.12 Besenstrich<sup>375</sup>

<sup>372</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 62.

<sup>373</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 62.

<sup>374</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 62.

<sup>375</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 62.

### Farbpigmente:

Um den Beton einzufärben werden größtenteils Rot-, Gelb-, Braun- und Schwarztöne verwendet und der Betonmischung als Pulver oder Flüssigfarbe beigegeben. Auch die Farbe des verwendeten Zements beeinflusst den Farbton. Grauer Zement lässt den Beton dunkler und weißer Zement dagegen heller erscheinen.<sup>376</sup>

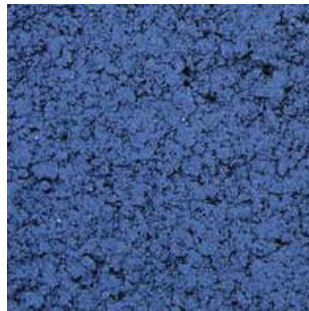


Abbildung 7.13 Farbpigmente<sup>377</sup>

### Waschen:

Beim Herstellen des Waschbetons wird ein Erstarrungsverzögerer auf die Schalung aufgebracht. An der Oberfläche wird dadurch die Erhärtung der Mörtelmatrix stark verzögert, welche nach Erhärten des Kernbetons ausgewaschen wird. Dadurch wird das Korngefüge freigelegt und die charakteristische Washtonfläche sichtbar. Die Auswaschtiefe soll nicht mehr als ein Drittel des Größtkorndurchmessers ausmachen.<sup>378</sup>



Abbildung 7.14 waschen<sup>379</sup>

### Feinwaschen:

Beim Feinwaschen erfolgt eine trennmittelchemische Bearbeitung der Schalhaut, bei der ein Zementleimaufschluss im Millimeterbereich stattfindet und dabei einen Feinstruktureffekt erzeugt. Feinwaschen bietet eine Alternative zum Sandstrahlen oder Absäuern.<sup>380</sup>



Abbildung 7.15 feinwaschen<sup>381</sup>

<sup>376</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 62.

<sup>377</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 62.

<sup>378</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 64.

<sup>379</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 64.

<sup>380</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 62.

<sup>381</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 62.



**Flammstrahlen:**

Bei dieser Methode wird die Betonfläche mit ca. 3000 °C behandelt, um mürbe Bestandteile aus der Oberfläche zu beseitigen. Diese Art der Bearbeitung ist bei niedriger Betondeckung, aufgrund der Hitzeeinwirkung auf die Bewehrung technisch umstritten.<sup>382</sup>

Abbildung 7.16 Flammstrahlen<sup>383</sup>**Polieren:**

Beim Polieren wird die Oberfläche mittels feinstem Schleifmitteln, rund 5 mm tief, bis zum Glanz bearbeitet. Diese Methode eignet sich besonders für den Effekt der Farbvertiefung.<sup>384</sup>

Abbildung 7.17 polieren<sup>385</sup>**Sandstrahlen:**

Durch Aufstrahlen unter bestimmten Druck mittels Sandstrahlgerät und Strahlgut (Sand, Glassand, Basalt oder Korund) wird die oberste Schicht des Betons abgetragen und die Zuschläge werden freigelegt. Die Oberfläche wirkt matt sowie kann die Ausstrahltiefe auf Wunsch angepasst werden.<sup>386</sup>

Abbildung 7.18 sandstrahlen<sup>387</sup>


---

<sup>382</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 63.

<sup>383</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 63.

<sup>384</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 63.

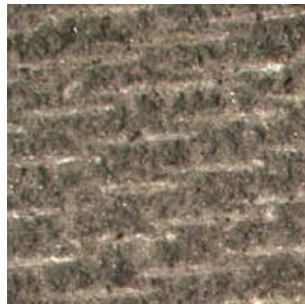
<sup>385</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 63.

<sup>386</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 63.

<sup>387</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 63.

**Scharrieren:**

Anhand verschiedener Scharriereisen wird die Betonoberfläche steinmetzmäßig, linienförmig Schlag für Schlag abgetragen. Wird in der Regel nur bei weichen Zuschlägen angewendet.<sup>388</sup> Der Farbeffekt wird von Zementstein und Gesteinskörnung beeinflusst.

Abbildung 7.19 scharrieren<sup>389</sup>**Schleifen:**

Bei dieser Bearbeitungsmethode wird durch fräsen, schleifen, feinschleifen eine sehr glatte und glänzende Oberfläche erzeugt. Es kann entweder nur die oberste Zementhaut entfernt werden oder auch das Zuschlagskorn im gesamten Durchmesser freigeschleifen werden.<sup>390</sup>

Abbildung 7.20 schleifen<sup>391</sup>**Spalten:**

Mittels Spaltmaschine werden plattenförmige Werkstücken gespaltet, um dadurch bruchraue Flächen zu erhalten. Als Alternative kann auch Hammer und Meißel verwendet werden.<sup>392</sup>

Abbildung 7.21 spalten<sup>393</sup>

<sup>388</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 63.

<sup>389</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 63.

<sup>390</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 63.

<sup>391</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 63.

<sup>392</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 64

<sup>393</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 64.

**Spitzen:**

Anhand eines Spitzeisens wird die oberste Betonschicht senkrecht zur Sichtfläche Schlag für Schlag abgetragen. Die Bearbeitungstiefe liegt bei ca. 5 bis 10 mm und es entsteht ein sehr grobe Oberfläche.<sup>394</sup>

Abbildung 7.22 spitzen<sup>395</sup>**Stocken:**

Mit einem speziellen Stockhammer, der am Kopf mit Spitzen ausgebildet ist, wird die oberste Betonschicht grob abgetragen und die Zuschläge werden sichtbar. Die Bearbeitungstiefe liegt bei ca. 6 mm und es entsteht ein sehr rauher Effekt.<sup>396</sup>

Abbildung 7.23 stocken<sup>397</sup>


---

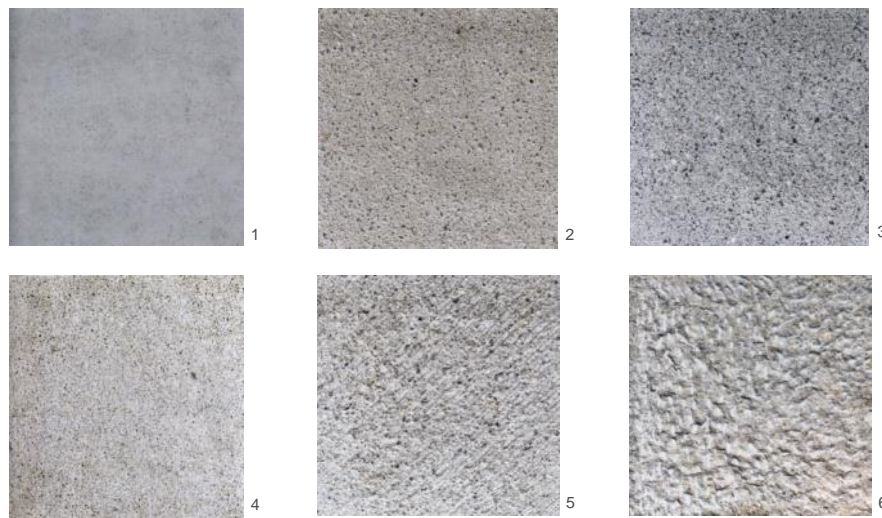
<sup>394</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 64.

<sup>395</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 64.

<sup>396</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 64.

<sup>397</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas- Planung- Ausführung- Beispiele. S. 64.

Die deutliche optische Auswirkung der Oberflächenbehandlung ist in Abbildung 7.24 dargestellt. Die dort gezeigten Betonflächen besitzen eine identische Betonrezeptur und unterscheiden sich nur in der Oberflächenbearbeitung.



- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| 1.....schalungsglatt | 4.....gesäuert   |
| 2.....gestrahlt      | 5.....scharriert |
| 3.....feingewaschen  | 6.....gespitzt   |

Abbildung 7.24: unterschiedliche Oberflächenbearbeitung <sup>398</sup>

<sup>398</sup> Vgl. PECK, M.: Baustoff Beton – Planung, Ausführung, Beispiele. S. 91.

## 7.6 M+ Museum

Für das entstehende M+ Museum sind 2 verschiedene Mock-ups hergestellt worden. 2015 wurde unabhängig und vor Ausschreibungsbeginn der Hauptbaumaßnahme mit dem Bau des ersten Mock-up „2.0 VMU“ begonnen. Anfang 2016 folgte das zweite Mock-up „2.1 Hybrid VMU“.

Gemäß dem Leistungsverzeichnis Hauptbaumaßnahme M+ Museum sind Muster bzw. Probeflächen vom AN herzustellen. Nachfolgend werden die eben erwähnten Mock-ups und Musterflächen übersichtsmäßig gezeigt. Eine ausführliche Beschreibung und Untersuchung der Sichtbetonflächen in Hinblick auf die Qualität von Mock-ups und Probeflächen erfolgt im Kapitel 8.4.

### 7.6.1 Visual Mock- ups (VMU)

#### „2.0 VMU“

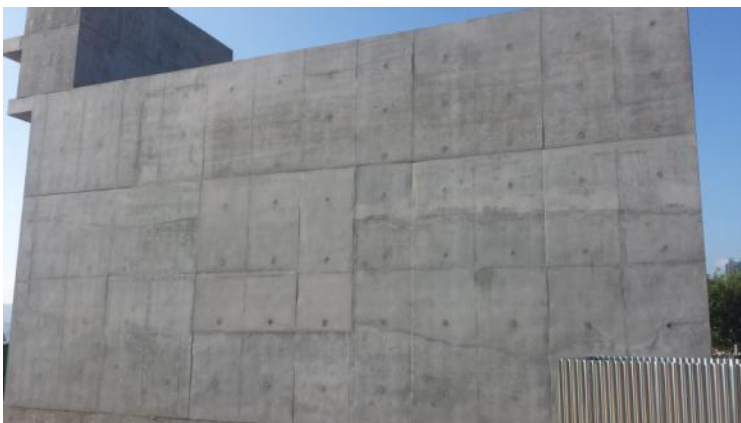


Abbildung 7.25: Ost Ansicht, Sichtbetonklasse F5 [Schmid]



Abbildung 7.26: Ost Ansicht eingerüstet [Schmid]



Abbildung 7.27: Süd Ansicht, Nord Ansicht [Schmid]

### „2.1 Hybrid VMU“



Abbildung 7.28: Süd Ansicht, Nord- Ost Ansicht <sup>399</sup>

<sup>399</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.4,6.

### 7.6.2 Muster bzw. Probeflächen

#### F3 Trial Panel

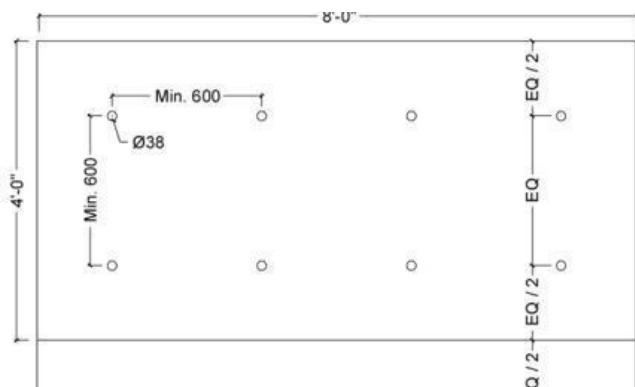


Abbildung 7.29: F3 Musterfläche, Plan und Ausführung <sup>400</sup>

Anforderung gemäß Leistungsbeschreibung M+ Museum in Kapitel 5.2.2 – 6. VII.

<sup>400</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.10.

F3+ Trial Panel

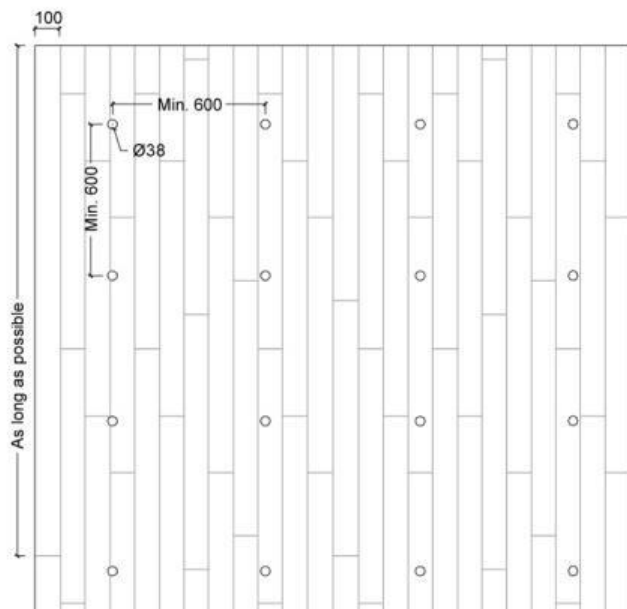


Abbildung 7.30: F3+ Musterfläche, Plan und Ausführung <sup>401</sup>

Anforderung gemäß Leistungsbeschreibung M+ Museum in Kapitel 5.2.2 - 6. VIII.

<sup>401</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.12.



F5 Trial Panel

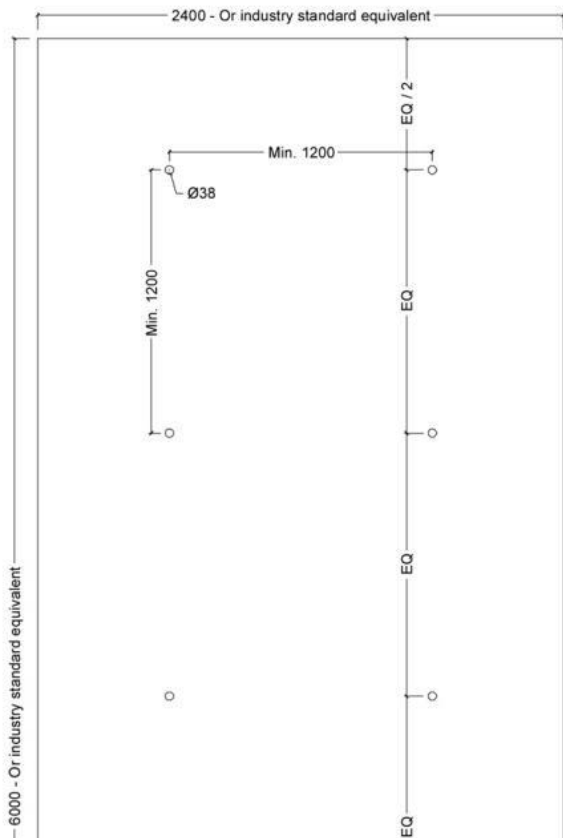


Abbildung 7.31: F5 Musterfläche, Plan und Ausführung <sup>402</sup>

Anforderung gemäß Leistungsbeschreibung M+ Museum in Kapitel 5.2.2 - 6. IX.

<sup>402</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.14.

### Datum- line Trial Panel



Abbildung 7.32: Anschluss unterschiedlicher Betonklassen <sup>403</sup>

Ziel der Datum-line Musterfläche ist es, den Anschluss bzw. Übergang zwischen unterschiedlichen Betonklassen ausführungstechnisch zu demonstrieren. Bei dieser Beprobungsfläche wurde der untere Betonierabschnitt mit Schalungsklasse F3+ und der obere Abschnitt mit F5 hergestellt.

---

<sup>403</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.15.

## 8 Qualität der Betonoberfläche

Um den Erfolg eines Sichtbeton-Projektes beurteilen zu können muss die Qualität der Betonoberfläche bewertet werden. Dazu wird ein Soll-Zustand definiert, ein Ist-Zustand aufgenommen und beurteilt sowie im Anschluss ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt.

### 8.1 Soll Zustand

Die unterschiedliche Interpretation der Leistungsbeschreibung des Sichtbetons, die unterschiedliche Vorstellung vom Aussehen des Sichtbetons und eine hohe Erwartungshaltung zur Qualität der Betonoberfläche kann Anlass für Streitigkeiten bieten. Daher ist es unumgänglich, den Soll-Zustand des Sichtbetons mit exakten Anforderungen und möglichst genauen Gestaltungsmerkmalen zu definieren. Allgemeine Bezeichnungen wie „Sichtbeton-Optik“, ohne zusätzliche Erläuterungen, sollte vermieden werden.

Beim Festlegen des Soll-Zustands ist zu beachten, dass jedes Bauteil aufgrund der Art, Lage und Abmessung sowie des Transports, Förderns und Einbringen des Betons ein Unikat darstellt. Weiters hat die Witterung und Temperatur einen signifikanten Einfluss auf Erosion, Altern und Farbveränderung des Betons. Sichtbetonbauwerke können daher niemals ganz ohne Unregelmäßigkeiten hergestellt werden. Die ÖVBB Richtlinie Sichtbeton gibt daher Grenzen zur Ausführbarkeit an:

Folgende Eigenschaften sind nicht bzw. nicht zielsicher herzustellen:

- *„gleichmäßiger Farbton aller Ansichtsflächen im Bauwerk*
- *porenfreie Ansichtsflächen*
- *gleichmäßige Porenstruktur (Porengröße und –verteilung) in einer Einzelfläche sowie in allen Ansichtsflächen im Bauwerk*
- *ausblühungsfreie Ansichtsflächen von Ortbetonbauteilen*
- *ungefaste, scharfe Kanten ohne kleinere Abbrüche und Ausblutungen, Farbton- und Texturgleichheit im Bereich von Schalungsstößen*
- *Deckenuntersichten ohne Rostspuren [...], insbesondere bei stark bewehrten und länger freiliegenden Bauteilen, ohne besondere Maßnahmen (z.B. Edelstahlbewehrung, Einhausung, Vorspannung)<sup>404</sup>*

<sup>404</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 25.

Folgende Abweichungen können nur eingeschränkt vermieden werden:

- *„Leichte Farbunterschiede zwischen aufeinander folgenden Schüttilagen*
- *Porenanhäufung im oberen Teil vertikaler Bauteile*
- *Abzeichnung der Bewehrung oder des Größtkorns*
- *geringfügige Ausblutung an Stößen zwischen Schalbrettern bzw. –elementen, Ankerlöcher u.ä.*
- *Schleppwassereffekte in geringer Anzahl und Ausdehnung*
- *Wolkenbildung und Marmorierungen*
- *Einzelne Kalk- und Rostfahnen an vertikalen Bauteilen, Rostspuren an Untersichten von horizontalen Bauteilen“<sup>405</sup>*

Die folgenden Abweichungen sind bei fachgerechter Ausführung und angemessener Sorgfalt im Allgemeinen vermeidbar:

- *„Fehler durch das Einbringen und Verdichten des Betons („Kiesnester“, stark sichtbare Schüttilagen u.ä.) [...]“*
- *Häufung von Rostfahnen an vertikalen Bauteilen sowie von Rostspuren durch zurückgelassene Bewehrungsreste an den Unterseiten horizontaler Bauteile [...]*
- *Heruntergelaufene Mörtelreste („Nasen“) durch undichte Arbeitsfugen an vertikalen Bauteilen [...]*
- *Unsaubere Kantenausbildung durch beschädigte, verrutschte oder ungeeignete Dreikant- bzw. Trapezleisten*
- *Versätze über 10 mm zwischen Schalelementstößen und an Bauteilanschlüssen*
- *Starke Ausblutung an Schalbrett- und Schalelementstößen sowie an Bauteilanschlüssen und Ankerlöchern (z.B. freiliegende Kornstruktur nach Austreten von Zementleim)*
- *Stark ausgeprägte Schleppwassereffekte [...]*
- *Unterschiedliche Oberflächenqualitäten (Farbton/Textur) durch unsachgemäß gelagerte Schalung [...]*
- *unsauberer oder uneinheitlicher Verschluss von Ankerlöchern (falls gefordert) [...]*

<sup>405</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. S. 25.

- *Beschriftungen und Markierungen auf Sichtbetonflächen [...]*<sup>406</sup>

## 8.2 Ist Zustand

Bei der Erfassung des Ist-Zustands ist grundsätzlich der Gesamteindruck des Sichtbetonbauteils als Abnahmekriterium für die vereinbarte Sichtbetonklasse relevant. Wie bereits im vorherigen Unterkapitel erwähnt, sind geringe Unregelmäßigkeiten nicht ganz ausschließbar.

Zur Beurteilung einer Sichtbetonfläche sind frisch ausgeschaltete Betonflächen meist ungeeignet. Die Oberfläche sollte eine angemessene Zeit zur Abtrocknung bekommen, sowie sollte mit der Beurteilung solange gewartet werden bis sich der Beton in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen und der Fertigungsreihenfolge stabilisiert hat. Die ÖVBB Richtlinie Sichtbeton legt eine Mindestdauer von 28 Kalendertagen zwischen Ausschalen und Beurteilung fest.

Zur Beurteilung der Sichtbetonflächen zählt grundsätzlich der Gesamteindruck aus einem üblichen bzw. angemessenen Betrachtungsabstand. Falls der Gesamteindruck nicht das vereinbarte Ergebnis erzielt, werden die Einzelkriterien zur Beurteilung verwendet.

Ein möglichst genaues, aussagekräftiges Protokoll der Beurteilung des Gesamteindrucks und/oder der Einzelkriterien mit Fotos zur nachvollziehbaren Dokumentation ist zielführend.

### 8.2.1 Gesamteindruck

Gemäß DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton ist die gestalterische Wirkung einer Sichtbetonfläche, nicht anhand von vereinbarter Einzelkriterien sondern nur in ihrer Gesamtwirkung angemessen beurteilbar. Deshalb besteht bei Nichteinhaltung vereinbarter Einzelkriterien keine Nachbesserungspflicht, solange der Gesamteindruck das verlangte Sichtbetonergebnis erzielt.<sup>407</sup> Bei der Beurteilung des Gesamteindrucks sollte auf zwei wichtige Punkte geachtet werden:

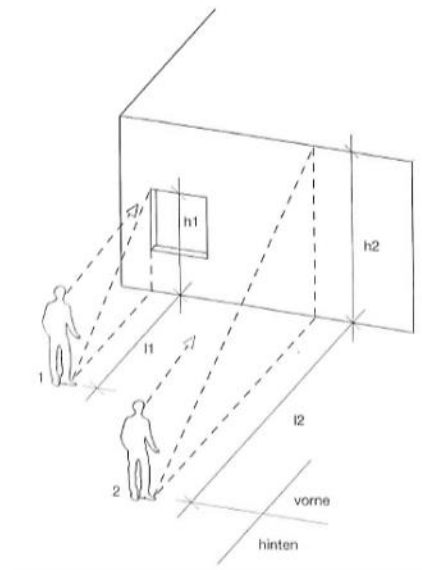
- ein angemessener Betrachtungsabstand
- Betrachtung unter üblichen Lichtverhältnissen

<sup>406</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschaltete Betonflächen. S. 25, 26.

<sup>407</sup> Vgl. DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V. (2015). DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“. S. 33.

### Betrachtungsabstands:

Ein angemessener Betrachtungsabstand entspricht in der Regel dem Abstand der üblichen, späteren Gebäudenutzung. Dabei gilt als üblich, dass kleinere Flächen einen geringeren, und größere Flächen einen größeren Betrachtungsabstand benötigen. In Abbildung 8.1 ist das optimale Verhältnis zwischen Betrachtungsobjekt und Betrachtungsabstand dargestellt.



<sup>1</sup> bei kleineren Besichtigungsflächen (h1), geringer Abstand (l1)

<sup>2</sup> bei größeren Besichtigungsflächen (h2), entsprechend weiterer Abstand (l2)

Abbildung 8.1: angemessener Betrachtungsabstand <sup>408</sup>

Es sollte weiters darauf geachtet werden, dass die zu beurteilende Sichtbetonfläche frei und ohne Hindernisse einsehbar ist. Baugerüste können den Betrachtungsabstand einengen und die Beurteilung des Gesamteindrucks erheblich einschränken oder behindern (Abbildung 8.2).

<sup>408</sup> SCHULZ, J.: Handbuch Sichtbeton- Beurteilung und Abnahme. S.95.

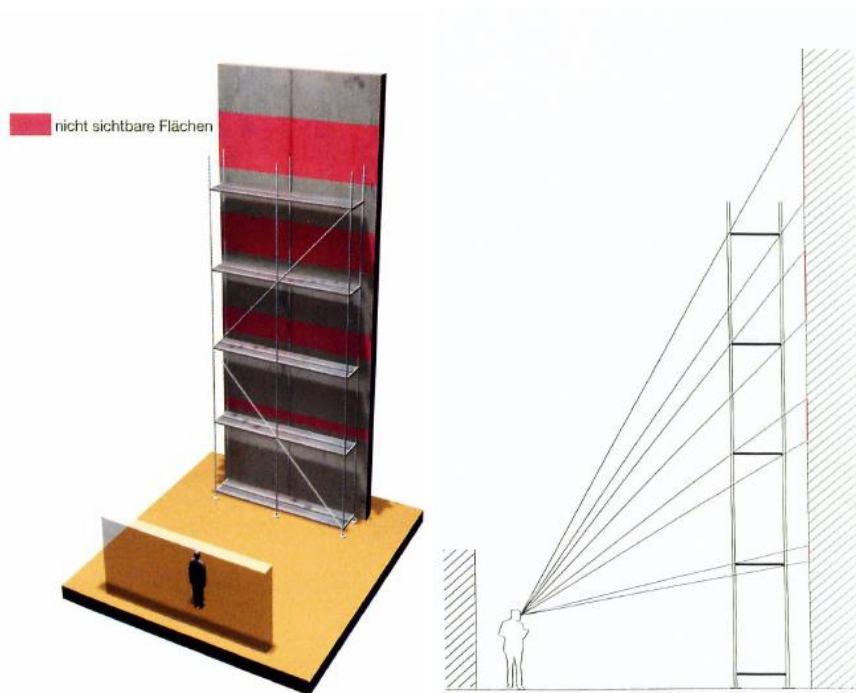


Abbildung 8.2: Behinderung des Gesamteindrucks <sup>409</sup>

### Lichtquelle -verhältnisse:

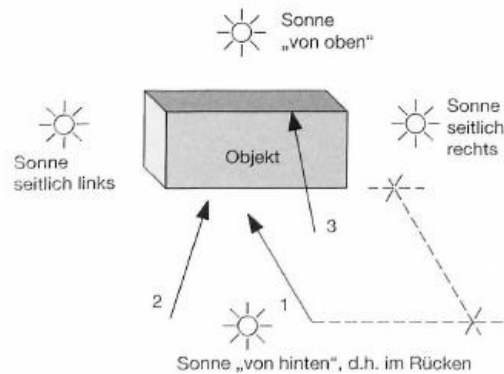
Die Beurteilung sollte stets unter normalen Tageslichtverhältnissen durchgeführt werden, wobei künstliches Streiflicht nicht zur Bewertung zugelassen ist.<sup>410</sup>

Die Lage der Lichtquelle und in weiterer Folge die unterschiedlichen Einfallswinkeln haben eine deutliche Auswirkung auf das Aussehen des Sichtbetons und können daher ungleiche Ergebnisse liefern. Allgemein kann der Lichteinfall in fünf Sonnenstände unterschieden werden (Abbildung 8.3):

- Sonne von oben (Streiflicht)
- Sonne von hinten (Fassade im Gegenlicht)
- Sonne von rechts (Streiflicht)
- Sonne von links (Streiflicht)
- Sonne von vorne (Fassade im Schatten)

<sup>409</sup> SCHULZ, J.: Handbuch Sichtbeton- Beurteilung und Abnahme. S.96.

<sup>410</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Handbuch Sichtbeton- Beurteilung und Abnahme. S.98.



- <sup>1</sup> übliche Betrachtung im rechten Winkel mit angemessenem Betrachtungsabstand
- <sup>2</sup> unübliche Betrachtung, schräg von der Seite
- <sup>3</sup> unübliche Betrachtung direkt vor dem Objekt, von unten nach oben gesehen

Abbildung 8.3: Lichteinfall Sonne <sup>411</sup>

Dabei sind mit einer Lichtquelle von oben Vor- und Rücksprünge innerhalb einer Fassade deutlich besser erkennbar als mit einer von hinten (Fassade im Gegenlicht). Auch bei Lichteinfall von der Seite werden Unebenheiten stärker hervorgehoben als bei einem im Schatten liegenden Bauteil.

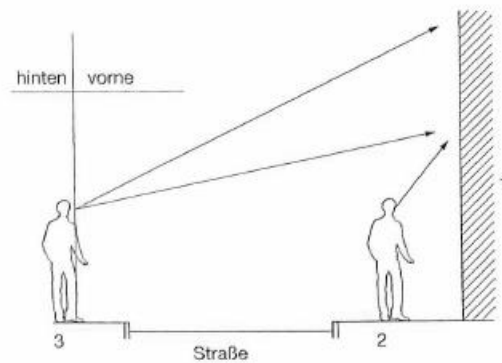
Infolgedessen sollte die Lage der Lichtquelle während der Beurteilung festgehalten werden, um eine Nachvollziehbarkeit zu schaffen und in das vorher erwähnte Protokoll aufgenommen werden.

<sup>411</sup> SCHULZ, J.: Handbuch Sichtbeton- Beurteilung und Abnahme. S.99.



## 8.2.2 Einzelkriterien

Die Einzelkriterien werden bauteilbezogen beurteilt. Im Gegensatz zum Gesamteindruck werden Einzelkriterien mit geringem Betrachtungsabstand beurteilt, wie in Abbildung 8.4 Punkt 2 gezeigt.



<sup>1</sup> übliche Betrachtung im rechten Winkel mit angemessenem Betrachtungsabstand

<sup>2</sup> unübliche Betrachtung, schräg von der Seite

<sup>3</sup> unübliche Betrachtung direkt vor dem Objekt, von unten nach oben gesehen

Abbildung 8.4: Betrachtungsabstand im Vergleich <sup>412</sup>

Zu den Einzelkriterien zählen:

- Textur:  
Ausblutungen, Kiesnester, Schüttlagen, Schleppwassereffekt, Abzeichnung von Abstandhaltern, Abzeichnung von Befestigungsmitteln, Grate
- Porigkeit:  
Poren, Lunker
- Farbtongleichmäßigkeit:  
Hell- Dunkelverfärbungen, Rostspuren, Ausblühungen, Abzeichnung der Bewehrung, Abzeichnung von Abstandhaltern, Abzeichnung von Kanthölzern, Schuhabdrücke
- Ebenheit:  
Versatz Schalhautstoß, Ausbildung von Grate, Kratzer, Schrammen
- Arbeits- und Schalhautfugen:

<sup>412</sup> SCHULZ, J.: Handbuch Sichtbeton- Beurteilung und Abnahme. S.96.

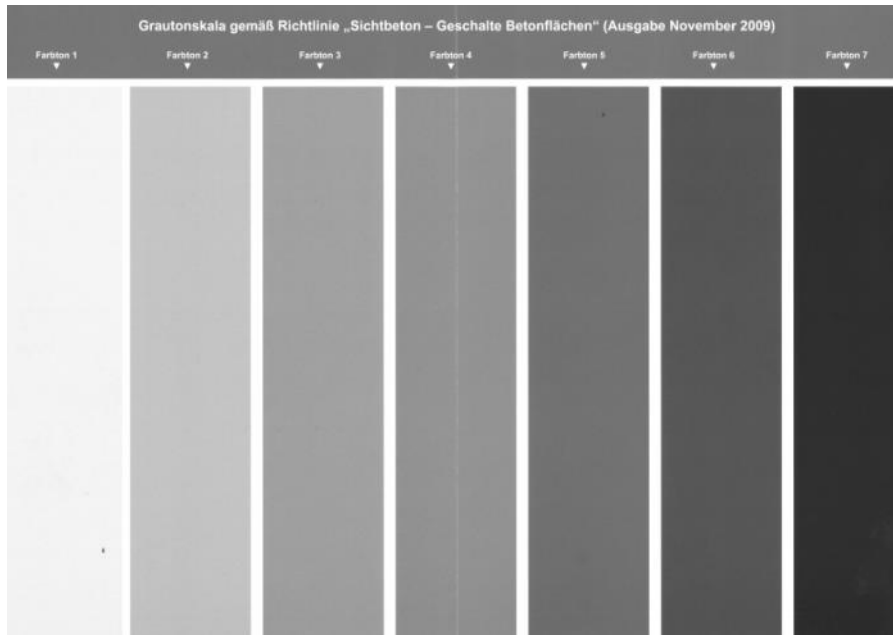
Mörtelreste, Betonnasen, Ankerlöcher, Versatz Schalhautstoß, undichter Schalungsstoß

- Risse:

Lage, Rissverlauf, Rissbreite, Risstiefe, Risstypen (Haarrisse, NetZRisse, Trennrisse, Kerbrisse, Abriss)

Bei den Einzelkriterien erfolgt die Beurteilung nach technisch messbaren Anforderungen und ästhetischen Anforderungen. Die technischen Gestaltungsmerkmale lassen kaum Spielraum für Interpretationen, da deren Einhaltung objektiv messbar sind (Porigkeit, Ebenheit, Arbeitsfugen, u.ä.). Im Gegensatz dazu stellt die ästhetische Beurteilung eine gewisse Hürde dar, weil die Einhaltung dieser Gestaltungsmerkmale von der subjektiven Wahrnehmung der zu beurteilenden Personen abhängt (Farbe, Farbtongleichmäßigkeit).

Die ÖVBB Richtlinie Sichtbeton bietet für die ästhetische Beurteilung der Farbtongleichmäßigkeit eine Hilfestellung an. Zur Beurteilung bzw. Prüfung der Farbtongleichmäßigkeit wird eine mitgelieferte Grautonskala verwendet (Abbildung 8.5). Als Prüfungskriterium wird der Farbtonunterschied zwischen den vereinbarten Prüflosen lt. Grautonskala herangezogen. Je nach Anforderungsklasse sind unterschiedlich große Farbtonunterschiede bzw. Abweichungen zugelassen, wie Tabelle 5.5 im Detail erläutert.

Abbildung 8.5: ÖVBB Grautonskala <sup>413</sup>

### 8.3 Soll-Ist-Vergleich

Ein Sichtbetonprojekt kann als erfolgreich bezeichnet werden, wenn der visuell wahrnehmbare Gesamteindruck sämtlicher Sichtbetonflächen dem Gestaltungskonzept entspricht, welches im Gebäudeentwurf, der Werkplanung und der Leistungsbeschreibung festgelegt wurde.

Unter Berücksichtigung der Grenzen der Ausführbarkeit und Einhaltung größter Sorgfalt können trotzdem vertraglich vereinbarte Abweichungen auftreten. Diese Abweichungen der Sichtbetonfläche können aufgrund von einer festgelegten Beeinträchtigung des in Kapitel 8.2.1 erwähnten Gesamteindrucks, einer festgelegten Überschreitung der in Kapitel 8.2.2 erwähnten Einzelkriterien oder einer festgelegten Beeinträchtigung durch andere Einwirkungen (Witterung, Nachfolgegewerke) entstehen.

Damit Abweichungen festgestellt und dokumentiert werden können, muss eine Beurteilung des Ist-Zustandes vom Sichtbetonbauwerk bzw. Bauteil erfolgen und mit dem Soll-Zustand verglichen werden. Eine genaue Dokumentation bzw. Beschreibung von Ursache, Art und Ausprägung der Abweichung ist zielführend.

<sup>413</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (2009), Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. Grautonskala.S. 2.

Die Beseitigung von Abweichungen in Form von Betonkosmetik und Betoninstandsetzung sollte im Vorfeld von allen am Bau Beteiligten über Ausmaß, Bedeutung und Nachbesserungsbedarf geklärt werden. Die Instandsetzungsarbeiten müssen nicht nur den technischen Richtlinien, sondern auch der Optik entsprechen. Um die vereinbarte Sollqualität der Sichtbetonfläche mittels Betonkosmetik zu erreichen, können drei verschiedene Verfahren eingesetzt werden:<sup>414</sup>

- Betonkosmetik:  
Korrektur der Betonfehlstellen (Porenbildung, Kiesnester, usw.) mittels Spezial-Spachtelmassen
- Betonretusche:  
Beseitigung von Farbunterschieden (Wolkenbildung, Marmorierungen, usw.) mittels farbiger Pigmente/Matrix
- Farblasur:  
Ausgleichen des Farbtons mittels Farblasur unter Beibehaltung des Sichtbetoncharakters

Um eine Betoninstandsetzung frei von Sachmängeln zu gewährleisten, wird die Beauftragung eines sachkundigen Planers mit der Ist-Zustandserfassung, dem Instandsetzungskonzept und einer Instandhaltungsplanung empfohlen.<sup>415</sup>

Für verbleibende Abweichungen, die dem Soll-Zustand nicht entsprechen, erfolgt eine Mängelbeurteilung. Dabei haben sich die Verfahren der Zielbaumethode nach *Aurnhammer* und das Verfahren nach *Oswald und Abel* bewährt.

---

<sup>414</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton–Mängel- Gutachterliche Einstufung, Mängelbeseitigung, Betoninstandsetzung und Betonkosmetik. S.206.

<sup>415</sup> Vgl. SCHULZ, J.: Sichtbeton–Mängel- Gutachterliche Einstufung, Mängelbeseitigung, Betoninstandsetzung und Betonkosmetik. S.200.

## 8.4 M+ Museum

In diesem Kapitel wird die Qualität der Sichtbetonfläche der Mock-ups und Musterflächen untersucht.

### 8.4.1 Mock-ups

#### „2.0 VMU“

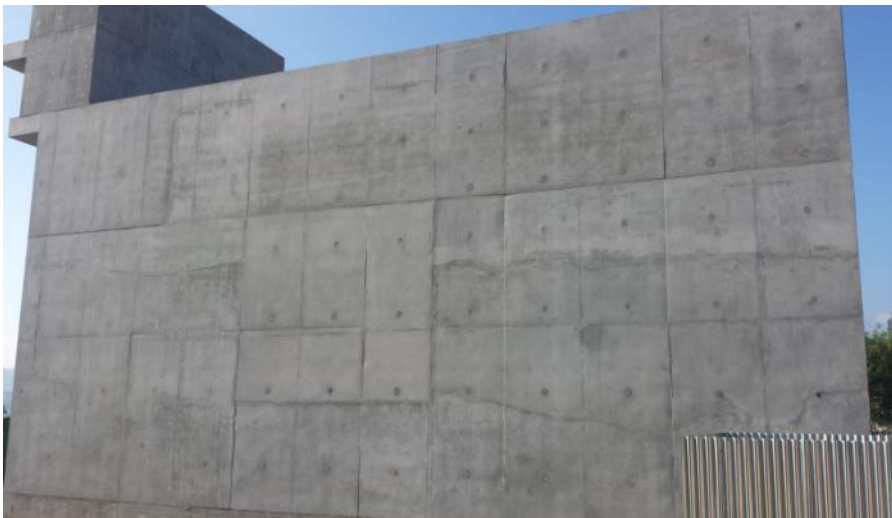


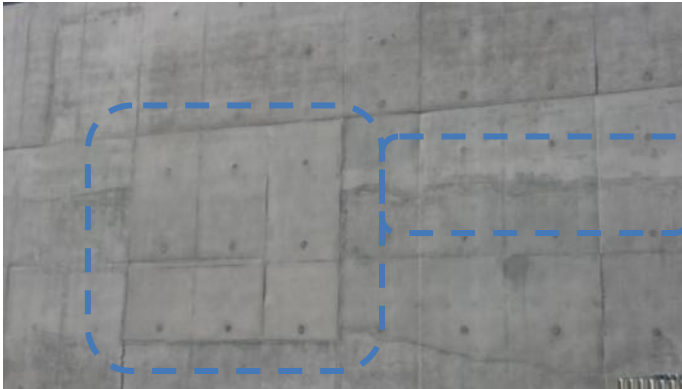
Abbildung 8.6: Mock-up 2.0 VMU [Schmid]

#### **Beschreibung:**

Das „2.0 VMU“ wurde vor Vergabe der Hauptbaumaßnahme M+ Museum errichtet. Aufgrund eines fehlgeschlagenen Ausschreibungsverfahrens wurden diese Arbeiten direkt an ein kleines unabhängiges Bauunternehmen vergeben. Der Bau dieses Mock-ups erfüllt den Sinn und Zweck, die Erwartungshaltung der Sichtbetonarbeiten den Bietern der Hauptbaumaßnahme zu demonstrieren.

Der Ausbau des Mock-ups ist jedoch Vertragsbestandteil der Hauptbaumaßnahme M+ Museum. Dabei hat der AN für den Innenausbau die Herstellung von bestimmten Gestaltungselementen und ausgewählten Oberflächen zu demonstrieren sowie Benchmarkflächen zu erstellen.

Der Innenausbau ist für das Thema Sichtbeton an sich von nachrangiger Bedeutung, weshalb nachfolgend nur die Sichtbetonflächen des unabhängigen Bauunternehmens in Form von Bildern beurteilt werden.

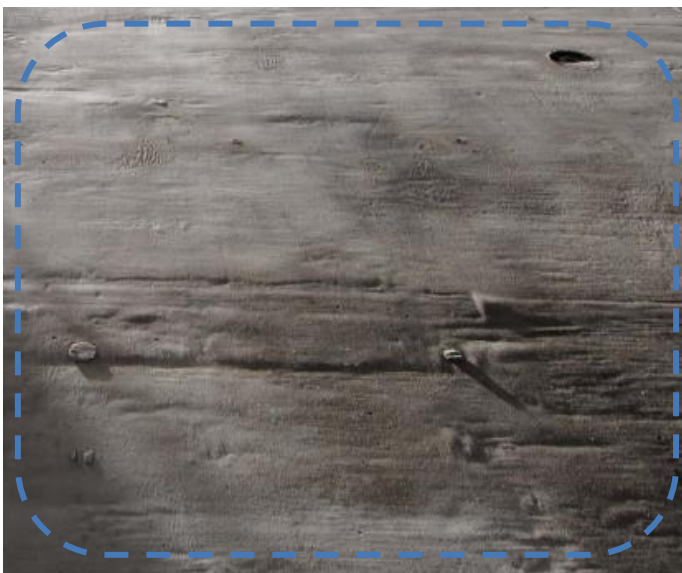


Farbtonunterschied:

nicht akzeptabel. Wechselwirkung mit Trennmittel und Schalhaut.

Schüttlage deutlich sichtbar. Schutz vor Witterung beim Betonieren beachten.

Abbildung 8.7: 2.0 VMU [Schmid]

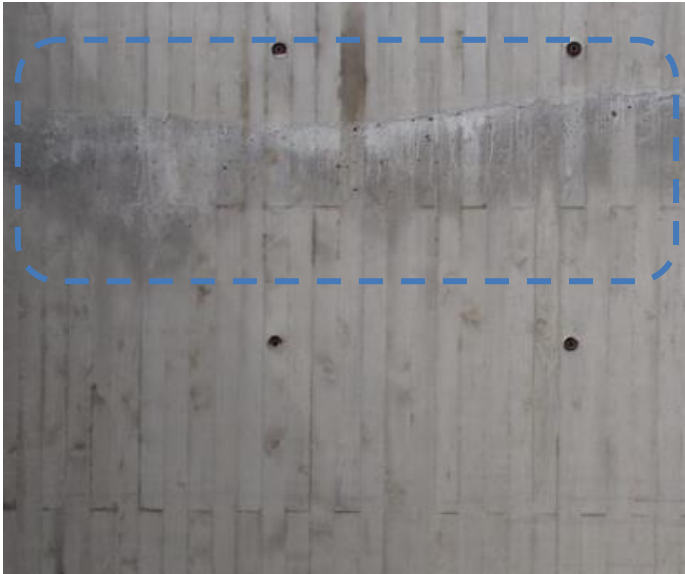


Unebenheiten in der Oberfläche:

Die Schalung ist während der Lagerung und beim Einschalen vor Verschmutzung, Beschädigung und Witterungseinflüssen zu schützen.

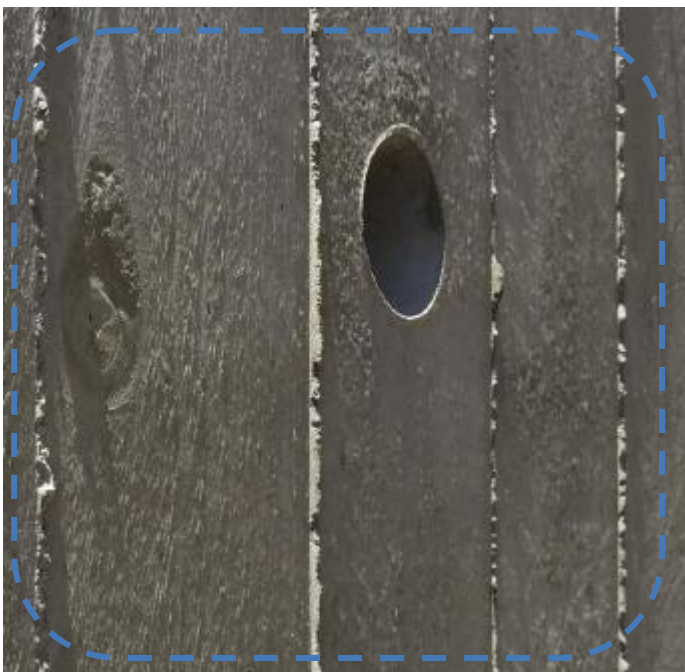
Abbildung 8.8: 2.1 VMU <sup>416</sup>

<sup>416</sup> TFP FARRELS (2015): Concrete formed finishes – VMU Photo record. S.8.



Fertige Betonoberfläche darf keine sichtbaren Betonierfugen aufweisen. Die oberste Schüttlage muss beim Einbringen des Betons vor Schlechtwetter geschützt werden.

Abbildung 8.9: 2.1 VMU<sup>417</sup>



Grate, Textur:

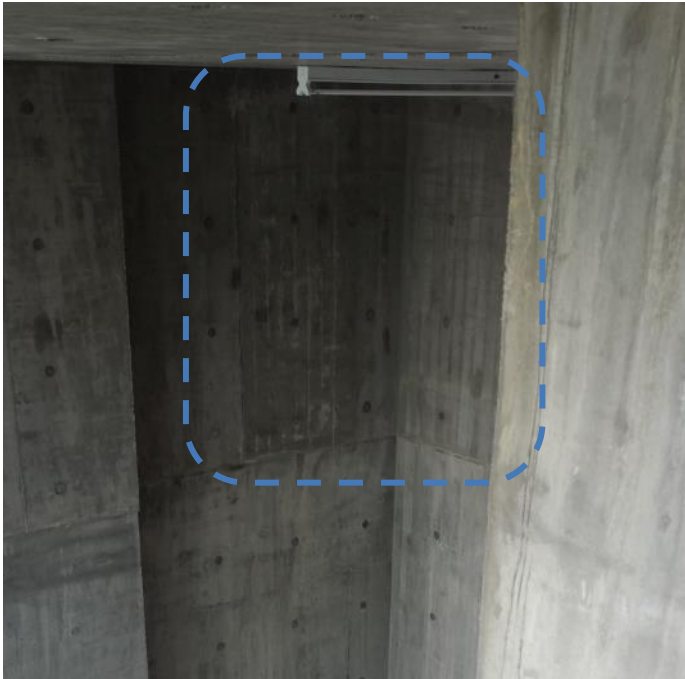
Undichter Schalhautstoß zwischen den einzelnen Brettern.

Die Entfernung der Grate kann ohne Vorankündigung an den AG ausgeführt werden. Es dürfen nur Verfahren angewandt werden, welche die Oberfläche nicht beschädigen oder verfärben.

Abbildung 8.10: 2.0 VMU<sup>418</sup>

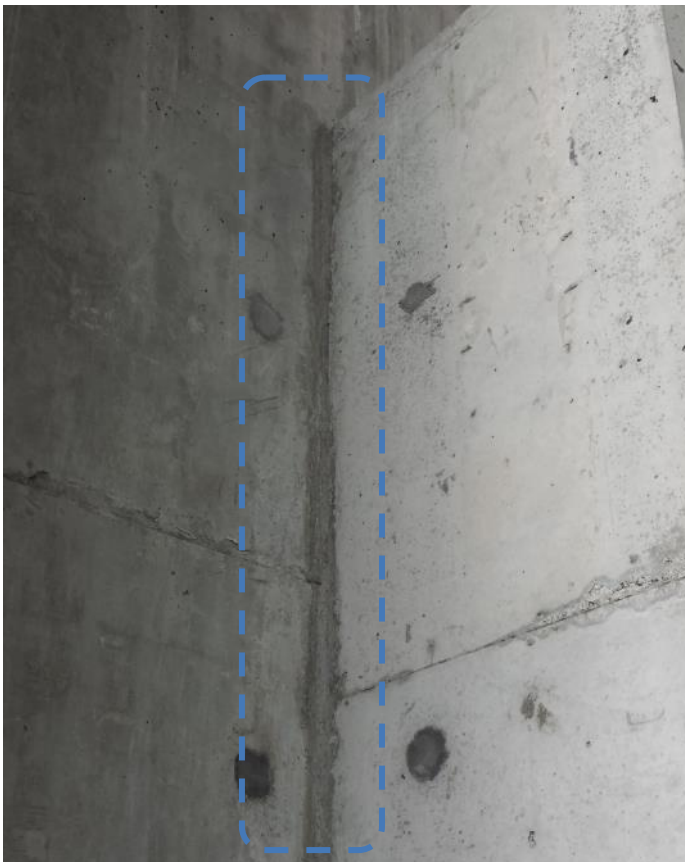
<sup>417</sup> TFP FARRELS (2015): Concrete formed finishes – VMU Photo record. S.11.

<sup>418</sup> TFP FARRELS (2015): Concrete formed finishes – VMU Photo record. S.15.



Verfärbungen aufgrund ungleicher Auftragung des Trennmittels

Abbildung 8.11: 2.0 VMU [Schmid]



Ausbildung der Ecke nicht akzeptabel.

Undichter Schalhautstoß  
fehlende oder nicht geeignete Fugenabdichtung

Abbildung 8.12: 2.0 VMU [Schmid]



## „2.1 Hybrid VMU“



Abbildung 8.13: Mock-up 2.1 Hybrid VMU, Südansicht<sup>419</sup>

### Beschreibung:

Das „2.1 Hybrid VMU“ ist ein zusätzliches Bauwerk im Vertrag für die Hauptbaumaßnahme M+ Museum. Anhand dieses Mock-up hat das Bauunternehmen die Arbeitsweise für den Betoniervorgang und den Ausbau zu demonstrieren sowie zu zeigen, dass die Qualität des Musterbauwerks „2.0 VMU“ eingehalten werden kann. Das „2.1 Hybrid VMU“ repräsentiert verschiedene typische Details, Teile des Betonfachwerkträgers sowie Elemente der Ausstellungsbereiche im Kellergeschoss und muss ab Auftragsbeginn in 200 Tagen fertiggestellt sein.

<sup>419</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.4.

Zu den anspruchsvollsten Betonelementen des VMU zählen:

- herstellen eines geneigten Betonfachwerkträgers
- herstellen einer geneigten Deckenuntersicht
- herstellen einer runden Öffnung in einer geneigten Deckenuntersicht
- herstellen einer zickzackförmigen Nut für die Einbindung des zickzackartigen Fassadensystems

Der Sinn und Zweck des Mock-up hat außer der oben erwähnten Punkte weitere Gründe. Zum einen bietet es tiefere Einblicke in die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen dem Bauunternehmen und deren Sub-Unternehmer, der Praxiserfahrung und den Lieferantenbeziehungen. Zum anderen können Bautoleranzen, Bauprozesse und Ablaufplanung sowie Einschätzung und Überwachung von Risiken begutachtet werden.



Abbildung 8.14: Mock-up 2.1 Hybrid VMU, Nord- Ostansicht<sup>420</sup>

<sup>420</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.5.



Abbildung 8.15: Mock-up 2.1 Hybrid VMU, Nord- Westansicht<sup>421</sup>

**Gesamteindruck:**<sup>422</sup>

Die folgenden Kriterien sind akzeptabel:

- Gestaltung und Geometrie
- Schalungsbild und Ankerraster
- Demonstration von Schalungs- und Geometrieabstimmung sowie der Ablaufplanung

<sup>421</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.6.

<sup>422</sup> Vgl. TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.9.

Die folgenden Kriterien sollen überprüft und verbessert werden:

- Ausführung (Einbringen des Betons, Verhinderung von Entmischungen)
- Verwendung von geeigneten Zubehörmaterialien (Abdichtungsband, gekrümmtes Schalzubehör, Gewebeband)
- Management/Überwachung zur Einhaltung von Arbeitsprozessen und Plänen (Trichterrohr zur Betoneinbringung, usw.)

Folgend werden nun die Einzelkriterien untersucht.

#### Einzelkriterien:<sup>423</sup>

- Geometrie: kein Einwand
- Schalungsbild: kein Einwand
- Schalungsbild mit Ankerraster: kein Einwand

- Luftporen/ Lunker:

Ansammlungen von Luftporen im oberen Bereich des Fachwerkträgers vermutlich aufgrund schlechter Verdichtung sichtbar. Kann möglicherweise durch Aufbringung eines geeigneten Trennmittels verringert werden. Die Bildung von großen Luftporen kann durch fachgerechte Einbringung des Betons vermieden werden.

- Entmischung:

Entmischungen, größtenteils in Verbindung mit Schalungsklasse F3+ sind nicht akzeptabel. Die Entmischung des Betons ist in den Ecken, Wandsockeln, Kanten von Öffnungen und Aussparungen sowie zwischen den einzelnen Schalungsbrettern (Klasse F3+) aufgetreten.

Entmischungen sind vermutlich auf schlechte Dichtheit der Schalung, nicht konformes Einbringen des Betons durch Verzicht auf Trichterrohre und Betonierschläuche sowie unzureichendes Rütteln zurückzuführen.

- Ecken:

Die Bautoleranzen der Ecken beim Herstellen der Aussparung für die Löschwasseranschlüsse sind überschritten worden.

Nicht normgerechte Ecken können nach Freigabe des AG verbessert werden.

<sup>423</sup> Vgl. TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.7ff.

- Ausschalen und Entfernen der Schalung:

Aufgrund nicht fachgerechtem ausschalen und entfernen der Schalung sind in der Nut des Betonfachwerkträgers Betonstücke herausgebrochen.

- Ankerraster: kein Einwand

- Ausführung der Ankerlöcher:

Generell kein Einwand. Allerdings sind in einigen Fällen die Ankerlochkonen nicht richtig an die Schalhaut befestigt worden, wodurch beim Ausschalen Beschädigungen rund um das Ankerloch entstanden sind. Dieser Mangel ist von allen Sichtbetonflächen in den vom Publikum zugänglichen Bereichen zu beseitigen.

- Verschluss der Ankerlöcher: muss noch überprüft werden

- Trennmittel: Verfärbung und Wolkenbildung

Ist aufgrund unterschiedlichen Auftrags des Trennmittels entstanden. Maßnahmen zum Ausgleichen oder entfernen der Farbtonungleichmäßigkeiten sind vom AN auszuführen.

- Überprüfung Feinmörtelaustritt:

Generell sind Fugen dicht auszuführen um einen Feinmörtelaustritt zu verhindern. Ein geeignetes Abdichtungsband ist hierfür zu verwenden. Durch die mangelhafte Ausführung der Fuge am Schalungsfuß sind Entmischungen, Freilegung der Gesteinskörnung und Verfärbungen aufgetreten.

Die Entmischungen im unteren Bereich der zweiten Schüttlage werden vermutlich durch die Kombination aus Bluten des Betons und nicht geeignetem Abdichtungsband verstärkt. Es ist zu untersuchen, ob das Abdichtungsband aufgrund der faserigen Struktur dem Beton Wasser entzieht.

Der Arbeitsvorgang zum Abdichten der Schalung ist zu untersuchen sowie ist ein dichteres oder ein auf neoprenbasierendes Abdichtungsband in Betracht zu ziehen.

Das verwendete Abdichtungsband hat folgende Eigenschaften:

- ist faserförmig und hinterlässt eingelassene Überreste in der Betonoberfläche. Dadurch entsteht Feuchtigkeit, Schimmel und Verfärbungen.
- Hinterlässt haftende Spuren an der Betonoberfläche.

- Ausbildung von Arbeitsfugen: kein Einwand

- Zusätzliche Anmerkungen:

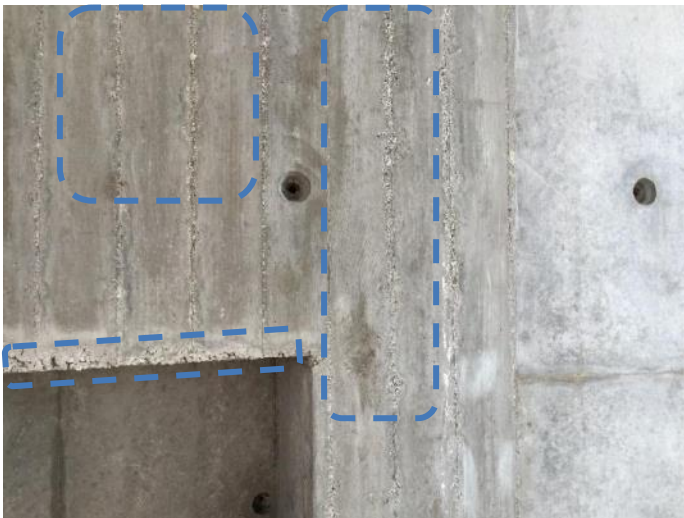
Klebebänder (Duct tape) sind keine geeigneten Zubehörmaterialien. Duct tape ist nicht durchlässig und faserig und stellt eine Sperr-

schicht innerhalb des Betons dar, wodurch dünne Schichten an der Betondeckung entstehen, die beim Innenausbau (z.B. montieren von Aufzugs- oder Lichtschalterblenden) zu Bruch gehen. Es sind geeignete Gewebefaserbänder zu verwenden.

Gekrümmte Flächen sind mit einer Rundschalung herzustellen. Polygonale Krümmungen aufgrund gerader Elemente sind nicht zulässig. Die runde Öffnung in der Decke des 2.0 VMU ist nicht LV konform geschalt worden sowie wurde zum Abdichten Duct Tape verwendet.

Einbauteile wie Anschlussdosen haben sich innerhalb der geschlossenen Schalung verschoben. Die Position der Einbauteile ist nicht richtig dokumentiert worden. Beim Wiederherstellen der Position der Anschlussdosen ist die Betonoberfläche beschädigt worden.

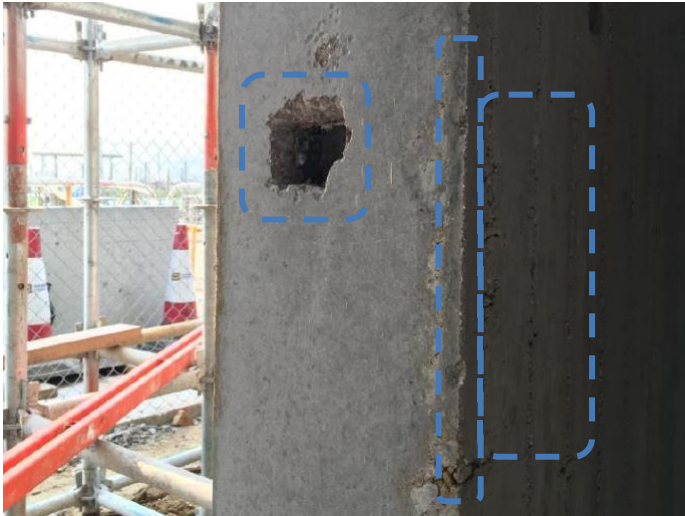
Baumängel in Form von Entmischungen/Kiesnester und Rissbildung, die bis zur Bewehrung reichen, wurden festgestellt. Der AN hat Sanierungsmaßnahmen für die Wiederherstellung einzureichen.



Entmischungen/Kiesnester:  
undichter Schalhautstoß  
an allen Kanten  
zwischen den Schalbrettern der  
F3+ Schalfläche

Abbildung 8.16: 2.1 VMU <sup>424</sup>

<sup>424</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.13.



Entmischungen/Kiesnester:  
an allen Kanten  
zwischen den Schalbrettern der  
F3+ Schalfläche

Einbauteile:  
Beschädigung beim Wiederherstellen der Anschlussdosenposition  
Anschlussdose ist beim Betonieren nach innen gedrückt worden

Abbildung 8.17: 2.1 VMU <sup>425</sup>



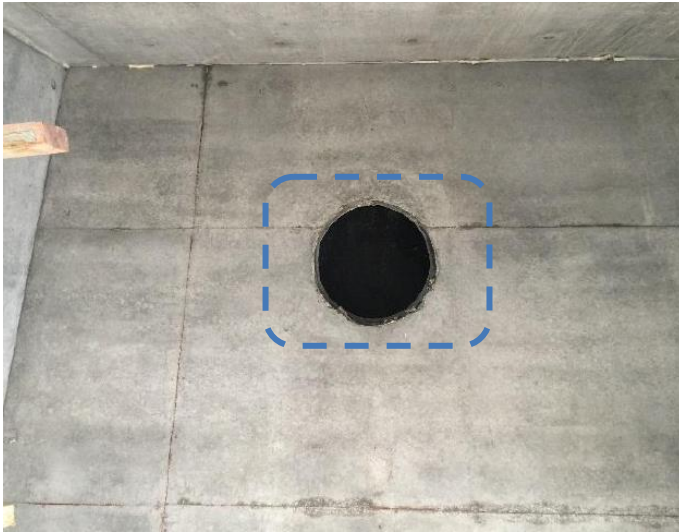
Einbettung des Schaumabdichtungsbands in der Arbeitsfuge

Geeignete Arbeitsfugenbänder sind einzusetzen (gummibasierend), die den hydrostatischen Druck standhalten und keine Abdrücke in der Betonoberfläche hinterlassen

Abbildung 8.18: 2.1 VMU <sup>426</sup>

<sup>425</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.13.

<sup>426</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.13.



Zur Herstellung der Öffnung wurde keine Rundschalung verwendet. Gemäß LV sind polygonale Krümmungen nicht zulässig.

Entlang der Öffnung ist Duct Tape sichtbar. Fiba Tape, PermaBase oder ähnliche Glasgewebebänderprodukte für Ortbeton sind zu verwenden.

Abbildung 8.19: 2.1 VMU <sup>427</sup>



Mörtelaustritt

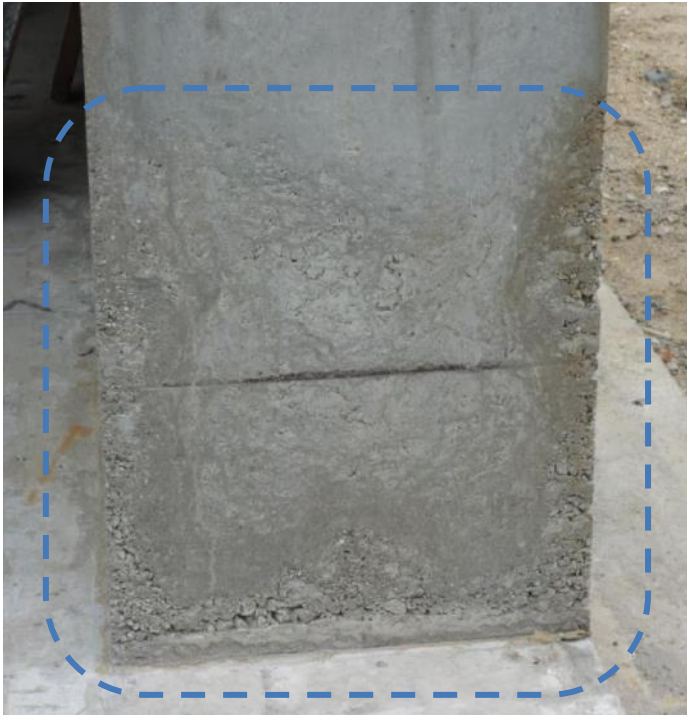
Verklebte Bereiche aufgrund eines haftenden Abdichtungsbandes

Abbildung 8.20: 2.1 VMU <sup>428</sup>

<sup>427</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.14.

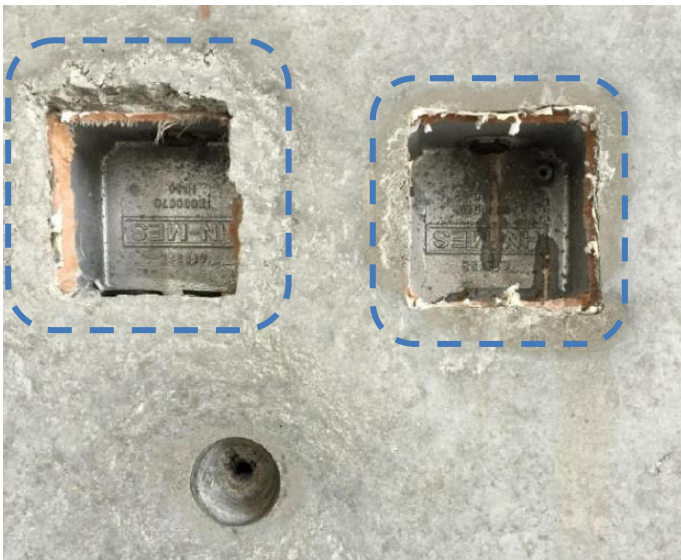
<sup>428</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.14.





Kiesnester:  
Auslaufen des Zementleims an  
Kanten und am Wandsockel

Abbildung 8.21: 2.1 VMU <sup>429</sup>



Das verwendete Klebeband ist  
nicht geeignet, wodurch eine  
Trennung innerhalb des Betons  
erzeugt wurde. Die entstandenen  
Kanten weisen Abplatzungen und  
Verfärbungen auf, die gestalte-  
risch unästhetisch wirken und  
nicht sauber ausgeschnitten wer-  
den können.

Abbildung 8.22: 2.1 VMU <sup>430</sup>

<sup>429</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.15.

<sup>430</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.15.



Verwendung von nicht geeignetem Duct Tape wie in Abbildung 8.19 beschrieben.

Abbildung 8.23: 2.1 VMU <sup>431</sup>



Geschalte Kante entspricht nicht den Bautoleranzen

Abbildung 8.24: 2.1 VMU <sup>432</sup>

<sup>431</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.16.

<sup>432</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.16.



Flecken und Wolkenbildung aufgrund ungleicher Auftragung des Trennmittels

Abbildung 8.25: 2.1 VMU <sup>433</sup>



Baumangel aufgrund freigelegter Bewehrung. Der AN ist aufgefordert Sanierungsmaßnahmen einzureichen.

Der Schaden ist aufgrund unachtsamen Ausschalens entstanden.

Abbildung 8.26: 2.1 VMU <sup>434</sup>

<sup>433</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.16.

<sup>434</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.17.



Bereiche von Luftporen. Der Rüttelvorgang oder der Auftrag des Trennmittels ist zu überprüfen.

Abbildung 8.27: 2.1 VMU <sup>435</sup>



Gegenüberliegende Schalungshäupter sind gemäß Planung nicht parallel auszuführen.

Deshalb können die Schalungsankerkonen nicht fest an der Schalungshaut befestigt werden, wodurch beim Ausschalen die Sichtbetonoberfläche rund um die Ankerlöcher beschädigt wurde.

In der Hauptbaumaßnahme ist besondere Aufmerksamkeit auf die Herstellung von nicht parallelen Schalungshäuptern zu legen.

Abbildung 8.28: 2.1 VMU <sup>436</sup>

<sup>435</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.17.

<sup>436</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.18.



Abstandhalter haben sich während dem Betonieren gelöst und sind an der Deckenunterseite sichtbar.

Abbildung 8.29: 2.1 VMU <sup>437</sup>



Lose Holzstücke sind an der Deckenunterseite sichtbar.

Abbildung 8.30: 2.1 VMU <sup>438</sup>

---

<sup>437</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.18.

<sup>438</sup> TFP FARRELS (2016): VMU Inspection Report- Report No.1. S.18.

## 8.4.2 Muster bzw. Probeflächen

### F3 TRIAL PANEL



Abbildung 8.31: F3 Trial Panel [Schmid]

#### **Gesamteindruck:**<sup>439</sup>

Nicht akzeptabel. Die Musterfläche muss abgebrochen und wiederhergestellt werden.

Folgend werden nun die Einzelkriterien untersucht.

#### **Einzelkriterien:**<sup>440</sup>

- Schalungsbild: keine negative Anmerkung
- Toleranzen: nicht akzeptabel  
Ebenheitstoleranzen beider Betonierabschnitte und in der Arbeitsfuge sind nicht akzeptabel
- Ecken: nicht akzeptabel  
Schalungsabdrücke sind in der Oberfläche sichtbar

<sup>439</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.3.

<sup>440</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.2ff.

- Farbtongleichheit: im Allgemeinen zufriedenstellend

Jedoch sind Farbunterschiede, vermutlich aufgrund von schlecht abgedichteten Schalhautfugen oder Schmutz an der Schalhaut sichtbar.

Maßnahmen sind vorzunehmen, um die Schalung vor Umwelteinflüssen und dem Baustellenbetrieb zu schützen. Die Schalung muss vor Beginn der Schal- und Betonierarbeiten gereinigt und inspiziert werden. Die Reparatur von beschädigten Schalelementen darf keinen Einfluss auf die Farbe der fertigen Betonoberfläche nehmen.

- Farbtongleichmäßigkeit zwischen unterschiedlichen Betongütern:

Nicht akzeptabel. Farbe zwischen den zwei Betongütern ist nicht einheitlich.

- Ankerraster: keine negative Anmerkung
- Ausführung der Ankerlöcher: keine negative Anmerkung
- Verschluss der Ankerlöcher: nicht akzeptabel.

Verfüllung der Ankerlöcher ist frühzeitig und schlecht ausgeführt.

Erst nach Inspektion der Musterfläche durch den AG dürfen die Arbeiten ausgeführt werden. Dabei sollen die Ankerlöcher auf einer Seite der Musterfläche eben verfüllt und auf der anderen Seite bis 5 mm unterhalb der Betonoberfläche verfüllt werden.

- Trennmittel: Alternative Trennmittel sind nicht getestet worden.
- Überprüfung Feinmörtelaustritt:

Sanierungsmaßnahmen in Form von reinigen und schleifen des ausgetretenen Feinmörtels sind ohne Freigabe des AG ausgeführt worden.

Generell sind Fugen dicht auszuführen um einen Feinmörtelaustritt zu verhindern. Ein geeignetes Abdichtungsband ist hierfür zu verwenden. Durch die mangelhafte Ausführung der Fuge am Schalungsfuß sind Entmischungen, Freilegung der Gesteinskörnung und Verfärbungen aufgetreten.

Die Methodik zum Herstellen von Arbeitsfugen muss überarbeitet werden und ein dichteres Abdichtungsband soll in Betracht gezogen werden.

- Ausbildung von Arbeitsfugen:

Ausrichtung und Ausbildung der Arbeitsfugen ist nicht akzeptabel. Sanierungsmaßnahmen sind ohne Freigabe des AG ausgeführt worden. Die Ausführung, Dichtheit und Ausrichtung der Arbeitsfugen müssen verbessert werden. Aufgrund der undichten Fuge im zweiten Betonierabschnitt ist die Ebenheit der horizontalen Arbeitsfuge nicht akzeptabel.

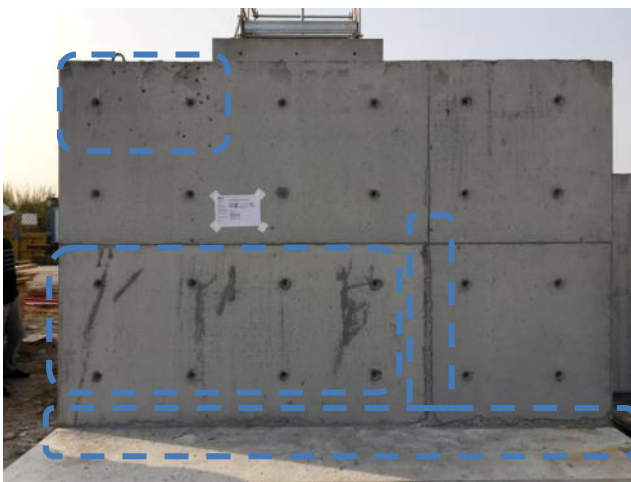
Verfärbung der Arbeitsfuge ist nicht akzeptabel. Anzeichen von Entmischung und Austritt des Feinmörtels in der Arbeitsfuge. Die Ausführung, Dichtheit und Ausrichtung der Arbeitsfugen müssen verbessert werden.

- Zusätzliche Anmerkungen:

Ansammlungen von Luftporen/Lunker und großen Poren sind nicht akzeptabel, die aufgrund einer schlechten Verdichtung des Betons entstehen.

Beschädigungen der Schalhaut durch Kontakt mit dem Rüttler sind nicht akzeptabel. Die beschädigte Holzschalungshaut verursachte Entmischungen des Betons und verbleibende Schalungsrückstände in der Betonoberfläche.

Freigelegte Bewehrung mit anschließender Sanierung ist generell nicht akzeptabel.



Vorderseite:

Luftporenansammlungen

Schlechte Oberflächenqualität aufgrund beschädigter Schalung

Austritt von Fugenmörtel an Arbeitsfugen und Schalungsfuß

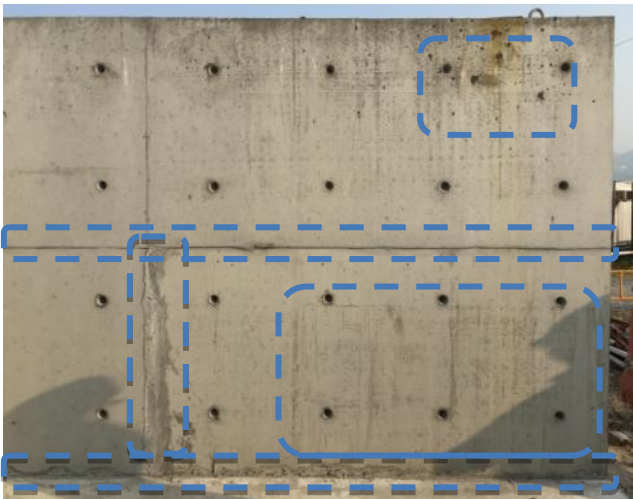
Abbildung 8.32: F3 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]





Porigkeit:  
Porenauffüllung ist nicht akzeptabel

Abbildung 8.33: F3 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



Rückseite:

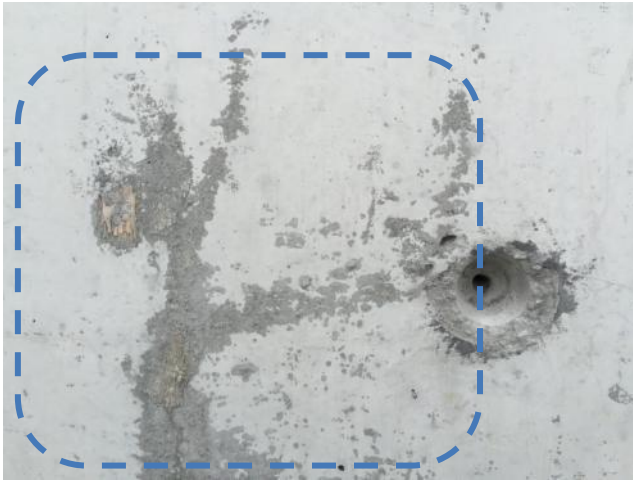
Luftporenansammlungen

Austritt von Fugenmörtel an Arbeits-  
fugen und Schalungsfuß

Horizontale Arbeitsfuge nicht eben

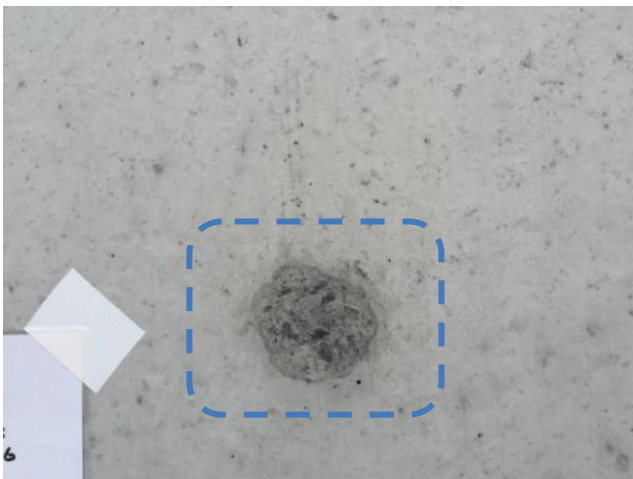
Patina Effekt aufgrund verschmutz-  
tem oder fehlerhaftem Schalungspa-  
neel

Abbildung 8.34: F3 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



Verbleibende Schalungsrückstände in der Betonoberfläche sind nicht akzeptabel

Abbildung 8.35: F3 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



Ankerloch:  
Verschluss des Ankerloches ist nicht akzeptabel

Abbildung 8.36: F3 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]

## F3+ TRIAL PANEL



Abbildung 8.37: F3+ Trial Panel [Schmid]

### Gesamteindruck:<sup>441</sup>

Generell akzeptabel, jedoch muss der zweite Betonierabschnitt mehr überwacht werden. Die Musterfläche muss abgebrochen und wiederhergestellt werden.

Folgend werden nun die Einzelkriterien untersucht.

### Einzelkriterien:<sup>442</sup>

- Schalungsbild: Künstliches einkerben der Schalungsbretter, um den Effekt von gestoßenen Brettern zu erzielen, ist nicht zulässig.
- Toleranzen: keine negative Anmerkung
- Ecken: keine negative Anmerkung
- Farbtongleichheit: keine negative Anmerkung

<sup>441</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.5.

<sup>442</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.4.

- Farbtongleichmäßigkeit zwischen unterschiedlichen Betongütern:

keine negative Anmerkung

- Ankerraster: keine negative Anmerkung
- Ausführung der Ankerlöcher: keine negative Anmerkung
- Verschluss der Ankerlöcher: nicht getestet.

Erst nach Inspektion der Musterfläche durch den AG dürfen die Arbeiten ausgeführt werden. Dabei sollen die Ankerlöcher auf einer Seite der Musterfläche eben verfüllt und auf der anderen Seite bis 5 mm unterhalb der Betonoberfläche verfüllt werden.

- Trennmittel: nicht überprüft.
- Überprüfung Feinmörtelaustritt:

Generell sind Fugen dicht auszuführen um einen Feinmörtelaustritt zu verhindern. Ein geeignetes Abdichtungsband ist hierfür zu verwenden. Durch die mangelhafte Ausführung der Fuge am Beginn des zweiten Betonierabschnitts sind Entmischungen, Freilegung der Gesteinskörnung und Verfärbungen aufgetreten.

Die Methodik zum Herstellen von Arbeitsfugen muss überarbeitet werden und ein dichteres Abdichtungsband soll in Betracht gezogen werden.

- Ausbildung von Arbeitsfugen:

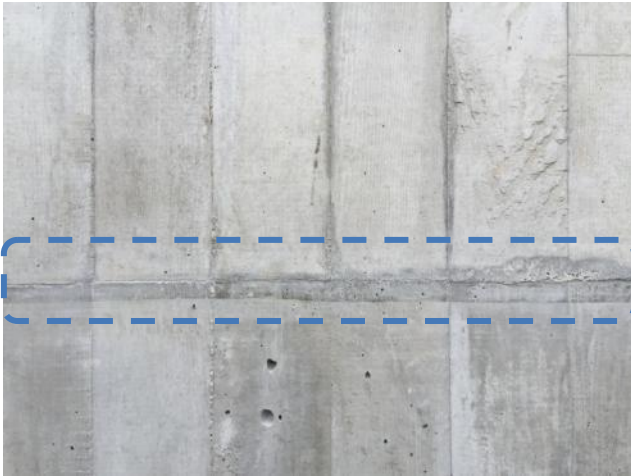
keine negative Anmerkung

Verfärbung der Arbeitsfuge ist nicht akzeptabel. Aufgrund der Verklebung des Abdichtungsbands auf den Beton anstatt auf die Schalung sind Verfärbungen aufgetreten. Die Methodik und/oder das Zubehörmaterial muss verbessert werden.

- Zusätzliche Anmerkungen:

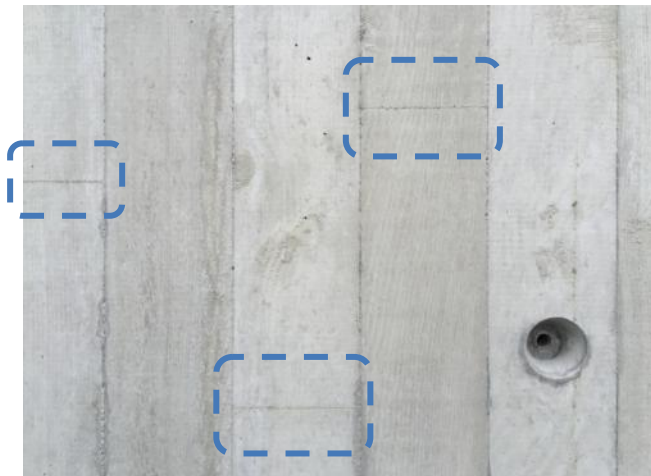
Die Schalung des zweiten Betonierabschnitts verursacht Abdrücke und Einkerbungen im ersten Betonierabschnitt. Der Arbeitsvorgang des zweiten Betonierabschnitts muss geändert werden, sodass der erste Betonierabschnitt geschützt wird. Die Verwendung eines doppelten Abdichtungsbands soll in Betracht gezogen werden.

Ein weiteres Detail von Einlegerohre soll hergestellt werden, bei dem die Kanten der Rohre nicht zurechtgeschnitten werden und die Fasern des Abdichtungsbands sichtbar sind.



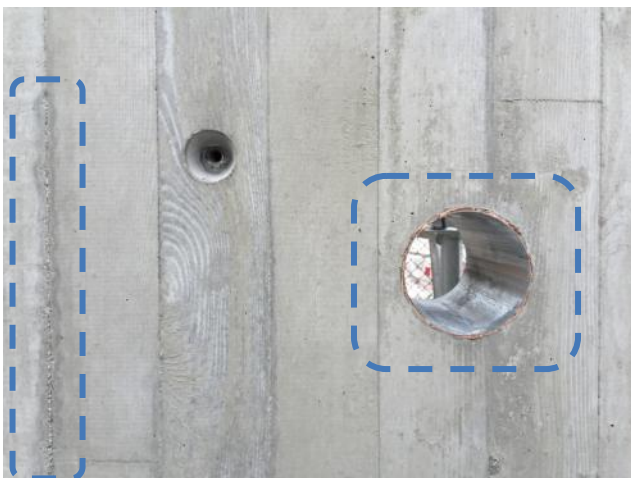
Abdrücke und Verfärbungen des Abdichtungsbandes in der Arbeitsfuge

Abbildung 8.38: F3+ Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



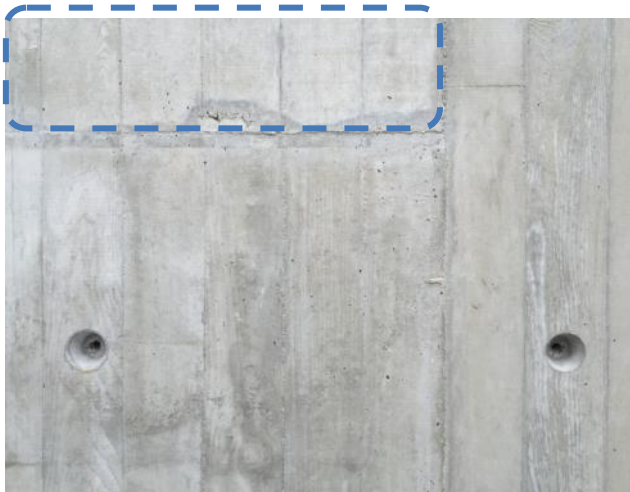
Arbeitsfugen:  
Falsche Stoßfugen durch einkerben der Schalungsbretter

Abbildung 8.39: F3+ Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



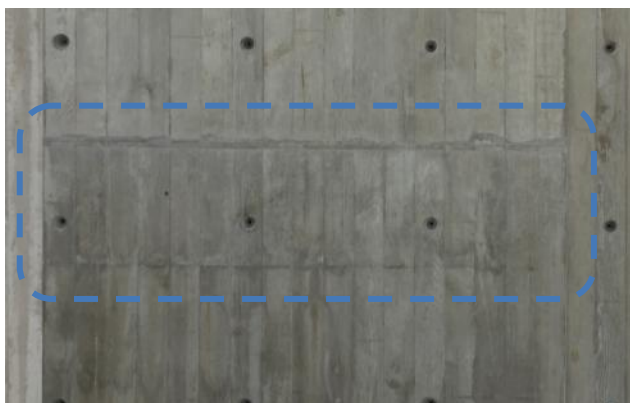
nach dem Ausschalen zurechtgeschnittenes Einlegerohr, ausgefranztes Abdichtungsband  
Feinmörtelaustritt bei der Schalhautfuge

Abbildung 8.40: F3+ Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



Die Wiederverwendung des Schalungselements ermöglicht eine bessere Farbtongleichmäßigkeit.

Abbildung 8.41: F3+ Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



Beschädigung der Oberfläche im ersten Betonierabschnitt durch die Befestigung der Schalung für den zweiten Betonierabschnitt.

Abbildung 8.42: F3+ Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]

## F5 TRIAL PANEL



Abbildung 8.43: F5 Trial Panel [Schmid]

### **Gesamteindruck:**<sup>443</sup>

Nicht akzeptabel. Die Musterfläche muss abgebrochen und wiederhergestellt werden.

Folgend werden nun die Einzelkriterien untersucht.

### **Einzelkriterien:**<sup>444</sup>

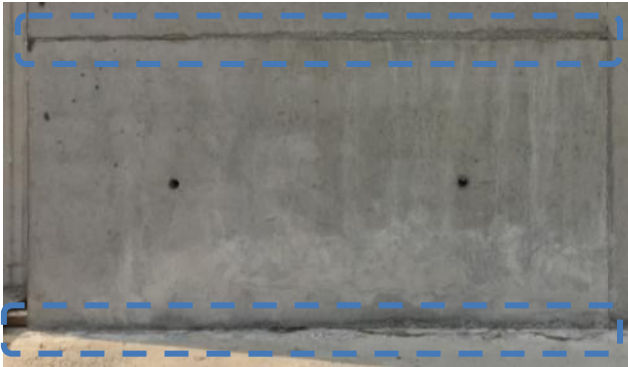
- Schalungsbild: keine negative Anmerkung
- Toleranzen: nicht akzeptabel  
Ebenheitstoleranzen der Arbeitsfugen sind nicht akzeptabel. Verbesserung notwendig
- Ecken: nicht akzeptabel  
Betonentmischung an den Ecken überschreitet die Toleranz gemäß Leistungsbeschreibung
- Farbtongleichheit: keine negative Anmerkung

<sup>443</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.6.

<sup>444</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.7.

- Farbtongleichmäßigkeit zwischen unterschiedlichen Betongütern:  
keine negative Anmerkung
- Ankerraster: keine negative Anmerkung
- Ausführung der Ankerlöcher: nicht akzeptabel  
Ankerlöcher sind nicht sauber ausgeschalt. Die Verwendung alternativer Ankerlochkonus, wie bei der F3+ Musterfläche ausgeführt, soll in Betracht gezogen werden.
- Verschluss der Ankerlöcher: nicht getestet.  
Erst nach Inspektion der Musterfläche durch den AG dürfen die Arbeiten ausgeführt werden. Dabei sollen die Ankerlöcher auf einer Seite der Musterfläche eben verfüllt und auf der anderen Seite bis 5 mm unterhalb der Betonoberfläche verfüllt werden.
- Trennmittel: Alternative Trennmittel sind nicht getestet worden.
- Überprüfung Feinmörtelaustritt:  
Sanierungsmaßnahmen in Form von reinigen und schleifen des ausgetretenen Feinmörtels sind ohne Freigabe des AG ausgeführt worden.  
  
Generell sind Fugen dicht auszuführen um einen Feinmörtelaustritt zu verhindern. Ein geeignetes Abdichtungsband ist hierfür zu verwenden. Durch die mangelhafte Ausführung der Fuge am Schalungsfuß sind Entmischungen, Freilegung der Gesteinskörnung und Verfärbungen aufgetreten.  
  
Die Methodik zum Herstellen von Arbeitsfugen muss überarbeitet werden und ein dichteres Abdichtungsband soll in Betracht gezogen werden.
- Ausbildung von Arbeitsfugen:  
keine negative Anmerkung  
  
Verfärbung der Arbeitsfuge ist nicht akzeptabel. Anzeichen von Entmischung und Austritt des Feinmörtels in der Arbeitsfuge. Die Ausführung, Dichtheit zum zweiten Betonierabschnitt und Ausrichtung der Arbeitsfugen müssen verbessert werden.
- Zusätzliche Anmerkungen:  
Große Poren / Lunker sind unzulässig.  
  
Verfärbungen sind entlang der ersten Schüttlage sichtbar. Beim Betonieren sind Maßnahmen zum Schutz des Betons vor Umwelteinflüssen zu treffen.



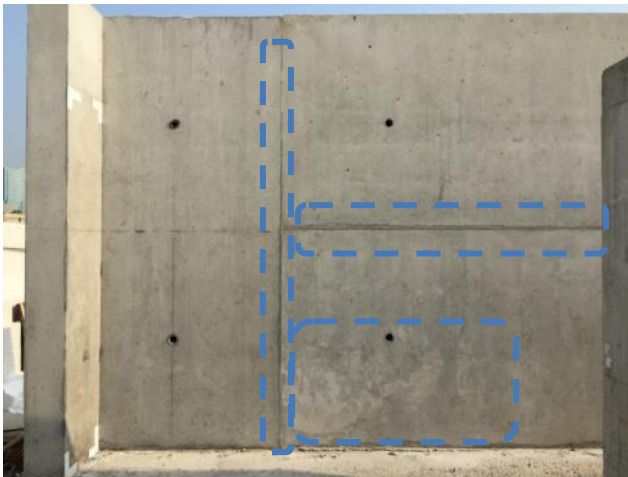


Oberfläche zwischen den Schüttilagen ist nicht glatt und bündig

Verfärbungen an Fugen und Ecken

Entmischung und Feinmörtelaustritt am Schalungsfuß

Abbildung 8.44: F5 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]

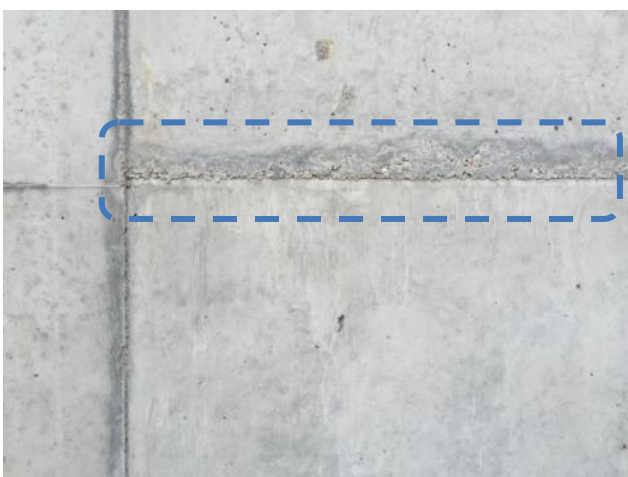


Beschädigung der ersten Schüttilage durch Umwelteinflüsse

Oberfläche zwischen den Schüttilagen ist nicht glatt und bündig

Verfärbungen an Fugen und Ecken

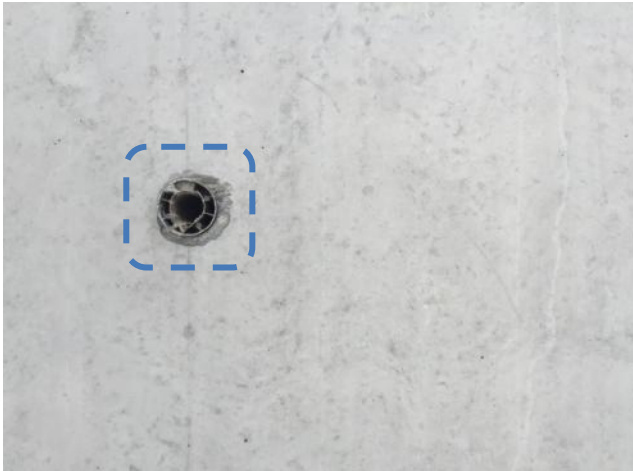
Abbildung 8.45: F5 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



Kiesnester:

Auslaufen des Zementleims entlang der Arbeitsfuge

Abbildung 8.46: F5 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



Ausführung der Ankerlöcher unzulässig. Verwendung alternativer Ankerlochkonen.

Abbildung 8.47: F5 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



Verfärbungen und Entmischungen entlang der vertikalen Arbeitsfuge.

Abbildung 8.48: F5 Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]

## DATUM-LINE TRIAL PANEL

(Anschluss/ Übergang verschiedener Betonklassen)



Abbildung 8.49: Datum-line Trial Panel [Schmid]

**Gesamteindruck:**<sup>445</sup>

Zufriedenstellend.

Folgend werden die Einzelkriterien untersucht.

---

<sup>445</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.9.

**Einzelkriterien:**<sup>446</sup>

- Schalungsbild: keine negative Anmerkung
- Toleranzen: keine negative Anmerkung
- Ecken: nicht zutreffend
- Farbtongleichheit: keine negative Anmerkung
- Farbtongleichmäßigkeit zwischen unterschiedlichen Betongütern:  
nicht zutreffend
- Ankerraster: keine negative Anmerkung
- Ausführung der Ankerlöcher: keine negative Anmerkung
- Verschluss der Ankerlöcher: nicht getestet.

Erst nach Inspektion der Musterfläche durch den AG dürfen die Arbeiten ausgeführt werden. Dabei sollen die Ankerlöcher auf einer Seite der Musterfläche eben verfüllt und auf der anderen Seite bis 5 mm unterhalb der Betonoberfläche verfüllt werden.

- Trennmittel: Alternative Trennmittel sind nicht getestet worden.
- Überprüfung Feinmörtelaustritt: keine negative Anmerkung
- Ausbildung von Arbeitsfugen:  
keine negative Anmerkung

Neuerliche Überprüfung notwendig. Farbtonunterschied im ersten Betonierabschnitt zwischen den Schüttilagen könnte in Folge des Aushärtens verschwinden.

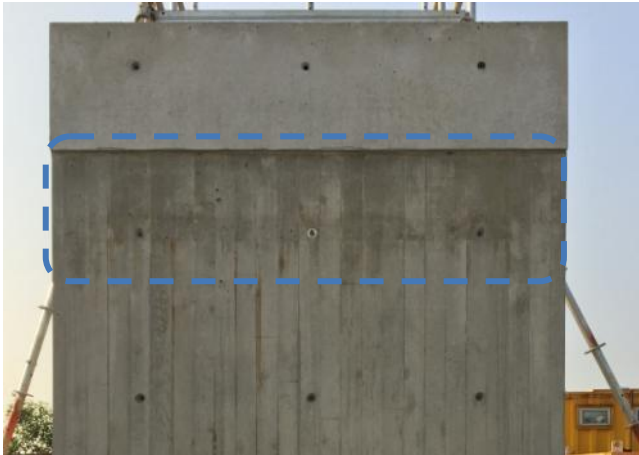
- Zusätzliche Anmerkungen:

Anzeichen von Rostspuren. Maßnahmen sind in Bezug auf die Sauberkeit der Schalung und Dichtheit der Arbeitsfugen vorzunehmen.

Anzeichen von Beschädigung der Betonoberfläche durch Baustellenbetrieb und/oder Demontage des Gerüst. Maßnahmen sind vorzunehmen, um die Sichtbetonoberfläche vor Umwelteinflüssen und dem Baustellenbetrieb zu schützen.

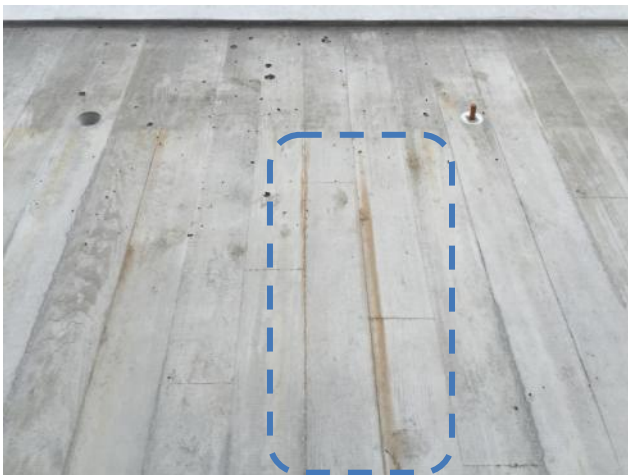
---

<sup>446</sup> TFP FARRELS (2016): Trial Panel Inspection Report- Report No.1. S.8.



Verfärbung oder Beschädigung ist neuerlich nach dem Aushärtungsvorgang zu überprüfen

Abbildung 8.50: Datum-line Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]



Rostflecken

Abbildung 8.51: Datum-line Trial Panel Einzelkriterien [Schmid]

## 9 Zusammenfassung

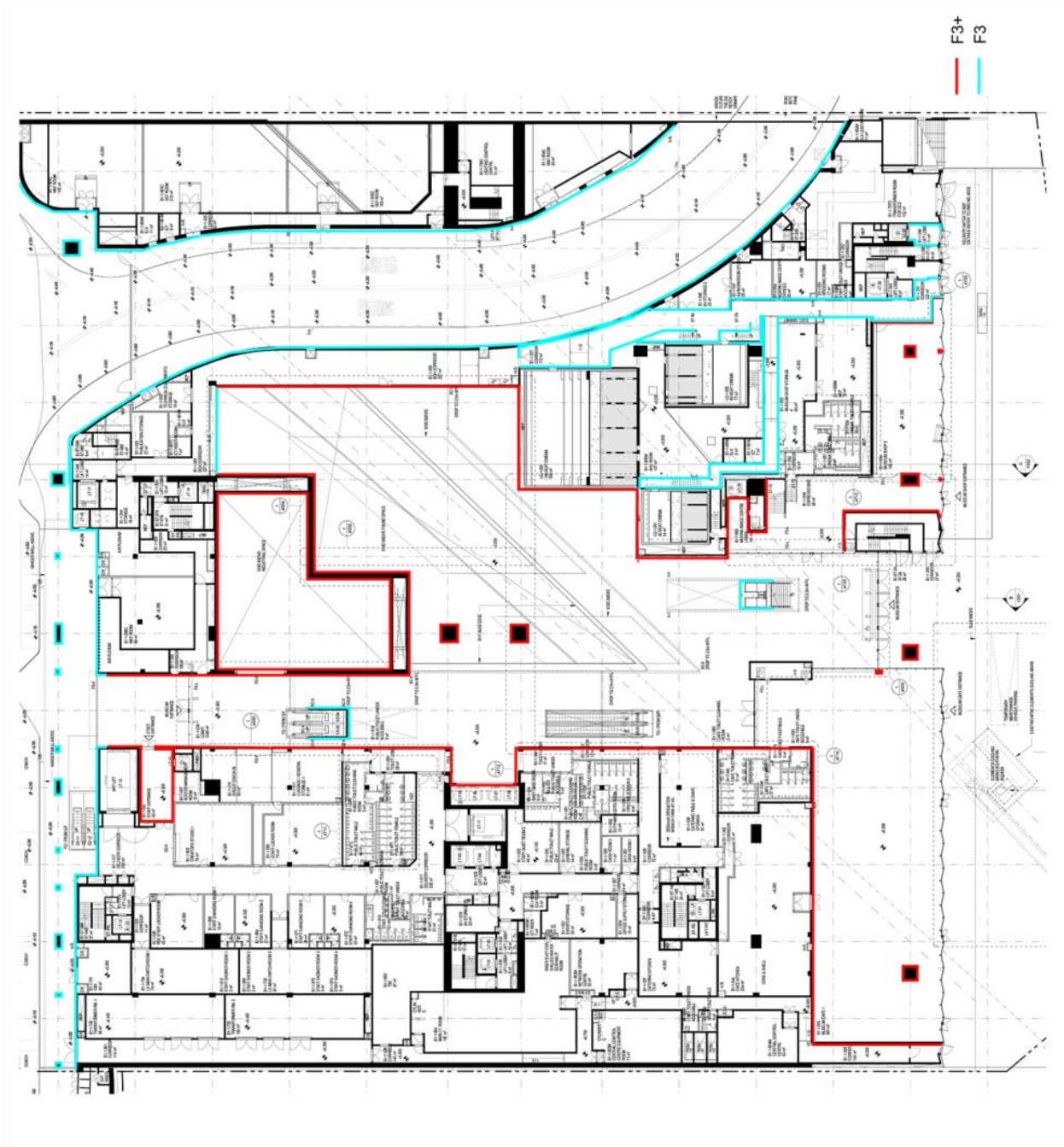
Wie bereits in der Situationsanalyse erkannt, stellt die Realisierung von hochwertigen Sichtbetonbauwerken eine besonders schwierige Bauaufgabe dar, da ein großes Know-how von allen Projektbeteiligten vorausgesetzt wird und zusätzlich eine hohe Präzision in der Planung, Ausschreibung, Arbeitsvorbereitung und Bauausführung gefordert wird.

Auf der Grundlage vom modifiziertem Bauablauf, der eine Sichtbetonkoordination von der Planung bis zur Ausführung vorsieht, wurde die Koordination von Bauprozessen mit dem System BIM erweitert. Wie festgestellt, soll BIM eine interdisziplinäre, gewerkübergreifende Planung und durchgängige Kommunikation mit sämtlichen Projektbeteiligten schaffen und Schnittstellenprobleme vermindern. Die BIM-Methodik bietet somit in der Schalungstechnik großes Potential für Effizienzsteigerung im Planungs- und Ausführungsprozess. Am Beispiel M+ Museum konnte der Mehrwert des BIM Modells für die Koordination der Bauprozesse anhand der Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten, einer besseren Überwachung und gemeinsamen Weiterentwicklung des Modells dargestellt werden. Wie gezeigt, werden in der Ausschreibung die Grundvoraussetzungen vom AG festgelegt, die die Leistungserbringung mit den gewünschten Anforderungen bestimmt. Dabei sollten die einzelnen Produktionsfaktoren und deren Auswirkung genau berücksichtigt sowie der bereits erläuterte Inhalt zur Leistungsbeschreibung formuliert werden, damit ein bestmögliches Sichtbetonergebnis erzielt werden kann. Bei der Erstellung der Leistungsbeschreibung M+ Museum wurde versucht, die Gestaltungsmerkmale so präzise zu beschreiben, dass möglichst wenig Spielraum für Interpretation in Bezug auf die Sichtbetonanforderungen zugelassen wird, was im Vergleich mit den Regelwerken ÖNORM B2211:2009, ÖVBB Richtlinie-Geschalte Betonflächen 2009 und dem DVB/VBZ Merkblatt „Sichtbeton“ 2005 bewiesen wurde. In der Arbeitsvorbereitung stehen unterschiedliche Schalungssysteme, Schalhäute und Zubehörmaterialien zur Auswahl, die vom AN auf die gewünschten Sichtbetonanforderungen angepasst werden müssen. Wie am Beispiel M+ Museum gezeigt, beinhaltet dies eine eigene Herstellung der Schalhautkonstruktion für die Sichtbetonklasse F3+ oder Arbeitsanweisungen in Form von typischen Details und Leitplänen zur Sichtbetongestaltung. Bei der Bauausführung muss strengstens darauf geachtet werden, dass die in der Leistungsbeschreibung angeführten Sichtbetonanforderungen in Bezug auf Schalen, Bewehren, Betonieren und Schutz der Betonoberfläche eingehalten werden. Wie sich bei der Bauausführung im Projekt M+ herausstellte, war die Vereinbarung zur Herstellung von Musterflächen und Mock-ups ein wichtiges Vorgehen um die Qualität der Sichtbetonarbeiten des AN vorab beurteilen bzw. bewerten und so rechtzeitig vor Beginn der eigentlichen Sichtbetonarbeiten Maßnahmen zur Verbesserung setzen zu können. Wie gezeigt, kann die Beurteilung der Qualität der Betonoberfläche in Gesamteindruck und Einzelkriterien unterteilt

werden. Beim Soll-Ist-Vergleich werden die Abweichungen zur Werkplanung und Leistungsbeschreibung bestimmt, sowie Vereinbarungen zur Beseitigung oder Nachbesserung der Abweichungen getroffen.

Gesamtheitlich betrachtet ist jede einzelne Projektphase, angefangen mit Planung (BIM), Ausschreibung, Arbeitsvorbereitung bis zur Bauausführung und Überprüfung der Qualität, von großer Wichtigkeit. Doch es reicht nicht, die Anforderungen einer oder zwei Arbeitsphasen zu erfüllen und andere Arbeitsschritte vielleicht aufgrund von Kosten- und Zeiterparnis zu vernachlässigen. Nur durch das Zusammenwirken und Ineinandergreifen aller vorher genannten Projektphasen und aller Projektbeteiligten mit durchgängiger Schnittstellenkommunikation sowie die Erfüllung aller gestellten Sichtbetonanforderungen, kann ein hochwertiges Sichtbetonprojekt realisiert werden.

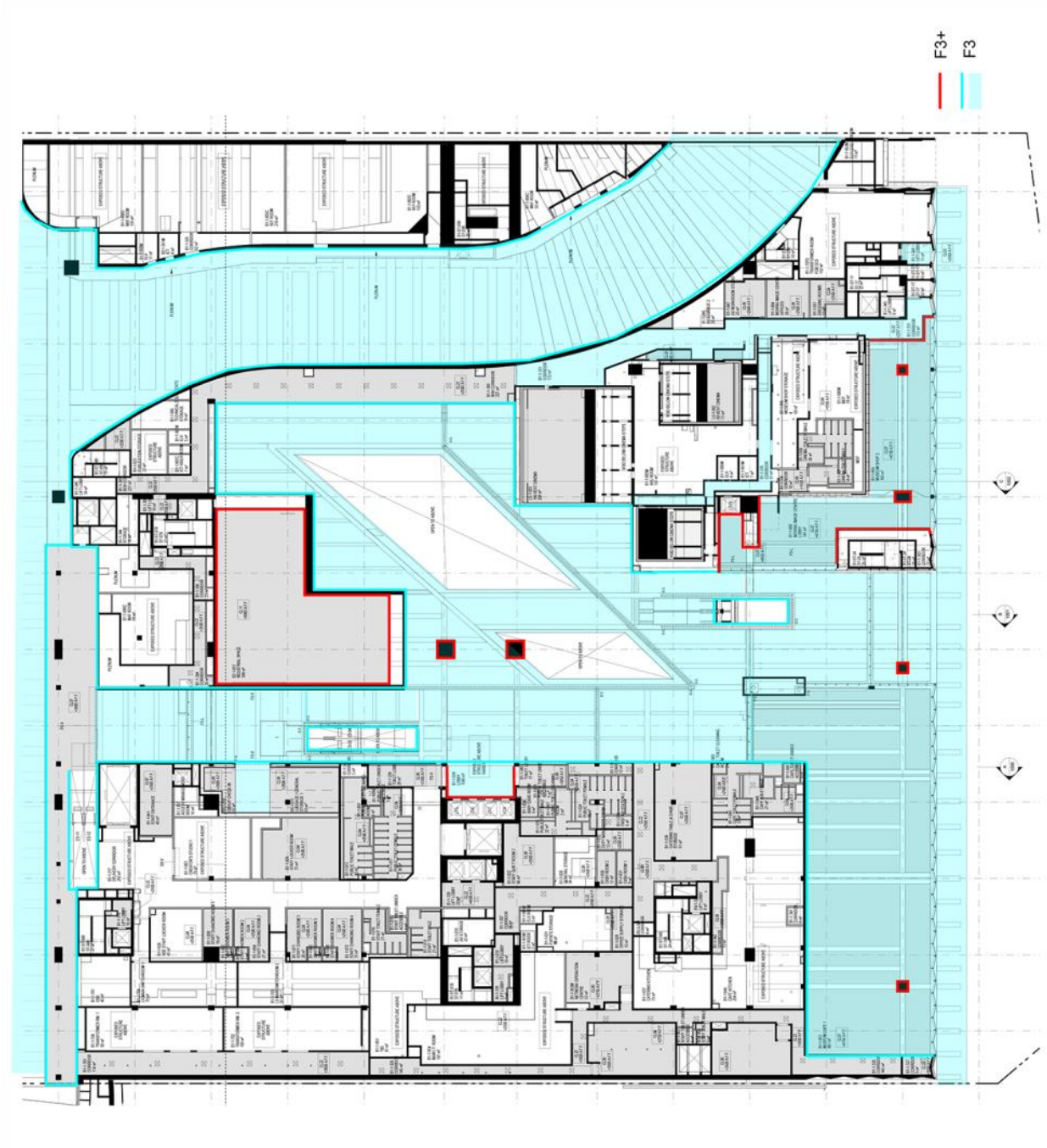
A.1 Anhang 1



Anhang A1.1 Grundriss Teillausschnitt UG2<sup>447</sup>

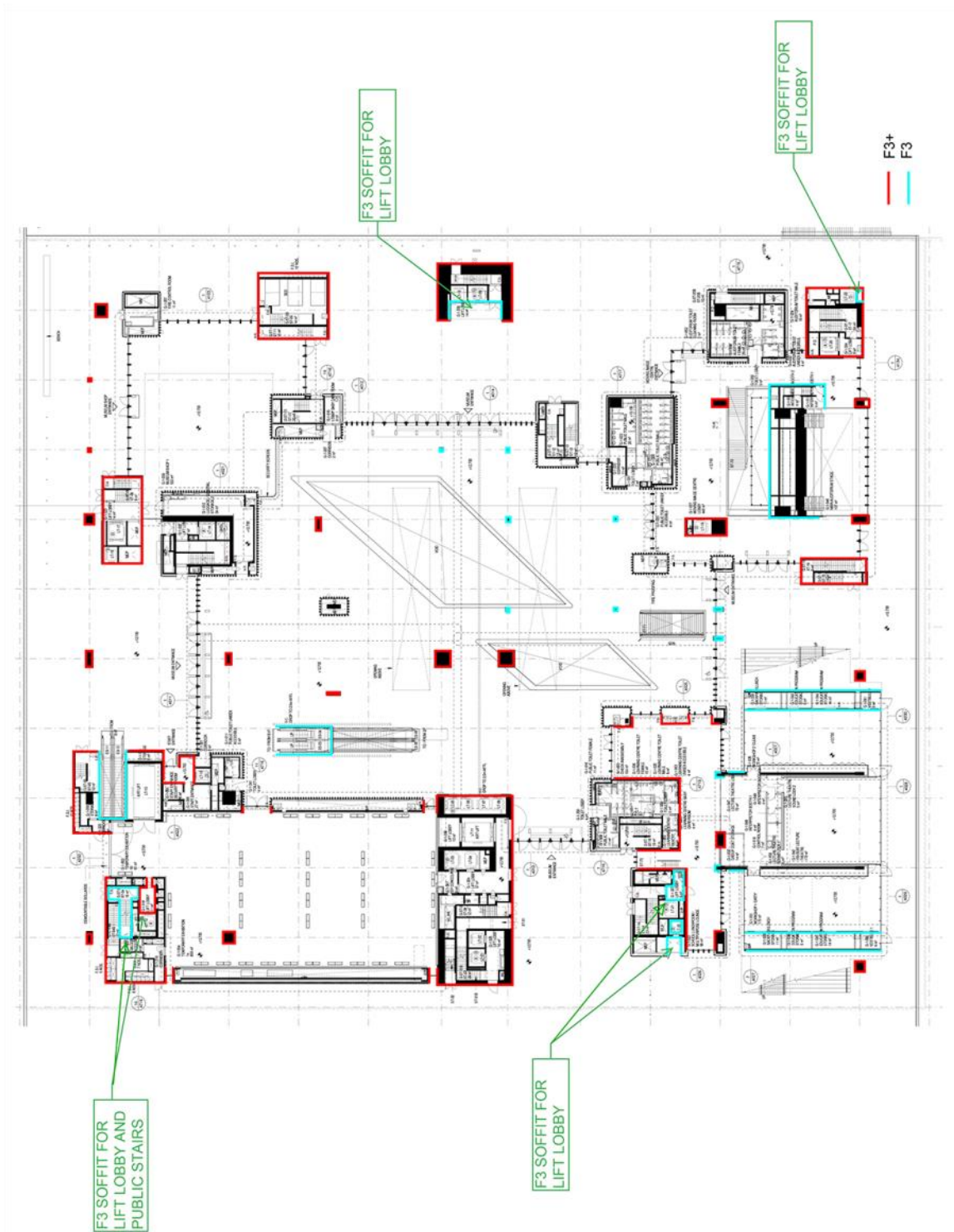
<sup>447</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix A- Overview of concrete formed finishes. S.3.





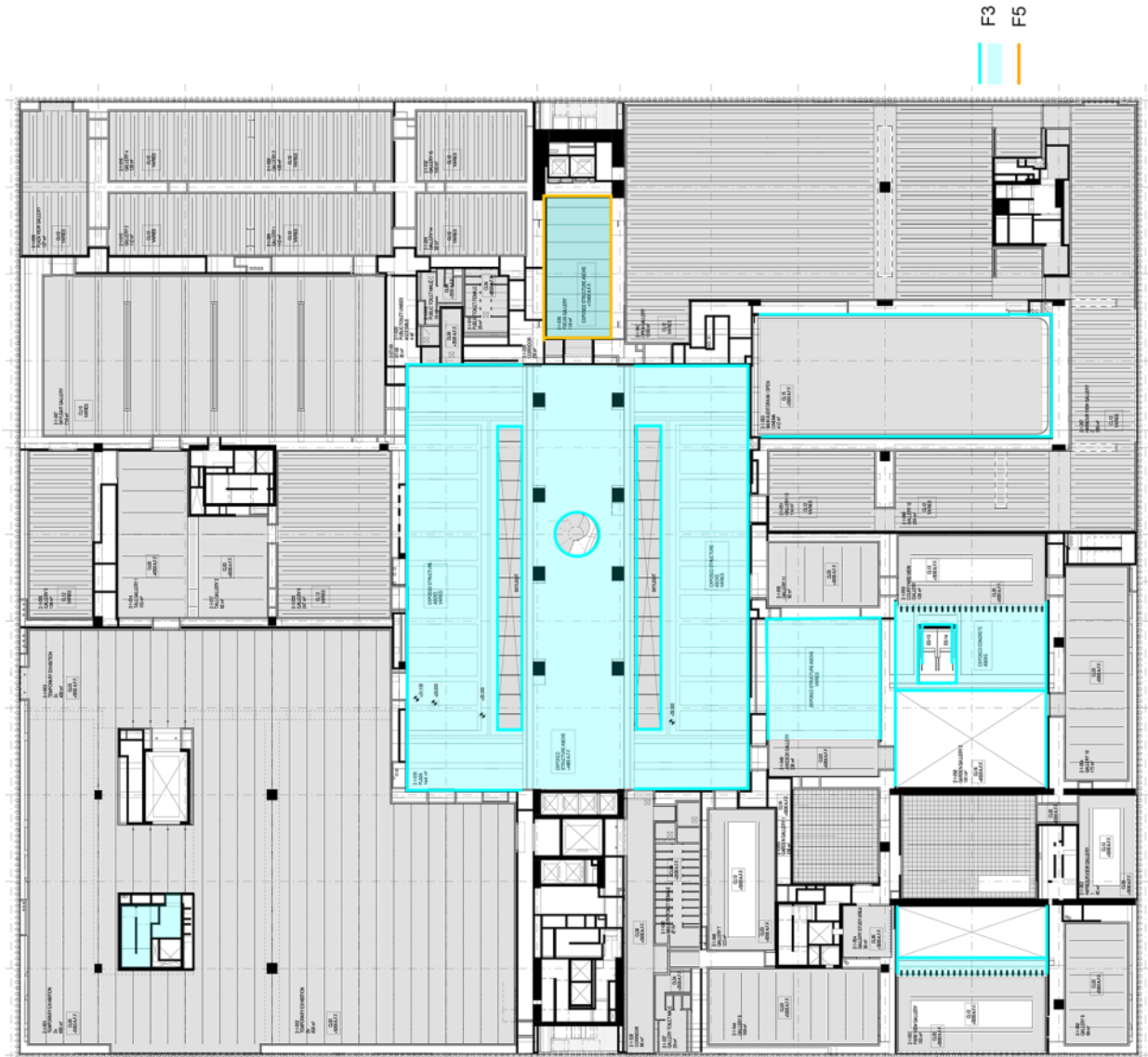
Anhang A1.2 Deckenspiegel Teilausschnitt UG2<sup>448</sup>

<sup>448</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix A- Overview of concrete formed finishes. S.4.



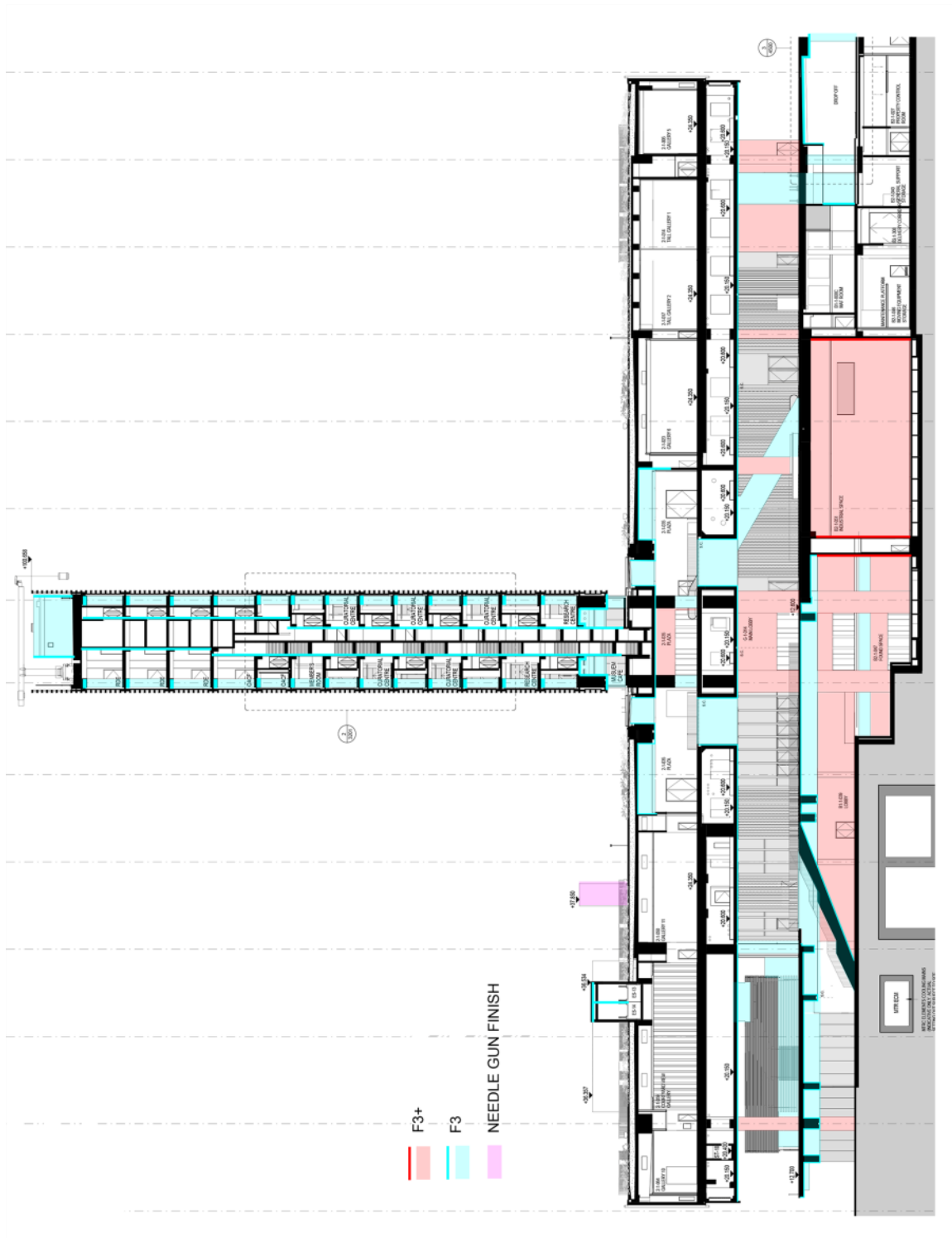
Anhang A1.3 Grundriss EG<sup>449</sup>

<sup>449</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix A- Overview of concrete formed finishes. S.5.



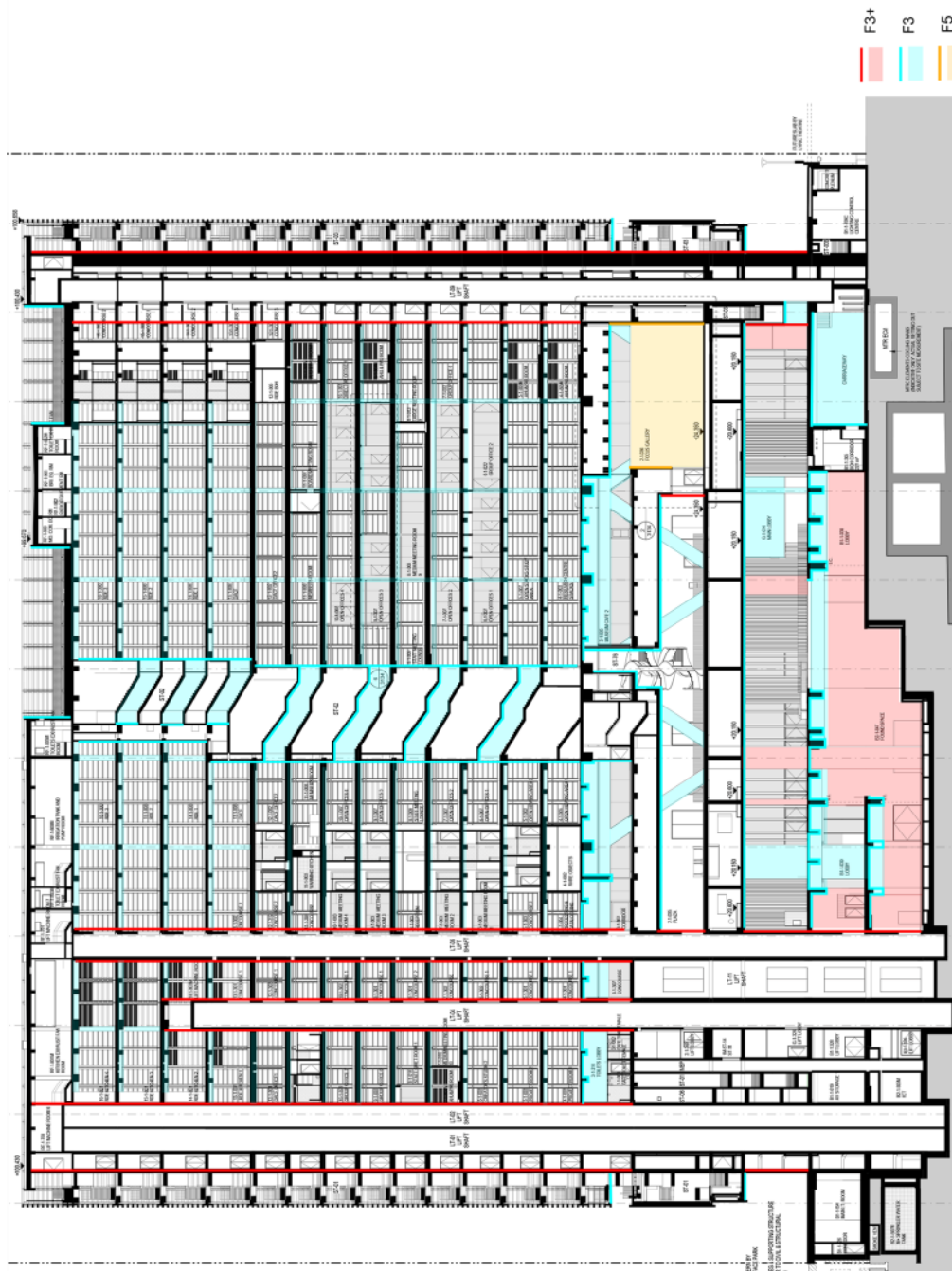
Anhang A1.4 Deckenspiegel OG2<sup>450</sup>

<sup>450</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix A- Overview of concrete formed finishes. S.8.



Anhang A1.5 Schnitt 451

451 TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix A- Overview of concrete formed finishes. S.13.



Anhang A1.6 Längsschnitt <sup>452</sup>

<sup>452</sup> TFP FARRELS: Particular Specification. Section 6A – Structural Concrete Finishes, Appendix A- Overview of concrete formed finishes. S.14.

## Literaturverzeichnis

**ANDERL, T.; MARBOE, P.:** BIM- Rechtliche Grundlagen nach österreichischem Recht in den Bereichen Vergabe- und Bauwerksvertragsrecht. In: 1. Grazer BIM- Tagung, BIM- Werkzeug zur Optimierung der Planungs- und Bauprozesse. Hrsg.: HECK, D.; FELLENDORF, M.: Graz. Verlag der technischen Universität Graz, 2014.

**BITTNER,M.; JANKER,S.; STIFT,H.; HOFMARCHER,M.:** Simulationsgestützte Angebotsplanung in der Schalungstechnik. In: Ernst & Sohn Special 2015 BIM- Building Information Modeling. Hrsg.: TALEBITARI,B.: Berlin. Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG Berlin, 2015.

**BOSOLD.D.:** Gestaltung von Ankerlöchern und Spannstellen bei Sichtbeton. In: Opus C- Planen und Gestalten mit Beton, 6.2005.

**BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH, BGBl. I-17.** Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen, Bundesvergabegesetz 2006 – BVergG 2006.

**HOFSTADLER, C.:** Produktivität im Baubetrieb- Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. Berlin, Heidelberg. Springer Vieweg, 2014.

**HOFSTADLER, C.:** Schalarbeiten- Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. Berlin, Heidelberg. Springer, 2008.

**HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH.:** Leitfaden für Sichtbeton-Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Dotternhausen. Holcim (Süddeutschland) GmbH ,2011.

**MOTZKO, C.; LINNENBACHER, F.; LÖW, D.:** Strukturierung digitaler Arbeitsmethoden in der Schalungsplanung. In: Ernst & Sohn Special 2015 BIM- Building Information Modeling. Hrsg.: TALEBITARI,B.: Berlin. Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG Berlin, 2015.

**ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT.:** ÖNORM A 2050 – Vergabe von Aufträgen über Leistungen- Ausschreibung, Angebot, Zuschlag, Verfahrensnorm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2006-06-01.

**ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT.:** ÖNORM B 2110 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen, Werkvertragsnorm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2013-03-15.

**ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT.:** ÖNORM B 2211 – Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten, Werkvertragsnorm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2009-06-01.

**ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT.:** ÖNORM B 4710-1 – Beton, Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis (Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206-1). Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2002-01-01.

**ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB):** Sichtbeton – Geschalte Betonflächen. Wien. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, November 2009.

**PECK.M.; BOSOLD.D.:** Sichtbeton- Techniken der Flächengestaltung. In: Zement-Merkblatt Hochbau H8. Hrsg.: Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Düsseldorf. 1.2009.

**PECK, M.:** Baustoff Beton – Planung, Ausführung, Beispiele.1. Auflage. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, Baden-Baden. 2005.

**PERI GmbH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING.** Arbeitsheft Sichtbeton. Weißenhorn. Peri GmbH, Ausgabe 02/2010.

**PRZYBYLO,J.:** BIM – Einstieg kompakt. 1. Auflage 2015. Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normungen e. V.: Berlin. Beuth Verlag GmbH, 2015.

**SCHULZ, J.:** Handbuch Sichtbeton – Beurteilung und Abnahme. Düsseldorf. Verlag Bau+Technik GmbH, 2010.

**SCHULZ,J.:** Sichtbeton Atlas- Planung-Ausführung-Beispiele. Wiesbaden. Vieweg +Teubner | GWV Fachverlage GmbH, 2009.

**SCHULZ, J.:** Sichtbeton–Mängel- Gutachterliche Einstufung, Mängelbeseitigung, Betoninstandsetzung und Betonkosmetik. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden. Vieweg+Teubner | GWV Fachverlage GmbH, 2011.

<http://www.elmenhorst.de/download/Grundlagen/Grundlagen%20Abstandhalter.pdf>. Datum des Zugriffs: 25.11.2016.

<http://www.westkwoon.hk/en/mplus/m-building>. Datum des Zugriffs: 20.12.2016.

