



Christoph Maier, BSc.

**SYSTEMATISCHE DOKUMENTATION DES  
SICHTBETONPROZESSES ZUM ZWECKE VON  
QUALITÄTSVERBESSERUNGEN**

**MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen - Bauingenieurwissenschaften

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

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

Dipl.-Ing. Roswitha Marius

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

## 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 und bei Frau Dipl.-Ing. Roswitha Marius.

Des Weiteren bedanke ich mich bei meinen Kommilitonen, mit denen ich viele schöne inner- wie auch außeruniversitäre Momente erleben durfte.

Besonderer Dank gebührt meiner Familie, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützte, sowie meiner Freundin Katharina Matzhold, die mir während der Erstellung der vorliegenden Arbeit immer mit motivierenden Worten zur Seite stand.

Graz, am 4. April 2016

---

(Unterschrift des Studenten)

## Kurzfassung

Sichtbeton ist als Gestaltungselement in der heutigen Architektur nicht mehr wegzudenken. Egal, ob einzelne Flächen im Gebäudeinneren oder ganze Gebäudehüllen, Sichtbetonflächen erfreuen sich unter den Planern und Bauherrn immer größerer Beliebtheit. Dennoch ist das Sichtbetonergebnis trotz gewissenhafter Planung und Ausführung aufgrund der bauwirtschaftlichen Besonderheiten (Unikatfertigung unter freiem Himmel, Qualitätsschwankungen in den Produktionsfaktoren) nur sehr schwer vorhersehbar bzw. reproduzierbar.

Zu diesem Zweck befasst sich die vorliegende Arbeit mit der systematischen Dokumentation der Ziel-, Steuer- und Störgrößen des Sichtbetonprozesses. Die Sammlung, Aufbereitung und Auswertung der dokumentierten Daten und Informationen soll hierbei zu einer Wissensvermehrung aller Projektbeteiligten beitragen und die Basis für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess der Sichtbetonqualität bilden.

## Abstract

Exposed concrete has become an indispensable design element in today's architecture. Be it individual areas inside buildings or entire building envelopes, exposed concrete continuously enjoys greater popularity amongst planners and purchasers. Despite conscientious planning and execution, the result of exposed concrete is yet very difficult to foresee and reproduce, due to its construction features (open air one-off production, quality fluctuations in factors of production).

For this purpose, the present study addresses the systematical documentation of target, control and disturbance parameters in the process of exposed concrete. The collection, preparation and analysis of documented data and information shall contribute to an increased knowledge amongst all project stakeholders as well as form a basis for a continuous quality improvement process of exposed concrete.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Situationsanalyse .....	1
1.2	Zielsetzung .....	3
1.3	Gliederung .....	4
<b>2</b>	<b>Wissen, Daten und Informationen</b>	<b>6</b>
2.1	Wissensarten .....	7
2.1.1	Impliziertes und explizites Wissen .....	8
2.1.2	Subjektives und objektives Wissen .....	8
2.1.3	Individuelles, kollektives und organisationales Wissen .....	9
2.1.4	Kontext- und dekontextbezogenes Wissen .....	10
2.2	Wissensmanagement .....	10
2.2.1	Prozesse des Wissensmanagements .....	11
2.2.2	Wissensmanagement im Bauunternehmen .....	14
2.3	Wissenstransfer .....	15
2.3.1	Probleme des Wissenstransfers .....	17
2.3.2	Vermeidung von Problemen im Wissenstransfer .....	18
2.4	Daten und Informationen .....	19
2.4.1	Eigenschaften von Informationen .....	22
2.4.2	Beschaffung von Daten und Informationen .....	22
<b>3</b>	<b>Dokumentation</b>	<b>24</b>
3.1	Vorgangsweise bei der Dokumentationserstellung .....	25
3.2	Dokumentationskonzept .....	27
3.2.1	Warum wird dokumentiert? .....	27
3.2.2	Für wen wird dokumentiert? .....	29
3.2.3	Was soll dokumentiert werden? .....	29
3.2.4	Wie soll dokumentiert werden und wo werden die Dokumente aufbewahrt? .....	30
3.2.5	Wer kümmert sich um die Dokumentation? .....	31
<b>4</b>	<b>Sichtbetonprozess</b>	<b>32</b>
4.1	Was ist Sichtbeton? .....	32
4.2	Produktionsfaktoren .....	36
4.2.1	Elementare Produktionsfaktoren .....	37
4.2.2	Dispositive Produktionsfaktoren .....	62
4.2.3	Der Produktionsfaktorenwürfel .....	67
4.3	Sichtbetonteam .....	72
4.4	Regelkreise im Sichtbetonprozess .....	74
4.4.1	Regelkreis in der Planungsphase .....	75
4.4.2	Regelkreis in der Ausschreibungsphase .....	76
4.4.3	Regelkreis in der Ausführungsphase .....	77
4.4.4	Zentraler Wissensspeicher .....	78
4.5	Regelwerke für Sichtbeton .....	78
4.5.1	Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen .....	79
4.5.2	Merkblatt Sichtbeton .....	89
<b>5</b>	<b>Dokumentation der Ziel-, Steuer- und Störgrößen des Sichtbetonprozesses</b>	<b>96</b>
5.1	Ziel-, Steuer- und Störgrößen des Sichtbetonprozesses .....	97
5.2	Dokumentationsmöglichkeiten im Sichtbetonprozess .....	101

5.2.1	Bautagesberichte.....	103
5.2.2	Betoniertagebuch .....	107
5.2.3	Checklisten .....	107
5.2.4	Besprechungsprotokolle .....	113
5.2.5	Prozessprotokolle .....	114
5.2.6	Prüfprotokolle .....	118
5.2.7	Chargenprotokolle und Lieferscheine.....	123
5.2.8	Bilddokumentation .....	127
5.2.9	Messgeräte und Messsysteme .....	131
<b>6</b>	<b>Anwendung der Dokumentationsinstrumente in den Projektphasen des Sichtbetonprozesses</b>	<b>143</b>
6.1	Dokumentation der dispositiven Projektphasen.....	145
6.2	Dokumentation der Musterflächen .....	148
6.3	Dokumentation der Vorbereitungsmaßnahmen unmittelbar vor der Ausführung .....	152
6.3.1	Anforderungen an den Beton.....	155
6.3.2	Erstprüfung.....	157
6.3.3	Produktionskontrolle des Transportbetons .....	158
6.3.4	Konformitätskontrolle des Transportbetons.....	168
6.4	Dokumentation der Bauausführung.....	169
6.4.1	Organisation der Überwachung .....	170
6.4.2	Dokumentation der Überwachung.....	171
6.4.3	Dokumentation der Schalarbeiten.....	175
6.4.4	Dokumentation der Bewehrungsarbeiten .....	181
6.4.5	Dokumentation der Betonarbeiten.....	184
6.4.6	Identitätsprüfung.....	190
6.4.7	Dokumentation der Umgebungseinflüsse während des Ausführungsprozesses .....	204
6.5	Dokumentation der Zielgrößen.....	207
6.5.1	Dokumentation der Porigkeit.....	211
6.5.2	Dokumentation der Farbtongleichheit .....	215
6.5.3	Dokumentation der Betonstruktur.....	217
<b>7</b>	<b>Anwendung des Sichtbetonprozessprotokolls bei der Erstellung eines Musterbauteils</b>	<b>220</b>
7.1	Allgemeine Projektanforderungen zur Sichtbetonqualität .....	221
7.2	Dokumentation des Herstellungsprozesses des Fassadenmusterbauteils.....	223
7.3	Ursache und Wirkung der Handlungen des Baustellenpersonals .....	235
7.4	Oberflächenbearbeitung des Musterbauteils .....	241
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>243</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>245</b>

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1	Wissenstreppe nach North .....	7
Bild 2	Handlungswissen von Individuen, Gruppen und Organisationen .....	9
Bild 3	Wissensmanagement-Bausteinmodell von Probst, Raub und Romhardt.....	12
Bild 4	Kontinuierliche Verbesserung der Wissensbasis.....	15
Bild 5	Wissenstransfer.....	16
Bild 6	Problem der Wissensübertragung mittels Dokumenten.....	17
Bild 7	Hermeneutischer Zirkel .....	18
Bild 8	Möglichkeiten der Daten und Informationsbeschaffung.....	23
Bild 9	Struktur einer Dokumentation.....	27
Bild 10	Pæno Center Wolfsburg .....	35
Bild 11	Raue Sichtbetonfläche durch die Anwendung von Strukturmatrizen..	35
Bild 12	Glatte Sichtbetonfläche durch die Anwendung einer nichtsaugenden Schalhaut .....	35
Bild 13	Einfamilienhaus mit Sichtbetonfassade .....	36
Bild 14	Sichtbetonflächen im Wohnraum.....	36
Bild 15	Kombination der Produktionsfaktoren.....	37
Bild 16	Subarbeitssysteme und Anordnungsbeziehungen im Gesamtsystem Sichtbetonbauteil herstellen.....	38
Bild 17	Stehende Lagerung der Schalungselemente .....	40
Bild 18	Reinigung der Schalung von Zementresten .....	41
Bild 19	Prinzipielle Zusammensetzung von Trennmitteln .....	42
Bild 20	Trennmittelauftrag mit Spritzdüse.....	43
Bild 21	Markierung der Schalungsposition .....	44
Bild 22	Mit Schaum abgedichteter Schalungsfuß.....	45
Bild 23	Rüttel- und Einfüllöffnung in der Bewehrung .....	46
Bild 24	Entfernung loser Teile und Schmutz mittels Druckluft .....	47
Bild 25	Markierungen der Schüttlagenhöhe .....	48
Bild 26	Auswirkungen von zu hohem Frischbetondruck .....	48
Bild 27	Vernadelung der einzelnen Betonlagen.....	49
Bild 28	Wirkungsdurchmesser der Rüttelflasche .....	50
Bild 29	Anordnung der Außenrüttler .....	51
Bild 30	Hilfskonstruktion um Folienkontakt zu vermeiden .....	52
Bild 31	Schalhäute unterschiedlicher Einsatzzahlen .....	53
Bild 32	Farbunterschiede durch unterschiedlich alte Bretter .....	53
Bild 33	Rahmenschalung .....	57

Bild 34	Trägerschalung .....	58
Bild 35	Trägerschalung Xtra-Zustand nach dem Frühausschalen.....	59
Bild 36	Rahmenschalung Skydeck - Zustand nach dem Frühausschalen.....	59
Bild 37	Mit Trapezleisten kaschierte Anschlussfugen.....	65
Bild 38	Schalungsmusterplan zur Festlegung der Flächengliederung und des Ankerbildes.....	66
Bild 39	Produktionsfaktorenwürfel nach Hofstadler .....	67
Bild 40	Qualitativer Zusammenhang zwischen der Bauzeit, der Produktivität und den Herstellungskosten aus der Sichtweise der Bieter/Auftragnehmer .....	71
Bild 41	Sichtbetonteam .....	73
Bild 42	Regelkreis für die Planung-Sichtbeton .....	76
Bild 43	Regelkreis für die Ausschreibung-Sichtbeton.....	77
Bild 44	Regelkreis für die Ausführung-Sichtbeton .....	78
Bild 45	Unterscheidung von Einflussgrößen.....	97
Bild 46	Darstellung der Veränderlichkeit der Einflussfaktoren auf die Qualität von Betonflächen .....	99
Bild 47	Veränderung der Oberflächeneigenschaften.....	100
Bild 48	Dokumentationsinstrumente im Sichtbetonprozess.....	102
Bild 49	Musterformular eines Bautagesberichts .....	104
Bild 50	Eingabemaske der Bautagesberichtssoftware der Firma Bauskript Software .....	105
Bild 51	Smartphone-App der Firma Bauskript Software .....	106
Bild 52	Bildbearbeitungsfunktion innerhalb der Bauskriptsoftware .....	106
Bild 53	Legende .....	113
Bild 54	Lieferschein .....	125
Bild 55	Ablichtungsbereich zylindrischer und vollsphärischer Panoramen ...	129
Bild 56	Aufnahmesystem SceneCam Solution .....	130
Bild 57	Multirotor Drohne der Firma batcam.de.....	131
Bild 58	Staubmessgerät .....	133
Bild 59	Erschütterungsmessgerät.....	133
Bild 60	Grundaufbau und Funktionsweise von RFID Systemen.....	134
Bild 61	Schematischer Einsatzablauf .....	136
Bild 62	Schematischer Ablauf der Kalibriermessung.....	137
Bild 63	Prüfprotokoll der Kalibriermessung .....	137
Bild 64	Ablezen und Auswerten der Messdaten.....	139
Bild 65	Konstruktion eines geteilten Rahmens .....	140
Bild 66	Begrenzungen der Porenfläche.....	141

Bild 67	Darstellung der Porenverteilung mittels "Verteilungsgebirges" .....	142
Bild 68	Ablauf bzw. Projektphasen des Sichtbetonprozesses .....	144
Bild 69	Beschreibung von Leistungen - Zielbeschreibung .....	146
Bild 70	Beschreibung von Leistungen - Wegbeschreibung .....	146
Bild 71	Ursache: Stellschalung mit unterschiedlichem Schalungshauttyp ....	150
Bild 72	Wirkung: Unterschiedliche Farbtöne und Glanzgrade .....	150
Bild 73	Gestaltungsmerkmale des Musterbauteils.....	151
Bild 74	Dokumentation der erreichten Qualitäten und Festlegung einer Referenzfläche durch das Sichtbetonteam.....	152
Bild 75	Visuelle Darstellung einer Transportbetonmischanlage.....	159
Bild 76	Dateneingabemaske einer Transportbetonmischanlage .....	160
Bild 77	Falsche Schalungslagerung .....	177
Bild 78	Schalhaut mit unterschiedlicher Einsatzhäufigkeit und unterschiedlichem Saugverhalten .....	177
Bild 79	Mechanisch beschädigte Schalhaut .....	177
Bild 80	Aufgequollene Schalhaut (Ripplings).....	177
Bild 81	Ursache: zerkratzte Schalhaut .....	178
Bild 82	Wirkung: Kratzer auf der Betonoberfläche.....	178
Bild 83	Schalungselemente mit RFID - Erkennung .....	179
Bild 84	Konsistenzprüfung des Frischbetons durch Ermittlung des Ausbreitmaßes .....	186
Bild 85	Konsistenzprüfung des Frischbetons durch Ermittlung des Verdichtungsmaßes.....	187
Bild 86	Bestimmung der Frischbetonrohichte und des Luftgehalts.....	189
Bild 87	Bilddokumentation des Betonierprozesses.....	193
Bild 88	Kontakt zwischen Bewehrung und Innenrüttler .....	193
Bild 89	Kabelsensor und Messfühler für vertikale Bauteile.....	194
Bild 90	Deckensensor für horizontale Bauteile .....	194
Bild 91	Einsatz Concremote MessfühlerWand .....	195
Bild 92	Concremote Messfühler-Wand auf der Schalungsinenseite.....	195
Bild 93	Einsatz Concremote Deckensensor .....	196
Bild 94	Datenauswertung mittels Concremote-Software: Temperaturverlauf	197
Bild 95	Datenauswertung mittels Concremote-Software: Festigkeitsverlauf	197
Bild 96	Ablösen der Zementhaut an der Betonoberfläche wegen eines zu frühen Öffnens der Schalung.....	199
Bild 97	Punktuelle Abriss bis zur Körnung aufgrund eines zu frühen Ausschaltzeitpunktes.....	199
Bild 98	Verfärbungen der Betonfläche wegen einer zu langen Verweildauer in der Schalung .....	200

Bild 99	Kratzer im Wandfußbereich, da das Schalungselement beim Ausschalvorgang nicht vollständig von der Betonfläche abgerückt wurde.....	200
Bild 100	Anliegende und beschädigte Folie .....	203
Bild 101	Hilfskonstruktion mit Abstandhalter .....	203
Bild 102	Ungeschützte Anschlussbewehrung rostet bei Niederschlag.....	203
Bild 103	Rostspuren aufgrund ungeschützter Anschlussbewehrung.....	203
Bild 104	dunkle Verfärbungen aufgrund von Folienkontakt .....	204
Bild 105	Richtige Nachbehandlung mit Kunststoffolie auf einer Hilfskonstruktion inkl. Abdeckung der Anschlussbewehrung.....	204
Bild 106	Aktuelle Wetterdaten auf <a href="http://wetter.at">wetter.at</a> .....	205
Bild 107	Baustellendokumentation durch eine ortsgebundene Webcam.....	206
Bild 108	Baustellendokumentation durch eine Drohne.....	206
Bild 109	Angemessener Betrachtungsabstand für ein Gebäude.....	208
Bild 110	Angemessener Betrachtungsabstand für ein Bauteil.....	208
Bild 111	Porigkeit 3P: Maximal zulässige Porenfläche: $23\text{cm}^2$ .....	212
Bild 112	Porigkeit 2P: Maximal zulässige Porenfläche: $15\text{cm}^2$ .....	213
Bild 113	Porigkeit P: Maximal zulässige Porenfläche: $8\text{cm}^2$ .....	213
Bild 114	Einfluss der Prüfflächenauswahl .....	215
Bild 115	Beispiel einer Grautonskala.....	216
Bild 116	Einsatz der Grautonskala .....	217
Bild 117	Sichtbarer Elementstoß.....	218
Bild 118	Sichtbarer Elementversatz .....	218
Bild 119	Ankerkonen ohne Dichtung .....	218
Bild 120	Ankerkonen mit Dichtung .....	218
Bild 121	Grobkornansammlungen.....	219
Bild 122	Abweichung in der Ebenheit.....	219
Bild 123	Grundriss 1. OG .....	220
Bild 124	Schnitt A-A .....	220
Bild 125	Ansicht West .....	221
Bild 126	Ansicht Musterbauteil .....	223
Bild 127	Stellschalung des Musterbauteils.....	224
Bild 128	Rahmenschalung mit Spindelabstützung .....	225
Bild 129	"Einfädeln" der Schalhaut für die Schließschalung.....	226
Bild 130	Befestigung der Schließschalung an der Randabschalung .....	226
Bild 131	Abziehen des überschüssigen Trennmittels auf der Stellschalung...	227
Bild 132	Nachwischen der trennmittelbeaufschlagten Schalhaut der Stellschalung.....	227

Bild 133	Trennmittelauftrag mittels Sprühflasche auf die Schalhaut der Schließschalung .....	227
Bild 134	Abziehen und Nachwischen des Trennmittels für die Schalhaut der Schließschalung .....	227
Bild 135	Befestigung des Regenwasserabflussrohres mit Hilfe einer Bewehrungsmatte .....	228
Bild 136	Vollständig eingeschaltetes Musterbauteil.....	228
Bild 137	Entladung des Frischbetons in den Krankübel .....	229
Bild 138	Krankübel .....	229
Bild 139	Betonage des Musterbauteils .....	229
Bild 140	Äußere Verdichtung mittels Schlagbohrmaschine.....	229
Bild 141	Lieferschein für den ersten Betonierabschnitt .....	230
Bild 142	Lieferschein für den zweiten Betonierabschnitt .....	230
Bild 143	Abheben der Schließschalung.....	231
Bild 144	Entfernen der 3-SO Platten .....	231
Bild 145	Entfernen der Randabschalung.....	231
Bild 146	Abheben der Stellschalung.....	231
Bild 147	Lagesicherung des Musterbauteils mit Schrägstützen .....	232
Bild 148	Aussparung durch EPS-Platte .....	232
Bild 149	Ausgeschaltetes Musterbauteil.....	232
Bild 150	Ursache: Verschraubung der Schalhaut von der betonzugewandten Seite aus .....	236
Bild 151	Wirkung: Abzeichnen der Schraubenköpfe auf der Betonoberfläche	236
Bild 152	Ursache: Einlegen einer Bewehrungsmatte zur Befestigung des Regenwasserabflussrohres .....	237
Bild 153	Ursache: Befestigung der Bewehrungsmatte mit Nägel und Eindrücken der Abstandhalter in die Schalhaut.....	237
Bild 154	Wirkung: Sichtbare Nägel bzw. Nagellöcher auf der Betonoberfläche .....	237
Bild 155	Wirkung: Abstandhalter nicht vollkommen mit Beton umschlossen..	237
Bild 156	Ursache: Die freie Fallhöhe des Frischbetons beträgt 5,5 m.....	238
Bild 157	Wirkung: Erhöhte Poren- und Lunkerbildung im Fußbereich der Fassadenstützen .....	238
Bild 158	Darstellung der Größenverhältnisse für die Ermittlung der Porengröße .....	238
Bild 159	Gelbliche Verfärbungen auf der Betonoberfläche.....	239
Bild 160	Fleckenbildung im Bereich eines Astloches der Schalhaut .....	239
Bild 161	Abmehlungen auf der Betonoberfläche .....	239
Bild 162	Ablösen der Zementhaut .....	239

Bild 163	Ursache: Herstellung einer Aussparung durch den Einbau einer EPS-Platte im Fußbereich einer Fassadenstütze.....	240
Bild 164	Wirkung: Anhaften der Polystyrolkügelchen auf der Betonoberfläche .....	240
Bild 165	Musterbauteil: Blick von dem an das Grundstück angrenzenden Gehwegs .....	240
Bild 166	Festigkeitsentwicklung des Betons bei verschiedenen Temperaturen.....	241
Bild 167	Sandgestrahltes Musterbauteil .....	242
Bild 168	Sandgestrahlte Fassadenstütze .....	242
Bild 169	Betonoberfläche nach dem Sandstrahlen.....	242
Bild 170	Sichtbare Elementfuge .....	242
Bild 171	Zunahme des Porengehalts und der Porengröße .....	242
Bild 172	Sichtbarer Abstandhalter .....	242

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Anforderungen an die Porigkeit .....	33
Tabelle 2	Anforderungen an die Struktur von Sichtbetonoberflächen .....	33
Tabelle 3	Anforderungen an die Ausbildung von Arbeitsfugen .....	34
Tabelle 4	Qualitäten-Soll für Eingaben und Ausgaben der Subarbeitssysteme in der Sichtbetontechnik .....	39
Tabelle 5	Merkmale und Auswirkungen verschiedener Schalhäute .....	55
Tabelle 6	Sichtbetonklassen und Gesamtanforderungen an das Sichtbetonbauwerk nach der Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen 2009 .....	80
Tabelle 7	Anforderungsklasse PQ.....	81
Tabelle 8	Klassenbildende Anforderungen der Bauteilbeschreibung .....	82
Tabelle 9	Anforderungsklasse BQ.....	82
Tabelle 10	Klassenbildende Anforderung an die Betonfläche.....	83
Tabelle 11	Anforderungsklassen AQ.....	83
Tabelle 12	Klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung.....	84
Tabelle 13	Anforderungsklassen SQ.....	85
Tabelle 14	Klassenbildende Anforderungen an die Schalung.....	86
Tabelle 15	Nicht klassenbildende Anforderungen: Betonfarbe .....	87
Tabelle 16	Nicht klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung .....	88
Tabelle 17	Nicht klassenbildende Anforderungen an die Schalung .....	89
Tabelle 18	Sichtbetonklassen und deren Anforderungen nach dem Merkblatt Sichtbeton .....	90
Tabelle 19	Anforderungen an geschalte Sichtbetonflächen .....	91
Tabelle 20	Schalhautklassen .....	92
Tabelle 21	Anforderungen an die Planung in Abhängigkeit von den Texturklassen .....	93
Tabelle 22	Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Porigkeitsklassen.....	93
Tabelle 23	Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Farbtongleichmäßigkeitsklassen .....	94
Tabelle 24	Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von Ebenheitsklassen .....	95
Tabelle 25	Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Arbeitsfugenklassen .....	95
Tabelle 26	Anforderungen an die Erprobungen in Abhängigkeit von den Sichtbetonklassen .....	95
Tabelle 27	Betontagebuch .....	107
Tabelle 28	Checkliste der Planungsphase .....	109

Tabelle 29	Checkliste der Arbeitsvorbereitung.....	110
Tabelle 30	Checkliste der Ausführungsphase 1/3.....	111
Tabelle 31	Checkliste der Ausführungsphase 2/3.....	112
Tabelle 32	Checkliste der Ausführungsphase 3/3.....	113
Tabelle 33	Sichtbetonprozessprotokoll .....	115
Tabelle 34	Sichtbetonprozessprotokoll - Fortsetzung .....	116
Tabelle 35	Sichtbetonprozessprotokoll - Fortsetzung .....	117
Tabelle 36	Erforderliche Betonprüfungen und Zuständigkeiten nach der ÖNORM B 4710-1 .....	118
Tabelle 37	Formblatt 1-1 - Betonsorte/Erstprüfung/Konformitätskontrolle.....	119
Tabelle 38	Formblatt 1.2 - Lieferantangaben zur Erstprüfung .....	120
Tabelle 39	Formblatt 2 - Konformitätsbescheinigung .....	121
Tabelle 40	Formblatt 3 - Identitätsprüfungen .....	122
Tabelle 41	Chargenprotokoll .....	124
Tabelle 42	Messgeräte zur Bestimmung der Witterungsverhältnisse.....	132
Tabelle 43	Betonkurzbezeichnungen und damit abgedeckte Umweltklassen ....	156
Tabelle 44	Empfohlener Mehlkorngesamt, Kornanteil mit Korngrößen < 0,125 mm .....	156
Tabelle 45	Anforderung an die Betonzusammensetzung bei GK22, Herstellung und Nachbehandlung BSBQ1 und BSBQ2.....	157
Tabelle 46	Kontrolle der Betonausgangsstoffe .....	162
Tabelle 47	Kontrolle der Betonausgangsstoffe, fortgesetzt.....	163
Tabelle 48	Kontrolle der Ausstattung .....	164
Tabelle 49	Kontrolle der Ausstattung, fortgesetzt.....	165
Tabelle 50	Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften .....	165
Tabelle 51	Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften, fortgesetzt.....	166
Tabelle 52	Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften, fortgesetzt.....	167
Tabelle 53	Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften, fortgesetzt.....	168
Tabelle 54	Mindesthäufigkeit der Probenentnahme zur Beurteilung der Konformität.....	169
Tabelle 55	Art und Dokumentation der Überwachung.....	170
Tabelle 56	Bilddokumentation der Subarbeitssysteme im Sichtbetonprozess ...	174
Tabelle 57	Ursache und Wirkung der Schalhaultalterung .....	176
Tabelle 58	Beurteilungsskala zur Beurteilung der Schalhaultalterung .....	176
Tabelle 59	Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5: Trennmittel .....	180

Tabelle 60	Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5: Einschalen.....	181
Tabelle 61	Betondeckung gemäß ÖNORM B 1992-1-1 und ÖNORM EN 1992-1-1 .....	182
Tabelle 62	Messprotokoll zur Dokumentation der Betondeckung .....	183
Tabelle 63	Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5: Bewehrung .....	184
Tabelle 64	Umfang und Häufigkeit der Prüfungen der Betoneigenschaften.....	185
Tabelle 65	Konsistenzklassen nach dem Ausbreitmaß.....	187
Tabelle 66	Konsistenzklasse nach dem Verdichtungsmaß .....	188
Tabelle 67	Verlauf der Frischbetontemperatur in Abhängigkeit der Zeit .....	190
Tabelle 68	Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5: Betonarbeiten .....	192
Tabelle 69	Ausschalfristen in Tagen für seitliche Schalungen bei mittleren Tagestemperaturen von +12 °C bis +20 °C.....	198
Tabelle 70	Ausschalfristen in Tagen für tragende Schalungen bei mittleren Tagestemperaturen von +12 °C bis +20 °C.....	198
Tabelle 71	Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5: Ausschalen.....	201
Tabelle 72	Minstdauer der Nachbehandlung von Betonflächen.....	202
Tabelle 73	Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5: Nachbehandlung .....	202
Tabelle 74	Referenzbilder der maximalen Porigkeit .....	212
Tabelle 75	Ausgefülltes Sichtbetonprozessprotokoll für das Musterbauteil.....	233
Tabelle 76	Ausgefülltes Sichtbetonprozessprotokoll für das Musterbauteil - Fortsetzung .....	234
Tabelle 77	Ausgefülltes Sichtbetonprozessprotokoll für das Musterbauteil - Fortsetzung .....	235

## 1 Einleitung

Informationen und das daraus erzeugte Wissen zählen in der hochtechnisierten Welt von heute branchenübergreifend zweifelsohne zu den wichtigsten Produktionsfaktoren. Die Einbindung essenzieller Informationen und Erkenntnisse in die Wertschöpfungsprozesse von Unternehmen bzw. in deren Projekte führt zu einem offenkundigen Mehrwert für die gesamte Organisation.<sup>1</sup>

Bezogen auf die Erstellung von Sichtbetonflächen dient eine umfassende Dokumentation aller sichtbetonrelevanten Informationen dazu, Sichtbetonflächen mit den geforderten Qualitäten herstellen und auch zukünftig reproduzieren zu können. Durch die Erfassung des gesamten Planungs- und Herstellungsprozesses sowie deren Störungen, können die Ursache und die Auswirkungen von Fehlern auf das Sichtbetonergebnis bestmöglich beurteilt und zielführende Änderungsmaßnahmen ausgegeben werden. Aus diesem Grund gilt es für die erfolgreiche Erstellung von Sichtbetonflächen der Beschaffung, der Dokumentation und der Weitergabe von Sichtbetoninformationen eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

### 1.1 Situationsanalyse

Die immer komplexer werdenden Bauprojekte machen es sowohl für die Auftraggeber, als auch für die Auftragnehmer, erforderlich, das Baugeschehen umfassend und realitätsnah zu dokumentieren. Aufgrund der Vielzahl der Projektbeteiligten, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten Informationserzeuger, aber auch Informationsbenutzer sind, sowie der Unikatfertigung unter freiem Himmel, ist die Dokumentation von Bauleistungen ein wichtiger Aspekt der gesamten Bauaufgabe. Für eine vollständige Dokumentation der Bauaufgabe ist es notwendig, die Schnittstellen zwischen Bauherrn „als Träger des Erklärungswissens“ *“know why“*, der Planer als Träger des Faktenwissens *“know what“* und der ausführenden Unternehmen als Träger des Prozesswissens *“know how“*<sup>2</sup> eng miteinander zu verknüpfen.

Im Bauwesen bilden die *„Planung, Kontrolle und Dokumentation [...] einen Kreislauf, die es mit der technischen Durchführung verknüpft zu steuern gilt, um Projekte zielorientiert und wirtschaftlich erfolgreich realisieren zu können. Je gründlicher geplant, je konsequenter überwacht und je sachlicher dokumentiert wird, desto erfolgreicher kann für alle*

<sup>1</sup> Vgl.: BAUER, R.; BORNEMANN, M.; DITZEL, B.: Das Praxishandbuch Wissensmanagement-Integratives Wissensmanagement. S. 11

<sup>2</sup> ELSEBACH, J.: Bauwerksinformationsmodelle mit vollspährischen Fotografien -Ein Konzept zur visuellen Langzeitarchivierung von Bauwerksinformationen-. Dissertation. S. 21

*Projektbeteiligten die Lösung der gestellten Bauaufgabe abgeschlossen werden.*<sup>3</sup>

Die Dokumentation des Planungsprozesses und des Bauablaufs dient einerseits der Absicherung der Vertragspartner<sup>4</sup> (im Falle von Vertragsstreitigkeiten ist eine realitätsnahe Baustellendokumentation die Voraussetzung für die Durchsetzung oder die Abwehr von Nachtragsforderungen)<sup>5</sup> und dient andererseits zur Informationsbeschaffung, um Wissen zu generieren oder das bereits vorhandene Wissen zu intensivieren und dadurch einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess für die Bauaufgabe zu ermöglichen.

Die Dokumentation und der damit in weiteren Schritten verbundenen Steigerung des Wissens ist insbesondere bei der Erstellung von Sichtbetonbauteilen von hoher Priorität. Da je nach Anforderungen der Herstellungs- und Kostenaufwand bei Sichtbetonbauteilen im Vergleich zum "normalen" Stahlbetonbau um ein Vielfaches anwachsen kann und Qualitätsmängel nach der Fertigstellung von Sichtbetonflächen durch Ausbesserungen nicht vollständig ausgeglichen werden können, ist es wichtig, durch die Dokumentation des Sichtbetonprozesses die Ursache und Wirkung von Entscheidungen der vielen Projektbeteiligten darzustellen. Durch die Aufzeichnung und Analyse des Herstellungsprozesses, der getroffenen Entscheidungen und ihrer Auswirkungen anhand von Dokumentationen, sollen mögliche Planungs- und Ausführungsfehler zukünftig vermieden werden.

Für eine möglichst lückenlose Dokumentation des Sichtbetonprozesses stellt die Sammlung aller sichtbetonrelevanten Informationen die zentrale Aufgabe der Dokumentationserstellung dar. Hierzu sind die vielen Einflussfaktoren, die sich aus der Zieldefinition des Auftraggebers, der Planung und der Arbeitsvorbereitung des Sichtbetonprozesses ergeben, sowie die Einwirkungen der Steuer- (Kombination der Produktionsfaktoren) und Störgrößen (Umgebungsbedingungen) in der Ausführungsphase systematisch zu dokumentieren.

Dies beginnt mit der Beschaffung, Erarbeitung und Prüfung der sichtbetonbetreffenden Projekt- und Ausschreibungsunterlagen. Die Informationen der Ausschreibungsunterlagen bilden die Basis für die Angebotsbearbeitung. Das Ergebnis der Angebotsbearbeitung, die Analyse der Auftragsbedingungen, die geforderten Qualitäten und Quantitäten und die betontechnologischen Vorgaben des Betoningenieurs, sind wiederum Informationen für die Arbeitsvorbereitung und die Arbeitsdurchführung

<sup>3</sup> DORN, C.: Systematisierte Aufbereitung von Dokumentationstechniken zur Steuerung von Bauabläufen und zum Nachweis von Bauablaufstörungen. Dissertation. S. 56

<sup>4</sup> Vgl. <http://www.ibb.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-ibb/Diverse/Buecher/baudoku.pdf>. Datum des Zugriffs: 19. September. 2015

<sup>5</sup> Vgl. ELWERT, U.; FLASSAK, A.: Nachtragsmanagement in der Baupraxis. S. 125

der ausführenden Unternehmen, der Schalungslieferanten und des Transportbetonwerks.

Eine umfassende Dokumentation des Herstellungsprozesses von Sichtbetonbauteilen beginnt bereits im Mischwerk des Transportbetonwerks. Hier muss sichergestellt werden, dass Dosierungsungenauigkeiten im Rahmen der erlaubten Toleranzen bleiben und dass die Betonausgangsstoffe in ihrer Morphologie möglichst geringen Schwankungen unterworfen sind.

Die Überwachung und Dokumentation des Transportprozesses von der Mischanlage zum Einbauort stellt den nächsten Schritt in einer ausführlichen Dokumentation des Sichtbetonprozesses dar. Hier sind insbesondere die Zeitspanne von der ersten Wasserzugabe bis zum Zeitpunkt des Frischbetoneinbaus in die Schalung sowie die Änderung des Frischbetontemperaturverlaufs über die Zeit von Bedeutung.

Am Einbauort des Frischbetons sind die Baustellen- und Umweltbedingung sowie die Qualität der einzelnen Subarbeitssysteme im Herstellungsprozess und der Zustand der verwendeten Betriebsmittel (z.B. Schalhaut) durch die Dokumentation zu erfassen.

Den Abschluss einer umfassenden Sichtbetondokumentation bilden die Dokumentation des Ausschalprozesses, der Nachbehandlungs- und der Schutzmaßnahmen der jungen Sichtbetonbauteile sowie die abschließende Beurteilung der Betonfläche durch die Sichtbetonexperten.

## 1.2 Zielsetzung

Der kurz- und mittelfristige Nutzen einer zeitnahen und umfassenden Dokumentation der Ziel-, Steuer-, und Störgrößen des Sichtbetonprozesses liegt darin, im Zuge von Soll-Ist-Vergleichen mögliche Störungen, bzw. Fehler frühzeitig zu erkennen, durch Abweichungsanalysen Entscheidungen zeitgerecht und zielorientiert zu erarbeiten und daraus Gegensteuerungsmaßnahmen einleiten zu können.

Da das Projektende zur Auflösung des Projektteams führt und die Teammitglieder neue Projekte bearbeiten „[...] wird das in der Projektarbeit gewonnene Wissen häufig nicht in die Organisation übertragen.“<sup>6</sup> Daher liegt der langfristige Nutzen der Dokumentation in der Schaffung eines Wissensspeichers, in dem alle relevanten Projektinformationen des Sichtbetonprozesses gesammelt werden und für zukünftige Projekte Erfahrungswerte bilden. Der Wissensspeicher stellt somit die Basis für eine Wissensvermehrung der Projektbeteiligten bzw. eines Unternehmens dar.

<sup>6</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage, S. 485

Die Dokumentation und Überführung sämtlicher positiven und negativen Erfahrungen aus abgeschlossenen und laufenden Bauprojekten in einen zentralen Wissensspeicher ist nach HOFSTADLER für die Erreichung der Sichtbetonziele von wesentlicher Bedeutung.<sup>7</sup> Bei der Vielzahl von Projektbeteiligten, die im Sichtbetonprozess direkt oder indirekt miteinander in Kontakt stehen, ist das zur Verfügung stellen der eigenen Erkenntnisse und des individuellen "Know-hows" in diesem Wissensspeicher die Grundvoraussetzung für ein positives Sichtbetonergebnis. Nur durch die Vernetzung der Sichtbetonbeteiligten zu einem Sichtbeton-team, in welchem sämtliche Teammitglieder Zugriff auf diesen Wissensspeicher besitzen, sind die Sichtbetonanforderungen des Auftraggebers optimal erreichbar.

Durch die Einbindung des Wissensspeichers in die Regelkreise der Planung, Ausschreibung und Ausführung ist anhand der dokumentierten Informationen langfristig eine "Know-how"-Steigerung aller Beteiligten im Sichtbetonprozesses möglich.

### 1.3 Gliederung

Der Zweck von Dokumentationen zur Schaffung eines kontinuierlicheren Verbesserungsprozesses liegt in der Beschaffung von Daten und Informationen, aus denen in weiterer Folge Wissen generiert werden soll. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Arbeit zunächst auf den Wissensbegriff, die Wissensarten, die Erfordernis von Wissensmanagement, die Möglichkeiten und die Probleme des Wissenstransfers sowie auf die Eigenschaften von Daten und Informationen und deren Beschaffung eingegangen. Im Anschluss wird die Vorgangsweise bei der Dokumentationserstellung dargestellt und die Fragen warum, für wen, was, und wie der Sichtbetonprozess dokumentiert werden soll, beantwortet. In Kapitel vier der vorliegenden Arbeit erfolgt die Betrachtung des Sichtbetonprozesses unter Einbeziehung der elementaren und dispositiven Produktionsfaktoren sowie der Nutzen und die Zusammensetzung des Sichtbetonteams. Des Weiteren werden hier der Vorteil der Anwendung von Regelkreisen in der Planungs-, Ausschreibungs-, und Ausführungsphase des Sichtbetonprozesses, sowie die Wichtigkeit des zentralen Wissensspeichers für die Regelkreise, aber auch für die Schaffung eines Verbesserungsprozesses für zukünftige Projekte, aufgezeigt. Den Abschluss von Kapitel vier bildet die Darstellung der Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen, welche die Regeln und Anforderungen für die Herstellung von hochwertigen Sichtbetonflächen definiert.

<sup>7</sup> Vgl. HOFSTADLER, C.: Qualitätsverbesserung und Konfliktreduktion bei Sichtbeton durch Einführung von vernetzten Regelkreisen. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 35

Im fünften Kapitel der vorliegenden Arbeit werden die Ziel-, Steuer-, und Störgrößen des Sichtbetonprozesses aufgezeigt sowie die unterschiedlichen Methoden und Instrumente für deren Dokumentation vorgestellt. In Kapitel sechs erfolgt die Zuordnung der Dokumentationsinstrumente zu den einzelnen Projektphasen des Sichtbetonprozesses.

Das siebenten Kapitel behandelt die Dokumentation des Herstellungsprozesses eines Sichtbetonmusterbauteils, die im Zuge einer Baustellenbesichtigung mit Hilfe von Fotos, Videos und dem Sichtbetonprozessprotokoll angefertigt wurde.

Im achten und letzten Kapitel erfolgt eine abschließende Zusammenfassung der gesamten Arbeit.

## 2 Wissen, Daten und Informationen

Wissen, Daten und Informationen bilden das Grundgerüst, um die Zielgrößen des Auftraggebers optimal erreichen zu können. Darüberhinaus dient das aus Daten und Informationen generierte Wissen aber auch dazu, um die einzelnen Elemente und Beziehungen des gesamten Sichtbetonprozesses einem ständigen Verbesserungsprozess zu unterziehen und diese in zukünftigen Sichtbetonaufgaben mit einzubeziehen.

*„Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösungen von Problemen einsetzen. Dies umfasst sowohl theoretische Erkenntnisse als auch praktische Alltagsregeln und Handlungsanweisungen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden. Es wird von Individuen konstruiert und repräsentiert deren Erwartungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge in einem bestimmten Kontext.“<sup>8</sup>*

Als Basis für das Wissen gelten nach NORTH Zeichen, die innerhalb eines Zeichenvorrates beliebig angeordnet werden können. Mithilfe einer Syntax werden die Zeichen in einen sinnvollen Zusammenhang gebracht und es erfolgt die Strukturierung der Zeichen zu Daten.<sup>9</sup> Ohne Bezugsrahmen sind die erzeugten Daten jedoch unstrukturiert, isoliert und kontextunabhängig.<sup>10</sup>

Erfolgt die Zuordnung der Daten zu einem bestimmten Thema bzw. werden diese Daten in einen Kontext gesetzt, entstehen aus den Daten Informationen. Erst durch die sinnvolle Verbindung von Informationen und der Miteinbeziehung von persönlichen Erfahrungen wird aus den Informationen Wissen.<sup>11</sup>

Das Verknüpfen von neuen Informationen mit persönlichen Erfahrungen führt zu einem „[...] Vergleichen, Bewerten und Konsequenzen-Ziehen“<sup>12</sup> der zu Verfügung stehenden Informationen. Das Wissen ist demnach kein statischer, „[...] sondern ein kontinuierlich fortlaufender sowie wiederholender Prozess“<sup>13</sup>.

<sup>8</sup> ROMHARDT, K.: Die Organisation aus der Wissensperspektive: Möglichkeiten und Grenzen der Intervention. Dissertation an der Universität Genf. S. 64, zitiert bei GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 455

<sup>9</sup> Vgl.: RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 20

<sup>10</sup> Vgl.: ROMHARDT, K.: Die Organisation aus der Wissensperspektive: Möglichkeiten und Grenzen der Intervention. Dissertation an der Universität Genf. S. 64

<sup>11</sup> Vgl.: RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 20

<sup>12</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 20

<sup>13</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 20

Der Begriff Wissen bezeichnet somit „[...] eine Mischung aus Erfahrungen, Wertvorstellungen, Informationen und Fachkenntnissen [...]“<sup>14</sup> Diese Mischung ermöglicht die Gestaltung eines Rahmens „[...] zur Beurteilung und Eingliederung neuer Erfahrungen und Informationen [...]“<sup>15</sup>

Die beschafften Informationen können für den Informationsempfänger entweder neu sein und somit zu neuem Wissen führen, oder bereits bekannt sein und das aktuelle Wissen bestätigen.<sup>16</sup>

Durch das Anwenden des Wissens folgt aus dem aktuellen Wissen das Können bzw. das “Know-how“. Geschieht dies mit einer Handlungsabsicht, entwickelt sich aus dem Können das Handeln. Findet dieses Handeln wiederum unter den "richtigen Voraussetzungen" statt, entsteht aus dem Handeln die Kompetenz bzw. die Wettbewerbsfähigkeit.<sup>17</sup>

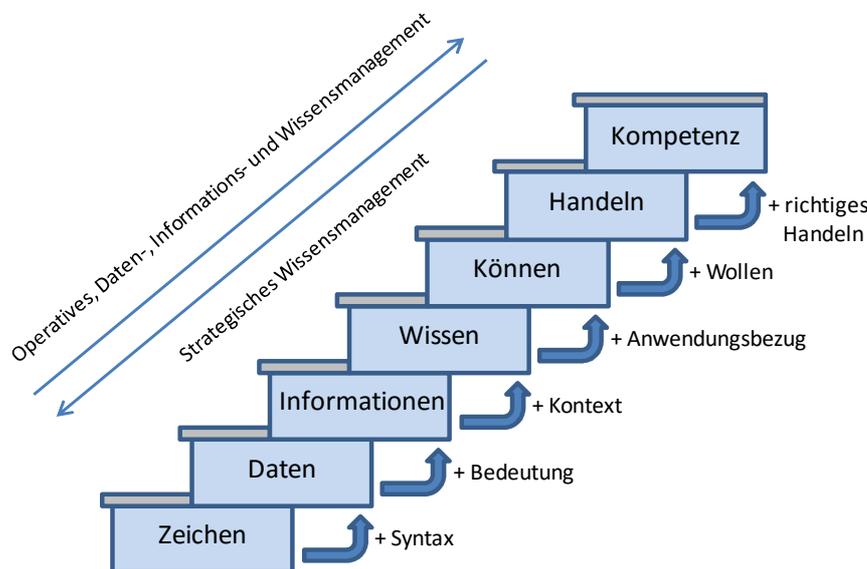


Bild 1 Wissensstreppe nach North (in Anlehnung an Rathswohl<sup>18</sup>)

## 2.1 Wissensarten

In der Informationswissenschaft wird der Wissensbegriff oftmals aufgrund unterschiedlicher Gesichtspunkte beurteilt. Somit ergeben sich differenzierte Wissensarten-Ansätze. Als mögliche Differenzierungen

<sup>14</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 454

<sup>15</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 454

<sup>16</sup> Vgl.: GUST VON LOH, S.: Wissensmanagement und Informationsbedarf in kleinen und mittleren Unternehmen. In: Information Wissenschaft & Praxis, 59/2008. S. 119

<sup>17</sup> Vgl.: RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 20-21

<sup>18</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 20

gelten die "epistemologische Dimension des Wissens", die sich mit der „Artikulierbarkeit bzw. der Dokumentierbarkeit des Wissens“<sup>19</sup> beschäftigt (Siehe Kapitel 2.1.1 und 2.1.2), oder die "ontologische Dimension", die sich mit der Anzahl der Wissensträger beschäftigt (Siehe Kapitel 2.1.3.).<sup>20</sup>

### 2.1.1 Impliziertes und explizites Wissen

Als impliziertes Wissen wird jenes Wissen bezeichnet, dass „[...] weder formalisierbar noch verbalisierbar[...]“<sup>21</sup> ist. Es ist das „[...] Wissen das eine Person aufgrund ihrer Erfahrung und ihrer Praxis als "Know-how" besitzt. Das mental gespeicherte, implizierte Wissen sollte möglichst verbal kommuniziert werden, da darin auch Befürchtungen, Hoffnungen, Meinungen etc. zum Tragen kommen, die nicht direkt dokumentiert werden.“<sup>22</sup>.

Als explizites Wissen gilt „[...] ein formulierbares und dokumentierbares Wissen, welches leicht in Worte zu fassen und somit kommunizierbar ist.“<sup>23</sup> Es ist demnach leicht zu übertragen und findet beispielsweise „[...] in Handbüchern, Arbeitsanweisungen oder Bautagebücher“<sup>24</sup> Anwendung.

### 2.1.2 Subjektives und objektives Wissen

STOCK differenziert den Wissensbegriff in subjektives und objektives Wissen. Subjektives Wissen ist immer an Individuen gebunden. Es ist das persönliche Wissen, das sich beispielsweise in den Köpfen einzelner Personen befindet. Als objektives Wissen bezeichnet STOCK das Wissen, welches sich in Datenbanken, Büchern oder auf sonstigen Datenträgern befindet. Beim objektiven Wissen handelt es sich somit um dokumentiertes Wissen.<sup>25</sup>

Nach NONAKA und TAKEUCHI ist das subjektive Wissen „[...] jenes Erfahrungswissen, welches sich direkt auf die aktive Tätigkeit bezieht

<sup>19</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 22

<sup>20</sup> Vgl.: RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 24

<sup>21</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 22

<sup>22</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 22

<sup>23</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 23

<sup>24</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 23

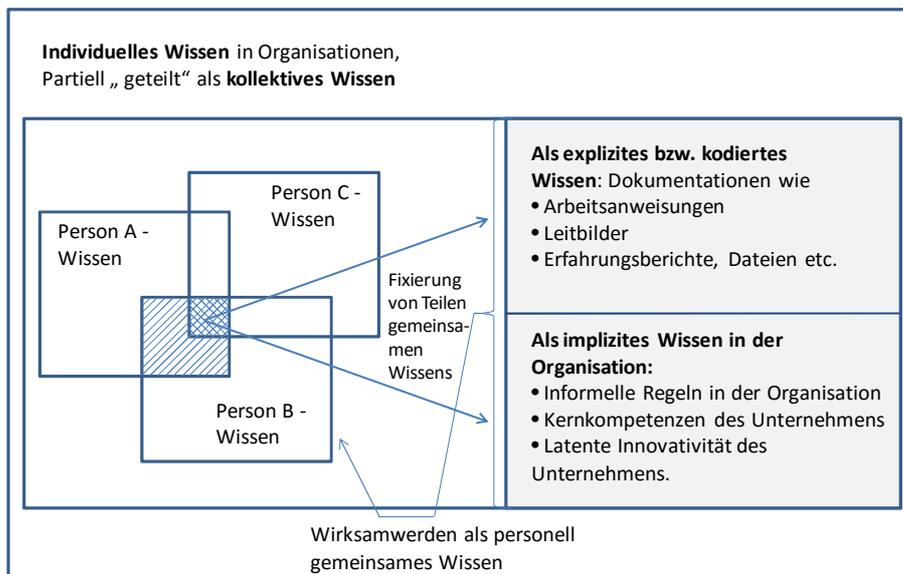
<sup>25</sup> Vgl.: GUST VON LOH, S.: Wissensmanagement und Informationsbedarf in kleinen und mittleren Unternehmen. In: Information Wissenschaft & Praxis, 59/2008. S. 119

und die Durchführung dieser Tätigkeit unbewusst unterstützt<sup>26</sup>. Das objektive Wissen bezieht sich hingegen auf das „[...] theoretische Wissen aus der Vergangenheit“<sup>27</sup>.

### 2.1.3 Individuelles, kollektives und organisationales Wissen

Während das individuelle Wissen „[...] konkret an einzelne Personen gebunden [...]“<sup>28</sup> ist, „[...] entwickelt sich [das kollektive Wissen, Anmerkung des Verfassers] aus der Kombination von Wissen einzelner Wissensträger in einer Gemeinschaft und schafft dadurch neues eigenständiges Wissen.“<sup>29</sup>

Durch die „[...] Ergänzung des individuellen oder kollektiven Wissens durch Unternehmensleitbilder, -Ziele und -Visionen [...]“<sup>30</sup> entsteht das organisationale Wissen.



**Bild 2 Handlungswissen von Individuen, Gruppen und Organisationen (in Anlehnung an Girmscheid<sup>31</sup>)**

<sup>26</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 23

<sup>27</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 23

<sup>28</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 24

<sup>29</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 24

<sup>30</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 24

<sup>31</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 456

### 2.1.4 Kontext- und dekontextbezogenes Wissen

Kontextbezogenes Wissen ist nur „[...] in einer speziellen Situation [...] bzw. Aufgabe oder Prozess von Wert“<sup>32</sup>. Außerhalb dieser speziellen Situation ist die Anwendung des kontextbezogenen Wissens nur schwer möglich. Das dekontextbezogene Wissen kann dagegen in verschiedenen Bereichen angewendet werden. Es kann „[...] als abstrahiertes, theoretisches Fachwissen verstanden werden und hat keinen direkten Bezug zum Anwendungsfall“<sup>33</sup>.

## 2.2 Wissensmanagement

Nach PENROSE führen die Handlungen, Tätigkeiten und Entscheidungen, die durch Wissen ermöglicht werden, erst zum ökonomischen Erfolg bzw. zur Zielerreichung einer Organisation.<sup>34</sup> Soll das Wissen demnach zum Erreichen der Organisations- bzw. der Projektziele beitragen, muss es ebenso wie die traditionellen Produktionsfaktoren effektiv und effizient eingesetzt bzw. gemanagt werden.<sup>35</sup>

„Unter Wissensmanagement versteht man die gezielte Gestaltung von Rahmenbedingungen und Prozessen einer Organisation unter besonderer Berücksichtigung des Produktionsfaktors Wissen.“<sup>36</sup>

Die immer größer werdende Menge an Daten und Informationen führt bei einer mangelhaften Trennung von wichtigen und unwichtigen Informationen früher oder später zu einem Informationschaos. Für wirtschaftlich orientierte Organisationseinheiten (Unternehmen) ist die Trennung von nützlichen und ungeeigneten Informationen eine grundlegende Tätigkeit, um die eigene Innovationsfähigkeit zu verstärken, Reaktionszeiten zu verkürzen, die Qualitäten und die Produktivität zu steigern.<sup>37</sup>

Durch das Betreiben von Wissensmanagement im Sichtbetonprozess werden die relevanten Wissenspotenziale aus der Informationsflut identifiziert, optimiert und einem Kernbereich zugeordnet. Wissensmanagement bezeichnet demnach „[...] die gezielte Lenkung von Wissensidentifikation (Transparenz und Zugriff), Wissensverteilung, Wissensnutzung,

<sup>32</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 25

<sup>33</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 25

<sup>34</sup> Vgl.: GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 455

<sup>35</sup> Vgl.: BAUER, R.; BORNEMANN, M.; DITZEL, B.: Das Praxishandbuch Wissensmanagement-Integratives Wissensmanagement. S. 11

<sup>36</sup> BAUER, R.; BORNEMANN, M.; DITZEL, B.: Das Praxishandbuch Wissensmanagement-Integratives Wissensmanagement. S. 13

<sup>37</sup> Vgl.: GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 451

*Wissenserwerb, Wissensentwicklung, Wissensbewahrung und Wissensbewertung*<sup>38</sup>.

Die Anwendung von Wissensmanagement in den Wertschöpfungsprozessen einer Organisation führt zu einem deutlichen Mehrwert für die Organisation und hat nach DITZEL et al. unter anderem folgenden Nutzen:

- *„Steigerung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit*
- *Nutzung brachliegender Wissensressourcen der Organisation*
- *Vernetzung von Expertenwissen*
- *Erhöhung der Motivation der Mitarbeiter als "Mitdenker"*
- *Steigerung der Lernfähigkeit der Organisation*
- *Verbesserung der Qualität der Entscheidungsfindung*
- *Vermeidung unnötigen Ressourcenaufwands („das Rad nicht ständig neu erfinden“)*<sup>39</sup>

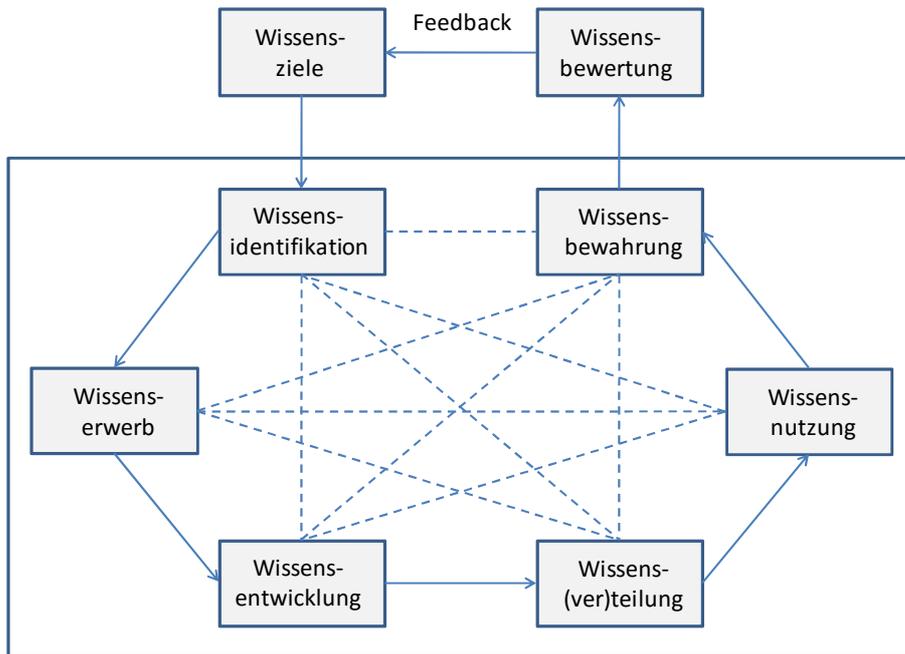
### 2.2.1 Prozesse des Wissensmanagements

PROBST, RAUB und ROMHARDT beschreiben die Aktivitäten des Wissensmanagements innerhalb einer Organisation anhand von acht untereinander vernetzten Bausteinen. Die Kernprozesse des Wissensmanagements setzen sich nach PROBST et al. aus der Wissensidentifikation, dem Wissenserwerb, der Wissensentwicklung, der Wissens(ver)teilung der Wissensnutzung und der Wissensbewahrung zusammen. Ergänzt werden die Kernprozesse durch die Definition eines Wissensziels und dessen Bewertung.<sup>40</sup>

<sup>38</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 451

<sup>39</sup> BAUER, R.; BORNEMANN, M.; DITZEL, B.: Das Praxishandbuch Wissensmanagement-Integratives Wissensmanagement. S. 11

<sup>40</sup> Vgl.: PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: Wissen managen-Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen 7. Auflage. S. 26ff



**Bild 3 Wissensmanagement-Bausteinmodell von Probst, Raub und Romhardt (in Anlehnung an Girmscheid<sup>41</sup>)**

#### Wissensidentifikation:

„Die Massnahmen der Wissensidentifikation dienen der Schaffung einer Transparenz über intern und extern vorhandenes Wissen. Mangelnde Transparenz führt zu ineffizienten Abläufen, mangelhaft abgestützten Entscheidungen und Doppelspurigkeiten.“<sup>42</sup>

#### Wissenserwerb:

„Wissenserwerb behandelt das Erwerben von Fähigkeiten aus externen Quellen. In den Beziehungen zu Kunden, Lieferanten, Konkurrenten und Kooperationspartnern besteht ein erhebliches und oft unausgeschöpftes Potenzial des Wissenserwerbs“<sup>43</sup>

#### Wissensentwicklung:

„Die Wissensentwicklung gilt als komplementärer Baustein zum Wissenserwerb. Im Mittelpunkt steht dabei die Produktion neuer Fähigkeiten, neuer Produkte, innovativer Ideen und leistungsfähigerer Prozesse.“<sup>44</sup>

<sup>41</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 472

<sup>42</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 472

<sup>43</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 472

<sup>44</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 473

Wissens(ver)teilung:

„Die Wissens(ver)teilung stellt die Nutzbarkeit isoliert vorhandener Erfahrungen, Informationen oder Wissens in der gesamten Organisation sicher. [...] Die Wissens(ver)teilung betrifft somit den Prozess der Verbreitung bereits vorhandenen Wissens innerhalb der Organisation und umfasst auch den Übergang des individuellen Wissens in die organisationale Wissensbasis.“<sup>45</sup>

Wissensnutzung:

„Wissensnutzung ist das Hauptziel eines Wissensmanagements; sie stellt mit entsprechenden Massnahmen [sic] die Anwendung bzw. den produktiven Einsatz organisationalen Wissens zum Nutzen des Unternehmens sicher.“<sup>46</sup>

Wissensbewahrung:

„Einmal erworbene Fähigkeiten stehen nicht automatisch für die Zukunft zur Verfügung. Mit gezielten Managementaktivitäten muss eine gezielte Bewahrung von Erfahrungen, Informationen oder Dokumenten sichergestellt werden. Der Wissensbewahrungsprozess beruht auf der effizienten Nutzung verschiedenster organisationaler Wissensspeichermedien und gestaltet bewusst die Prozesse der angemessenen Speicherung bewahrenswerten Wissens und dessen regelmässiger [sic] Aktualisierung.“<sup>47</sup>

Wissensbewertung:

„Die Wissensbewertung beinhaltet die Messung der Lernprozessenerfolge. Bei der Bewertung zeigt sich, welche Qualität die formulierten Zielvorstellungen und die dafür implementierten Wissensmanagementprozesse hatten. [...] Dieser Controllingprozess ermöglicht Kurskorrekturen und Anpassungen bei der Durchführung von längerfristigen Wissensmanagementmassnahmen [sic].“<sup>48</sup>

Wissensziele:

„Wissensziele geben den Aktivitäten des Wissensmanagements eine Richtung. Sie legen fest, auf welchen Ebenen welche Fähigkeiten aufgebaut werden sollen.“<sup>49</sup>

<sup>45</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 473

<sup>46</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 473

<sup>47</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 473

<sup>48</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 473

<sup>49</sup> PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: Wissen managen-Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen 7. Auflage. S. 33

## 2.2.2 Wissensmanagement im Bauunternehmen

Die vielen unterschiedlichen Einflüsse rund um ein Bauprojekt erfordern für den wirtschaftlichen Erfolg eines Bauunternehmens das Betreiben eines innerbetrieblichen Wissensmanagements. Demnach erfordern die Zielvorgaben des Auftraggebers (Qualität, Quantität, Kosten und Zeit), die Baustellenbedingungen, die Betriebsbedingungen, die Bauwerksbedingungen sowie die Wahl des Bauverfahrens eine große Anzahl an Entscheidungen der Projektbeteiligten. Werden diese Entscheidungen ohne fundiertes Wissen und nur intuitiv gefällt, können die Auswirkungen zu „[...] unnötigen und wiederholenden Fehlern, grösserem [sic] Zeitaufwand, unnötigen Kostenüberschreitungen und unzufriedenen Kunden [...]“<sup>50</sup> führen.

Nach GIRMSCHIED können die zur „[...] Verfügung stehenden Entscheidungsgrundlagen [...]“<sup>51</sup> folgendermaßen optimiert werden:

- „systematische Analyse der Kundenbedürfnisse in der Projektfrühphase,
- Dokumentation und Austausch von Projekterfahrungen zur Vermeidung gleicher Fehler innerhalb des Unternehmens,
- gegenseitige Kenntnis von parallelen Projekten mit ähnlichen Problemstellungen,
- Minimierung der Informationsüberflutung und verbesserte Informationsqualität,
- interne Bekanntmachung entwickelter Verfahren oder Technologien,
- verbesserte Kenntnis der Fähigkeiten und Kompetenzen der Mitarbeiter,
- vermehrten Austausch wettbewerbsentscheidenden Wissens (über Kunden, Markt, Konkurrenz, Verfahren etc.) zwischen verschiedenen Abteilungen,
- verbesserten Überblick über extern verfügbares Wissen (Lieferanten, Unternehmer, Planer etc.)“<sup>52</sup>

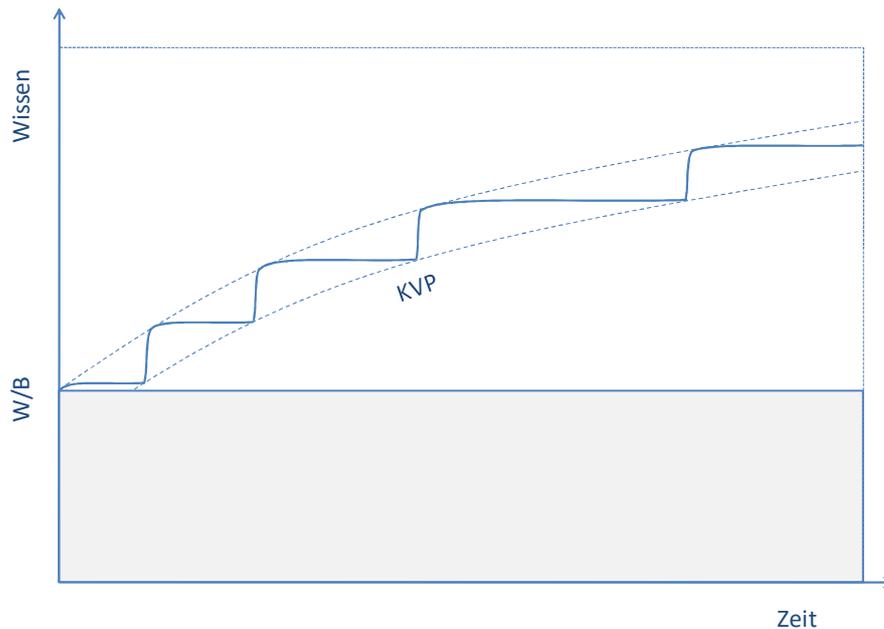
Das Betreiben von Wissensmanagement im Bauwesen bildet einerseits die Grundlage zur Generierung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) von bestehenden Leistungsangeboten und dient andererseits zur Entwicklung neuer Leistungsangebote (z.B. neue Bauverfah-

<sup>50</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 476

<sup>51</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 476

<sup>52</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 476

ren). Durch die Schaffung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozess kann die Qualität des Unternehmens- oder Projektwissens dauerhaft erweitert werden.<sup>53</sup> Umgesetzt auf den Sichtbetonprozess bedeutet dies, dass durch die Erstellung von umfassenden Sichtbetondokumentationen nicht nur zukünftig Fehler vermieden, sondern auch die Qualität von Sichtbetonflächen durch gesteigertes Unternehmens- und Projektwissen erhöht werden kann.



**Bild 4** Kontinuierliche Verbesserung der Wissensbasis (in Anlehnung an Rathswohl<sup>54</sup>)

Die Basis hierfür liegt in der Schaffung eines ereignisorientierten Projektwissens, welches durch Soll-Ist-Vergleiche im Zuge des Projektcontrollings geschaffen wird.<sup>55</sup>

### 2.3 Wissenstransfer

„Unter Wissenstransfer ist die zielgerichtete Wiederverwendung des Wissens eines Transferpartners durch (einen) andere(n) Transferpartner zu verstehen, wobei es sich bei den Transferpartnern um Individuen oder Kollektive handeln kann. Wissen kann dabei unverändert oder angepasst wieder verwendet werden oder als Input für die Generierung neuen Wissens dienen. Die Wiederverwendung setzt das Verstehen des transfe-

<sup>53</sup> Vgl.: RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 41

<sup>54</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 42

<sup>55</sup> Vgl.: GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 485

rierten Wissens sowie seine Anwendung durch den Empfänger voraus. Ein Wissenstransfer umfasst damit eine Lernkomponente und in der Regel auch eine Logistikkomponente.“<sup>56</sup>

Bei der Wissensübertragung transferiert der Sender, dessen Wissen in einem „[...] Strukturrahmen aus Erfahrungen, Werten und Normen eingebunden [...]“<sup>57</sup> ist, hin zu einem Wissensempfänger. Hierzu löst der Sender das Wissen aus diesem Strukturrahmen heraus und wandelt es in Daten und Informationen um, entweder durch eine schriftliche Dokumentation oder verbal. Diese Daten und Informationen werden vom Empfänger aufgenommen und innerhalb des Strukturrahmens des Empfängers zu Wissen verarbeitet.<sup>58</sup>

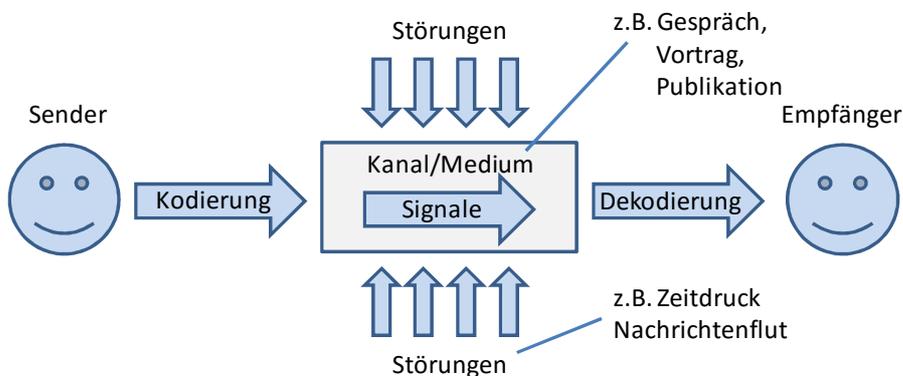


Bild 5 Wissenstransfer (in Anlehnung an Girmscheid<sup>59</sup>)

Die Übertragung der Daten und Informationen kann einerseits verbal durch direkte Kommunikation zwischen Sender und Empfänger erfolgen, oder andererseits anhand eines technischen Systemelements (Medium). Technische Systemelemente sind beispielsweise schriftliche, visuelle oder akustische Dokumentationen, die „[...] als Zwischenspeicher der Signalströme zwischen den Wissensträgern [...]“<sup>60</sup> dienen. „Durch diese Zwischenspeicherung ergibt sich die Möglichkeit der Überbrückung von zeitlichen und räumlichen Distanzen beim Wissenstransfer. Wissen kann durch diese Möglichkeit über Generationen hinweg weitergegeben werden.“<sup>61</sup>

<sup>56</sup> THIEL, M.: Wissenstransfer in komplexen Organisationen. Effizienz durch Wiederverwendung von Wissen und Best Practices. S. 32f, zitiert bei SCHLAGER, A.: Werkzeuge und Methoden zur Sicherstellung eines generationsübergreifenden Wissenstransfers in Unternehmen der Erdölindustrie. Masterarbeit. S. 20

<sup>57</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 454

<sup>58</sup> Vgl.: GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 454

<sup>59</sup> GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 454

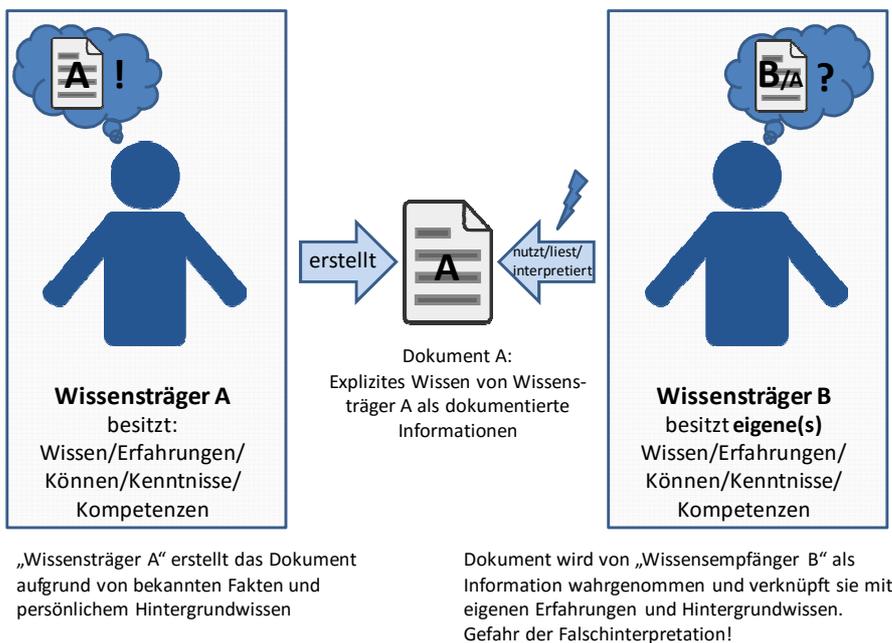
<sup>60</sup> HUMPL, B.: Transfer von Erfahrungen-Ein Beitrag zur Leistungsteigerung in projektorientierten Organisationen. S. 63

<sup>61</sup> HUMPL, B.: Transfer von Erfahrungen-Ein Beitrag zur Leistungsteigerung in projektorientierten Organisationen. S. 63

Besitzen der Sender und der Empfänger einen unterschiedlichen Strukturrahmen bzw. ein unterschiedliches Vorwissen, werden die übertragenen Daten und Information vom Empfänger möglicherweise anders interpretiert als vom Sender.<sup>62</sup>

### 2.3.1 Probleme des Wissenstransfers

Bei der Wissensübertragung zwischen dem Wissensträger und dem Wissensempfänger besteht oftmals die Gefahr, dass die vom Wissensträger angefertigte Dokumentation beim Wissensempfänger zu Fehldeutungen der Informationen führen. Die Ursache hierfür liegt darin, dass der Wissensträger bei der Dokumentationserstellung oftmals über ein vertieftes Fach- bzw. Hintergrundwissen verfügt und dieses nicht in die schriftliche Dokumentation mit einfließt. Wird nun die Dokumentation des Wissensträgers vom Wissensempfänger in eigene Informationen transformiert, nimmt dieser ausschließlich die schriftlichen Informationen der Dokumentation auf und kombiniert diese mit dem persönlichen Hintergrundwissen. Dies birgt jedoch die Gefahr, dass es zu Missverständnissen zwischen dem Informationsträger und Informationsempfänger kommen kann.



**Bild 6** Problem der Wissensübertragung mittels Dokumenten (in Anlehnung an Rathswohl<sup>63</sup>)

<sup>62</sup> Vgl.: GIRMSCHIED, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. S. 454

<sup>63</sup> RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Implementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 27

Die Philosophie bezeichnet diese Problematik als "hermeneutischen Zirkel". Dieser besagt „Verstehen ist nur möglich, wenn das Ganze verstanden wird, das Ganze aber kann nur verstanden werden, wenn die Teile verstanden werden. Damit enthält der Zirkel ein Paradox: Das, was verstanden werden soll, muss vorher schon „irgendwie“ verstanden sein.“<sup>64</sup> Dem geht hervor, dass ein Text nur dann verstanden werden kann „[...] wenn bereits ein gewisses Vorverständnis vorhanden ist.“<sup>65</sup> „Mit dem Verstehen des Textes erfährt das zugehörige Vorverständnis eine Korrektur und Erweiterung, so daß [sic] wiederum ein besseres Textverständnis entsteht [...]“<sup>66</sup>

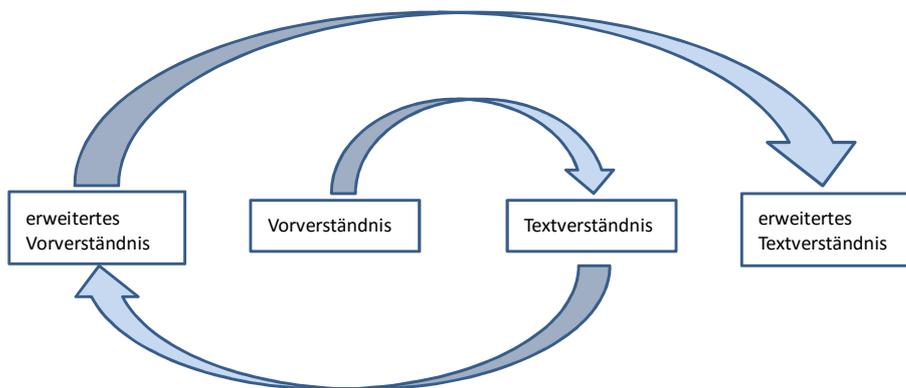


Bild 7 Hermeneutischer Zirkel

### 2.3.2 Vermeidung von Problemen im Wissenstransfer

Eine Möglichkeit, um Missverständnisse zwischen Wissensträger und Wissensempfänger zu vermeiden ist, dass der Wissensträger in die Dokumentation sämtliche Daten, Information und Randbedingungen einarbeitet, damit der Wissensempfänger die Dokumentation unabhängig vom vorhandenen Hintergrundwissen und ohne die Gefahr einer Falschinterpretation verstehen kann. Dem gegenüber stehen jedoch ein erhöhter Dokumentationsaufwand für den Wissensträger sowie ein vielfach höherer Informationsstrom für den Wissensempfänger.<sup>67</sup>

Stehen der Wissensträger und der Wissensempfänger in einem direkten Verhältnis zueinander, können etwaige Unklarheiten bzw. Interpretationsunterschiede einer Dokumentation zwischen dem Wissensträger und

<sup>64</sup> <http://friedel-schardt.de/hermeneut.htm>. Datum des Zugriffs: 27.September.2015

<sup>65</sup> <http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/ERZIEHUNGSWISSENSCHAFTGEIST/HermeneutikZirkel.shtml>. Datum des Zugriffs: 27.September.2015

<sup>66</sup> <http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/ERZIEHUNGSWISSENSCHAFTGEIST/HermeneutikZirkel.shtml>. Datum des Zugriffs: 27.September.2015

<sup>67</sup> Vgl.: RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 27

dem Wissensempfänger gegebenenfalls durch Rückfragen und Gespräche geklärt werden.<sup>68</sup>

## 2.4 Daten und Informationen

Für eine Wissenssteigerung im Sichtbetonprozess wird eine große Anzahl von Daten und Informationen, die mit Hilfe von verschiedenen Dokumentationsinstrumenten gesammelt und aufbereitet werden, benötigt.

Aus der Wissenstreppe nach NORTH geht hervor, dass Informationen erst durch Zuordnung von Daten zu einem bestimmten Thema bzw. durch einen Zweckbezug entstehen können. Die erzeugten Daten liegen danach nicht mehr unstrukturiert und isoliert vor, sondern werden zu strukturierten und kontextabhängigen Informationen umgewandelt und bilden somit die Quelle für eine Wissensvermehrung.

WITTMANN bezeichnet als Information „[...] zweckorientiertes Wissen das zur Erreichung eines Zweckes, nämlich einer möglichst vollkommenen Entscheidung, eingesetzt wird.“<sup>69</sup>

MANECKE und SEEGER sehen als Information die „schrittweise und wiederholte Beseitigung von Ungewißheit [sic] in Problembehandlungs- und -bewältigungsprozessen, in denen die Zuführung von externen Wissens (d.h. beim Problemlöser nicht verfügbaren Wissens) notwendig ist.“<sup>70</sup>

Eine allumfassende Definition des Begriffes Information erscheint nach GAUS sehr komplex. Dementsprechend entwickelte GAUS zum Terminus Information sieben unterschiedliche Definitionsansätze:

### a) Information als Struktur (structure approach):

„Die Welt (im weitesten Sinne) und die Dinge und Sachverhalte in der Welt sind nicht eine amorphe Anhäufung, sondern strukturiert. Die Struktur der Dinge stellt einen Informationsgehalt dar. Information ist also Strukturierung, und umgekehrt stellt jede Struktur eine Information dar. Der Informationsgehalt ist unabhängig davon, ob der Mensch die Struktur erkennt oder nicht, ja er ist sogar von der Existenz des Menschen unabhängig. Diese Definition von Information wird in der Philosophie verwendet.“<sup>71</sup>

<sup>68</sup> Vgl.: RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Implementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. S. 27

<sup>69</sup> <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/information/information.htm>. Datum des Zugriffs: 30. Oktober 2015

<sup>70</sup> MANECKE, H.-J.; SEEGER, T.: Zur Entwicklung der Information und Dokumentation in Deutschland. In: Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation: Ein Handbuch zur Einführung in die fachliche Informationsarbeit. S. 20

<sup>71</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 29

b) Information als Erkenntnis (knowledge approach):

„Jetzt gelten nur noch solche Strukturen als Informationen, die ein Mensch erkannt hat. Sachverhalte und Strukturen, die unerkannt sind, stellen keine Informationen dar. Die Informationsmenge ist von Mensch zu Mensch unterschiedlich, da die Menschen die Strukturen in einem unterschiedlichen Grade erkennen. Diese Definition wird u.a. in der Entscheidungstheorie benutzt.“<sup>72</sup>

c) Information als Signal (signal approach):

„In der Nachrichten- und Computertechnik ist das Modell

Sender - Übertragungskanal - Empfänger

detailliert entwickelt. Ein Signal wird vom Sender auf den Übertragungskanal gegeben, zum Empfänger geleitet und dort empfangen. [...] Dasselbe Modell kann anstelle der Informationsübertragung (von Ort zu Ort) auch für die Informationsspeicherung (Übertragung von einem Zeitpunkt auf einen späteren) verwendet werden:

schreiben (Eingabe) - speichern - lesen (Ausgabe)

Außerdem können beschriebene (gefüllte) Speicher und Datenträger von einem Ort zum andern [sic] transportiert werden.

Sagt man, Information sei das, was einen beschriebenen Datenträger von einem unbeschriebenen unterscheidet, so liegt dieser Aussage die Definition der Information als Signal zugrunde.“<sup>73</sup>

d) Information als Nachricht (message approach):

„Das, was beim Empfänger aus dem Übertragungskanal ankommt, nennt man Signal. Die Bedeutung des Signals, also das decodierte Signal, wird als Nachricht bezeichnet. Das Signal z.B. „rote Lampe“ kann sehr verschiedene Bedeutungen haben, also unterschiedliche Nachrichten liefern: Im Straßenverkehr „Halt“, bei der Schifffahrt „Backbordseite“, im Armaturenbrett „Warnung“ und an einem zweifelhaften Lokal kann die rote Lampe einen Hinweis auf ein Bordell geben.

Die Nachrichtenübertragung benötigt also eine Codiervorschrift. Codierungen sind Vereinbarungen, welche technische Realisierung eines Signals welche Bedeutung hat.“<sup>74</sup>

<sup>72</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 29

<sup>73</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 30

<sup>74</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 30

e) Information als verstandene Nachricht (meaning approach):

*„Für Information als Nachricht reicht es aus, wenn physikalisch-technische Codierungsregeln vereinbart werden. Für ein wirklich inhaltliches Verstehen der Nachricht sind aber weitere Voraussetzungen notwendig, insbesondere eine gemeinsame Sprache und ein nicht zu unterschiedlicher Wissensstand. Zum Beispiel ist ein Vortrag, den ein Hörer zwar akustisch, aber nicht inhaltlich versteht (da er in einer unverständlichen Sprache gehalten wird, oder da der Hörer zu wenig Vorwissen hat) nach Definition (c) eine Information, nach Definition (e) jedoch nicht. Information ist jetzt also ein Signal und eine Nachricht, die der Empfänger verstehen und interpretieren kann. Im täglichen Leben und auch in der Dokumentation wird meist diese Definition von Information verwendet.“<sup>75</sup>*

f) Information als Wissensvermehrung (effect approach):

*„Jetzt werden nur noch solche verstandenen Nachrichten als Information gewertet, die dem Empfänger nicht bereits schon bekannt waren, die für ihn neu sind. Nachrichten, die schon vorher bekannt waren, haben nach dieser Definition keinen Informationsgehalt mehr, bewirken keinen Wissensgewinn, tragen nicht zu einer Verringerung der Unwissenheit bei und haben somit keinen „Effekt“. Information ist also nur gegeben, wenn eine ankommende Nachricht den Informationsstand beim Empfänger verändert. Allerdings ist eine weitere Bestätigung eines (möglicherweise zweifelhaft) vorhandenen Wissens ebenfalls Information im Sinne dieser Definition. Verwendet wird diese Definition vorwiegend im Bildungswesen.“<sup>76</sup>*

g) Information als Vorgang (process approach):

*„Dabei werden die Vorgänge der Informationsgewinnung, Informationsübertragung, Informationsverarbeitung und Präsentation von Information selbst als Information bezeichnet. Zweifellos bedürfen die genannten Vorgänge zu ihrer Durchführung wiederum Information. Am deutlichsten wird dies bei der Datenverarbeitung: Dort wird nicht nur die zu bearbeitende Information (Daten) benötigt, sondern auch Information darüber, was damit geschehen soll (Programm).“<sup>77</sup>*

Aus den oben genannten Definitionen, geht hervor, dass der Begriff der Information sehr vielfältig verstanden werden kann. Dennoch liegt der Zweck von Information darin, das vorhandene Wissen zu steigern, damit den Unbestimmtheitsgrad von Entscheidungssituationen zu reduzieren und damit Handlungen vorzubereiten und durchzuführen<sup>78</sup>.

<sup>75</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 30

<sup>76</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 30

<sup>77</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 31

<sup>78</sup> Vgl.: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/information/information.htm>. Datum des Zugriffs: 30. Oktober. 2015

Für den Sichtbetonprozess ist es entscheidend, dass aus der Fülle der eingehenden Informationen die richtigen Handlungsanweisungen gesetzt werden. So sind beispielsweise aus den Informationen des Wetterdienstes bei der Herstellung der Sichtbetonbauteile Handlungen zu setzen, um den Sichtbeton vor den Witterungseinflüssen zu schützen.

#### 2.4.1 Eigenschaften von Informationen

- Einer jeden Information liegt ein Trägermedium zugrunde. Als Trägermedien gelten beispielsweise Papier und Farbe, Bild- und Filmmaterialien oder elektromagnetische Wellen usw.<sup>79</sup>
- Informationen sind auf ihrem Trägermedium speicherbar bzw. dokumentierbar und damit transportabel und ortsunabhängig.<sup>80</sup>
- Gleiche Informationen sind auf ihren Trägern mehrfach dokumentierbar. Diese Redundanz führt dazu, dass die Informationen gesichert und gleichzeitig an mehreren Orten zur Verfügung stehen.<sup>81</sup>
- Der Informationsgehalt von Nachrichten wird durch die subjektive Aufnahme des Informationsempfängers bestimmt.<sup>82</sup>
- Durch die Kombination unterschiedlicher Informationen können neue Informationen generiert werden.<sup>83</sup>
- Das Vernichten oder Löschen des Informationsträgers führt dazu, dass auch die sich darauf befindlichen Informationen vernichtet werden.<sup>84</sup>

#### 2.4.2 Beschaffung von Daten und Informationen

Daten und Informationen können einerseits aus internen, aber auch aus externen-, Quellen stammen. Informationen aus internen Quellen sind beispielsweise Erfahrungen aus eigenen abgeschlossenen Projekten, organisationsinterne Beobachtungsreihen bzw. Ergebnisse aus Messungen oder durchgeführte Expertenbefragungen. Informationen aus externen Quellen sind organisationsfremde Berichte oder Fachbücher. Die Möglichkeiten der Daten- und Informationsbeschaffung sind in Bild 8 dargestellt.

<sup>79</sup> Vgl.: GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 33

<sup>80</sup> Vgl.: ebenda S 33

<sup>81</sup> Vgl.: GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 33

<sup>82</sup> Vgl.: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/information/information.htm>. Datum des Zugriffs: 30.Oktober.2015

<sup>83</sup> Vgl.: GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 34

<sup>84</sup> Vgl.: ebenda S 34

Sowohl bei internen, als auch bei externen, Quellen muss darauf geachtet werden, ob die vorhandenen Daten und Informationen plausibel und für das aktuelle Projekt aufgrund der vorhandenen Randbedingungen anwendbar sind. Ist keine direkte Anwendbarkeit der vorhandenen Daten und Informationen gegeben, sind diese an das aktuelle Projekt anzupassen.

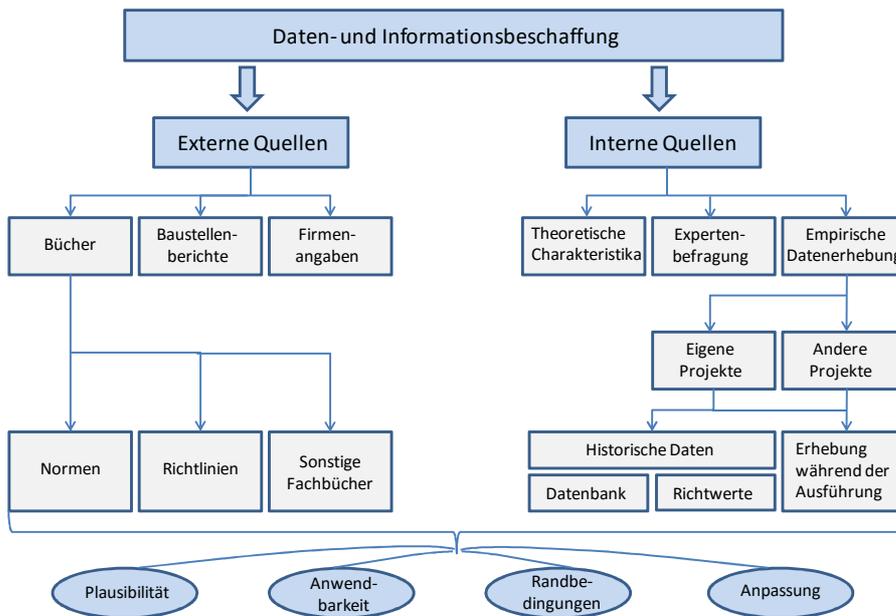


Bild 8 Möglichkeiten der Daten und Informationsbeschaffung (in Anlehnung an Hofstadler<sup>85</sup>)

<sup>85</sup> HOFSTADLER, C.: Baubetrieb Forschungsseminar: Systems Engineering. Vorlesungsskriptum. S. 35

### 3 Dokumentation

SANDEN definiert für den Umgang mit der Ressource Wissen, unabhängig davon ob der Wissenstransfer innerhalb eines Projektes oder innerhalb des gesamten Unternehmens stattfindet, folgende Probleme:

- *„Keine systematische Nutzung der Ressource Wissen, da fehlende Transparenz.*
- *Fehlende Plattformen zum zielorientierten Wissensaustausch.*
- *Fehlende Methoden für den Transfer von individuellem Wissen zu unternehmensweit verfügbarem Wissen.*
- *Mehrfacher, jedoch unabhängiger Aufbau von Wissen.*
- *Wissen ist nicht greifbar, weil es unzureichend dokumentiert ist, nicht schnell genug lokalisiert wird und verstreut ist.“<sup>86</sup>*

Aus den oben genannten Punkten geht hervor, „[...] dass ein effektives Wissensmanagement in Projekten nur dann möglich ist, wenn:

- *Methoden für den Transfer von individuellem zu kollektivem Wissen etabliert werden (z. B. durch Brainstorming, Grafiken, Fragebögen).*
- *eine Austauschplattform für den Wissenstransfer vorhanden ist (z. B. effektives Berichtswesen, virtuelles Projekt-Office im Internet/Intranet).*
- *das erarbeitete Wissen gespeichert und dokumentiert wird, um Wissensverlust zu vermeiden und um jederzeit schnell auf die erarbeiteten Inhalte zurückgreifen zu können.*
- *das gespeicherte Wissen auch über das Projektende hinaus verfügbar ist, so dass aus dem projektinternen ein unternehmensweites Wissen wird“<sup>87</sup>*

Vor allem die beiden letzten Aufzählungspunkte weisen auf die Wichtigkeit der Sammlung, Speicherung und der schnellen Zurverfügungstellung von Informationen mittels Dokumentationen hin.

Der Begriff der Dokumentation wird in der Literatur in verschiedener Weise interpretiert. Nachfolgend sind einige Definitionen zur Dokumentation dargestellt:

<sup>86</sup> DAN, A.: Projektdokumentation- Aufbau und Nutzen einer Dokumentation in interdisziplinären IT-Projekten. Abschlussarbeit für die Fortbildung zum Wissenschaftlichen Dokumentar. S. 4

<sup>87</sup> DAN, A.: Projektdokumentation- Aufbau und Nutzen einer Dokumentation in interdisziplinären IT-Projekten. Abschlussarbeit für die Fortbildung zum Wissenschaftlichen Dokumentar. S. 5

„Unter Dokumentation versteht man die Nutzbarmachung von Informationen zur weiteren Verwendung. Ziel der Dokumentation ist es, schriftlich oder auf andere Weise dauerhaft niedergelegte Informationen (Dokumente) gezielt auffindbar zu machen.“<sup>88</sup>

„Die Dokumentation ist [...] das Sammeln, Ordnen und Nutzbarmachen bzw. gezielte Wiederauffinden von Dokumenten aller Art ohne Rücksicht darauf ob die dazugehörigen Schriftstücke verfügbar sind. Man faßt [sic] außerdem die Technik und Methode dieser Tätigkeit zum Zwecke der Verbreitung von Informationen unter diesem Begriff zusammen.“<sup>89</sup>

„Unter Dokumentation versteht man die langfristige Sicherung wesentlicher Projektunterlagen und die Auswertung der Projektarbeit zur Gewinnung von Informationen.“<sup>90</sup>

„In der allgemeinen Bedeutung ist eine Dokumentation die Beschreibung eines Sachverhalts, der in sich abgeschlossen ist, ein gewisses Maß an Vollständigkeit erreicht hat und zur (dauernden) Aufbewahrung bestimmt ist.“<sup>91</sup>

„Die Aufgabe der Dokumentation ist das Vermitteln von Informationen. Somit ist die Dokumentation das Bindeglied zwischen Autoren, Datenlieferanten und sonstigen Informationserzeugern einerseits und den zu informierenden Benutzern andererseits.“<sup>92</sup>

### 3.1 Vorgangsweise bei der Dokumentationserstellung

Die einzelnen Arbeitsbereiche einer Dokumentationserstellung können in vier Teilprozesse gegliedert werden.

#### Beschaffen und Erfassen:

Bei der Erstellung einer Dokumentation muss die Dokumentationsstelle zu Beginn sämtliche relevanten Informationen (Dokumentationseinheiten) der zu bearbeitenden Thematik beschaffen und erfassen. Für eine vollständige Dokumentation ist es erforderlich, die Dokumentationswürdigkeit der vorhandenen Informationen zu überprüfen und keine wichtigen Dokumentationseinheiten zu vergessen. Des Weiteren ist vor der

<sup>88</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Dokumentation>. Datum des Zugriffs: 19.September.2015

<sup>89</sup> HENZLER, R. G.: Information und Dokumentation: Sammeln, Speichern und Wiedergewinnen von Fachinformation in Datenbanken. S. 3

<sup>90</sup> KALUSCHE, W.: Projektmanagement für Bauherren und Planer, zitiert bei: KOCHENDÖRFER, B.; LIEBCHEN, J. H.; VIERING, M. G.: Bau-Projekt-Management Grundlagen und Vorgehensweisen. S. 91

<sup>91</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 34

<sup>92</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 17

Aufnahme einer Dokumentationseinheit in eine Dokumentation zu kontrollieren, ob dieselben Informationen bereits vorrätig sind.<sup>93</sup>

#### Indexieren:

Im Anschluss erfolgt eine Kennzeichnung des Dokumentationsinhaltes mittels Deskriptoren<sup>94</sup>. Hier werden den Dokumentationseinheiten ein oder mehrere Schlagwörter zugeordnet, die Auskunft über den Dokumenteninhalt geben und somit der leichten Auffindbarkeit der Dokumentation dienen.<sup>95</sup>

#### Speichern:

Nach der Indexierung des Dokumenteninhaltes ist die Dokumentation abzuspeichern. Hierbei ist zwischen dem Dokumentenspeicher bzw. Wissensspeicher und dem Deskriptionsspeicher, zu differenzieren.

Im Dokumentenspeicher wird die vollständige Dokumentation mit sämtlichen Informationen abgespeichert. Als Dokumentenspeicher gelten beispielsweise ein Archiv, Magazin oder digitale Ablagesysteme. Im Deskriptionsspeicher werden die zu einer Dokumentationseinheit zugeordneten Deskriptoren gespeichert. Deskriptionsspeicher sind Schlagwortkataloge oder Datenbanken.<sup>96</sup>

#### Recherchieren:

Bei der Recherche werden die Dokumentationseinheiten eines Sachverhaltes mittels einer Suchanfrage wiedergefunden.

Die Anfrage erfolgt mit Hilfe von Deskriptoren im Deskriptionsspeicher, der auf die gewünschten Dokumente im Dokumentationsspeicher verweist.<sup>97</sup>

Um zu gewährleisten, dass für das Indexieren und für die Recherche der selbe Wortlaut verwendet wird, sollte ein Ordnungssystem verwendet werden.<sup>98</sup> Das Ordnungssystem gibt „*die Menge aller zur Verfügung stehenden (d.h. die Menge aller zugelassenen) Deskriptoren mit den dazugehörigen Erläuterungen und Hinweisen*“<sup>99</sup> an.

In Bild 9 werden die Teilgebiete bzw. die Struktur einer Dokumentation visuell dargestellt.

<sup>93</sup> Vgl.: GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 13

<sup>94</sup> Schlagwörter zur inhaltlichen Beschreibung eines Objektes

<sup>95</sup> Vgl.: GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 13

<sup>96</sup> Vgl.: ebenda S. 14

<sup>97</sup> Vgl.: GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 14

<sup>98</sup> ebenda S.14

<sup>99</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 14

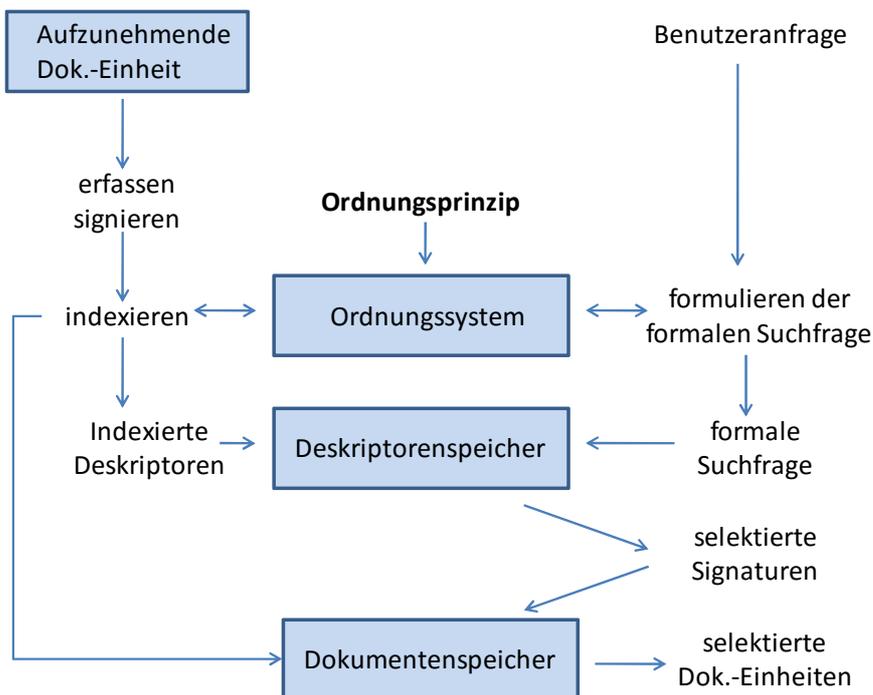


Bild 9 Struktur einer Dokumentation (in Anlehnung an Gaus<sup>100</sup>)

### 3.2 Dokumentationskonzept

Bei der Erstellung einer Dokumentation ist darauf zu achten, dass diese auf ein schlüssiges Dokumentationskonzept aufbaut. Der Ersteller einer Dokumentation sollte sich nach DAN daher folgende Fragen stellen:

- „Warum wird dokumentiert?“
- Für wen wird dokumentiert?“
- Was soll dokumentiert werden?“
- Wie soll dokumentiert werden und wo werden die Dokumente aufbewahrt?“
- Wer kümmert sich um die Dokumentation?“<sup>101</sup>

#### 3.2.1 Warum wird dokumentiert?

„Projekterfolg und Projektfortschritt hängen maßgeblich von einem funktionierenden Informations-, Kommunikations- und Berichtswesen ab. Wichtige Entscheidungen werden regelmäßig auf Basis der verfügbaren

<sup>100</sup> GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. S. 18

<sup>101</sup> DAN, A.: Projektdokumentation- Aufbau und Nutzen einer Dokumentation in interdisziplinären IT-Projekten. Abschlussarbeit für die Fortbildung zum Wissenschaftlichen Dokumentar. S. 16

*Informationen und Berichte getroffen und von deren Qualität beeinflusst.*<sup>102</sup>

Im Zuge einer Projektdokumentation werden sämtliche Informationen, die für die Planung, Ausführung und Organisation eines Projektes essenziell sind, gesammelt und in Berichtsdokumenten (Arbeitsberichte, Besprechungsprotokolle, Prozessprotokolle usw.) abgebildet. Anhand einer vollständigen und aktuellen Dokumentation kann der gegenwärtige Projektstand optimal dargestellt und mit den Soll-Größen (Zielgrößen) des Projektes verglichen werden. *„Es lassen sich somit gegebenenfalls Abweichungen respektive Fehlentwicklungen zwischen Zielvorgaben (dem Geplanten) und dem tatsächlich Ausgeführten feststellen.“*<sup>103</sup>

Bei der Feststellung von negativen Abweichungen sind deren Ursache und die daraus resultierenden Konsequenzen zu ermitteln bzw. für den weiteren Bauablauf zu prognostizieren und Gegensteuerungsmaßnahmen zu setzen. Werden im Zuge des Soll-Ist-Vergleiches keine oder sogar positive Abweichungen festgestellt, sollten diese für die Untersuchung etwaiger Optimierungspotenziale ebenfalls analysiert werden.<sup>104</sup>

Die Dokumentation des Projektablaufes hat daher kurz- und mittelfristig den Nutzen, Ablaufstörungen möglichst frühzeitig zu erkennen, die Auswirkungen der Störungen einfacher zu beurteilen, rasch Entscheidungen über mögliche Gegensteuerungsmaßnahmen zu treffen und die Effektivität dieser Maßnahmen bewerten zu können.<sup>105</sup>

Für die Installation wirksamer Gegensteuerungsmaßnahmen sind nach PFLUG folgende Anforderungen an den Dokumentationsprozess zu stellen:

- *„Je aktueller Informationen sind, desto früher können Abweichungen vom Geplanten erkannt und durch Steuerungsmaßnahmen korrigiert werden.*
- *Je genauer ein Sachverhalt dargestellt und belegt werden kann, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, Störungen und deren Ursachen zu erkennen sowie nachprüfbar begründen zu können.“*<sup>106</sup>

Der langfristige Nutzen einer Projektdokumentation liegt in der Gewinnung von Erfahrungs- und Kennwerten für zukünftige Aufgaben. Die gemachten Erfahrungen aus abgeschlossenen Projekten bilden die Basis

<sup>102</sup> NORMENAUSSCHUSS QUALITÄTSMANAGEMENT, STATISTIK UND ZERTIFIZIERUNGSGRUNDLAGEN (NQSZ) IM DIN: DIN 69901-2-Projektmanagement-Projektmanagementsysteme-Teil 2: Prozesse, Prozessmodell. S. 39

<sup>103</sup> PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 19

<sup>104</sup> Vgl.: PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 20

<sup>105</sup> Vgl.: DORN, C.: Systematisierte Aufbereitung von Dokumentationstechniken zur Steuerung von Bauabläufen und zum Nachweis von Bauablaufstörungen. Dissertation. S. 56-57

<sup>106</sup> PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 28

für die Generierung von Wissen und für die Schaffung von zukünftigen Innovationen.

Des Weiteren wird durch eine zeitnahe Dokumentation sichergestellt, dass sämtliche Beteiligte über den selben Kenntnisstand innerhalb des Projektes verfügen.<sup>107</sup> Die Erfassung und strukturierte Speicherung der relevanten Projektinformationen in Form von Dokumentationen bildet die Grundlage für einen raschen Informationstransfer zwischen den verschiedenen Projektbeteiligten.

In rechtlicher Hinsicht dient die Dokumentation von Bauleistungen zum Nachweis der Leistungserbringung und als Beweismittel bei Vertragsstreitigkeiten, um etwaige Forderungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer geltend zu machen.

### 3.2.2 Für wen wird dokumentiert?

Zum einen dienen Dokumentationen der Erfassung und Bereitstellung von Informationen innerhalb eines Projektteams, um sicherzustellen, dass sämtliche Teammitglieder über das selbe Projektwissen verfügen und über den gegenwärtigen Projektstand informiert sind.

Zum anderen liegt der Zweck von Dokumentationen in der Darstellung von Projektentscheidungen und den damit verbundenen Projekterfolgen und Projektfehlern, die im Zuge des Controllings aufgezeigt wurden.

Der Nutzen von Projektdokumentationen liegt demnach auch in der Weitergabe von zentralen Erkenntnissen an zukünftige Projektteams.

### 3.2.3 Was soll dokumentiert werden?

Eine ausführliche Dokumentation erfasst alle relevanten Projektinformationen und stellt diese zur Weiterverwendung in einem Wissensspeicher übersichtlich dar.

Die ÖNORM B 2110 (Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen-Werkvertragsnorm) legt unter Punkt 6.2.7.1 fest, dass „*Vorkommnisse (Tatsachen, Anordnungen und getroffene Maßnahmen), welche die Ausführung der Leistung oder deren Abrechnung wesentlich beeinflussen sowie Feststellungen, die zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr getroffen werden können, [...] nachweislich festzuhalten*“<sup>108</sup> sind.

Bei der Dokumentation des Sichtbetonprozesses sind dies die definierten Zielgrößen des Auftraggebers (Bauzeit, Qualität, Quantität, Art, Form

<sup>107</sup> Vgl.: DAN, A.: Projektdokumentation- Aufbau und Nutzen einer Dokumentation in interdisziplinären IT-Projekten. Abschlussarbeit für die Fortbildung zum Wissenschaftlichen Dokumentar. S. 11

<sup>108</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGsinstitut: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen-Werkvertragsnorm. S. 19

und Komplexität der Bauaufgabe), die Steuer- (Qualität der Arbeitsvorbereitung, Kombination der Produktionsfaktoren und Qualifikation der Arbeitskräfte in den einzelnen Subarbeitssystemen der Ausführungsphase) und die aufgetretenen Störgrößen (Witterung und Umgebungsbedingungen).

### 3.2.4 Wie soll dokumentiert werden und wo werden die Dokumente aufbewahrt?

Die Informationsermittlung kann einerseits automatisch, mittels Sensoren und ortsgebundenen Videoaufnahmen, oder manuell durch Berichte, Protokolle, Checklisten, Fotografien oder Ähnlichem, erfolgen. Der Vorteil einer automatischen Dokumentation gegenüber der manuellen liegt darin, dass subjektive Einflüsse des Dokumentars bei der Informationsaufnahme vermieden werden.

Die erfassten Informationen und Dokumente sind in einem Dokumentenspeicher bzw. in einem zentralen Wissensspeicher abzulegen. Durch die Sicherung der Projekterfahrungen wird gewährleistet, dass Entscheidungen im Projektverlauf zu einem späteren Zeitpunkt nachvollzogen und Projekterfolge und Projektfehler aufgezeigt werden können.<sup>109</sup> Der Wissensspeicher muss für alle Projektbeteiligten zugänglich sein, sodass sich diese an den darin befindlichen Informationen bedienen aber auch selbst Informationen einbringen können. Somit wird gewährleistet dass alle Projektmitglieder über den selben Informationsstand verfügen und daraus eine individuelle Wissenssteigerung der einzelnen Projektbeteiligten sowie eine kollektive Wissensvermehrung innerhalb des Projektes ermöglicht wird.

*„Erfahrungen sollten systematisch gesammelt und für die kommenden Projekte nutzbar gemacht werden. Hierzu ist es notwendig, die im Projekt durch alle Beteiligten gemachten Erfahrungen systematisch aufzubereiten, mit Hilfe geeigneter Systeme zu dokumentieren und durch persönlichen Austausch weiter zu verbreiten. So wird sichergestellt, dass nicht immer wieder die gleichen Fehler gemacht werden [...]“<sup>110</sup>*

Neben der Speicherung von Daten und Informationen in einem Wissensspeicher ist die Dokumentenpflege ein wichtiges Instrument einer jeden Projektdokumentation. Im digitalen Zeitalter der heutigen Welt werden häufig Dokumente ohne Relevanzprüfung abgespeichert bzw. alte, nicht mehr relevante Dokumente nicht gelöscht. Dies führt dazu, dass die Projektdokumentation unübersichtlich, zu umfangreich und das Auffinden

<sup>109</sup> Vgl.: DAN, A.: Projektdokumentation- Aufbau und Nutzen einer Dokumentation in interdisziplinären IT-Projekten. Abschlussarbeit für die Fortbildung zum Wissenschaftlichen Dokumentar. S. 11

<sup>110</sup> NORMENAUSSCHUSS QUALITÄTSMANAGEMENT, STATISTIK UND ZERTIFIZIERUNGSGRUNDLAGEN (NQSZ) IM DIN: DIN 69901-2-Projektmanagement-Projektmanagementsysteme-Teil 2: Prozesse, Prozessmodell. S.

von relevanten Informationen und Dokumenten deutlich erschwert wird.<sup>111</sup> Um die Aktualität des Wissensspeichers zu gewährleisten sind die darin enthaltenen Informationen zu pflegen und gegebenenfalls durch neue Informationen zu ersetzen.

### 3.2.5 Wer kümmert sich um die Dokumentation?

Die Informationserfassung und die Dokumentenerstellung einer Sichtbetondokumentation hat durch die Mitglieder des Sichtbetonteam zu erfolgen. Sie verfügen über die größten Erfahrungen im Sichtbetonprozess, können die erfassten Informationen als relevant oder irrelevant einstufen und sind daher bestens für die Dokumentationserstellung geeignet.

---

<sup>111</sup> Vgl.: DAN, A.: Projektdokumentation- Aufbau und Nutzen einer Dokumentation in interdisziplinären IT-Projekten. Abschlussarbeit für die Fortbildung zum Wissenschaftlichen Dokumentar. S. 12

## 4 Sichtbetonprozess

Die vielen unterschiedlichen Einflussfaktoren und Beteiligten, deren Vernetzung untereinander und die starke Dynamik von Wechselwirkungen zeigen, dass es sich bei der Erstellung von Sichtbetonflächen um ein sehr komplexes System handelt. Für eine erfolgreiche Zielerreichung der geforderten Sichtbetonaufgabe gilt es, diese Einflussfaktoren geschickt miteinander zu kombinieren, die Schnittstellen zwischen den Beteiligten zu minimieren und bei Störungen die richtigen Gegensteuerungsmaßnahmen einzuleiten.

Nachfolgend soll dargestellt werden, was in der Literatur als Sichtbeton verstanden wird, wie die Schnittstellen zwischen den Projektbeteiligten durch die Bildung eines Sichtbetonteam reduziert werden und welchen Nutzen der Einsatz von Regelkreisen im Sichtbetonprozess hat. Des Weiteren wird aufgezeigt, wie die Produktionsfaktoren Arbeit, Betriebsmittel und Stoffe miteinander zu kombinieren sind, um die Zielgrößen des Auftraggebers zu erreichen und welchen Einfluss die Teilsysteme Witterung, Umfeld, Bauzeit, Art, Form und Komplexität des Bauwerks auf den Sichtbetonprozess haben.

### 4.1 Was ist Sichtbeton?

*„Als Sichtbeton werden gemein Flächen bezeichnet, die an einem Bauwerk sichtbar sind und somit die statische (tragenden) Funktion, falls vorhanden, als Bewertungskriterium [unter Einhaltung der Mindestanforderungen ‚Anmerkung des Verfassers‘] gegenüber der architektonischen (gestalterischen) Funktion, falls vorhanden, in den Hintergrund rückt.“<sup>112</sup>*

Die ÖNORM B 4710-1 (Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis) definiert den Begriff Sichtbeton unter Punkt 4.2.3.3 wie folgt:

*„Beton für Bauteile, deren Oberflächen ein vorausbestimmtes Aussehen und/oder vorausbestimmte Eigenschaften aufweisen müssen, sind als Sichtbeton (SB) zu klassifizieren. Die Anforderungen an das vorausbestimmte Aussehen der Oberfläche sind in der jeweiligen Werkvertragsnorm (derzeit ÖNORM B2211) und in der Richtlinie „Geschalte Betonflächen“ festgelegt.“<sup>113</sup>*

Die ÖNORM B 2211 (Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten-Werkvertragsnorm) definiert unter Punkt 5.3.4.2 Sichtbeton als „[...] ge-

<sup>112</sup> SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas Planung-Ausführung-Beispiele. S. 3

<sup>113</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 33

*schalte Betonoberflächen, an die besondere Anforderungen gestellt werden.*<sup>114</sup>

Nach der ÖNORM B 2211 ist der maximale Anteil an offenen Poren an der Betonoberfläche mit 0,9% der Prüfflächengröße (2500 cm<sup>2</sup>) festgelegt.

**Tabelle 1** Anforderungen an die Porigkeit (in Anlehnung an die ÖNORM B 2211<sup>115</sup>)

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

Die Struktur der Sichtbetonoberfläche hat nach der ÖNORM B 2211 mindestens folgende Kriterien zu erfüllen:

*„Geschlossene, weitgehend einheitliche Betonoberfläche mit geschlossener Zementleim- oder Mörteloberfläche, keine Grobkornansammlungen, in den Elementstößen austretender Zementleim/Feinmörtel bis max. 20 mm Breite und 10 mm Tiefe.“*<sup>116</sup>

**Tabelle 2** Anforderungen an die Struktur von Sichtbetonoberflächen (in Anlehnung an die ÖNORM B 2211<sup>117</sup>)

Struktur; Elementstoß	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>- Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen.</li> </ul>
	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>
	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>- feine, technisch unvermeidbare Grate ≤ 2 mm.</li> </ul>
	S4	Wie S3, jedoch: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rahmenabdruck des Schalungselements nicht zugelassen.</li> </ul>

Als Mindestanforderung an die Farbgleichheit von Sichtbetonabschnitten legt die ÖNORM B 2211 fest:

<sup>114</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. S. 11

<sup>115</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. S. 12

<sup>116</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. S. 12

<sup>117</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. S. 12

„Flächige Verfärbungen, verursacht durch Rost, unterschiedliche Art und unsachgemäße Vorbehandlung der Schalhaut, unsachgemäße Nachbehandlung des Betons, Zuschläge verschiedener Herkunft sowie linienförmige Verfärbungen (Abzeichnung der Bewehrung) sind unzulässig.“<sup>118</sup>

Bei der Ausbildung von Arbeitsfugen ist nach Punkt 5.3.4.2.4 der ÖNORM B 2211 ein maximaler „Versatz der Flächen zweier Betonierabschnitte“<sup>119</sup> mit 10 mm erlaubt.

**Tabelle 3 Anforderungen an die Ausbildung von Arbeitsfugen (in Anlehnung an die ÖNORM B 2211<sup>120</sup>)**

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

Je höher die Anforderungen an den Sichtbeton werden, desto geringer sind die Toleranzen von verbleibenden Graten, dem Versatz der Elementstöße und Arbeitsfugen, der Sichtbarkeit des Rahmenabdrucks des Schalungselements, der Farbgleichheit und der Porigkeit der Betonoberfläche.<sup>121</sup>

„Ohne ausdrückliche Vereinbarung von erhöhten Anforderungen sind Porigkeitsklasse 3P, Strukturklasse S1 und Farbgleichheitsklasse F1 und für Arbeitsfugen die Klassen A1 einzuhalten“<sup>122</sup>

Nachfolgend werden einige Beispiele für hochwertigen Sichtbeton dargestellt:

<sup>118</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. S. 13

<sup>119</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. S. 13

<sup>120</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. S. 13

<sup>121</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. S. 12

<sup>122</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. S. 11



Bild 10 Pæno Center Wolfsburg<sup>123</sup>



Bild 11 Raue Sichtbetonfläche durch die Anwendung von Strukturmatrizen<sup>124</sup>



Bild 12 Glatte Sichtbetonfläche durch die Anwendung einer nichtsaugenden Schalhaut<sup>125</sup>

<sup>123</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Phaeno\\_Suedseite\\_RB.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Phaeno_Suedseite_RB.jpg). Datum des Zugriffs: 12.Dezember.2015

<sup>124</sup> <http://www.detail.de/inspiration/spielhaus-f%C3%BCr-kinder-in-bonneuil-sur-marne-100382.html>. Datum des Zugriffs: 12.Dezember.2015

<sup>125</sup> <http://www.beton.org/wissen/beton-bautechnik/sichtbeton/>. Datum des Zugriffs: 12.Dezember.2015

Bild 13 Einfamilienhaus mit Sichtbetonfassade<sup>126</sup>Bild 14 Sichtbetonflächen im Wohnraum<sup>127</sup>

## 4.2 Produktionsfaktoren

Neben der Schaffung eines gemeinsamen Wissensspeichers auf Basis einer realitätsnahen Baudokumentation ist für eine erfolgreiche Bewältigung der Sichtbetonaufgabe eine optimale Kombination der Produktionsfaktoren zu gewährleisten.

*„Alle im Baubetrieb angewandten Bauverfahren sind dadurch gekennzeichnet, dass bei ihrer Anwendung Mittel einzusetzen sind, die eine bestimmte Produktion oder die erwünschte Zustandsänderung ermöglichen. Sie stellen die Produktionsfaktoren bzw. produktive Faktoren dar.“<sup>128</sup>*

HOFSTADLER unterscheidet in Bild 15 zwischen elementaren und dispositiven Produktionsfaktoren.

<sup>126</sup> <http://www.german-architects.com/pages/praxis/praxis-25-14>. Datum des Zugriffs: 12.Dezember.2015

<sup>127</sup> <http://freshouse.de/luxus-interior-ideen-mit-beton-inspirationen-fuer-modernen-betonbau/>. Datum des Zugriffs: 12.Dezember.2015

<sup>128</sup> HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 17

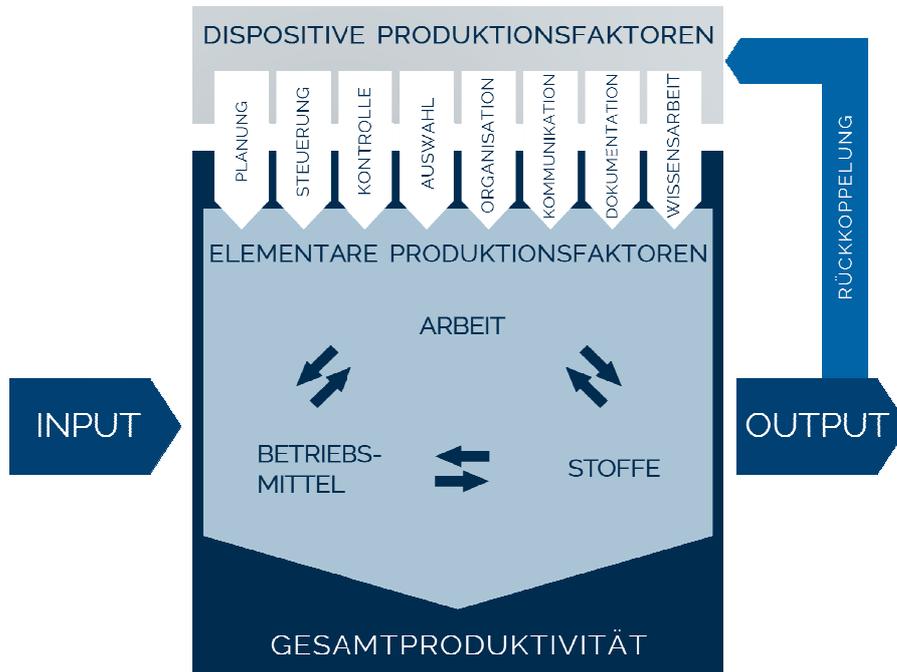


Bild 15 Kombination der Produktionsfaktoren<sup>129</sup>

#### 4.2.1 Elementare Produktionsfaktoren

Als elementare Produktionsfaktoren gelten Arbeit, Betriebsmittel und Stoffe, die es für die gestellte Bauaufgabe optimal zu kombinieren gilt.

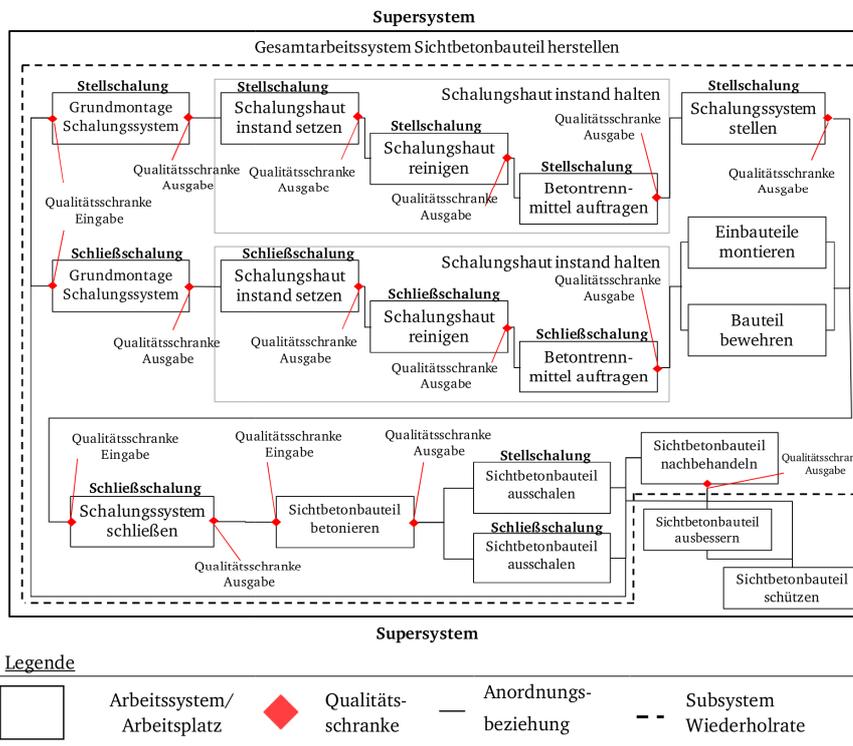
##### 4.2.1.1 Arbeit

„Darunter versteht man die objektbezogene menschliche Arbeitsleistung, d.h. alle Tätigkeiten, die unmittelbar mit der Leistungserstellung und -verwertung im Zusammenhang stehen, ohne dispositiv-anordnender Natur zu sein.“<sup>130</sup>

Die menschliche Arbeitsleistung bzw. die einzelnen Tätigkeiten des Sichtbetonprozesses bilden die Voraussetzung für die Erfüllung der gestellten Bauaufgabe. Insbesondere die persönlichen Qualifikationen, die Belastbarkeit, die Motivation und die Leistungsfähigkeit der Arbeitskräfte bestimmen das spätere Aussehen der Sichtbetonfläche maßgebend. In Bild 16 sind die einzelnen Tätigkeiten, die bei der Errichtung von Sichtbetonflächen zu verrichten sind als separate Subarbeitssysteme dargestellt.

<sup>129</sup> HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 15

<sup>130</sup> HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 17



**Bild 16** Subarbeitssysteme und Anordnungsbeziehungen im Gesamtsystem Sichtbetonbauteil herstellen<sup>131</sup>

Die in Bild 16 dargestellten Subarbeitssysteme Lagerung, Grundmontage, Reinigung, Instandsetzung, das Stellen, Einmessen und Ausrichten der Schalung, der korrekte Trennmittelauftrag und Bewehrungseinbau (kein Berühren der Bewehrung mit der Schalhaut), das korrekte Einbringen und Verdichten des Betons (freie Fallhöhe max. 50 cm, lagenweises Einbringen des Betons) sowie das schonende Ausschalen und eine gewissenhafte Nachbehandlung der Betonoberfläche sind von zentraler Bedeutung für den Sichtbetonerfolg. Durch das Festlegen von Qualitätsschranken für die einzelnen Subarbeitssysteme soll sichergestellt werden, dass für jedes Subarbeitssystem Qualitäten-Soll-Ist-Vergleiche der Ein- und Ausgabegrößen durchgeführt werden.<sup>132</sup>

Mögliche Ein- und Ausgabegrößen für die Qualitäten-Soll-Werte der jeweiligen Subarbeitssysteme sind in Tabelle 4 dargestellt.

<sup>131</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 65

<sup>132</sup> Vgl.: BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 66

Tabelle 4      **Qualitäten-Soll für Eingaben und Ausgaben der Subarbeitssysteme in der Sichtbetontechnik (in Anlehnung an Boska<sup>133</sup>)**

Subarbeitssystem		Qualitäten-Soll für die Ein- und Ausgabe der Subarbeitssysteme
Grundmontage Schalungssystem		<u>Eingabe</u> ▪ Beanspruchungsgrad der Schalungshaut <u>Ausgabe</u> ▪ Maßhaltigkeit aller Stöße des Schalungssystems ▪ Abdichtung aller Stöße des Schalungssystems
Schalungshaut instand halten	Schalungshaut instand setzen	<u>Eingabe</u> ▪ Beanspruchungsgrad der Schalungshaut <u>Ausgabe</u> ▪ Eigenschaften der Oberflächenbeschaffenheit der Schalungshaut im Bereich der Instandsetzungsmaßnahmen und im angrenzenden Bereich
	Schalungshaut reinigen	<u>Ausgabe</u> ▪ Verschmutzungsgrad nach der Reinigung
	Betontrennmittel auftragen	<u>Eingabe</u> ▪ Feuchtigkeit der Oberflächenbeschichtung der Schalungshaut nach der Reinigung/vor dem Betontrennmittelauftrag <u>Ausgabe</u> ▪ Dünner/gleichmäßiger Betontrennmittelfilm
Schalungssystem stellen/  Schalungssystem schließen		<u>Eingabe</u> ▪ Beanspruchungsgrad der Schalungshaut/Zustand des Betontrennmittelfilms <u>Ausgabe</u> ▪ Maßhaltigkeit aller Stöße, Fugen, Anschlüsse, Aussparungen, Einbauteile und Spannstellen (Auftriebssicherung) ▪ Abdichtung aller Stöße, Fugen, Anschlüsse, Aussparungen, Einbauteile und Spannstellen ▪ Maßhaltigkeit der Schalelemente (Geodätisches Einmessen, Abstützung, Steifigkeit) ▪ Geringe Verschmutzung der Schalungshaut
Sichtbetonbauteil betonieren		<u>Eingabe</u> ▪ Beanspruchungsgrad der Schalungshaut <u>Ausgabe</u> ▪ Vollständig verdichteter Beton
Sichtbetonbauteil ausschalen		▪ Keine Angaben

Die Subarbeitssysteme bestimmen die Qualität des Sichtbetonergebnisses nachhaltig und werden folglich näher beschrieben.

#### **Lagerung, Grundmontage und Instandsetzung der Schalung:**

Bei der Herstellung von Betonbauwerken kommt es nach dem Ausschalen der einzelnen Betonierabschnitte bauablaufbedingt zu Liegezeiten der Schalung. Die ungenutzte Schalung kann je nach Baustelleneinrichtungsplanung innerhalb oder außerhalb des Bauwerks zwischengelagert werden. Während der Zwischenlagerung muss die Schalung in jedem Fall vor Wasserzutritt (Regen- und stehendem Wasser), UV-Strahlung und mechanischer Beschädigung geschützt werden. Hierzu empfiehlt es

<sup>133</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 66f

sich, die Schalungselemente stehend zu lagern und vor den Witterungseinflüssen zu schützen.<sup>134</sup>



Bild 17 Stehende Lagerung der Schalungselemente<sup>135</sup>

Bei der Lagerung ist auf konstante Lagerungsbedingungen (insbesondere bei der Verwendung von saugender Schalhaut) zu achten. Ein ungleicher Feuchtigkeitsgehalt in der Schalhaut führt zu Farbunterschieden auf der Sichtbetonfläche.<sup>136</sup> „Wird die Schalhaut durch Sonneneinstrahlung ausgetrocknet, verfärbt sich anschließend die Betonoberfläche dunkel, da die trockene Schalung deutlich mehr Wasser aufnimmt als eine geschützte Schalltafel. Auch dürfen keine losen Teile auf der ungeschützten Schalung gelagert werden, da sich auch diese anschließend deutlich an der Sichtbetonoberfläche abzeichnen.“<sup>137</sup> Bei unsachgemäßer Lagerung der Schalung kann es zu Beschädigungen der Schalhaut kommen und sich somit die Sichtbetonqualität maßgeblich vermindern.

Ist ein Aufdoppeln der Schalhaut notwendig, ist bei der Grundmontage darauf zu achten, welcher Schraubentyp und welche Verschraubungsart (Schraubenkopf auf der betonzugewandten Seite oder rückwärtige Verschraubung) vom Planer festgelegt wurde.<sup>138</sup>

Vor dem Trennmittelauftrag sowie nach dem Bewehrungseinbau ist die Schalhaut auf deren Unversehrtheit zu überprüfen. Da sich Schalhaut-

<sup>134</sup> Vgl.: BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 62

<sup>135</sup> MOTZKO, C.: Ausführung-Schalarbeiten . Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 20

<sup>136</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 248

<sup>137</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 17

<sup>138</sup> Vgl.: BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 62

verletzungen auf der Sichtbetonfläche deutlich abzeichnen, ist die beschädigte Schalhaut vor der Betonage auszubessern bzw. bei hohen Anforderungen an die Betonfläche auszutauschen.

### Reinigung der Schalung:

Nach dem Ausschalen eines Betonierabschnittes ist die Schalung vor dem neuerlichen Einsatz gründlich zu reinigen. Nicht entfernte Schalhautverschmutzungen jeglicher Art zeichnen sich unmittelbar auf der fertigen Betonoberfläche ab. Bei der Reinigung der empfindlichen Schalhaut dürfen keinesfalls metallische Werkzeuge verwendet werden. Es empfiehlt sich hierfür Spachteln aus Kunststoff oder Kanthölzer zu verwenden. Zusätzlich zur Schalhautreinigung sind auch die Abdichtungen des Schalungselements zu kontrollieren und gegebenenfalls zu erneuern.<sup>139</sup>

Bei der Auswahl des Reinigungsmittels ist auf die physikalische und chemische Verträglichkeit mit der Schalhaut zu achten (gegebenenfalls Rücksprache mit dem Schalungshersteller halten). Nach der Schalhautreinigung ist die trockene Schalhautoberfläche mit Trennmittel zu beaufschlagen und die Schalungselemente für den nächsten Einsatz entsprechend der oben dargestellten Beschreibung zwischenzulagern.<sup>140</sup>



**Bild 18** Reinigung der Schalung von Zementresten<sup>141</sup>

<sup>139</sup> Vgl.: MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 55

<sup>140</sup> Vgl.: MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 55

<sup>141</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 17

### Trennmittelauftrag:

„Betontrennmittel sind Bauhilfsstoffe, die vor dem Einbringen des Betons auf die Schalhaut aufgetragen werden und in erster Linie eine leichte Entformbarkeit von Schalung und Beton gewährleisten.“<sup>142</sup>

Die Basis der Trennmittel bilden Mineralölprodukte. Die generelle Zusammensetzung von lösemittelfreien und lösemittelhaltigen Trennmitteln, sowie von Trennmittelemulsionen ist in Bild 19 dargestellt.<sup>143</sup>

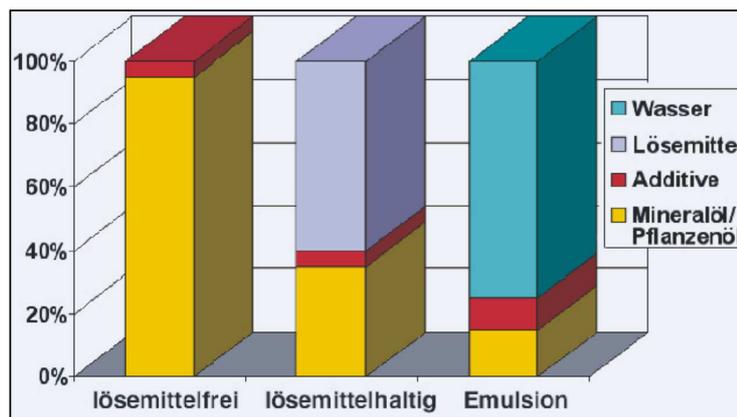


Bild 19 Prinzipielle Zusammensetzung von Trennmitteln<sup>144</sup>

Mit Hilfe des Trennmittels werden die Adhäsionskräfte, die zwischen der Betonoberfläche und der Schalhaut wirken, verringert. Dabei ist es wichtig, dass das Betontrennmittel mit dem Beton keinesfalls schädlich reagiert (Erhärtungsstörungen) oder zu Verfärbungen und Farbunterschieden zwischen einzelnen Bauteilbereichen führt.<sup>145</sup>

Neben der leichteren Entformbarkeit der Schalung vom Beton besitzt das Trennmittel auch einen wesentlichen Einfluss auf die Porigkeit der Betonoberfläche. Durch die geeignete Auswahl und einer fachgerechten Anwendung des Trennmittels kann eine porenarme Betonoberfläche erzeugt werden.<sup>146</sup>

Weitere Anforderungen an das Trennmittel sind die Konservierung und Schonung der Schalhaut, Verhinderung von Fleckenbildungen und Marmorierungen, Vermeidung von Absandungen und Kalkausblühungen, sowie eine einwandfreie Abformung der Schalhautoberfläche.<sup>147</sup>

<sup>142</sup> REINISCH, A.: Einflussfaktoren bei Sichtbeton - Planen & Gestalten mit Beton. In: Opus C, 3/2012. S. 87

<sup>143</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 68

<sup>144</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 68

<sup>145</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 66

<sup>146</sup> Vgl.: REINISCH, A.: Einflussfaktoren bei Sichtbeton - Planen & Gestalten mit Beton. In: Opus C, 3/2012. S. 87

<sup>147</sup> Vgl.: MOTZKO, C.; LÖW, D.: Wechselwirkungen zwischen Schalungshaut, Betontrennmittel und Betonfläche. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 12

Für gute Sichtbetonergebnisse ist das Trennmittel per Sprühgerät möglichst dünn und mit gleichmäßigem Pumpendruck auf die trockene Schalhaut aufzutragen.

HOFSTADLER empfiehlt folgende Auftragsmengen:

- 5-10 g/m<sup>2</sup> für nichtsaugende Schalungshaut
- 20 g/m<sup>2</sup> für leichtsaugende Schalungshaut
- 40 g/m<sup>2</sup> für saugende Schalungshaut<sup>148</sup>

Überschüssiges Trennmittel sollte mit einer Gummilippe abgezogen und die Schalhaut mit einem Tuch/Lappen nachgewischt werden.<sup>149</sup>

Um Farbunterschiede weitestgehend zu vermeiden, ist beim Trennmittelauftrag darauf zu achten, dass sämtliche Schalungselemente einer Fertigungsserie zum gleichen Zeitpunkt mit dem Trennmittel beaufschlagt werden. Nach dem Aufsprühen des Trennmittels ist das Begehen der Schalhaut unbedingt zu vermeiden, da ansonsten die Schuhabdrücke auf dem ausgeschalteten Sichtbetonbauteil erkennbar sind. Des Weiteren sind Verunreinigungen wie Staub, Sägespäne oder ähnliches zu vermeiden und vor dem Betonierbeginn von der Schalhaut zu entfernen.<sup>150</sup>



**Bild 20** Trennmittelauftrag mit Spritzdüse<sup>151</sup>

<sup>148</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 70

<sup>149</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 15

<sup>150</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 69-70

<sup>151</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 15

### Stellen und Schließen der Schalung:

Bei der Einrichtung des Schalungssystems ist auf die Maßhaltigkeit der einzelnen Schalungselemente besondere Rücksicht zu nehmen. Um die exakten Abmessungen des zu betonierenden Bauteils zu erreichen, ist die Lage der Schalungselemente genauestens einzumessen. Für eine einfachere Einrichtung der Schalungselemente können die genauen Positionen mit Hilfe von Bewehrungsstäben markiert werden, sodass die Schalung nur noch bis zum Kontakt mit dem Bewehrungsstahl verschoben werden muss.<sup>152</sup>



**Bild 21 Markierung der Schalungsposition**<sup>153</sup>

Neben der exakten Positionierung des Schalungssystems ist auch auf die Maßhaltigkeit der Abdichtungen von Stößen und Fugen zu achten. Fehlerhafte Abdichtungen führen zum Austritt von Zementleim und zur Ausbildung von Kiesnestern. Unebene Untergründe am Schalungsfuß sind durch das Ausschäumen der Fugen abzudichten.<sup>154</sup>

Bei einseitiger Sichtbetonanforderung sollte, um die Gefahr von Schalhautverletzungen durch die Bewehrungsverlegung zu reduzieren, zudem immer die Schließschalung an die Sichtseite des Betons gestellt werden.<sup>155</sup>

<sup>152</sup> Vgl.: MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 53

<sup>153</sup> MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 53

<sup>154</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 20

<sup>155</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 226-227



Bild 22 Mit Schaum abgedichteter Schalungsfuß<sup>156</sup>

### Bewehren:

Damit die Bewehrung vom Beton allseitig umschlossen werden kann, sind bei der Bewehrungsverlegung Betonier- und Rüttelöffnungen (siehe Bild 23) gleichmäßig anzuordnen und eine Betonrezeptur mit einem Größtkorn, welches für Sichtbeton maximal das 0,8-fache der Bewehrungsüberdeckung betragen darf, zu wählen.<sup>157</sup>

Die Größe der Öffnungen wird von den Schüttrohrdurchmessern und der Größe der Rüttelflasche bestimmt.<sup>158</sup> Der Abstand der Betonieröffnungen hängt von den Bauteilabmessungen und der Bewehrungsdichte ab. Als Richtwert gilt ein Abstand zwischen 2,0 - 2,5 m. Bei stark bewehrten Bauteilen ist der Abstand auf 1,5 m zu verringern.<sup>159</sup> Für den Abstand der Rüttelöffnungen gilt als Richtwert:

„Abstand der Rüttellücke in cm = Durchmesser des Innenrüttler in mm“<sup>160</sup>

Um ein Abzeichnen der Bewehrung auf der ausgeschalteten Sichtbetonfläche zu verhindern, ist das Berühren der Bewehrung mit der trennmittelbeaufschlagten Schalhaut und dem Innenrüttler zu vermeiden.

Die Anschlussbewehrung gilt es nach dem Ausschalen abzudecken, da bei Niederschlag die Gefahr der Entstehung von Rostspuren auf der

<sup>156</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 20

<sup>157</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 32

<sup>158</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 24

<sup>159</sup> Vgl.: DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.: Betonierbarkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton. Merkblatt. S. 4

<sup>160</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.: Betonierbarkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton. Merkblatt. S. 4

fertiggestellten Sichtbetonoberfläche besteht. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass die Abstandhalter unverrückbar und in gleichmäßigen Abständen angebracht sind, sowie ein Eindringen dieser in die Schalhaut vermieden wird. Bei der Auswahl der Abstandhalter ist auf deren Eignung für Sichtbetonbauteile zu achten. Die Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen empfiehlt hier die Verwendung von „[...] *Einzelelementen aus Faserzement, die über die Betonfläche beliebig verteilt angeordnet werden* [...]“<sup>161</sup> und die Schalhaut nur punktuell berühren.



**Bild 23 Rüttel- und Einfüllöffnung in der Bewehrung**<sup>162</sup>

Bei Schalungen für horizontale Bauteile sind nach dem Bewehrungseinbau etwaige Bindedrahtreste mit einem Magneten von der Schalhaut zu entfernen. Fußabdrücke und lose Kleinteile können mittels Druckluftreinigung von der Schalhaut entfernt werden.<sup>163</sup>

<sup>161</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 43

<sup>162</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 24

<sup>163</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 25



Bild 24 Entfernung loser Teile und Schmutz mittels Druckluft<sup>164</sup>

### **Betoneinbau und Verdichtung:**

Bei der Betonanlieferung durch das Transportbetonwerk ist darauf zu achten, dass der Frischbeton vor schädlichen Witterungseinflüssen geschützt wird. Zu warmes Wetter birgt die Gefahr des zu frühen Anstehens und des damit verbundenen Konsistenzverlustes des Betons. Zu kühle Temperaturen führen zu Wasserabsonderungen und damit zu einer längeren Abbindezeit. Zur Sicherstellung der geforderten Frischbetonkonsistenz bei der Übergabe ist für die Betonanlieferung ein Konsistenzvorhaltemaß zu berücksichtigen. Etwaige Konsistenzanpassungen auf der Baustelle können durch einen Betontechnologen mittels Fließmittel erreicht werden.<sup>165</sup> „Die Lieferabstände der einzelnen Anlieferungen sind genau abzustimmen. Einbaugeschwindigkeit, Förderart, Bauteilgeometrie sowie Zufahrtmöglichkeiten müssen berücksichtigt werden. Um Ausfälle auszuschließen ist ein Ersatzlieferwerk zu bestimmen.“<sup>166</sup>

Der Einbau des Frischbetons sollte kontinuierlich und lagenweise erfolgen (Lagenhöhe ca. 50 cm).<sup>167</sup> Zur Gewährleistung immer gleich hoher Schüttlagen eignen sich horizontale Farbmarkierungen an der Bewehrung.

<sup>164</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 25

<sup>165</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 24

<sup>166</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 24

<sup>167</sup> Vgl.: MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 57



**Bild 25 Markierungen der Schüttlagenhöhe<sup>168</sup>**

Beim Einbringen des Frischbetons ist auf die zulässige Steiggeschwindigkeit, beschränkt durch das gewählte Schalungssystem, zu achten. Das Ansteigen der Steiggeschwindigkeit führt zur Zunahme des Frischbetondrucks. Ein zu hoher Frischbetondruck führt zu Verformungen des Schalungssystems und zum Öffnen der Element- und Schalungshautfugen. Aus diesen kann Zementleim austreten, der zu Struktur- und Farbunregelmäßigkeiten an der Sichtbetonfläche führen kann.<sup>169</sup>



**Bild 26 Auswirkungen von zu hohem Frischbetondruck<sup>170</sup>**

Bei Fallhöhen über 1 m sind Schüttröhre zu verwenden, da ansonsten die Gefahr der Entmischung des Betons besteht, wenn der Frischbeton

<sup>168</sup> MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 177

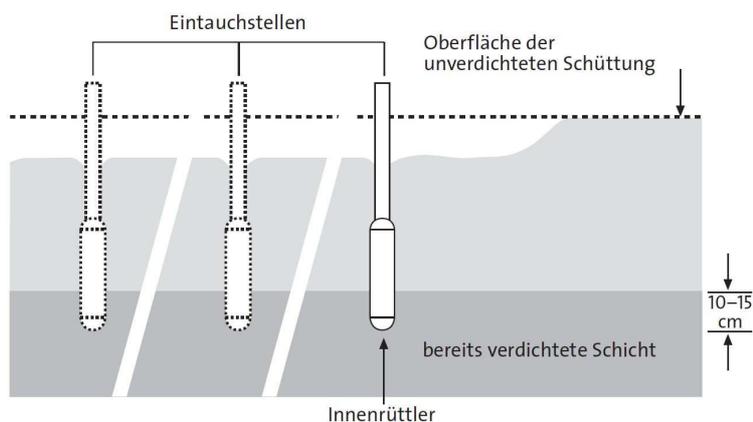
<sup>169</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 285-286

<sup>170</sup> HOFSTADLER, C.: Lehrveranstaltung Schalungs- und Rüsttechnik. Vorlesungsunterlage. S. 62, Einheit 9

ohne Hilfsmittel aus großer Höhe in die Schalung fällt. Feines Material bleibt dabei an der Bewehrung oder an der Schalhaut hängen, trocknet an und führt in weiterer Folge zu Mängeln an der Sichtbetonoberfläche. Um das Entstehen von sichtbaren Schüttlagen und Wasserläufern zu vermeiden, sollten keine längeren Betonierpausen eingelegt werden.<sup>171</sup>

Die Verdichtung beeinflusst das Porenbild der Betonoberfläche erheblich und ist daher insbesondere bei Herstellung von Sichtbetonflächen von großer Bedeutung. „Die Frischbetonverdichtung ist ausschlaggebend für die Qualität des Betons – Dauerhaftigkeit, Dichtigkeit und die Qualität der Betonoberfläche werden durch die Verdichtung maßgeblich bestimmt.“<sup>172</sup>

Damit die im Frischbeton eingeschlossene Luft nach oben entweichen kann, ist bei der Verdichtung mittels Innenrüttler die Rüttelflasche schnell in den Beton einzutauchen und wieder langsam herauszuziehen. Um die einzelnen Schüttlagen ausreichend miteinander zu „vernähen“, ist die Rüttelflasche jeweils rund 15 cm in die darunterliegende Frischbetonschicht zu führen. Das Anbringen von Markierungen, wie z.B. Kabelbindern am Schlauch der Rüttelflasche, bildet eine einfache Hilfestellung, um die korrekte Eintauchtiefe zu gewährleisten.



**Bild 27 Vernadelung der einzelnen Betonlagen**<sup>173</sup>

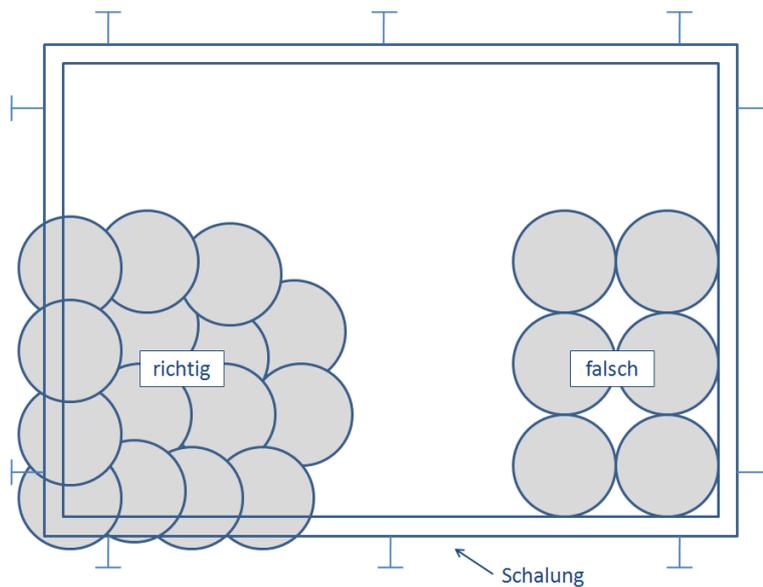
Die Größe der Eintauchabstände der Rüttelflasche wird von deren Wirkungsradius bestimmt. Abstandsmarkierungen an der Schalung stellen sicher, dass es auch zu einem horizontalen „Vernähen“ der Frischbetonlagen kommt.<sup>174</sup>

<sup>171</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 26

<sup>172</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 26

<sup>173</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 27

<sup>174</sup> Vgl.: MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 57



**Bild 28 Wirkungsdurchmesser der Rüttelflasche (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen<sup>175</sup>)**

Um Bewehrungsabzeichnungen auf der Sichtbetonoberfläche zu vermeiden, darf die Rüttelflasche beim Verdichten keinen Kontakt mit der Bewehrung besitzen.

Werden zur Verdichtung Außenrüttler verwendet (z.B. bei komplizierten Bauteilgeometrien, hohem Bewehrungsgrad, großen Aussparungen etc.) ist deren richtige Anordnung an der Schalung von hoher Relevanz. Zu wenige oder schlecht verteilte Außenrüttler führen zu großen Anreicherungen von Lunkern in den Randzonen der Wirkungsbereiche.<sup>176</sup> Wie bei der Rüttelflasche müssen sich die Wirkungsbereiche der Außenrüttler vollflächig überschneiden.<sup>177</sup>

<sup>175</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 39

<sup>176</sup> Vgl.: REINISCH, A. G.: Untersuchung relevanter Parameter zu Optimierung von Sichtbetonflächen. Dissertation. S. 11

<sup>177</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 40

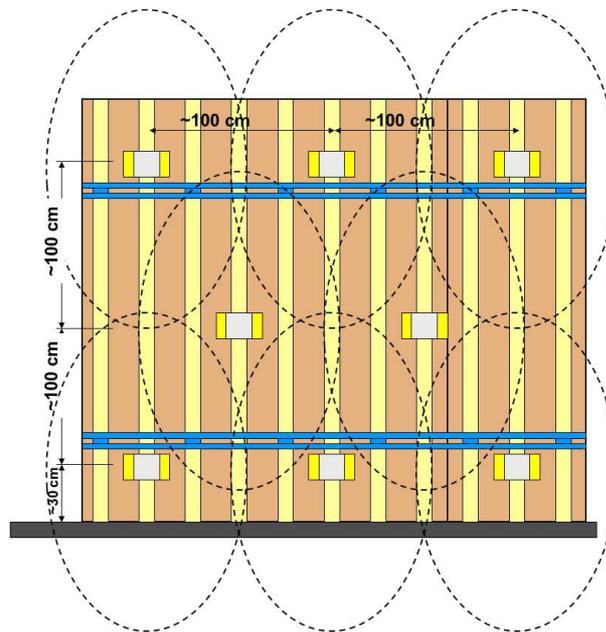


Bild 29 Anordnung der Außenrüttler<sup>178</sup>

### Ausschalen:

Für eine gleichmäßige und helle Sichtbetonoberfläche sollte der junge Beton früh und an niederschlagsfreien Tagen entschalt werden. Um Farbunterschiede zwischen den einzelnen Betonierabschnitten zu vermeiden, muss das Entschalen der Betonierabschnitte immer nach den selben Zeitintervallen erfolgen.<sup>179</sup>

Damit sich kein Kondensat an der Betonoberfläche bilden kann, sind nach dem Öffnen der Schalungsanker die Schalungselemente umgehend von der Betonoberfläche zu entfernen.<sup>180</sup>

Das frühe Entschalen des Betons ist durch geeignete Nachbehandlungsmaßnahmen, wie beispielsweise Abdecken durch Folien, auszugleichen. Die Folien sind dabei auf Hilfskonstruktionen zu befestigen, da ein direkter Kontakt mit der jungen Sichtbetonoberfläche zu dunklen Verfärbungen des Betons führt.<sup>181</sup> Der Abstand zwischen den Schutzfolien und der Betonoberfläche sollte zwischen 3 - 5 cm liegen.

<sup>178</sup> HOFSTADLER, C.: Ausführung - Bewehrungs- und Betonarbeiten. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 62

<sup>179</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 28

<sup>180</sup> Vgl.: MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 58

<sup>181</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 29



Bild 30 Hilfskonstruktion um Folienkontakt zu vermeiden<sup>182</sup>

#### 4.2.1.2 Betriebsmittel:

*„Dazu zählen die Arbeits- und Betriebsmittel, d.h. alle Einrichtungen, Anlagen und Baugeräte, welche die technische Voraussetzung betrieblicher Leistungserstellung –insbesondere der Produktion – bilden, sowie alle Hilfs- und Betriebsstoffe (Energie), die notwendig sind, um den Betrieb arbeitsfähig zu machen und zu erhalten.“<sup>183</sup>*

Das für Betonarbeiten wichtigste Betriebsmittel bzw. Gerät stellt das Schalungssystem dar. Die Hauptbestandteile des Schalungssystems bilden die **Schalhaut**, die der Betonoberfläche die Form und Struktur verleiht, die **Unterkonstruktion**, die den auftretenden Frischbetondruck aufnimmt und die **Aussteifungskonstruktion**, welche die Lasten aus der Unterkonstruktion aufnimmt und das Schalungssystem in der gewünschten Lage hält. Zubehörteile sind Abstandhalter, Schalungsanker etc.<sup>184</sup>

Das Aussehen der Betonoberfläche (Formgebung , Textur, Flächengliederung etc.) wird maßgeblich von der Wahl der Schalhaut bestimmt.

<sup>182</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 30

<sup>183</sup> HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 17

<sup>184</sup> Vgl.: SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas Planung-Ausführung-Beispiele. S. 27

Grundsätzlich kann zwischen saugenden und nicht saugenden Schalhäuten unterschieden werden.

### **Saugende Schalhaut:**

Zu den saugenden Schalhäuten zählen Schalhäute aus Holz oder Holzwerkstoffen. Saugende Schalhäute entziehen dem Frischbeton Wasser und Luft, was sich in einer porenarmen und dunklen Betonoberfläche äußert. Mit steigender Anzahl der Einsätze nimmt die Saugwirkung ab. Von Mal zu Mal hellere Betonoberflächen sind die Folge. Um Farbtonabweichungen zu vermeiden ist es aus diesem Grund wichtig, für die Herstellung von Sichtbetonflächen stets Schalhäute mit gleicher Einsatzzahl zu verwenden.<sup>185</sup>



**Bild 31 Schalhäute unterschiedlicher Einsatzzahlen**<sup>186</sup>



**Bild 32 Farbunterschiede durch unterschiedlich alte Bretter**<sup>187</sup>

Vor dem ersten Einsatz ist die saugende Schalhaut durch Einstreichen mit Zementschlämme künstlich zu altern. Dadurch wird der bei der Betonhärtung störende Holzzucker der Schalung neutralisiert.<sup>188</sup>

### **Nicht saugende Schalhaut:**

Schalhäute aus Kunststoff oder Metall zählen zu den nicht saugenden Schalhäuten. Mit ihnen können „nahezu glatte Betonoberflächen“<sup>189</sup> und „einheitlich gleichmäßige Wände“<sup>190</sup> hergestellt werden. Die Betonoberflächen sind in der Regel heller als Oberflächen, die mittels saugender Schalhaut hergestellt wurden. Nicht saugende Schalhäute verfügen im Vergleich zu saugenden Schalhäuten über eine höhere Einsatzhäufigkeit

<sup>185</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 12

<sup>186</sup> HOFSTADLER, C.: Lehrveranstaltung Schalungs- und Rüsttechnik. Vorlesungsunterlage. S. 129

<sup>187</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 12

<sup>188</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 12

<sup>189</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 13

<sup>190</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 13

bei nahezu gleichbleibender Oberflächenqualität. <sup>191</sup> „Poren, Lunker, Farbunterschiede, Marmorierungen und Wolkenbildungen zeichnen sich jedoch stärker ab.“<sup>192</sup>

Verschiedene Schalhautarten, deren Merkmale und mögliche Auswirkungen auf der Betonoberfläche sowie Anhaltswerte für die Einsatzzahlen sind in Tabelle 5 dargestellt.

---

<sup>191</sup> Vgl.: REINISCH, A. G.: Untersuchung relevanter Parameter zu Optimierung von Sichtbetonflächen. Dissertation. S. 4

<sup>192</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 13

**Tabelle 5 Merkmale und Auswirkungen verschiedener Schalnhäute (in Anlehnung an das Merkblatt Sichtbeton<sup>193</sup>)**

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 Farntonunterschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze
2a		Bretter sägerau, unbehandelt	raue Bretttextur, von Schnittverfahren abhängig, BO-Farbtone dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung), einzelne Hozfasern in BO	bis ca. 3 Einsätze; bei SB 4 nur einmaliger Einsatz
2b		Bretter gehobelt	glatte Bretttextur, Maserung erkennbar, BO-Farbtone 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 oben, Oberfläche gebürstet	ausgeprägte Holztextur, sonst wie oben	wie oben	wie oben
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>3,4</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 Erfahrungen
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. 200g/m <sup>2</sup> , i. A. Phenolharzfilm, auf Furniersperrholzplatten oder Stab- und Stäbchensperrholzplatten	glatt, keine Textur	stellenweise Neigung zu Ripplings, Unregelmäßigkeiten im Beton bilden sich an der BO stärker ab, (Farbtonunterschied, Wolkenbildung, Marmorierung)	Einsatzzahl je nach Platten-aufbau und Filmbeschichtung; bei SB1 bis ca. 15 Einsätze, bei SB4 bis ca. 3 Einsätze
6b <sup>1</sup>	nicht saugend <sup>4</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 Platten-aufbau und Filmbeschichtung
6c		Platten mit thermoplastischer Beschichtung auf Furniersperrholzplatte 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 Stützenschalungen (Kunststoffrohre, Folienverbundmaterialrohre)	glatt, glänzend	Neigung zu erhöhter Porenbildung und Marmorierung	1 Einsatz
10	Stahlschalungen	glatt	Neigung zu erhöhter Porenbildung und Marmorierung auf BO möglich	ca. 100 Einsätze	
11	sonstige	Drainvlies Sonderfall zur Ableitung von Überschusswasser aus der Betonoberfläche (BO)	Textur des Drainvlieses zeichnet sich auf BO ab, siehe Herstellerangaben	dunkle, weitgehend porenfreie BO, i. Allg. keine Sichtbetonanwendung, Risiko der Faltenbildung	produktabhängig, i. d. R. nur 1 Einsatz

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

<sup>2</sup> Die angegebene Einsatzhäufigkeit sind Anhalts- bzw. Erfahrungswerte, die je nach Güte und Qualität der Schalungshaut sowie in Abhängigkeit 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 Schalnhäute 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 Schalungshauttyp hinsichtlich der Ausprägung der Porigkeit maßgebend. Insbesondere ist die Abstimmung von Schalungshaut und Trennmittel von Bedeutung.

<sup>193</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 24-25

### Schalungssysteme für vertikale Bauteile:

Für vertikale Betonbauteile sind die Rahmenschalung und die Trägerschalung die in der Praxis am häufigsten verwendeten Schalungssysteme.

#### Rahmenschalung:

Die Rahmenelemente setzen sich aus einem umlaufenden Rahmen aus Stahl oder Aluminium, den Queraussteifungen und der Schalhaut, zusammen.<sup>194</sup> Da die Schalhaut rund 2 mm nach hinten versenkt ist, um bei Quellerscheinungen keinen großen Negativabdruck auf der Betonoberfläche zu verursachen, bleiben „*der Rahmenabdruck sowie eingefügte Passstücke auf der ausgeschalteten Betonoberfläche [...] deutlich sichtbar.*“<sup>195</sup>

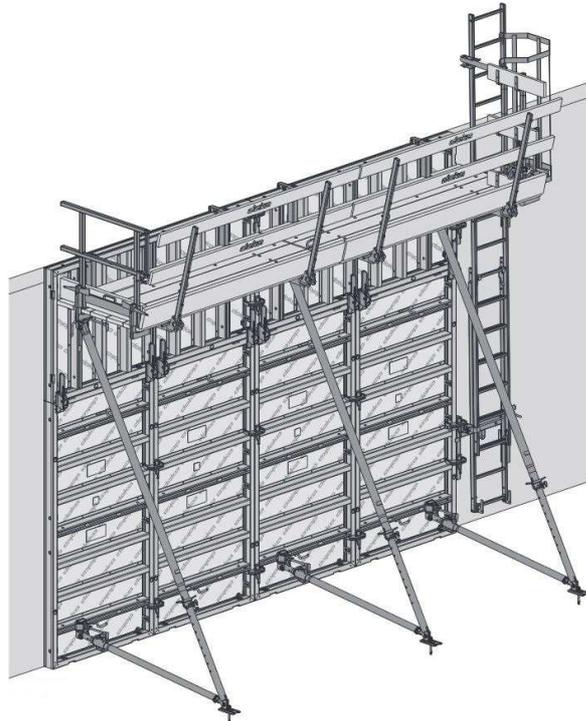
Anders als bei der Trägerschalung sind bei der Rahmenschalung die Ankerlöcher für die Spannschrauben festgelegt. Eine individuelle Gestaltung des Ankerbildes ist daher nicht möglich und ist bei der Verfahrensauswahl des Schalungssystems zu berücksichtigen.

Durch eine doppelte Belegung der Rahmenschalung mit einer zusätzlichen Schalhaut ist eine freie Wahl der Plattengröße, Schalhautart und Spannstellen realisierbar. Die Aufdoppelung ist jedoch sehr zeit- und kostenintensiv und kann bei der Verdichtung zu ungleichmäßigen Schwingungen führen. Diese können unter Umständen zur Ausbildung von Farbunterschieden und Marmorierungen auf der Betonoberfläche führen.<sup>196</sup>

<sup>194</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 86

<sup>195</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 11

<sup>196</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 11



**Bild 33 Rahmenschalung**<sup>197</sup>

#### Trägerschalung:

Die Trägerschalung setzt sich aus Holz- oder Metallträgern zusammen, auf denen eine frei wählbare Schalhaut befestigt wird. Durch die individuelle Fertigung können die Plattengröße und die Position der Ankerlöcher frei gewählt werden (Es gilt jedoch den Frischbetondruck zu beachten!). Im Vergleich zum sichtbaren Rahmenabdruck der Rahmenschalung bleibt bei der Trägerschalung nur ein sehr feiner Schalungsstoß auf der fertigen Betonoberfläche zurück.<sup>198</sup>

Der Trägerabstand ergibt sich aus dem auftretenden Frischbetondruck und der Bauteilhöhe. Die Trägerschalung wird bei komplexeren Bauteilgeometrien und höheren Frischbetondrücken eingesetzt.<sup>199</sup>

<sup>197</sup> DOKA: Rahmenschalung Framax Xlife - Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 10

<sup>198</sup> Vgl.: HÖLZNER (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 11

<sup>199</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 103-104

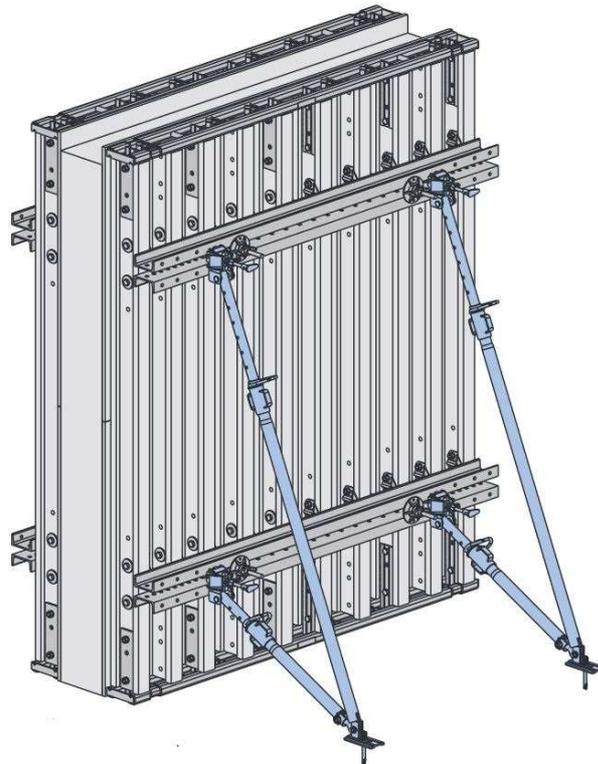


Bild 34 Trägerschalung<sup>200</sup>

### **Schalungssysteme für horizontale Bauteile:**

Rahmen- und Trägerschalungen können ebenso zur Schalung von horizontalen Bauteilen eingesetzt werden. Durch die Verwendung von Fallköpfen verfügen beide Systeme über einen Mechanismus, der ein Frühausschalen horizontaler Bauteile ermöglicht. Die Anwendung des Fallkopfsystems besitzt für Sichtbetonflächen den Vorteil, dass durch das frühe Ausschalen des jungen Betons die Betonfläche gleichmäßiger und heller erscheint. Der wirtschaftliche Vorteil liegt in der schnellen Wiederverwendbarkeit und der daraus resultierenden geringeren Vorhaltemenge der Schalungselemente.

<sup>200</sup> DOKA: Trägerschalung FF100 tec - Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 40

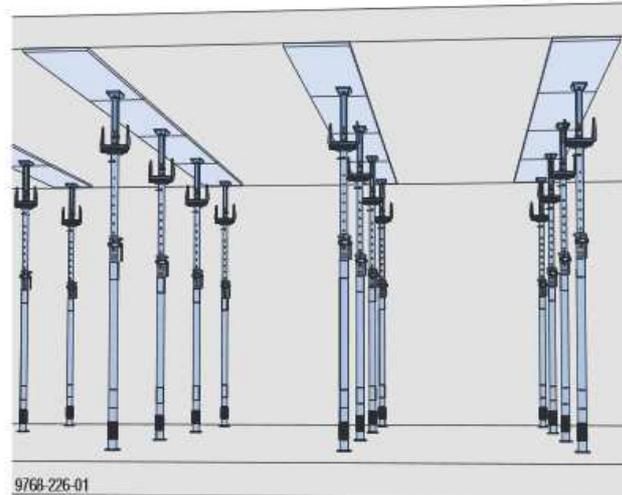


Bild 35 Trägerschalung Xtra-Zustand nach dem Frühausschalen<sup>201</sup>

Bei Trägerschalungen zeichnen sich die Stoßfugen der einzelnen Schalungstafeln als Grate auf der Bauteilunterseite ab. Die Größe der Grate ist abhängig von der Einsatzzahl, da die Schalungshautkanten mit den Einsätzen immer stärker abgestoßen werden. In Abhängigkeit der Tafelgröße kann daher das Fugenbild der Sichtfläche gesteuert werden.<sup>202</sup>



Bild 36 Rahmenschalung Skydeck - Zustand nach dem Frühausschalen<sup>203</sup>

Bei Rahmenschalungen bilden sich neben der Abzeichnung des überstehenden Rahmens auch die Abdeckleisten, die nach dem Frühausschalen

<sup>201</sup> DOKA: Doka Xtra - Aufbau und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 21

<sup>202</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 213

<sup>203</sup> [http://www.peri.com/kw/projects/projects/skyscrapers-towers/rondo\\_1.cfm](http://www.peri.com/kw/projects/projects/skyscrapers-towers/rondo_1.cfm). Datum des Zugriffs: 19.Dezember.2015

schalen bis zum Entfernen der Stützen Kontakt mit dem Beton besitzen, als Vertiefungen und dunkle Streifen auf der Sichtbetonoberfläche ab.<sup>204</sup>

Die Wahl eines geeigneten Schalungssystems hat immer in Abhängigkeit zur Bauaufgabe und den vorgegebenen Zielgrößen des Auftraggebers zu erfolgen. Mit der Durchführung eines Verfahrensvergleiches in der Arbeitsvorbereitung kann für jede Bauaufgabe das geeignete Schalungssystem ermittelt werden.

### **Krane**

„Krane sind wirtschaftlich und baubetrieblich gesehen die wohl wichtigsten Hebezeuge auf Baustellen.“<sup>205</sup> Im Sichtbetonprozess werden Krane nahezu für jeden Arbeitsschritt benötigt. Tätigkeiten, wie das Stellen der Schalung, das Einbauen der Bewehrung, das Einbringen des Frischbetons (wenn nicht mit Betonpumpe betoniert wird) und das Ausschalen der Bauteile sind ohne die Hilfe von Kranen nicht bzw. nur unter starker Zunahme der Aufwandswerte möglich.

Wird der Frischbeton mittels Kran und Krankübel in die Schalung eingebracht, ist darauf zu achten, dass der Kran während des gesamten Betonierprozesses keine zusätzlichen Hübe ausführt und es dadurch zu Wartezeiten beim Frischbetoneinbau kommt. Unterbrechungen des Betonierprozesses äußern sich in Farbunterschiede und dem Abzeichnen von Schüttilagen an der Sichtbetonfläche.

#### **4.2.1.3 Stoffe:**

„Darunter versteht man Werkstoffe, in unserem Fall die Baustoffe, Halb- und Fertigerzeugnisse, die als Ausgangs- und Grundstoffe für die Herstellung von Erzeugnissen dienen. Nach der Vornahme der Substanzänderungen oder nach dem Einbau in das Fertigerzeugnis werden sie Bestandteil des neuen Produkts, hier des Bauwerks oder einzelner Bauteile.“<sup>206</sup>

### **Beton:**

Damit die fertige Sichtbetonoberfläche der Zieldefinition des Auftraggebers entspricht, ist es die Aufgabe des Betoningenieurs, eine geeignete Betonrezeptur zu entwickeln.

Die Rezeptur ist nach HOLCIM so zu wählen, dass der Beton folgende Eigenschaften besitzt:

<sup>204</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schularbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 212

<sup>205</sup> HECK, D.; LANG, W.: Vorlesungsskriptum Baubetriebslehre VU (Master). S. 332

<sup>206</sup> HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 17

- „keine Entmischung
- kein Wasserabsondern
- gute Verarbeitbarkeit
- angemessene Konsistenz
- gutes Zusammenhaltevermögen<sup>207</sup>

„Die Konsistenz und das Größtkorn müssen dem Einbauverfahren und der Bauteilgeometrie angepasst sein. Das Größtkorn ist entsprechend der Wandstärke und dem Abstand der Bewehrungsstäbe zu wählen.“<sup>208</sup>

Für eine sichtbetonkonforme Betonrezeptur sollten nach dem Leitfaden für Sichtbeton der Firma HOLCIM darüberhinaus folgende Empfehlungen eingehalten werden:

- „Zement, Gesteinskörnung, Zusatzmittel während eines Bauabschnitts nicht ändern
- ausreichender Mehlkorngehalt (kein Sedimentieren)
- Lieferwerk nicht wechseln
- Wasserzementwert in engen Grenzen halten
- kein Restwasser verwenden
- Kornzusammensetzung ständig kontrollieren
- Konsistenz gleichmäßig einstellen
- Der Wasserzementwert darf max. 0,55 betragen, damit der Beton kein Wasser absondert (blutet)
- Der Zementgehalt sollte mindestens  $320 \text{ kg/m}^3$ , für eine größere Betonstabilität sogar  $340\text{--}350 \text{ kg/m}^3$  betragen. Höhere Zementgehalte erst mit dem Statiker abklären, da Überfestigkeiten entstehen können
- Die Sieblinie im Bereich A/B nahe B ist vorteilhaft
- Der Mehlkorn-/Mörtelgehalt sollte bei  $450\text{--}550 \text{ kg/m}^3$  eingestellt werden.
- Die Frischbetonkonsistenz im Bereich Ende F3 bis Anfang F4 (480 – 520 mm) hat sich bewährt
- Die Nassmischzeit ist mit 60 Sek. einzustellen

<sup>207</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 22

<sup>208</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 22

- *Das Betonlieferwerk muss unbedingt darauf hingewiesen werden, dass Sichtbeton verarbeitet wird*<sup>209</sup>

Vor dem Einbau des Frischbetons sollte der Beton auf der Baustelle zusätzlich einer Frischbetonkontrolle unterzogen werden, um sicherzustellen, ob der Beton die bestellten Eigenschaften besitzt.

### **Trennmittel und Bewehrung:**

Die Stoffe Trennmittel und Bewehrung wurden bereits in Kapitel 4.2.1.1 beschrieben. Siehe dazu "Trennmittel auftragen" und "Bewehren".

## **4.2.2 Dispositive Produktionsfaktoren**

Die dispositiven Produktionsfaktoren bezeichnen planende, steuernde, organisierende und kontrollierende Tätigkeiten. Die Kombination der elementaren Produktionsfaktoren wird von der Planung bestimmt. Bei der Herstellung von Sichtbetonbauteilen werden in der Projektphase Planung die Gestaltungsmerkmale der Betonoberfläche festgelegt und anhand dieser die Auswahl der elementaren Produktionsfaktoren, wie beispielsweise das geeignete Schalungssystem oder die Betonrezeptur, getätigt.

### **4.2.2.1 Gestaltungsmerkmale**

Je höher die Ansprüche bzw. Anforderungen an die Sichtbetonoberfläche sind, desto höher werden auch der Herstellungsaufwand und die damit verbundenen Kosten. Sind beispielsweise keine systembedingten Abzeichnungen des Schalungssystems erwünscht, müssen kostenintensive Sonderschalungen verwendet werden. Bei der Festlegung von Gestaltungsmerkmalen muss dem Planer bewusst sein, welche Merkmale mit Sichtbeton möglich, welche nur bedingt möglich oder unmöglich sind.<sup>210</sup>

HOFSTADLER definiert für Sichtbetonflächen folgende Gestaltungsmerkmale:

- Struktur (glatt, Brettstruktur, Schuppenstruktur etc.)
- Farbgebung (natürlich, eingefärbt)
- Flächengliederung (vom Schalungssystem vorgegeben, Sonderanfertigung etc.)

<sup>209</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 22

<sup>210</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 208

- konstruktive Details (Ankerbild, Ausbildung der Ankerkonen etc.)
- Ausbildung der Schalungsstöße (stumpf, gestoßen, gespundet etc.)<sup>211</sup>

#### 4.2.2.2 Struktur

Die Struktur der Betonoberfläche wird maßgeblich durch die verwendete Schalhaut und das verwendete Trennmittel bestimmt. Der Einsatz von sägerauen Brettern führt zu einer stumpf und dunkel aussehenden Betonoberfläche. Mit einer glatten (nicht saugenden) Schalhaut werden helle und glänzende Betonoberflächen erreicht.

Ist eine durch Element- oder Schalhautfugen gegliederte Betonansichtfläche nicht erwünscht, sind Trägerschalungen oder Rahmenschalungen mit einer zusätzlich beplankten Schalhaut zu verwenden. Unregelmäßigkeiten der Betonoberfläche fallen bei monolithischen Betonflächen jedoch stärker störend ins Gewicht als bei durch Fugen gegliederten.<sup>212</sup>

#### 4.2.2.3 Farbgebung

Die Farbgebung der Sichtbetonoberfläche wird nach MARIUS durch folgende Einflüsse bestimmt:

- *„Verwendete Materialien (Zement, Zusatzmittel, Zusatzstoffe, Gesteinskörnungen)*
- *Betonzusammensetzung (Wassergehalt, Zementanteil, Sieblinie)*
- *Porenanteil an der Oberfläche*
- *Schalung (Oberflächenstruktur, Saugfähigkeit)*
- *Baubetriebliche Aspekte (Betoneinbau, Verdichtung, Nachbehandlung)*
- *Umwelteinflüsse*<sup>213</sup>

Neben der Farbgebung wird das Erscheinungsbild einer Betonfläche auch durch die Farbgleichheit zwischen den einzelnen Betonabschnitten beeinflusst. Vor allem mehrere Farbwechsel innerhalb eines Betrachtungsabschnitts werden hierbei als störend empfunden.<sup>214</sup>

<sup>211</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 206

<sup>212</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.; SCHIEDER, A.: Sichtbeton Leitfaden - Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S. 73-74

<sup>213</sup> MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 19

<sup>214</sup> HOFSTADLER, C.; SCHIEDER, A.: Sichtbeton Leitfaden - Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S. 74

#### 4.2.2.4 Flächengliederung

Die Gliederung der Sichtbetonfläche wird vom gewähltem Schalungssystem (Element- und Schalhautfugen) sowie der Anordnung der Arbeitsfugen bestimmt.

##### Arbeitsfugen:

Arbeitsfugen entstehen aufgrund von fertigungstechnischen Unterbrechungen bei der Erstellung einzelner Betonierabschnitte.

*„Die Notwendigkeit und Anzahl der Fertigungsabschnitte folgt aus technologischen, baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Überlegungen. Durch z.B. Einlegen von Leisten kann ein spezielles Fugenbild (z.B. Dreiecks- oder Rechtecknut) erzeugt werden. Auch wo keine Arbeitsfugen erforderlich sind, können Fugen durch Leisten angedeutet werden (Schattenfugen; auf Betonüberdeckung achten), um damit eine bestimmte Flächengliederung zu erzeugen.“<sup>215</sup>*

##### Element- und Schalhautfugen:

Der Elementfugenraster ergibt sich aus dem gewählten Schalungssystem bzw. der Größe der Einzelelemente.

Schalhautfugen entstehen aufgrund von Schalhautstößen. Die Schalhautfuge zeichnet sich im Vergleich zu den Arbeitsfugen und Elementfugen am geringsten auf der fertigen Betonoberfläche ab.

Auf der Schalung befestigte Trapez- oder Dreikantleisten führen zu einem Abzeichnen von Schattenfugen. Diese Fugen kaschieren etwaige Arbeitsfugen und heben das Sichtbetonteil auch architektonisch hervor.

<sup>215</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 210



**Bild 37 Mit Trapezleisten kaschierte Anschlussfugen**<sup>216</sup>

Die vom Bauherrn gewünschten Gestaltungsmerkmale sind in einem Leistungsverzeichnis festzulegen und idealerweise in einem Schalungsmusterplan (siehe Bild 38) abzubilden.<sup>217</sup>

Der GÜTESCHUTZVERBAND BETONSCHALUNGEN E.V. empfiehlt folgende Angaben im Schalungsmusterplan zu tätigen:

- „Schalungssystem:
  - ❖ Angaben zum gewählten Schalungssystem
  - ❖ Anordnung und Ausbildung der Schalelemente (Schalelementstöße)
  - ❖ Anordnung der Schalungshautstöße
  - ❖ Anordnung und Ausbildung der Anker und Ankerstellen
- Schalungshaut:
  - ❖ Schalungshauttyp und Qualität
  - ❖ Ausbildung der Schalungshautbefestigung
- Fugen:
  - ❖ Anordnung und Ausbildung der Arbeitsfugen
  - ❖ Anordnung und Ausbildung der Bauteil-/Dehnungsfugen

<sup>216</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 19

<sup>217</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 206

- ❖ Anordnung weiterer Flächengliederungselemente (z.B. Schattenfugen)
- Details:
  - ❖ Kantenausbildung, Blindanker, Einbauteile
- Toleranzen:
  - ❖ Zulässige Maßabweichungen auf Normgrundlage(DIN 18 202)
- Weitere Angaben:
  - ❖ Zulässiger Frischbetondruck<sup>218</sup>

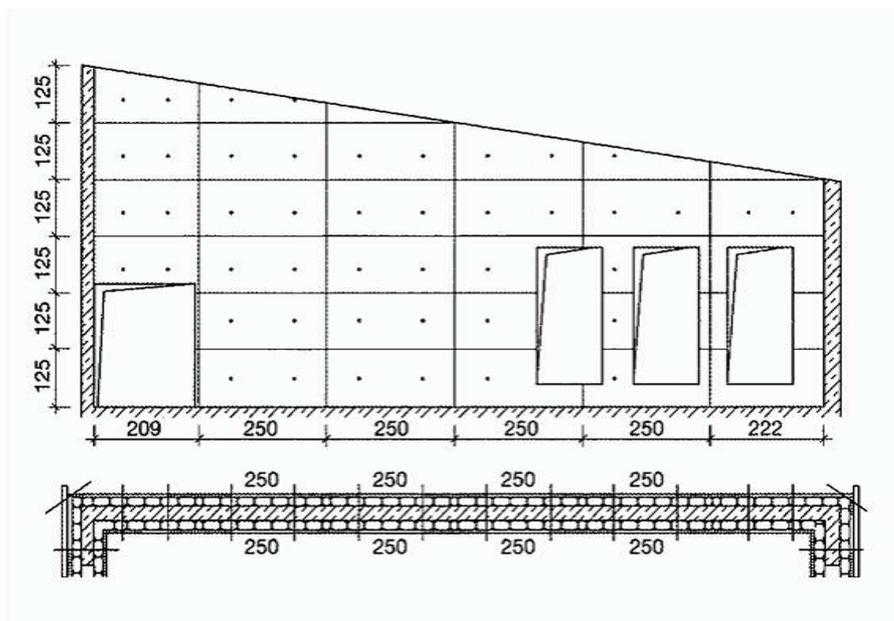


Bild 38 Schalungsmusterplan zur Festlegung der Flächengliederung und des Ankerbildes<sup>219</sup>

Die steuernden und kontrollierenden Tätigkeiten der dispositiven Produktionsfaktoren sind die Voraussetzung für die Erfüllung der Bauaufgabe und den wirtschaftlichen Erfolg eines Bauprojektes. Kontrollen im Sinne von Soll-Ist Vergleichen zwischen geforderten und erreichten Qualitäten von Sichtbetonflächen bilden die Grundlage für die Einleitung von Gegensteuerungs- und Verbesserungsmaßnahmen.

So wird nach dem Ausschalen eines Sichtbetonabschnittes das Bauteil durch die Mitglieder des Sichtbetonteam's begutachtet und bei Zielgrö-

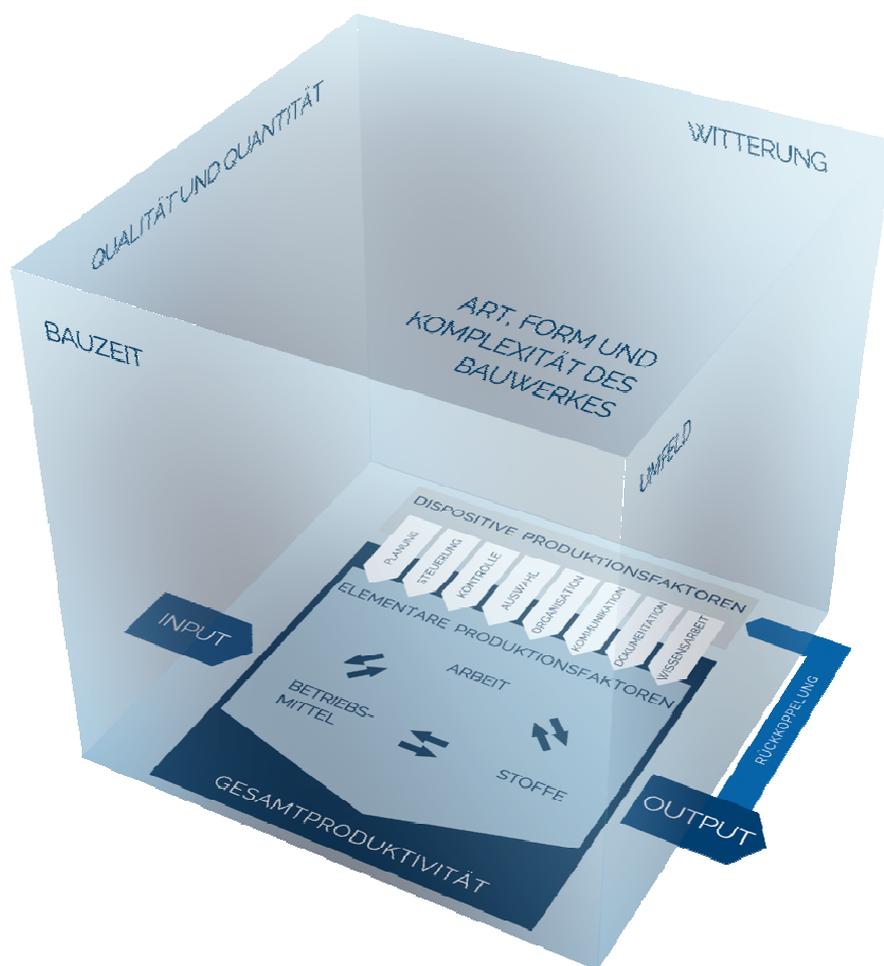
<sup>218</sup> GÜTERSCHUTZVERBAND BETONSCHALUNG E.V.: Empfehlungen zur Planung, Ausschreibung und zum Einsatz von Schalungssystemen bei der Ausführung von "Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen". Publikation. S. 5

<sup>219</sup> PECK, M.; BOSOLD, D.: Sichtbeton - Techniken der Flächengestaltung. Zement-Merkblatt Hochbau H8. S. 2

ßenabweichungen Lösungen für die zukünftigen Betonierabschnitte erarbeitet.<sup>220</sup>

Für spätere Beurteilungen und Vergleiche ist eine umfassende und zeitnahe Dokumentation über die getroffenen Entscheidungen, die Arbeitsabläufe und die aufgetretenen Störgrößen im gesamten Sichtbetonprozess entscheidend.<sup>221</sup> Nur so kann aus Fehlern vergangener Projekte gelernt, Wissensarbeit betrieben und eine zukünftige Sichtbetonaufgabe optimal gelöst werden.

#### 4.2.3 Der Produktionsfaktorenwürfel



**Bild 39** Produktionsfaktorenwürfel nach Hofstadler

Für das Gelingen der Sichtbetonaufgabe ist die optimale Kombination der elementaren und der dispositiven Produktionsfaktoren nicht der allei-

<sup>220</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 10

<sup>221</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 22

nige Erfolgsfaktor. Daneben haben auch die Witterung, das Umfeld, die Bauzeit sowie die Komplexität des Bauwerks bzw. des Bauteils einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Sichtbetonoberfläche.

#### 4.2.3.1 Witterung

Die Witterungsverhältnisse, wie die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Windgeschwindigkeit, die Sonneneinstrahlung und der Niederschlag zum Zeitpunkt der Betonage, dem Ausschalen und der Nachbehandlung, prägen das Erscheinungsbild der Sichtbetonoberfläche maßgebend.

Vor allem der Temperatureffekt beeinflusst bei Sichtbetonbauteilen die Oberflächenporigkeit, Farbtongleichmäßigkeit und die Oberflächenstruktur.<sup>222</sup> Als günstige Einbautemperatur des Frischbetons gilt ein Temperaturbereich von 15 °C - 25 °C.<sup>223</sup>

Bei Temperaturen unter 10 °C kann es unter Umständen zu einer Erhöhung der Oberflächenporosität kommen. Bei tieferen Temperaturen sind spezielle Winterbetonrezepte zu verwenden und Maßnahmen, wie das Vorwärmen der Betonausgangsstoffe, der Schalung und der Bewehrung, durchzuführen. Sämtliche Boden- und Betonflächen sowie die Schalung und Bewehrung sind schnee- und eisfrei zu halten.

Bei hohen sommerlichen Temperaturen ergeben sich verkürzte Verarbeitungszeiten und eine starke Wasserverdunstung an den Oberflächen. Darüberhinaus führen hohe Temperaturen zu vergrößerten Schwind- und Kriecherscheinungen und infolgedessen zu verstärkter Rissbildung.<sup>224</sup>

Sichtbetonbauteile, die in den Wintermonaten gefertigt werden, weisen aufgrund der kalten und nassen Jahreszeit eine dunklere und fleckigere Oberfläche auf als Bauteile, die in den Sommermonaten gefertigt werden.<sup>225</sup>

Niederschlag auf die nicht abgedeckte Anschlussbewehrung führt des Weiteren zu Rostfahnen auf der Sichtbetonfläche. Nach dem Entschalen ist der junge Beton daher feucht zu halten und vor schädlichen Witterungsbedingungen mittels Folien zu schützen.

<sup>222</sup> Vgl.: REINISCH, A.: Einflussfaktoren bei Sichtbeton - Planen & Gestalten mit Beton. In: Opus C, 3/2012. S. 87

<sup>223</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 23

<sup>224</sup> Vgl.: RICHTER, T.: Betonieren bei hohen und tiefen Temperaturen. [https://www.bauwesen.hs-magdeburg.de/ahlers/media/Betonseminar/Richter\\_Betonieren\\_hohe\\_tiefe\\_Temp.pdf](https://www.bauwesen.hs-magdeburg.de/ahlers/media/Betonseminar/Richter_Betonieren_hohe_tiefe_Temp.pdf). Datum des Zugriffs: 27. Juli. 2015

<sup>225</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 5

#### 4.2.3.2 Umfeld

Das Umfeld des Sichtbetonprozesses bilden all jene Personen, die an der Erfüllung der Sichtbetonaufgabe beteiligt sind. In Kapitel 4.3 wird dieser Personenkreis als das Sichtbetonteam vorgestellt. Eine qualitativ hochwertige Sichtbetonoberfläche ist nur durch eine Gemeinschaftsleistung der Projektbeteiligten zu erreichen. Demzufolge muss es zu einer Vernetzung aller mitwirkenden Personen kommen. Nur durch die Zurverfügungstellung sowie die Verknüpfung der persönlichen Fähigkeiten und des individuellen "Know-hows" der Projektbeteiligten ist eine Sichtbetonfläche in hoher Qualität zu erwarten.

Den zweiten Teil des Umfeldes bilden die Baustellenbedingungen während des Sichtbetonprozesses. Zu den sichtbetonrelevanten Baustellenbedingungen zählen beispielsweise die Komplexität der Zufahrtsmöglichkeiten für die Frischbetonlieferung, die Kranverfügbarkeit bei der Betonage mit Krankübel, der Wechsel des Baustellenfachpersonals, die Lagerungsbedingungen von Schalungselementen oder ob Erschütterungen von angrenzenden Bahngleisen zu erwarten sind. Unnötig lange Transport- oder Wartezeiten sind bei der Frischbetoneinbringung aus Qualitätsgründen unbedingt zu vermeiden. Vor allem bei innerstädtischen Baustellen ist auf die tageszeitbedingte Verkehrssituation (Berufsverkehr) Rücksicht zu nehmen. Es empfiehlt sich daher, die Betonage von Sichtbetonbauteilen auf den späten Vormittag bzw. auf den frühen Nachmittag zu verlagern. Aus arbeitspsychologischen Gründen sollte die Betonage von Sichtbetonbauteilen auch nicht am Ende der Arbeitswoche stattfinden. Das bevorstehende Wochenende kann unter Umständen zu ungenauem Arbeiten der Arbeitskräfte führen und sich negativ auf die Sichtbetonqualität auswirken. (Beispiel: Zu schnelles Betonieren führt zu einem schnellen Anstieg des Frischbetondrucks. Dies kann zum Aufgehen der Elementfugen des Schalungssystems führen und den Austritt von Zementleim begünstigen.) Ein Wechsel des Baustellenfachpersonals kann sich aufgrund von unterschiedlichem Leistungsvermögen und Qualifikationen der Arbeitskräfte ebenfalls negativ auf die Sichtbetonqualität auswirken.

Bei der Auswahl von Lagerflächen für die Schalungselemente ist darauf zu achten, diese vor schadhafte Witterungseinflüssen zu schützen (z.B. im Gebäudeinneren oder durch Abdecken mit Planen). Des Weiteren sind in der Baustelleneinrichtungsplanung ausreichend große Flächen für den Schalungszusammenbau, den Trennmittelauftrag und für die Reinigung der Schalung vorzusehen.

#### 4.2.3.3 Bauzeit

*„Die Bauzeit hat, bezogen auf die Bauausführung, Auswirkungen auf Kosten, Logistik, Baustelleneinrichtung und Bauablauf.“<sup>226</sup>*

Die Bestellung von Sichtbetonflächen führt je nach gewünschter Sichtbetonklasse im Vergleich zu herkömmlichen Stahlbetonbauteilen zu einem deutlichen Mehr-, bzw. Zusatzaufwand in der Herstellung. Zum Mehraufwand für Sichtbetonflächen zählen „[...] solche Tätigkeiten, die einen erhöhten Aufwand in Abhängigkeit der Anforderungen an die Qualität der Betonfläche erfordern.“<sup>227</sup> Ein Beispiel für einen solchen Mehraufwand sind die erhöhten Anforderungen an die Schalhautreinigung.<sup>228</sup>

*„[...] Tätigkeiten, die aufgrund der sichtbetonspezifischen Anforderungen zusätzlich anfallen und bei Stahlbetonbauteilen ohne besondere Sichtbetonanforderungen nicht zur Ausführung kommen, wie zum Beispiel Aufdoppeln eines Schalungselements mit einer zusätzlichen Schalungshaut [...]“<sup>229</sup>*, führen zu einem Mehraufwand im Sichtbetonprozess.

Diesen Mehr- und Zusatzaufwand gilt es in der Arbeitsvorbereitung und in der Festlegung des Bauzeitplanes durch Einbeziehung von Zeitpuffern zu berücksichtigen. Die Wahl einer zu kurzen oder zu langen Bauzeit führt nach HOFSTADLER zu einer Verminderung der Produktivität mit einem gleichzeitigen Anstieg der Herstellungskosten.

*„Die Bauzeit und der Ressourceneinsatz stehen miteinander im Zusammenhang. Kurze Bauzeiten erfordern einen höheren und längere einen geringeren Ressourcenbedarf. Beides wirkt sich auf die Kosten aus. Es kann aufgrund des anderen Potenzialeinsatzes der Produktionsfaktoren zu Produktivitätseinbußen kommen.“<sup>230</sup>*

Vor allem eine zu kurz gewählte Bauzeit kann im Sichtbetonprozess zu deutlichen Qualitätseinbußen führen. Wird den einzelnen Subarbeitssystemen zu wenig Zeit eingeräumt, besteht die Gefahr eines ungenauen Arbeitens.

Die Vorgabe einer auskömmlichen Bauzeit führt dagegen zu einer optimalen Kombination und Ausnutzung der Produktionsfaktoren bei geringen Kosten.<sup>231</sup>

Der Zusammenhang zwischen der Bauzeit, der Produktivität und den Herstellungskosten ist in Bild 40 schematisch dargestellt.

<sup>226</sup> HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 38

<sup>227</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 73

<sup>228</sup> Vgl. BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 73

<sup>229</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 73

<sup>230</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 276

<sup>231</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 39

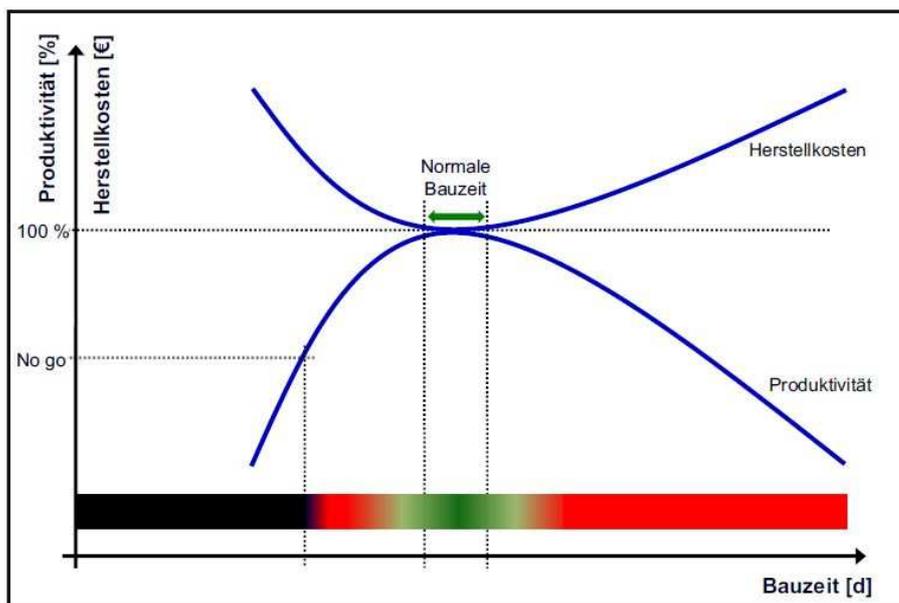


Bild 40 Qualitativer Zusammenhang zwischen der Bauzeit, der Produktivität und den Herstellungskosten aus der Sichtweise der Bieter/Auftragnehmer<sup>232</sup>

Bei der Festlegung des Bauzeitplanes sind darüberhinaus auch die jahreszeitlich bedingten Witterungseinflüsse zu berücksichtigen. Verschiebt sich die Betonage in die Wintermonate, ist die verzögerte Festigkeitsentwicklung zu berücksichtigen oder möglicherweise besondere Winterbetonrezepte zu verwenden. Findet die Betonage im Sommer statt, ist wie schon in Kapitel 4.2.3.1 erläutert, besonders auf die verkürzte Verarbeitungszeit des Frischbetons und die verstärkte Wasserverdunstung an der Betonoberfläche zu achten.

Der zeitliche Einfluss des Ausschalzeitpunktes auf die Sichtbetonqualität ist ebenfalls in der Bauzeit zu berücksichtigen. Um Farbunterschiede zu vermeiden, sind die Betonierabschnitte eines Sichtbetonbauteils immer nach der gleichen Verweilzeit in der Schalung zu entschalen.

#### 4.2.3.4 Art, Form und Komplexität

Mit höherer Komplexität des Bauteils steigt auch der Herstellungsaufwand. Die Fertigung von gekrümmten oder hinterschnittenen Bauteilen führt zur Erhöhung der Aufwandswerte für die Schal-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten. Komplexe Bauteile verursachen durch ihre Form einen hohen Verschnitt des Schalungsmaterials, womit auch der Materialaufwand für die Schalung erheblich ansteigt. Ist darüberhinaus die Schalung nur einmal verwendbar oder sind Sonderschalungen erforderlich ergibt sich ein Kostenanstieg um ein Vielfaches. Hohe Bewehrungsgehalte und

<sup>232</sup> HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 39

komplizierte Biegeformen sorgen ebenfalls für einen Anstieg des Herstellungsaufwandes.

Aufgrund der erschwerten Zugänglichkeit beim Verdichten des Frischbetons ist bei Bauteilen mit komplexer Form mit einem erhöhten Porenanteil zu rechnen.

### 4.3 Sichtbetonteam

*„Sichtbeton ist eine Gemeinschaftsleistung, die Fachkenntnis, Erfahrung und technisches und handwerkliches Vermögen benötigt.“<sup>233</sup>*

Der Sichtbetonprozess vereint eine Vielzahl von Projektbeteiligten, deren Entscheidungen nach HOFSTADLER im Planungs- und Herstellungsprozess wesentlichen Einfluss auf die Qualität des Endproduktes besitzen:

- *„In der Planung z.B. durch die Festlegung der Gestaltungsmerkmale der Fläche sowie der Auswahl des Betons.*
- *In der Arbeitsvorbereitung z.B. durch die Wahl des effizienten Schalungssystems, der Schalhaut (wenn nicht in der Ausschreibung zwingend vorgegeben) und durch das Trennmittel.*
- *In der Bauausführung beim Zusammenbau der Schalung durch kraftschlüssige und dichte Verbindungen, durch die entsprechende Reinigung und Vorbehandlung der Schalhaut.*
- *Beim Betonieren durch den gleichmäßigen Einbau und Verdichtung des Betons und folgende Nachbehandlung.“<sup>234</sup>*

Aufgrund der hohen Komplexität von Sichtbetonflächen ist zur Erreichung eines positiven Sichtbetonergebnisses bereits in frühen Projektphasen die Zusammenführung der am Sichtbeton beteiligten Personen zu einem Sichtbetonteam sicherzustellen.

Nach Bild 41 sind bereits in der Planungsphase der Bauherr, die Planer und der Betoningenieur zu einem Sichtbetonteam zu vernetzen. In der Ausführungsphase sind darüber hinaus die Vertreter des Bauunternehmens, des Schalungsanbieters und des Transportbetonwerks zum Sichtbetonteam hinzuzufügen. Die Hinzuziehung des Ausschreibenden in der Planungsphase und eines Vertreters des Trennmittelherstellers zum Sichtbetonteam in der Ausführungsphase wäre nach Auffassung des Autors dieser Arbeit sinnvoll.

<sup>233</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 5

<sup>234</sup> HOFSTADLER, C.: Qualitätsverbesserung und Konfliktreduktion bei Sichtbeton durch Einführung von vernetzten Regelkreisen. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 37

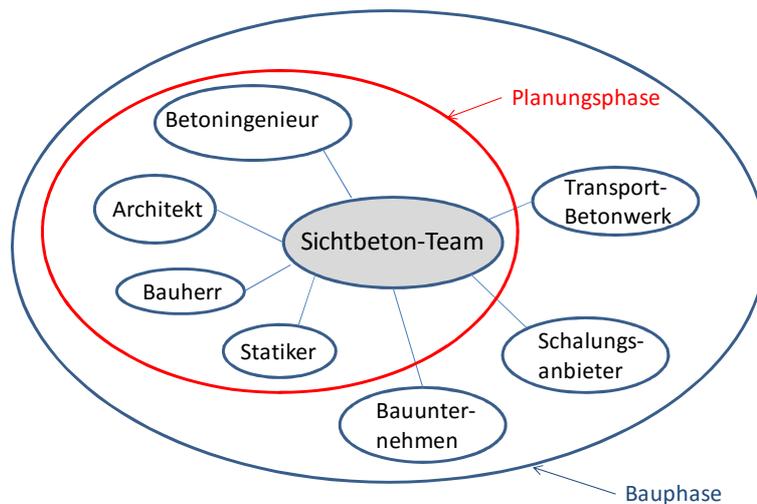


Bild 41 Sichtbetonteam (in Anlehnung an Peri<sup>235</sup>)

Der Schalungshersteller PERI weist in seinem Arbeitsheft "Sichtbeton-Schalung" den verschiedenen Teammitgliedern folgende Aufgaben zu:

Bauherr:

„Der Bauherr äußert seine Wünsche und gibt den finanziellen Rahmen vor.“<sup>236</sup>

Architekt:

„Der Architekt erstellt, entsprechend den Wünschen, den Entwurf für das Bauwerk und bestimmt die Qualität der Architektur.“<sup>237</sup>

Tragwerksplaner:

„Der Tragwerksplaner liefert die passende ausführbare, tragende Konstruktion.“<sup>238</sup>

Bauunternehmen:

„Das Bauunternehmen hat die Aufgabe, das vom Bauherrn gewünschte Bauwerk nach den Vorgaben des Entwurfes, der Konstruktion und mit dem angelieferten Beton zu erstellen.“<sup>239</sup>

<sup>235</sup> SCHWENK ZEMENTKG: Besonderheiten bei der Herstellung von Sichtbeton. <http://www.schwenk-zement.de/de/Dokumente/Mischmeisterschulung2015/Besonderheiten-bei-der-Herstellung-von-Sichtbeton.pdf>. Datum des Zugriffs: 20. September.2015

<sup>236</sup> PERI GMBH: Arbeitsheft Sichtbeton-Schalung. <http://www.baunetzwissen.de/dl/139776/arbeitsheft.pdf>. Datum des Zugriffs: 23. September.2015 S 4

<sup>237</sup> PERI GMBH: Arbeitsheft Sichtbeton-Schalung. <http://www.baunetzwissen.de/dl/139776/arbeitsheft.pdf>. Datum des Zugriffs: 23. September.2015 S 4

<sup>238</sup> PERI GMBH: Arbeitsheft Sichtbeton-Schalung. <http://www.baunetzwissen.de/dl/139776/arbeitsheft.pdf>. Datum des Zugriffs: 23. September.2015 S 4

<sup>239</sup> PERI GMBH: Arbeitsheft Sichtbeton-Schalung. <http://www.baunetzwissen.de/dl/139776/arbeitsheft.pdf>. Datum des Zugriffs: 23. September.2015 S 4

Schalungslieferant:

„Der Schalungslieferant hat die Schalung entsprechend den gewünschten Betonoberflächen auszusuchen und zu liefern.“<sup>240</sup>

Transportbetonwerk:

„Das Transportbetonwerk liefert den Beton mit den angegebenen Baustoffeigenschaften.“<sup>241</sup>

Schalungsplaner:

„Der Schalungsplaner hat nach den Vorstellungen des Architekten, und möglichst mit ihm gemeinsam, das Schalungssystem hinsichtlich Fugenanordnung und -ausbildung, Ankerraster, Genauigkeit (Durchbiegung, Absätze) und die Schalhaut bezüglich Oberflächenstruktur auszuwählen.“<sup>242</sup>

Betoningenieur:

„Der Betoningenieur hat für einen materialgerechten und technisch machbaren Einsatz des Baustoffes Beton zu sorgen.“<sup>243</sup>

Des Weiteren erscheint es sinnvoll, einen Sichtbetonkoordinator als Steuerglied in das Sichtbetonteam zu integrieren. Die Aufgaben des Sichtbetonkoordinators umfassen die Kontrolle der Planungs- und Ausführungsphasen sowie die Koordination aller Teammitglieder innerhalb des Sichtbetonteams. Wichtige Tätigkeiten des Sichtbetonkoordinators sind beispielsweise zusammen mit dem Schalungsplaner die Auswahl eines geeigneten Schalungssystems, einer geeigneten Schalhaut und die Überprüfung der Betonierbarkeit der geplanten Bauteile.<sup>244</sup>

#### 4.4 Regelkreise im Sichtbetonprozess

Der Informationstransfer zwischen den Sichtbetonbeteiligten sowie deren Vernetzung kann durch die Anwendung von Regelkreisen im Sichtbetonprozess sichergestellt werden. Nach VESTER bildet der Regelkreis „Einen in sich geschlossenen Informationskreislauf, der Abweichungen von einem sogenannten Sollwert durch Rückkoppelung (Feedback)

<sup>240</sup> PERI GMBH: Arbeitsheft Sichtbeton-Schalung. <http://www.baunetzwissen.de/dl/139776/arbeitsheft.pdf>. Datum des Zugriffs: 23.September.2015 S 4

<sup>241</sup> PERI GMBH: Arbeitsheft Sichtbeton-Schalung. <http://www.baunetzwissen.de/dl/139776/arbeitsheft.pdf>. Datum des Zugriffs: 23.September.2015 S 4

<sup>242</sup> PERI GMBH: Arbeitsheft Sichtbeton-Schalung. <http://www.baunetzwissen.de/dl/139776/arbeitsheft.pdf>. Datum des Zugriffs: 23.September.2015 S 4

<sup>243</sup> PERI GMBH: Arbeitsheft Sichtbeton-Schalung. <http://www.baunetzwissen.de/dl/139776/arbeitsheft.pdf>. Datum des Zugriffs: 23.September.2015 S 4

<sup>244</sup> Vgl.: PERI GMBH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING: Arbeitsheft Sichtbeton. [http://www.peri.no/files/pdf3/Reference\\_File\\_Fairfaced\\_Concrete..pdf](http://www.peri.no/files/pdf3/Reference_File_Fairfaced_Concrete..pdf). Datum des Zugriffs: 23.September.2015 S 6

*selbst regelt.*<sup>245</sup> Im Regelkreis werden die Entscheidungen des Führungsgliedes (z.B. Mensch) als Sollwerte für den Regelkreis ausgegeben. Mit Hilfe eines Reglers werden Anweisungen an die Regelgröße gestellt und der Verfahrensablauf gesteuert. Durch veränderliche Sollwerte, die wiederum die Regelgröße eines weiteren Regelkreises darstellen, können verschiedene Regelkreise in eine Wechselbeziehung gestellt bzw. miteinander verbunden werden.<sup>246</sup>

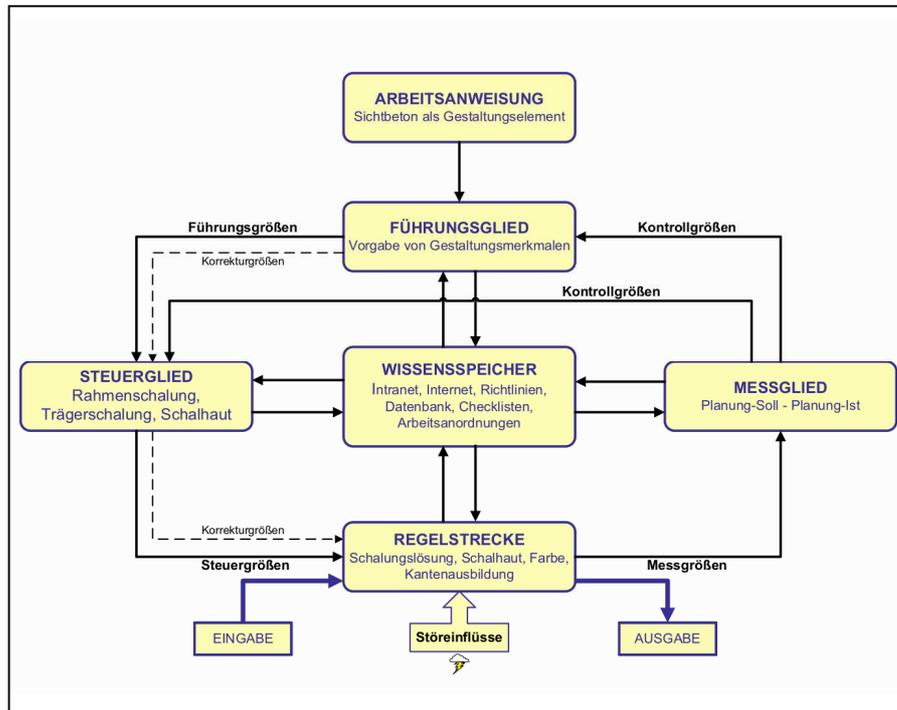
#### 4.4.1 Regelkreis in der Planungsphase

Im Regelkreis der Planungsphase gibt der Bauherr die Zielgrößen Quantität, Qualität, Kosten und Zeit des Projektes aus und definiert damit die Sollwerte der Sichtbetonaufgabe. Aus der Ausgabe der Führungsgrößen durch den Auftraggeber folgt die Analyse der Vorgaben durch das Steuerglied (Planer). Über den zentralen Wissensspeicher greift der Planer auf mögliche Lösungsansätze zur Erreichung der Zieldefinition zu. Lösungsansätze können beispielsweise anhand von abgeschlossenen Projekten gewählt oder auch neu entwickelt werden. Die Regelstrecke dient der Ausarbeitung von Detaillösungen unter Einbeziehung möglicher Störgrößen. Das Messglied vergleicht die Ergebnisse der Regelstrecke mit den Soll-Vorgaben des Auftraggebers. Werden die Sollwerte der Zielgrößen nicht erreicht sind vom Steuerglied Änderungen an den Lösungsansätzen vorzunehmen und die Korrekturgrößen an die Regelstrecke weiterzuleiten. Dieser Ablauf ist so lange zu wiederholen bis die Soll-Werte der Planung erreicht werden. Die Ergebnisse des Regelkreises für die Planung bilden anschließend die Eingangsgröße für den Regelkreis Ausschreibung.<sup>247</sup>

<sup>245</sup> VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität 5.Auflage. S. zitiert bei HOFSTADLER, C.: Schularbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 236

<sup>246</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Qualitätsverbesserung und Konfliktreduktion bei Sichtbeton durch Einführung von vernetzten Regelkreisen. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 38-39

<sup>247</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Qualitätsverbesserung und Konfliktreduktion bei Sichtbeton durch Einführung von vernetzten Regelkreisen. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 41-44

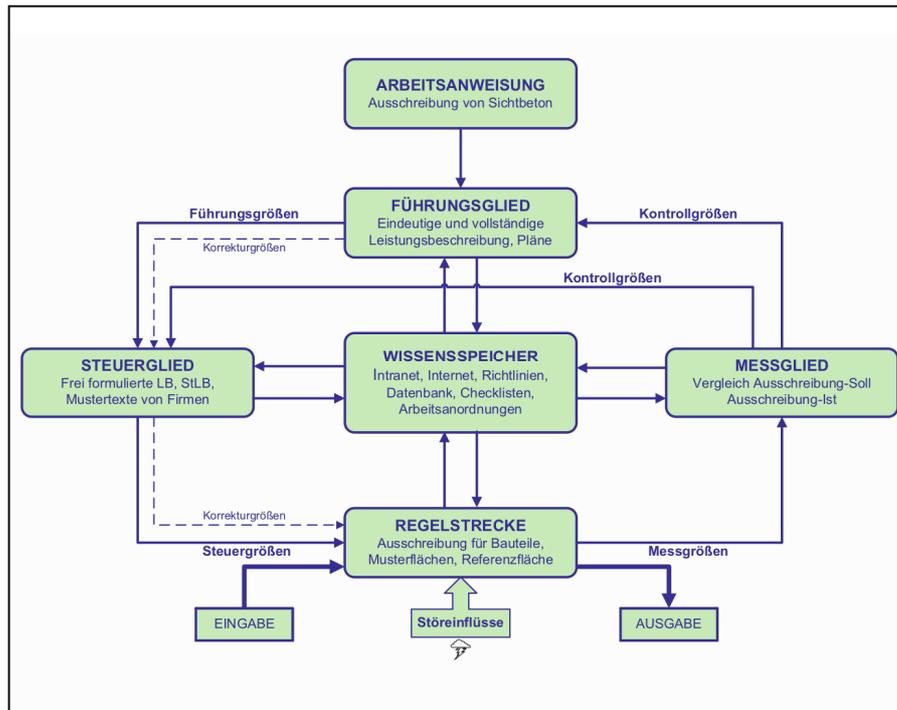
Bild 42 Regelkreis für die Planung-Sichtbeton<sup>248</sup>

#### 4.4.2 Regelkreis in der Ausschreibungsphase

Das Führungsglied der Ausschreibung kann anhand der Ergebnisse des Regelkreises Planung - (den Plänen), eine Ausschreibung entsprechend den Qualitätskriterien des Auftraggebers vornehmen. Wiederum liefert der Wissensspeicher des Regelkreises Ausschreibung, Lösungsansätze für die Ausschreibung der Sichtbetonaufgabe. Anhand vergangener Projekte kann das Steuerglied bereits formulierte Texte aus vergangenen Ausschreibungen übernehmen und für die aktuelle Aufgabe verwenden. Durch die Regelstrecke erfolgt die Erstellung des Leistungsverzeichnisses sowie die Angabe von ergänzenden Unterlagen (Fotos, Musterflächen etc.). Abschließend prüft das Messglied die Ausschreibungsunterlagen auf ihre Vollständigkeit, Eindeutigkeit und ob durch die Ausschreibung die geforderten Qualitätsziele erreicht werden können. Abweichungen sind wiederum an das Steuerglied zu senden, welches die Bildung von Korrekturgrößen vornimmt.<sup>249</sup>

<sup>248</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 240

<sup>249</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Qualitätsverbesserung und Konfliktreduktion bei Sichtbeton durch Einführung von vernetzten Regelkreisen. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 45-47

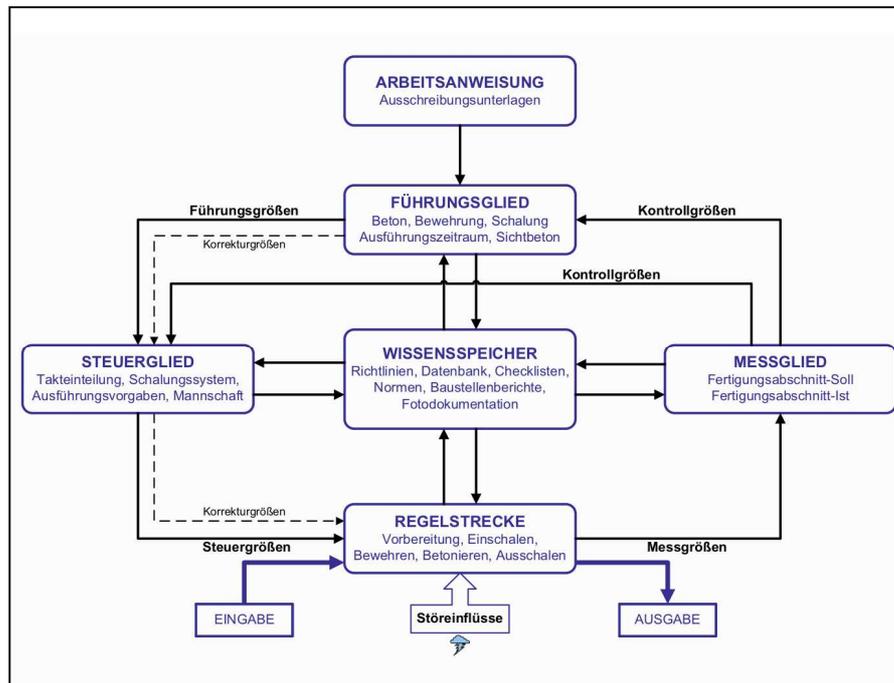
Bild 43 Regelkreis für die Ausschreibung-Sichtbeton<sup>250</sup>

#### 4.4.3 Regelkreis in der Ausführungsphase

Das Führungsglied der ausführenden Firma, der Bauleiter, analysiert die Ausschreibungsunterlagen und gibt Vorgaben (z.B. Angaben zum Schalungssystem oder der Schalhaut) an das Steuerglied (Arbeitsvorbereiter) weiter. Das Steuerglied nimmt Maßnahmen zur Arbeitsvorbereitung wie die Takteinteilung, Wahl des Schalungssystems, der Schalhaut, des Trennmittels und der Mannschaftszusammenstellung vor. Innerhalb der Regelstrecke findet der eigentliche Herstellungsprozess (schalen, bewehren, betonieren) statt. Nach dem Ausschalen des Sichtbetonbauteils führt das Messglied einen Soll-Ist-Vergleich zwischen der erreichten Qualität und den geforderten Gestaltungsmerkmalen durch. Bei Abweichungen sind die Gründe dafür zu analysieren und vom Steuerglied Korrekturgrößen für die nachfolgenden Betonierabschnitte oder zukünftige Sichtbetonprojekte auszuarbeiten. Sämtliche Erkenntnisse, die sich aus der Untersuchung zwischen Ursache und Wirkung der getroffenen Entscheidungen auf die Sichtbetonqualität ergeben, sind im zentralen Wissensspeicher zu sammeln.<sup>251</sup>

<sup>250</sup> HOFSTADLER, C.: Schararbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 244

<sup>251</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Qualitätsverbesserung und Konfliktreduktion bei Sichtbeton durch Einführung von vernetzten Regelkreisen. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 47-49

Bild 44 Regelkreis für die Ausführung-Sichtbeton<sup>252</sup>

#### 4.4.4 Zentraler Wissensspeicher

Der zentrale Wissensspeicher bildet das Herzstück eines jeden Regelkreises. Sämtliche Information aus eigenen Projekterfahrungen oder aus externen Quellen, die für den Sichtbetonprozess relevant sind, sind in diesem Wissensspeicher in Form von Datenbanken, Richtlinien, Checklisten, Protokollen, Berichten, Arbeitsanordnungen, Bilddokumentationen oder Ähnlichem zu sammeln. Für die Ausarbeitung neuer Lösungsansätze und der damit verbundenen Steigerung des "Know-hows" der Sichtbetonbeteiligten, darf das individuelle Wissen der Projektbeteiligten nicht isoliert bleiben, sondern muss den anderen Teammitgliedern zur Verfügung gestellt werden. Nur so ist es möglich, die aktuellen Erkenntnisse für zukünftige Planungs- und Ausführungsprozesse zu nutzen.

### 4.5 Regelwerke für Sichtbeton

Für Sichtbetonanforderungen, die über die in der ÖNORM B 2211 beschriebenen Anforderungen hinausgehen, wurden in Österreich und Deutschland spezielle Regelwerke geschaffen.

<sup>252</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 247

#### 4.5.1 Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen

In Österreich hat die Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik eine spezielle Richtlinie für die Erstellung von Sichtbetonflächen verfasst. Die ÖVBB<sup>253</sup> Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen 2009 „[...] regelt die Herstellung von geschalteten Betonflächen mit bestimmten Anforderungen die sich aus der architektonischen Gestaltung und/oder aus technischen Kriterien ergeben.“<sup>254</sup> Die Richtlinie unterscheidet hierbei zwischen vier verschiedenen Sichtbetonklassen:

**SB1** „Betonflächen mit gestalterischen und/oder technischen Anforderungen geringen Umfangs, überwiegend technische Anforderungen im Industrie- und Tiefbau“<sup>255</sup>

**SB2** „Betonflächen mit gestalterischen und/oder technischen Anforderungen normalen Umfangs z.B. einfache Fassaden in Hochbauten, Sichtflächen im Industriebau mit großem Betrachtungsabstand.“<sup>256</sup>

**SB3** „Betonflächen mit gestalterischen und/oder technischen Anforderungen hohen Umfangs, z.B. repräsentative Oberflächen oder komplexe Fassaden in Hochbauten.“<sup>257</sup>

**SBS** Sonderklasse: Sichtbetonklasse mit den höchsten Anforderungen. Im Gegensatz zu den Sichtbetonklassen SB1 - SB3, wo die Richtlinie Empfehlungen über die Anforderungen gibt, ist es hier die Aufgabe der Planer und Ausschreibenden die Sichtbetonanforderungen anhand von Einzelkriterien vollständig zu beschreiben.<sup>258</sup>

<sup>253</sup> Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik

<sup>254</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 2

<sup>255</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 8

<sup>256</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 8

<sup>257</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 8

<sup>258</sup> Vgl.: <http://www.sichtbeton.at/>. Datum des Zugriffs: 9.Oktober.2015

**Tabelle 6 Sichtbetonklassen und Gesamtanforderungen an das Sichtbetonbauwerk nach der Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen 2009 (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>259</sup>)**

Sichtbetonklasse	Beispiele Betonflächen mit gestalterischen und/oder technischen Anforderungen	Anforderungsklasse Bauteilbeschreibung (PQ)	Anforderungsklasse Betonfläche (BQ)	Farbe (C)	Anforderungsklasse Bauausführung (AQ)	Kantenausbildung (K)	Ankerstelle (AS)	Verschleiß der Ankerriber (AV)	Ausbildung von Aufhängestellen (AH)	Anforderungsklasse Schalungsmaterial Trennmittelsatz (SQ)	Schalungssystem (SY)	Textur der Betonfläche (T)	Musterfläche	Sichtbetonteam
SB 1	geringen Umfangs, überwiegend technischen Anforderungen im Industrie- und Tiefbau	PQ1	BQ1	C1 C2 oder C3	AQ1	K1 oder K2	AS1 AS2 oder AS3	AV1 oder AV2	AH1 oder AH2	SQ1	SY1 SY2 oder SY3	T1 T2 oder T3	empfohlen	nicht erforderlich
SB 2	normalen Umfangs, z.B. einfache Fassaden in Hochbauten, Sichtflächen im Industriebau mit großem Betrachtungsabstand	PQ2	BQ2		AQ2					SQ2				empfohlen
SB 3	hohen Umfangs, z.B. repräsentative Oberflächen oder komplexe Fassaden in Hochbauten	PQ3	BQ3		AQ3					SQ3				erforderlich
SB4	sämtliche Einzelanforderungen alle Anforderungsklassen und sämtliche nicht klassenbildende Anforderungen sind festzulegen, die Verwendung von definierten Anforderungsklassen ist möglich, Abänderungen innerhalb der Anforderungsklassen sind unzulässig													

Die Richtlinie Sichtbeton unterscheidet in ihren Sichtbetonanforderungen zwischen **„klassenbildende Anforderungen“** (in Tabelle 6 blau hinterlegt) und **„nicht klassenbildende Anforderungen“** (in Tabelle 6 grau hinterlegt).

Als **„klassenbildende Anforderungen“** gelten Sichtbetonanforderungen „die die Qualität von geistigen oder handwerklichen Leistungen oder/und von Material und Hilfsstoffen beschreiben, wie z.B. Qualität der Planung oder des Betons.“<sup>260</sup>

Als **„nicht klassenbildenden Anforderungen“** bezeichnet die Richtlinie „zusätzliche Einzelanforderungen, die unabhängig von der Anforderungsklasse maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis haben, wie z.B. Schalungssystem oder Textur der Betonfläche“<sup>261</sup>.

In der Richtlinie werden die klassenbildenden Anforderungen zu „qualitätsbeschreibenden Klassen“, welche die einzelnen Teilbereiche der Sichtbetonaufgabe betreffen, zusammengefasst.

<sup>259</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 8

<sup>260</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 6

<sup>261</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 6

- **Anforderungsklasse PQ:**

**„Anforderungen an die Bauteilbeschreibung (Planung und Ausschreibung) (Abstimmung im Planungsprozess, Gliederung der Betonfläche)“<sup>262</sup>**

**„Hauptverantwortlich: ArchitektInnen, TragwerksplanerInnen, Ausschreibende“<sup>263</sup>**

**Tabelle 7 Anforderungsklasse PQ (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>264</sup>)**

Anforderungsklasse Bauteilbeschreibung (PQ)	Absimmung im Planungsprozess (AP)	Gliederung der Betonfläche (GO)
PQ1	AP1	GO1
PQ2	AP2	GO2
PQ3	AP3	GO3

<sup>262</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 9

<sup>263</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 6

<sup>264</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 9

**Tabelle 8** Klassenbildende Anforderungen der Bauteilbeschreibung (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>265</sup>)

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

- **Anforderungsklasse BQ:**

„Anforderungen an den Beton mit Auswirkungen auf die Betonoberfläche (Porigkeit, Farbtongleichmäßigkeit, Farbe)“<sup>266</sup>

„Hauptverantwortlich: Betonhersteller, Verwender“<sup>267</sup>

**Tabelle 9** Anforderungsklasse BQ (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>268</sup>)

Anforderungsklasse Betonfläche (BQ)	Porigkeit, P	Farbtongleichmäßigkeit, FT	Betonstandard BSBQ
BQ1	3P	FT1	BSBQ1
BQ2	2P	FT2	BSBQ2
BQ3	P	FT3	

<sup>265</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 9

<sup>266</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 10-11

<sup>267</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 6

<sup>268</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 10

**Tabelle 10 Klassenbildende Anforderung an die Betonfläche (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>269</sup>)**

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

<sup>1)</sup> Die Verwendung der Grautonskala gemäß Anhang A.1.2 ist auf grauen Beton eingeschränkt. Bei eingefärbtem Beton sind Festlegungen

- **Anforderungsklasse AQ:**

*„Anforderungen an die Bauausführung (Ebenheit, Arbeitsfuge, Schalungselementstoß, Schalhautstoß, Kantenausbildung, Ankerstelle, Verschluss der Ankerlöcher und Ausbildung von Aufhängestellen)“<sup>270</sup>*

*„Hauptverantwortlich: Bauausführende“<sup>271</sup>*

**Tabelle 11 Anforderungsklassen AQ (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>272</sup>)**

Anforderungsklasse Bauausführung (AQ)	Ebeneheit (E)	Arbeitsfuge (AF)	Schalungselementstoß (ES)	Schalhautstoß (HS)
AQ1	E1	AF1	ES1	HS1
AQ2		AF2	ES2	
AQ3	E2			

<sup>269</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 10

<sup>270</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 11-13

<sup>271</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 6

<sup>272</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 11

**Tabelle 12 Klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>273</sup>)**

Ebenheit der Betonfläche (E)	E1	Ebenheitsanforderungen nach ÖNORM DIN 18202, Tab. 3, Zeile 5
	E2	Ebenheitsanforderungen nach ÖNORM DIN 18202, Tab. 3, Zeile 6
Ausbildung von Arbeitsfugen (AF)	AF1	<ul style="list-style-type: none"> <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>
	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>
Schalungselementstoß (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 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>
	ES2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Grobkornansammlungen</li> <li>- in den Schalungselementstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis 1,0 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>
Schalhautstoß (HS) <sup>1)</sup>	HS1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schalhautstoß ohne besondere Maßnahmen (z.B. nach Schalungssystem, stumpfer Stoß) mit üblichem Feinmörtelaustritt</li> <li>- Versatz der Schalhautränder bis 0,5 cm zulässig</li> </ul>
	HS2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schalhautstoß mit besonderen Maßnahmen (z.B. Neubelegung, Dichtungsband) mit geringem Feinmörtelaustritt</li> <li>- Versatz der Schalhautränder bis 0,3 cm zulässig</li> </ul>

<sup>1)</sup> Alle angeführten Maßnahmen gelten auch für Ausgleichs-, Passstücke und Ergänzungsflächen.

<sup>273</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 12

- **Anforderungsklasse SQ:**

„Anforderungen an das Schalungsmaterial und den Trennmittleinsatz (Befestigungsart der Schalhaut, Schalhautzustand, Trennmittleinsatz, Schalungssystem, Textur)“<sup>274</sup>

„Hauptverantwortlich: Bauausführende Lieferanten der Hilfsmittel“<sup>275</sup>

Tabelle 13 Anforderungsklassen SQ (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>276</sup>)

Anforderungsklasse Schalungsmaterial, Trennmittleinsatz (SQ)	Befestigungsart der Schalhaut (BA)	Schalhautzustand (SZ)	Trennmittleinsatz (TE)
SQ1	BA1	SZ1	TE1
SQ2		SZ2	TE2
SQ3	BA2		

<sup>274</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 13-15

<sup>275</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 6

<sup>276</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 13

Tabelle 14 Klassenbildende Anforderungen an die Schalung (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>277</sup>)

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
	BA2	die Befestigung der Schalhaut ist zu vereinbaren (z.B. schalhautebene/überstehende Befestigung, nicht sichtbare Befestigung, betonte Befestigung)
Schalhautzustand (SZ)	SZ1	zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: - mehrmaligen Gebrauch, solange die vereinbarte Betonfläche erreicht wird - Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,2 cm - systemkonforme und fachgerechte Reparaturstellen der Schalhaut - Kratzer bis zu ca. 0,3 cm Tiefe und ca. 0,5 cm Breite - Nagel- und Schraublöcher ohne Absplitterungen bis ca. 1 cm Durchmesser - Aufquellungen im Befestigungs- und Kantenbereich - Betonreste in Vertiefungen und Zementschleier
	SZ2	zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: - mehrmaligen Gebrauch, solange die vereinbarte Betonfläche erreicht wird - Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,1 cm - systemkonforme und fachgerechte Reparaturstellen der Schalhaut - Kratzer bis zu ca. 0,2 cm Tiefe und ca. 0,2 cm Breite - Nagel- und Schraublöcher ohne Absplitterungen bis ca. 0,5 cm Durchmesser nicht zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: - Aufquellungen im Befestigungsbereich - Betonreste in Vertiefungen - Beschädigung der Schalhaut durch Innenrüttler u. dgl.
	SZ3 <sup>1)</sup>	zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: - normalen Abrieb bei mehrmaligem Gebrauch - Plattenüberstand über Rahmen bis zu ca. 0,1 cm Nicht zulässig sind Abdrücke in der Betonfläche durch: - Reparaturstellen - Kratzer - Nagel- und Schraublöcher
Trennmittel-einsatz (TE)	TE1	Eignung der Kombination von Schalhaut und Trennmittel Trennmittel
	TE2	Kombination von Schalhaut, Trennmittel und Beton ist an Probeflächen bei der jeweiligen Einsatzwitterung anzuwenden, zu beurteilen und festzulegen

<sup>1)</sup> SZ3 ist nur bei SBS zulässig.

Bei der Beschreibung einer Sichtbetonaufgabe sind zusätzlich zu den klassenbildenden Anforderungen die Merkmale der nicht klassenbildenden Anforderungen anzugeben.

<sup>277</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 14

Zu diesen zählen nach der Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen:<sup>278</sup>

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

**Tabelle 15 Nicht klassenbildende Anforderungen: Betonfarbe (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>279</sup>)**

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

<sup>1)</sup> Die Auswirkungen einer Farbbeigabe auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften sind bei der Erstprüfung abzuklären.

<sup>278</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 6

<sup>279</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 11

**Tabelle 16 Nicht klassenbildende Anforderungen an die Bauausführung (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>280</sup>)**

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

<sup>1)</sup> Ungefaste, scharfe Kanten ohne kleinere Abbrüche bzw. Feinmörtelaustritte sind nicht zielsicher herzustellen. Scharfe Kanten sind

<sup>2)</sup> Bei Wandschalungen ab einer gewissen Höhe ist mit erheblichem Mehraufwand durch Verwendung von Stahlankerkonstruktionen

<sup>280</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 13

**Tabelle 17 Nicht klassenbildende Anforderungen an die Schalung (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton<sup>281</sup>)**

Schalungssystem (SY) <sup>1)</sup>	SY1	System-Rahmenschalung Betonbild mit regelmäßigen Rahmenabdrücken im Raster des Herstellers, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut
	SY2	System-Trägerschalung Betonbild ohne Rahmenabdruck, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut systembedingt vorgegeben
	SY3	Objektschalung Betonbild durch an das Bauteil angepasste einzelgefertigte Schalungselemente, Ankerstellen, Schalhautstoß und Schalhaut in den Grenzen der technischen Möglichkeiten frei wählbar
Textur <sup>2)</sup>	T1	raue Betonfläche unter Verwendung von Schalhäuten nach Wahl des Ausführenden
	T2	glatte Betonfläche unter Verwendung von Schalhäuten nach Wahl des Ausführenden
	T3	Betonfläche nach Angabe des Planers

<sup>1)</sup> Ausgleiche, Passstücke und Ergänzungsflächen müssen ein der Systemschalung entsprechendes Fugenbild aufweisen.

<sup>2)</sup> Ausgleiche, Passstücke und Ergänzungsflächen müssen die gleiche Textur (z.B. durch gleiche Schalhaut und gleiches Saugverhalten) ergeben.

#### 4.5.2 Merkblatt Sichtbeton

Der Deutsche Beton- und Bautechnikverein e.V. (DBV) und der Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. (BDZ) bezeichnen Sichtbeton wie folgt:

Sichtbeton „[...] ist der nach der Fertigstellung sichtbare Teil des Betons, welcher Merkmale der Gestaltung und der Herstellung erkennen lässt (Form, Textur, Farbe, Schalungshaut, Fugen u.a.) und die architektonische Wirkung eines Bauteils und Bauwerks maßgebend bestimmt.“<sup>282</sup>

Der Deutsche Beton- und Bautechnikverein e.V. (DBV) und der Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. (BDZ) legen im Merkblatt Sichtbeton (Ausgabe 2015) vier Sichtbetonklassen fest:

**SB1** „Betonflächen mit geringen gestalterischen Anforderungen z.B. Kellerwände oder Bereiche mit vorwiegend gewerblicher Nutzung“<sup>283</sup>

**SB2** „Betonflächen mit normalen gestalterischen Anforderungen z.B. Treppenhäuseräume; Stützwände“<sup>284</sup>

<sup>281</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 15

<sup>282</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 8

<sup>283</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 12

<sup>284</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 12

**SB3** „Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderungen, z.B. Fassaden“<sup>285</sup>

**SB4** „Betonflächen mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen, repräsentative Bauteile“<sup>286</sup>

Die Gliederung erfolgt anhand folgender Anordnungen

- Textur
- Porigkeit
- Farbtongleichmäßigkeit
- Ebenheit
- Schalungshaut
- Arbeits- und Schalhautfugen

Die einzelnen Sichtbetonklassen und deren Verknüpfungen mit den Anforderungen werden in Tabelle 18 dargestellt:

**Tabelle 18** Sichtbetonklassen und deren Anforderungen nach dem Merkblatt Sichtbeton (in Anlehnung an das Merkblatt Sichtbeton<sup>287</sup>)

Z	S		1	2				3		4		5		6		7		8		9		
	Sichtbetonklasse			Anforderungen an geschalte Sichtbetonflächen nach Klassen bezüglich																	Weitere Anforderungen	
				Beispiele	Textur	Porigkeit <sup>1</sup>		Farbtongleichmäßigkeit <sup>1,2</sup>		Ebenheit	Arbeitsfugen und Schlaugstöße	Erprobungen <sup>3</sup>	Schalungshaut <sup>4</sup>	Herstellkosten								
s			ns			s	ns															
1	Sichtbeton mit	geringen Anforderungen	<b>SB 1</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 Anforderungen	<b>SB 2</b>	Betonflächen mit normalen gestalterischen Anforderungen z.B. Treppenhausräume; Stützwände	T2	P2	P1	FT2	FT2	E1	AF2	empfohlen	SHK2	mittel								
3		besonderen Anforderungen	<b>SB 3</b>	Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderungen, z.B. Fassaden	T2	P3	P2	FT2	FT2	E2	AF3	dringend empfohlen	SHK2	hoch								
4		<b>SB 4</b>	Betonflächen mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen, repräsentative Bauteile	T3	P4	P3	FT3	FT2	E3	AF4	erforderlich	SHK3	sehr hoch									

<sup>1</sup> s = saugend bzw. ns = nicht saugende Schalungshaut  
<sup>2</sup> 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 zu beurteilen.  
<sup>3</sup> Anforderungen an Erprobungsflächen siehe Tabelle Anforderungen an die Erprobungsflächen in Abhängigkeit von den Sichtbetonklassen  
<sup>4</sup> Anforderungen an Schalungshaut siehe Tabelle Schalungshautklassen

<sup>285</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 2

<sup>286</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 12

<sup>287</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 10

Tabelle 19 Anforderungen an geschalte Sichtbetonflächen (in Anlehnung an das Merkblatt Sichtbeton<sup>288</sup>)

S	1	2	3
Z	Merkmal	Anforderungs- klasse	Anforderungen
1	Textur	T1	- weitgehend geschlossene Zementleim- bzw. Mörteloberfläche - in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 20 mm Breite und ca. 10 mm Tiefe zulässig - Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen
2		T2	- geschlossene und weitgehend einheitliche Betonoberfläche - in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 10 mm Breite und ca. 5 mm Tiefe zulässig - Höhe verbleibender Grate bis ca 5 mm zulässig - Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen
3		T3	- glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonoberfläche - in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 3 mm Breite zulässig - feine, technisch unvermeidbare Grate bis ca 3 mm zulässig - weitere Anforderungen (z.B. an Ankerausbildung, Schalungshautstöße, Konenverschlüsse) sind detailliert festzulegen
4	Porigkeit	<b>Porenanteil mit Porendurchmessern d in den Grenzen 2 mm &lt; d &lt; 15mm gemessen an einer repräsentativen Prüffläche von 500 mm x 500 mm</b>	
5		P1	≤ ca. 3 000 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 1,2 % der Prüffläche)
6		P2	≤ ca. 2 250 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 0,9 % der Prüffläche)
7		P3	≤ ca. 1 500 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	Farbtongleich- mäßigkeit	FT1	Hell-/Dunkelverfärbungen sind zulässig, Schmutzflecken sind unzulässig
10		FT2	Gleichmäßige, großflächige Hell-/Dunkelverfärbungen sind zulässig. Schmutzflecken sind unzulässig. Unterschiedliche Arten und Vorbehandlungen der Schalungshaut sowie Betonausgangsstoffe 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, Tabelle A 3. Bei saugnder 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.
12	Ebenheit	<b>Ebenheitsforderungen E 1 bis E 3 gelten nicht bei bearbeiteten oder strukturierten Flächen</b>	
13		E1	gemäß DIN 18202, Tab. 3, Zeile 5
14		E2	gemäß DIN 18202, Tab. 3, Zeile 6
15		E3	gemäß DIN 18202, Tab. 3, Zeile 6 Höhere Ebenheitsanforderungen sind gesondert zu vereinbaren; dafür erforderliche Aufwendungen und Maßnahmen sind vom Auftraggeber detailliert festzulegen. Hinweis: Höhere Ebenheitsanforderungen, z. B. nach DIN 18202, Tabelle 3 Zeile 7, sind technisch nicht zielsicher erfüllbar
16	Schalungshaut	SHK1 SHK2 SHK3	Siehe Tabelle Schalungshautklassen
17	Arbeitsfugen und Schalungsstöße	<b>Arbeitsfugen und Schalungsstöße bleiben in AF1 bis AF4 sichtbar</b>	
18		AF1	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßfugenbereich bis ca. 10 mm zulässig.
19		AF2	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßfugenbereich bis ca. 10 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o.ä. empfohlen.
20		AF3	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßfugenbereich bis ca. 5 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o.ä. empfohlen.
21		AF4	Planung der Detailausführung erforderlich. Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßfugenbereich 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

<sup>288</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 11

**Tabelle 20** Schalungshautklassen (in Anlehnung an das Merkblatt Sichtbeton<sup>289</sup>)

S	1	2	3	4
Z	Merkmal	Schalungshautklasse <sup>1</sup>		
		SHK1	SHK2	SHK3
1	Bohrlöcher	mit Kunststoff- oder Holzstöpsel oder mit geeignetem Reparaturverfahren verschließen	als Reperaturstellen 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 Reperaturstellen <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. Nagelbereichen oder Welligkeiten an Kantenflächen ("Ripplings")	zulässig	in SB2 zulässig in SB3 nicht zulässig <sup>4,5</sup>	nicht zulässig <sup>5</sup>
<p><sup>1</sup> Die Schalungshaut ist vor jedem Einsatz auf ihren definierten Zustand hin zu überprüfen.</p> <p><sup>2</sup> Reparaturen an der Schalungshaut sind sach- und fachgerecht durch qualifiziertes Personal vorzunehmen.</p> <p><sup>3</sup> als Reperaturstellen<sup>2</sup> in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig</p> <p><sup>4</sup> nach Absprache mit dem Auftraggeber zulässig</p> <p><sup>5</sup> zu tolerieren sind werkstoffbedingte Dickentoleranzen im Kantenbereich</p> <p><sup>6</sup> siehe auch GSV- Merkblatt Mietschalungen, Güterschutzverband Betonschalungen e.V.</p> <p><sup>7</sup> Beton- oder Mörtelreste in Nagellöchern und zwischen Schalungshaut und Elementkante sind zulässig.</p> <p>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.</p>				

<sup>289</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 12

**Tabelle 21 Anforderungen an die Planung in Abhängigkeit von den Texturklassen (in Anlehnung an das Merkblatt Sichtbeton<sup>290</sup>)**

Anforderung	Texturklasse			
	Merkmal	T1	T2	T3
Textur	- Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 üblich	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, gleichmäßigen 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 gleichalte Schalungshautplatten verwenden</li> <li>- bauseits geschnittene Kanten der Schalungsplatten sind zu versiegeln</li> </ul>	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 Furng u. ä.)</li> <li>- Fußpunkt: Aufstellen der Schalung auf nicht saugenden Schaumstoffstreifen oder Abdichten der Schalung am Wandfuß</li> <li>- Kantenschutz der ausgeschalteten Bauteile vorsehen</li> </ul>	

**Tabelle 22 Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Porigkeitsklassen (in Anlehnung an das Merkblatt Sichtbeton<sup>291</sup>)**

Anforderung	Leistungsumfang bei Porigkeitsklasse				
	Merkmal	P1	P2	P3	P4
Porigkeit	- Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 üblich	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> <li>- Schalungssystem mit geringen Fertigungstoleranzen wählen</li> </ul>	auch anzuwenden auf den Fall P1 bei SB 2 mit nicht saugender Schalungshaut <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>	auch anzuwenden auf den Fall P2 bei SB 3 mit nicht saugender Schalungshaut <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>- keine unterschrittenen Schalungen, Deckelschalungen vorsehen</li> </ul>	auch anzuwenden auf den Fall P3 bei SB 4 mit nicht saugender Schalungshaut <ul style="list-style-type: none"> <li>- besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich von horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich</li> </ul>

<sup>290</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 35

<sup>291</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 36

Tabelle 23 Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Farbtongleichmäßigkeitsklassen (in Anlehnung an das Merkblatt Sichtbeton<sup>292</sup>)

Anforderung Merkmal	Farbtongleichmäßigkeit		
	FT1	FT2	FT3 auch anzuwenden auf Fall FT2 bei SB4 mit nicht saugender Schalungshaut
Farbtongleichmäßigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 üblich</li> </ul>	<p>wie Klasse FT1, zusätzlich:</p> <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-Einwirkungen 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 einer Produktionsstätte (Lieferwerk)</li> </ul>	<p>wie Klasse FT2, zusätzlich:</p> <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 Fahrmiters durchführen</li> <li>- Einhaltung des Wasserzementwerts 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>

<sup>292</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 37

**Tabelle 24 Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von Ebenheitsklassen (in Anlehnung an das Merkblatt Sichtbeton<sup>293</sup>)**

Anforderung	Ebenheitsklasse		
	Merkm	E1	E2
Ebenheit der Sichtbetonflächen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ebenheitsanforderungen nach DIN 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 Verschiebung berücksichtigen</li> <li>- ausreichend Abstützung des Schalungssystems berücksichtigen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wie Klasse E1, jedoch zusätzlich:</li> <li>- Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202, Tab 3 Zeile 6 vereinbaren</li> <li>- höhere Anforderungen an die Ebenflächigkeit sind im Vertrag als Leistungsposition zu berücksichtigen</li> <li>- sorgfältige Lagerung der Schalungshaut erforderlich</li> <li>- besondere Regelungen für gekrümmte Schalungen und Sonderausführungen treffen</li> <li>- u. U. begrenzte Einsatzzahl der Schalung berücksichtigen</li> <li>- sorgfältige Reinigung der Schalung erforderlich</li> <li>- Fertigungstoleranzen des zum Einsatz kommenden Schalungssystems berücksichtigen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wie Klasse E2, jedoch zusätzlich:</li> <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 den Auftraggeber</li> <li>- geodätisches Einmessen der Schalung erforderlich</li> <li>- Prüfung der Maßtoleranzen und der Ebenflächigkeit von Schalungshaut und Befestigung vor Ort überprüfen</li> <li>- ggf. Detailplanung notwendig</li> </ul>

**Tabelle 25 Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Arbeitsfugenklassen (in Anlehnung an das Merkblatt Sichtbeton<sup>294</sup>)**

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

**Tabelle 26 Anforderungen an die Erprobungen in Abhängigkeit von den Sichtbetonklassen (in Anlehnung an das Merkblatt Sichtbeton<sup>295</sup>)**

Anforderung	Sichtbetonklasse			
	Merkm	SB 1	SB 2	SB 3
Erprobungen	Erprobungsflächen sind freigestellt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau und Verdichtung werden Erprobungen empfohlen.</li> <li>Test an Prüfschalungen sind zweckdienlich.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau Verdichtung, Anker-, Fugen- und Kantenausbildung werden Erprobungen dringend empfohlen.</li> <li>ggf. in Verbindung mit Tests an Prüfschalungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau Verdichtung Anker-, Fugen- und Kantenausbildung sind i.A. mindestens zwei Erprobungen erforderlich.</li> <li>ggf. in Verbindung mit Tests an Prüfschalungen</li> </ul>

<sup>293</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 38

<sup>294</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 39

<sup>295</sup> DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. S. 39

## 5 Dokumentation der Ziel-, Steuer- und Störgrößen des Sichtbetonprozesses

In der Regel gleicht kein Sichtbetonprojekt einem anderen. Trotz augenscheinlich gleicher Sichtbetonanforderungen sind die Baustellen- bzw. Umgebungsbedingungen, das Umfeld und die Komplexität der Bauteilerstellung in jedem Projekt individuell und damit auch das Sichtbetonergebnis nur schwer vorhersehbar. Mit Hilfe einer umfassenden und zeitnahen Dokumentation des gesamten Sichtbetonprozesses können bei Qualitätsabweichungen der Ist-Größen kurz- bis mittelfristig Gegensteuerungsmaßnahmen installiert werden. Langfristig dient eine vollständige Sichtbetondokumentation dazu, Wissen aus vergangenen Projekten zu sammeln, aufzubereiten und für neue Projekte in einem zentralen Wissensspeicher verfügbar zu machen.

Aus Kapitel 4 geht hervor, dass die Erfüllung der Auftraggeberziele bei der Herstellung von Sichtbetonflächen im Wesentlichen von den dispositiven (Planung & Arbeitsvorbereitung) und den elementaren Produktionsfaktoren (Ausführung & Nachbehandlung) sowie den im Produktionsfaktorenwürfel (siehe Kapitel 4.2.3) dargestellten Teilsystemen Witterung, Umfeld, Bauzeit, Art, Form und Komplexität des Bauteils abhängt.<sup>296</sup>

Für eine sichtbetontaugliche Planung sollte der Planer Kenntnisse zwischen möglichen und unmöglichen Sichtbetonflächen (keine Farbunterschiede, keine Porenbildung) besitzen. Diese Kenntnisse ergeben sich beispielsweise aus eigenen Projektdokumentationen von früheren Bauvorhaben oder aus der Recherche von externen Dokumentationen z.B. Fachliteratur, Richtlinien, Normen oder Tagungen. Gleiches gilt für die Arbeitsvorbereitung. Auch hier wird sich die Auswahl des geeigneten Schalungssystems und Trennmittels aus Kennwerten der eigenen Projektdokumentation oder externen Dokumentationen ergeben.<sup>297</sup>

Die ausführenden Arbeitskräfte sollten vor Arbeitsbeginn eine Unterweisung bezüglich der Besonderheit des Sichtbetonprozesses und der Ursache-Wirkung des eigenen Handelns erhalten. Hilfreich erscheint hier die Ausgabe von Checklisten oder Merkblättern und einer bildlichen Darstellung von Ausführungsfehlern und deren Auswirkungen auf das Sichtbetonbauteil durch Fotos oder Videofilmen.<sup>298</sup>

Aus dem obigen Abschnitt ist ersichtlich, dass durch die Vielzahl der Projektbeteiligten Bauwerksinformationen an unterschiedlichen Stellen und zu verschiedenen Zeitpunkten entstehen. Die Sammlung und Dokumentation dieser Informationen sind für den Sichtbetonerfolg von ho-

<sup>296</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schularbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 205

<sup>297</sup> Vgl.: ebenda S.206-207

<sup>298</sup> Vgl.: ebenda S. 225

hem Stellenwert und bildet die Voraussetzung für Verbesserungspotenziale.

### 5.1 Ziel-, Steuer- und Störgrößen des Sichtbetonprozesses

Die vielfältigen Bauwerks- und Prozessinformationen eines Sichtbetonprojektes können in Ziel-, Steuer- und Störgrößen differenziert werden. Die Dokumentationsmöglichkeiten dieser Ziel-, Steuer- und Störgrößen des Sichtbetonprozesses werden nachfolgend dargestellt.

Die **Zielgrößen** des Sichtbetonprozesses bestimmen die gewünschten Eigenschaften bzw. das gewünschte Aussehen einer Sichtbetonfläche. Als Zielgrößen gelten beispielsweise die Forderung einer bestimmten Sichtbetonklasse bzw. von einzelnen Gestaltungsmerkmalen nach der ÖNORM B 2211 oder der Richtlinie Sichtbeton bzw. dem Merkblatt Sichtbeton. Die Beschreibung der Zielgrößen erfolgt durch den Auftraggeber bzw. durch seine Vertreter innerhalb eines Leistungsverzeichnisses bzw. in den Ausschreibungsunterlagen.<sup>299</sup>

Bei der Definition von Zielgrößen im Sichtbetonprozess kann zwischen "harten" und "weichen Zielen" unterschieden werden. Als harte Ziele gelten Größen, deren Erreichbarkeit eindeutig messbar ist. Beispiele für harte Ziele sind Versätze in Arbeits- oder Elementfugen, die mittels Messungen eindeutig bestimmbar sind.<sup>300</sup>

Weiche Ziele sind Größen, deren Erreichbarkeit nicht "eindeutig verifizierbar" ist. Als weiche Ziele gelten beispielsweise der Gesamteindruck oder die Farbgleichheit eines Sichtbetonbauteils.<sup>301</sup>

Als **Einflussgrößen** werden Größen bezeichnet, die mit der Erreichbarkeit der definierten Zielgrößen in einem direkten Zusammenhang stehen. KLEPPMANN unterscheidet bei den Einflussgrößen zwischen **Steuergrößen** und **Störgrößen**.



Bild 45 Unterscheidung von Einflussgrößen (in Anlehnung an Kleppmann<sup>302</sup>)

<sup>299</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.; SCHIEDER, A.: Sichtbeton Leitfaden - Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S. 27

<sup>300</sup> Vgl.: ebenda S. 27

<sup>301</sup> Vgl.: ebenda S. 27

<sup>302</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 11

„Steuergrößen sind Einflussgrößen, deren Wert für das Produkt bzw. den Fertigungsprozess auf einen bestimmten Wert eingestellt und dort (in gewissen Grenzen) gehalten werden kann [...]“<sup>303</sup>

Bezogen auf den Sichtbetonprozess können folgende Größen als Steuergrößen bezeichnet werden:

- die richtige bzw. der Sichtbetonaufgabe entsprechende Auswahl der geeigneten Betriebsmittel
  - ❖ Schalungssystem
  - ❖ Schalhaut (saugend/nicht saugend)
  - ❖ Betonpumpe
  - ❖ Kran
  - ❖ Verdichtungsgeräte (Innenrüttler/Außenrüttler)
- die richtige bzw. der Sichtbetonaufgabe entsprechende Auswahl der geeigneten Stoffe
  - ❖ Betonrezeptur (Konsistenzklasse, W/B-Wert, Zementart, Zusatzmittel, Gesteinskörnung etc.)
  - ❖ Trennmittel
  - ❖ Bewehrung und Abstandhalter
- die Ausführungsqualität der einzelnen Tätigkeiten in den Subarbeitssystemen nach BOSKA
  - ❖ Schalungshaut instandsetzen
  - ❖ Schalungshaut reinigen
  - ❖ Betontrennmittel auftragen
  - ❖ Schalungssystem stellen
  - ❖ Einbauteile montieren
  - ❖ Bauteil bewehren
  - ❖ Sichtbetonbauteil betonieren
  - ❖ Sichtbetonbauteil ausschalen
  - ❖ Nachbehandlung/Schutz des Bauteils
- Installation eines Sichtbetonteam

<sup>303</sup> KLEPPMANN, W.: Versuchsplanung Produkte und Prozesse optimieren. S. 13

„Störgrößen sind Einflussgrößen, deren Wert für das Produkt bzw. den Fertigungsprozess nicht vorgegeben werden kann [...]“<sup>304</sup>

Als Störeinflüsse im Sichtbetonprozess gelten:

- Umwelt- und Umgebungseinflüsse (Klima, Baugrund, Umfeld etc.)
- Bauablaufstörungen (Ausfall von Verdichtungs- und Fördergeräten)
- Fehlende Kommunikation innerhalb des Sichtbetonteam

Aus den oben genannten Punkten geht hervor, „[...] dass Einflussgrößen von verschiedenem Ursprung die Qualität von Betonflächen beeinflussen können.“<sup>305</sup> Während des Herstellungsprozesses von Sichtbetonbauteilen sind diese Einflussfaktoren jedoch bestimmten Veränderungen unterworfen.

In Bild 46 wird die Veränderlichkeit der Einflussgrößen dargestellt.

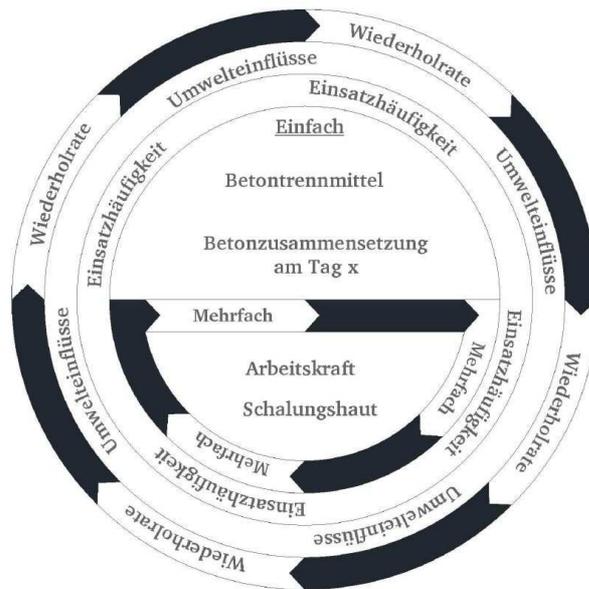


Bild 46 Darstellung der Veränderlichkeit der Einflussfaktoren auf die Qualität von Betonflächen<sup>306</sup>

Bild 46 nach BOSKA „[...] setzt sich aus zwei miteinander gekoppelten Zyklen zusammen. Der äußere Zyklus stellt die Wiederholrate dar [...]. Innerhalb der Wiederholrate variieren die Umwelteinflüsse sowie, in Ab-

<sup>304</sup> KLEPPMANN, W.: Versuchsplanung Produkte und Prozesse optimieren. S. 13

<sup>305</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 69

<sup>306</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 69

hängigkeit der Einsatzhäufigkeit, der Zustand der Bau- und Bauhilfsstoffe.“<sup>307</sup>

„Die Einsatzhäufigkeit stellt den zweiten Zyklus der Veränderlichkeit der Einflussgrößen dar. [Nach Bild 46, Anmerkung des Verfassers] wird zwischen einfacher und mehrfacher Einsatzhäufigkeit differenziert. Solche Bau- und Bauhilfsstoffe mit mehrfacher Einsatzhäufigkeit erfahren eine Alterung, die zyklisch über den gesamten Produktzyklus aus Liegen, Lagern, Einwirken, Transportieren und Prüfen widerkehrt.“<sup>308</sup>

Die Veränderlichkeit der Oberflächeneigenschaften in Abhängigkeit der Einsatzhäufigkeit verschiedener Schalhautarten wird in Bild 47 schematisch dargestellt.

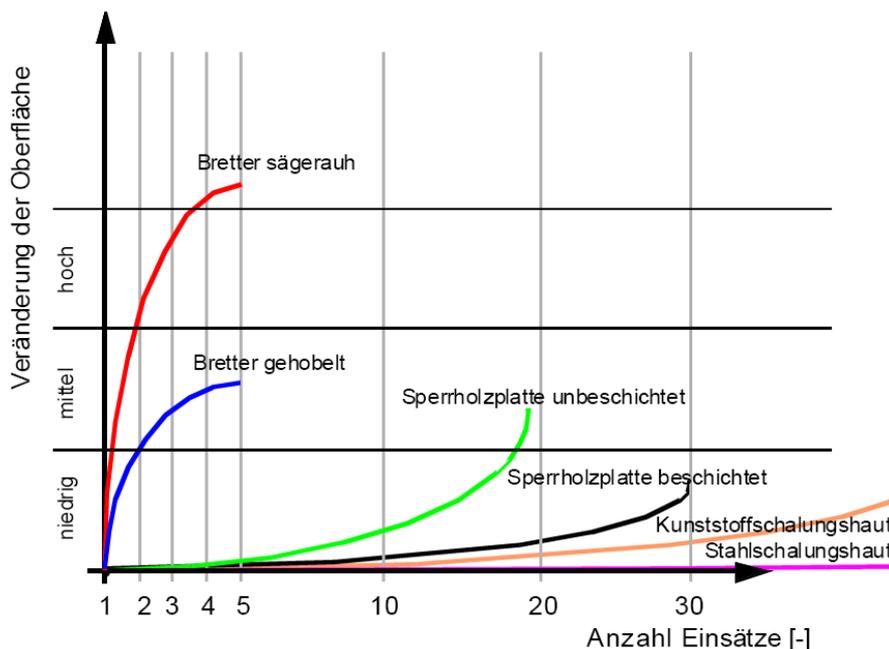


Bild 47 Veränderung der Oberflächeneigenschaften (schematische Darstellung)<sup>309</sup>

Bedingt durch die Veränderung der Steuer- und Störgrößen während des Sichtbetonprozesses ist die Dokumentation dieser Einflussgrößen für einen Soll-Ist-Vergleich zwischen den erreichten und den geforderten Zielgrößen unerlässlich. Eine ausführliche Dokumentation der Einflussgrößen stellt sicher, dass eine Ursache-Wirkungsanalyse auf Basis eines Soll-Ist-Vergleiches der Qualitäten durchführbar ist.

<sup>307</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 69

<sup>308</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 69-70

<sup>309</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 65

Die Möglichkeiten zur Dokumentation der Ziel-, Steuer- und Störgrößen beginnen bei einfachen handschriftlichen Prüfprotokollen, Bautagesberichten, Checklisten, Besprechungs- und Prozessprotokollen und gehen bis hin zur Anwendung von digitalen und softwaregestützten Aufnahme- und Dokumentationssystemen. Werden Informationen durch digitale Dokumentationsverfahren gesammelt, bietet dies einerseits den Vorteil einer einfacheren und schnelleren Daten-/Informationsein- und -weitergabe, sowie ermöglichen andererseits das leichtere Ordnen und Wiederfinden von Informationen mit Hilfe von Datenbanken.

Beispiele für die digitale Baudokumentation sind die Foto-, und Videodokumentation, Drohndokumentation aus der Luft sowie die Anwendung von speziellen Softwarelösungen für Baudokumentationen etc.

## 5.2 Dokumentationsmöglichkeiten im Sichtbetonprozess

Wie die vielen unterschiedlichen Einflussgrößen im Sichtbetonprozess sind auch die einzelnen Dokumentationsmöglichkeiten sehr vielfältig.

Grundsätzlich sind automatische, manuelle und eine Kombination aus diesen beiden Dokumentationsmethoden für eine Dokumentation des Sichtbetonprozesses anwendbar.

Zu den automatischen Dokumentationsinstrumenten zählen das Chargenprotokoll, welches im Zuge des Mischvorganges des Frischbetons von der softwaregestützten Dosiersteuerung des Transportbetonwerks für jede Betoncharge automatisch erstellt wird oder die Anwendung von ortsbundenen, z.B. an den Kranen befestigten, Videokameras, die das gesamte Baugeschehen rund um die Uhr dokumentieren.

Durch den Einbau von automatischen Betonmonitoringssystemen in die Schalung kann der Temperatur- sowie der Festigkeitsverlauf des Betons mithilfe einer Software aufgezeichnet und interpretiert werden. Anhand der ermittelten Werte kann anschließend, ein für die Sichtbetonqualität wichtiger, früher Ausschalzeitpunkt ermittelt werden. Der Einbau von speziellen Identifikationssendern (RFID) in die Schalungselemente erlaubt des Weiteren eine Identifikation und Lokalisierung der Schalungselemente. Als weitere automatische Messsysteme gelten diverse Geräte zur Bestimmung der Witterungseinflüsse sowie Staub- und Erschütterungsmessgeräte.

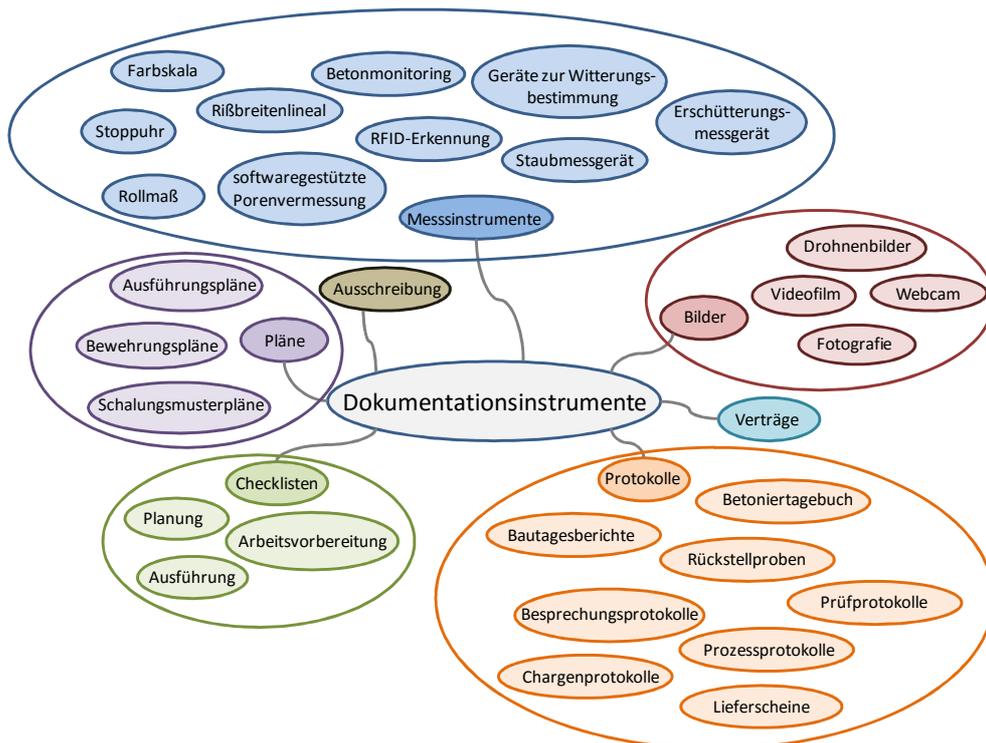
Die softwaregestützte Lunkervermessung ermöglicht eine automatische Ermittlung des Porengehalts, der Porengröße und der Porenverteilung bei der Beurteilung einer Sichtbetonfläche.

Der Vorteil von automatischen Dokumentationsinstrumenten liegt einerseits in der Reduktion des Dokumentationsaufwandes durch das Baustellenpersonal, sowie andererseits im Wegfall von individuellen subjektiven Einflüssen durch den Dokumentar.

Manuelle Dokumentationsinstrumente umfassen die Anfertigung von Rückstellproben der Betonrezeptur und diversen Frischbetonprüfungen auf der Baustelle. Das Messen von Versätzen, das Bestimmen der Farbgleichheit der Betonflächen mittels Farbkarten, sowie das Anfertigen von diversen Plänen und Verträgen zählen wie das Führen von Protokollen, Bautagesberichten und Checklisten ebenfalls zu den manuellen Dokumentationsinstrumenten.

Eine Kombination aus automatischen und manuellen Dokumentationsmethoden stellt die individuelle Anfertigung von Fotografien und Videofilmen dar. Bilder und Videos werden zwar automatisch durch die Kamera erstellt, dennoch unterliegen sie durch die Auswahl was, wann und von welchem Betrachtungspunkt aus, dokumentiert werden soll, einer gewissen Subjektivität durch den Ersteller der Aufnahmen.

Eine Zusammenfassung der aufgezeigten Dokumentationsinstrumente für den Sichtbetonprozess ist in Bild 48 dargestellt



**Bild 48 Dokumentationsinstrumente im Sichtbetonprozess**

Durch die Anwendung dieser Dokumentationsinstrumente soll sichergestellt werden, dass der gesamte Sichtbetonprozess angefangen bei der Frischbetonherstellung im Transportbetonwerk, dem Transport des Frischbetons auf die Baustelle bzw. zum Einbauort, den Einbau des Betons in die Schalung, dem Ausschalen und dem Nachbehandeln des jungen Betons bis hin zur Beurteilung der Sichtbetonfläche möglichst lückenlos dokumentiert wird.

### 5.2.1 Bautagesberichte

Bautagesberichte bilden die Basis für die Repräsentation des Bauablaufes. Sie werden vom Auftragnehmer geführt und stellen die tatsächlichen Baugeschehnisse sowie die wesentlichen externen Einflüsse auf die Bauleistung dar.<sup>310</sup>

Um bei der Beurteilung von Sichtbetonflächen Rückschlüsse auf die Umstände der Leistungserbringung machen zu können, ist die Anfertigung von Bautagesberichten für den Sichtbetonprozess ein wichtiges Kontrollinstrument.

*„Bautagesberichte müssen so geführt werden, dass der Auftraggeber oder seine Örtliche Bauaufsicht den Angaben auch leicht folgen kann. Es empfiehlt sich ein Berichtsformular zu verwenden, welches strukturiert aufgebaut ist so dass gleichartige Eintragungen immer an der gleichen Stelle zu finden sind.“<sup>311</sup>*

Nach KROPIK sind im Bautagesbericht zu den folgenden Punkten Angaben zu machen:

- *„Witterung*
- *Beschäftigte*
- *Geräteeinsatz*
- *Ausführungsunterlagen*
- *Erbrachte Leistungen/Lieferungen/Regieleistungen*
- *Anordnungen/Eigene Eintragungen des Auftraggebers*
- *Hinweise des Auftragnehmers*
- *Sonstige Angaben*
- *Schadensmeldungen/Vorkommnisse“<sup>312</sup>*

Bautagesberichte können mithilfe eines Musterformulars auf Papier geführt werden (siehe Bild 49). Andererseits sind aber auch diverse Softwarepakete für die Führung von Bautagesberichten auf dem Markt erhältlich (siehe Bild 50).

<sup>310</sup> Vgl.: KOCHENDÖRFER, B.; LIEBCHEN, J. H.; VIERING, M. G.: Bau-Projekt-Management Grundlagen und Vorgehensweisen. S. 95

<sup>311</sup> KROPIK, A.: Die Dokumentation der Bauleistung. <http://www.ibb.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-ibb/Diverse/Buecher/baudoku.pdf>. Datum des Zugriffs: 27.September.2015

<sup>312</sup> KROPIK, A.: Die Dokumentation der Bauleistung. <http://www.ibb.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-ibb/Diverse/Buecher/baudoku.pdf>. Datum des Zugriffs: 27.September.2015

**Bau-Tagesbericht**

**Baustelle/Bauteil**

Firma: \_\_\_\_\_ Nr.: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

**Witterung**

Temperatur: \_\_\_\_\_ sonnig/bewölkt/bedeckt: \_\_\_\_\_  Sonstiges: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_ °C um \_\_\_\_ Uhr \_\_\_\_\_

Temperatur: \_\_\_\_\_  Regen \_\_\_\_\_  Wind \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_ °C um \_\_\_\_ Uhr  Frost \_\_\_\_\_  Schnee \_\_\_\_\_

**Anzahl der beschäftigten Arbeiter**

Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____
____ Polier      ____ Std.	____ Polier      ____ Std.	____ Polier      ____ Std.
____ Werkpolier/VA    ____ Std.	____ Werkpolier/VA    ____ Std.	____ Werkpolier/VA    ____ Std.
____ Facharbeiter    ____ Std.	____ Facharbeiter    ____ Std.	____ Facharbeiter    ____ Std.
____ Lehrling      ____ Std.	____ Lehrling      ____ Std.	____ Lehrling      ____ Std.

**Leistungsergebnisse/-änderungen**

---

---

---

---

---

---

Für Tagelohnarbeiten siehe gesondertes Blatt.

**Bemerkungen (Behinderungen/Erschwernisse)**

---

---

---

---

**Besondere Vorkommnisse (Begehungen/Abnahmen)**

---

---

---

---

_____ Ort	_____ Datum	_____ Ort	_____ Datum
_____ Auftragnehmer/Unternehmer-Bauleiter		_____ Auftraggeber/Bauherr/ggf. überwachender Bauleiter	

Bild 49 Musterformular eines Bautagesberichts<sup>313</sup>

Ein Vorteil von digitalisierten Bautagesberichten liegt in der Reduktion der Schreibezeit (Papier- oder Sprachaufzeichnungen müssen nicht mehr im Büro digitalisiert werden) und im vereinfachten Informationsaustausch. Durch die digitale Verwaltung haben die Beteiligten die Möglichkeit, die Bautagesberichte mit Hilfe von Laptops, Tablet-PCs oder Handy-Apps zum Zeitpunkt der Baubegehung zu verfassen oder bereits ver-

<sup>313</sup> <http://www.bauleiter-plattform.de/fuehren-eines-bautagebuchs/>. Datum des Zugriffs: 27. September.2015

fasste Berichte einfach und schnell aufzurufen. Zudem bieten diese Softwareprodukte die Möglichkeit, weitere Daten wie Fotos, Baupläne, Lieferscheine etc. den Bautagesberichten anzuhängen und gemeinsam abzuspeichern. Oftmals ist auch eine integrierte Bildbearbeitung möglich. Baustellenfotos können dadurch mit Bildkommentaren und Hinweispfeilen versehen und in den aktuellen Bautagesbericht (siehe Bild 52) integriert werden. Ein weiterer Vorteil von digitalen Bautagesberichten bildet die Miteinbeziehung der Projektdaten. Die beteiligten Firmen und Personen sowie deren Leistungen und Termine können bequem per Mausklick ausgewählt werden und müssen nicht ständig neu eingegeben werden.<sup>314</sup>

Je nach Anbieter sind kostenlose, jedoch in ihrem Umfang eingeschränkte Programme bzw. Smartphone-Apps (siehe Bild 51), sowie entgeltliche Vollversionen verschiedener Baudokumentationssoftwarepakete auf dem Markt erhältlich.

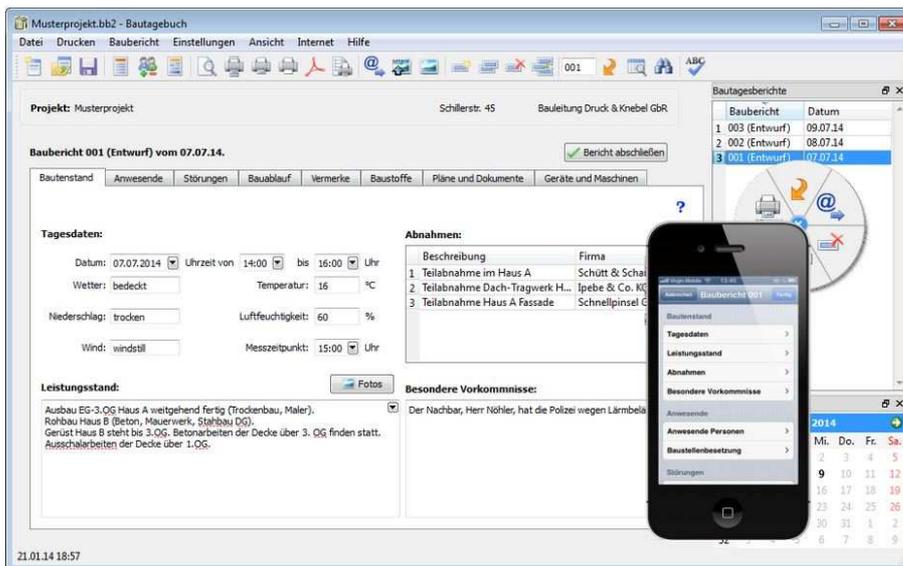


Bild 50 Eingabemaske der Bautagesberichtssoftware der Firma Bauskript Software<sup>315</sup>

<sup>314</sup> Vgl.: <http://dabonline.de/2012/11/01/wer-schreibt-der-bleibt/>. Datum des Zugriffs: 28.September.2015

<sup>315</sup> <http://www.bautagebuch.info/funktionen-1.php>. Datum des Zugriffs: 28.September.2015



Bild 51 Smartphone-App der Firma Bauskript Software<sup>316</sup>

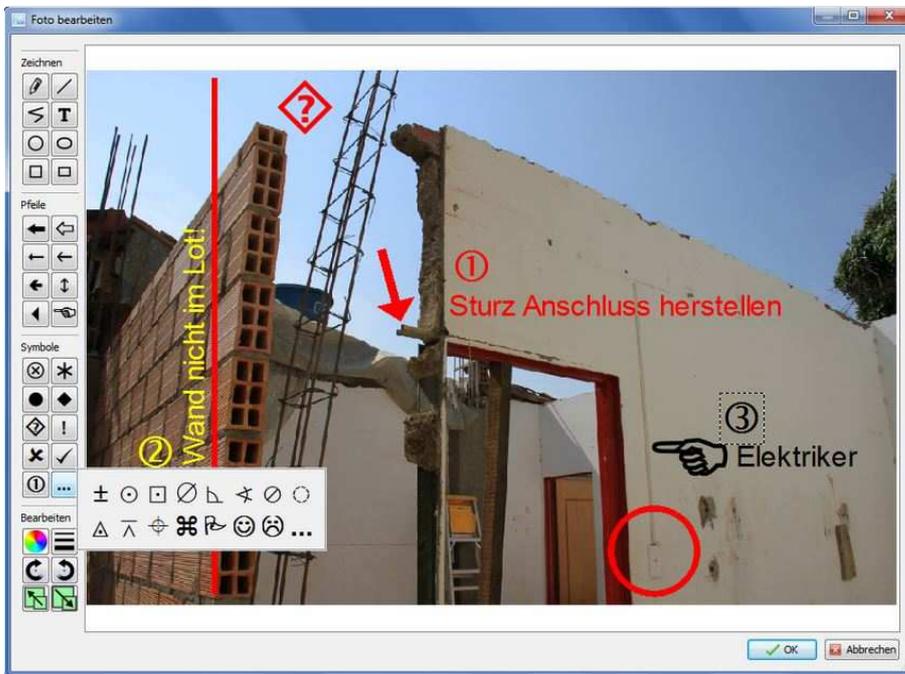


Bild 52 Bildbearbeitungsfunktion innerhalb der Bauskriptsoftware<sup>317</sup>

<sup>316</sup> <http://www.bauskript.de/software/bautagebuch/bautagebuch.pdf>. Datum des Zugriffs: 6.Oktober.2015

<sup>317</sup> <http://www.bautagebuch.info/funktionen-5.php>. Datum des Zugriffs: 28.September.2015



Planungsphase können Checklisten zur Festlegung der gestalterischen und technischen Anforderungen, deren Ergebnis, die Leistungsbeschreibung, Bewehrungspläne und Schalungsmusterpläne des Sichtbetonbauteils darstellen, verwendet werden. Auch mögliche Abnahmekriterien können mit Hilfe von Checklisten ausgearbeitet und bestimmt werden. Des Weiteren sollen durch Checklisten in der Planungsphase den Planern herstellungsbedingte Randbedingungen wie das Vorsehen von Betonieröffnungen, Rüttelgassen und wenn erforderlich Entlüftungsöffnungen bewusst gemacht werden.

Nach der Analyse der Ausschreibungsunterlage kann anhand von Checklisten in der Arbeitsvorbereitung ein geeignetes Schalungssystem, Schalhaut, Trennmittel und Betonrezept festgelegt werden. Sind Materialien und Geräte durch die Ausschreibung vorgegeben, ist deren Eignung für die zu erstellenden Sichtbetonbauteile mit Hilfe von Checklisten zu überprüfen.<sup>320</sup>

In der Ausführungsphase der Sichtbetonleistung sind Checklisten ein probates Mittel zur Dokumentation der Arbeitsprozesse bzw. sind sie auch dazu da keine Arbeitsschritte zu vergessen.<sup>321</sup>

Das Führen von Checklisten über die gesamten Sichtbetonprozessphasen stellt sicher, dass die Sichtbetonaufgabe mit größtmöglicher Sorgfalt erfüllt wird. Durch das ständige Ergänzen neuer Erfahrungen in den Checklisten wird obendrein eine Steigerung des Sichtbetonteam - "Know-hows" für kommende Sichtbetonaufgaben sichergestellt.

Die nachfolgend dargestellten Checklisten von MARIUS beinhalten die elementaren Tätigkeiten und die davon betroffenen Produktionsfaktoren für die Planungsphase, Arbeitsvorbereitung und Ausführungsphase des Sichtbetonprozesses.

<sup>320</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 234

<sup>321</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 235

Tabelle 28 Checkliste der Planungsphase<sup>322</sup>

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

<sup>322</sup> MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 192

Tabelle 29 Checkliste der Arbeitsvorbereitung<sup>323</sup>

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

<sup>323</sup> MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 193

Tabelle 30 Checkliste der Ausführungsphase 1/3<sup>324</sup>

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

<sup>324</sup> MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 196

Tabelle 31 Checkliste der Ausführungsphase 2/3<sup>325</sup>

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

<sup>325</sup> MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 197

Tabelle 32 Checkliste der Ausführungsphase 3/3<sup>326</sup>

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

Betroffen			
A	B	S	D

Produktionsfaktoren, die besonders betroffen sind:  
 A ... Arbeit  
 B ... Betriebsmittel  
 S ... Stoffe  
 D ... dispositive Produktionsfaktoren

Bild 53 Legende<sup>327</sup>

### 5.2.4 Besprechungsprotokolle

Die regelmäßige Zusammenkunft der Sichtbetonteammitglieder ist für das Erreichen der Sichtbetonzielgrößen ein maßgebender Faktor im gesamten Sichtbetonprozess. Durch den ständigen Austausch von Informationen wird gewährleistet, dass sämtliche Teammitglieder über den selben Informationsstand im Projekt verfügen. Treten Abweichungen von den gewünschten Zielgrößen auf, sind deren Ursachen durch das Sichtbetonteam zu bestimmen und Gegensteuerungsmaßnahmen einzuleiten. Um den Nutzen der gewählten Gegensteuerungsmaßnahmen sowie sämtlicher getroffenen Entscheidungen des Sichtbetonteams bewerten zu können und für zukünftige Projekte nutzbar zu machen, sind diese in einem Besprechungsprotokoll zu dokumentieren.

<sup>326</sup> MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 198

<sup>327</sup> MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 190

Besprechungen der Sichtbetonteammitglieder dienen dem gegenseitigen Informationsaustausch, dem gemeinsamen Beurteilen von bereits fertiggestellten Sichtbetonbauteilen und dem Erarbeiten von Maßnahmen und Änderungsvorschlägen bei Qualitätsabweichungen.

Solche Änderungsvorschläge und Maßnahmen im Sichtbetonprozess können beispielsweise sein:

- Änderung der Betonrezeptur
- Wechsel des Transportbetonwerks
- Austausch des Schalungssystems/Schalhaut
- Verwendung eines alternativen Trennmittels
- Festlegen von besonderen Maßnahmen für die Subarbeitssysteme (Vorheizen der Schalung, Anforderungen an die Frischbetoneinbringung, Festlegen der Steiggeschwindigkeit, Festlegen der Rütteldauer, Anordnen einer Bewehrungsabdeckung, Festlegen des Ausschalzeitpunktes, Angaben von speziellen Nachbehandlungsmechanismen etc.)
- Anordnung von Sichtbetonmusterbauteilen inkl. Beurteilung

Die besprochenen Themen sowie die erreichten Ergebnisse der Sichtbetonteammeetings sind in einem fortlaufend nummerierten Besprechungsprotokoll zusammenzufassen. Des Weiteren sind neben dem Gesprächsinhalt Ort, Datum, die Teilnehmer sowie die Aufgabenverteilung bis zur nächsten Teambesprechung im Protokoll anzuführen. Im Anschluss an die Besprechung ist sämtlichen Teilnehmern eine Kopie des Besprechungsprotokolls auszuhändigen bzw. zuzusenden.<sup>328</sup>

### 5.2.5 Prozessprotokolle

Als Prozessprotokolle können Dokumentationsunterlagen bezeichnet werden, die sich aus der Verknüpfung von Bautagesberichten, Betoniertagebüchern und Checklisten ergeben. Anhand von Prozessprotokollen können sämtliche Tätigkeiten der Ausführungsphase des Sichtbetonprozesses systematisch und ausführlich erfasst werden. Die Inhalte solcher Protokolle sind durch das Sichtbetonteam festzulegen und im Zuge des Soll-Ist-Vergleiches bei Qualitätsabweichungen zur Ursachenforschung heranzuziehen.

Ein Beispiel für ein solches Sichtbetonprozessprotokoll ist in Tabelle 33 dargestellt.

<sup>328</sup> Vgl.: DORN, C.: Systematisierte Aufbereitung von Dokumentationstechniken zur Steuerung von Bauabläufen und zum Nachweis von Bauablaufstörungen. Dissertation. S. 114

Tabelle 33 Sichtbetonprozessprotokoll

Sichtbetonprozessprotokoll							
A	B	C	D	E	F	G	
Bauteilbezeichnung	Bauvorhaben			Orientierung		horizontal	
	Adresse						vertikal
	Bauteilbezeichnung				Neigung Stellschalung		geneigt
					Neigung SchlieÙschalung		*
	Anforderungen nach ÖNORM B 2211			Porigkeit	Sichtbetonanforderung		einseitig
				Struktur			beidseitig
				Farbgleichheit			
		Sichtbetonklasse nach d. Richtlinie Sichtbeton		Arbeitsfugen	nicht klassenbild. Anforderungen		
		Bemerkungen					
	Schalungssystem, Einschalungen, Aussparungen Einbauteile	vertikales Schalungssystem		✓ / –	horizontales Schalungssystem		✓ / –
Systemschalung:				Systemschalung:			
Trägerschalung			✓ / –	Trägerschalung		✓ / –	
Rahmenschalung			✓ / –	Rahmenschalung		✓ / –	
Objektschalung			✓ / –	Deckentisch		✓ / –	
Beplankung mit zusätzl. Schalhaut			✓ / –	Objektschalung		✓ / –	
Lastableitung				Falkkopf		✓ / –	
Anker			✓ / –	Lastableitung			
Fachwerksabstützung			✓ / –	Stützen		✓ / –	
Spindelabstützung			✓ / –	Traggerüst		✓ / –	
				Konsolen		✓ / –	
Hersteller					Saugverhalten		stark
Schalhauttyp							schwach
Schalhautmaterial							nicht
Beschichtungstyp					Beschichtungsstärke		g/m <sup>2</sup>
							mm
Schalung stellen Start				tt.mm.jjjj	Zustand der Stellschalung:		
Uhrzeit bei Start				Uhr	Einsatzzahl		Anzahl
Witterung bei Start					Reperaturstellen		✓ / –
Lufttemperatur bei Start				°C	Kratzer tiefe/breite		mm
Luftfeuchtigkeit bei Start				%	Nagel und Schraublöcher		mm
Schalung stellen Ende				tt.mm.jjjj	Reinigung der Stellschalung		
Uhrzeit bei Ende				Uhr	Reinigungsmittel		
Witterung bei Ende					Reinigungswerkzeug		
Lufttemperatur bei Ende				°C	Zustand der SchlieÙschalung:		
Luftfeuchtigkeit bei Ende				%	Einsatzzahl		Anzahl
Schalung schließen Start				tt.mm.jjjj	Reperaturstellen		✓ / –
Uhrzeit bei Start				Uhr	Kratzer tiefe/breite		mm
Witterung bei Start					Nagel und Schraublöcher		mm
Lufttemperatur bei Start				°C	Reinigung der SchlieÙschalung		
Luftfeuchtigkeit bei Start				%	Reinigungsmittel		
Schalung schließen Ende				tt.mm.jjjj	Reinigungswerkzeug		
Uhrzeit bei Ende				Uhr	Bauteilabmessungen		
Witterung bei Ende					Länge/Breite des Bauteils		m
Lufttemperatur bei Ende				°C	Höhe des Bauteils		m
Luftfeuchtigkeit bei Ende				%	Schalungsfläche insgesamt		m <sup>2</sup>
Einbauten					Aussparungen		m <sup>2</sup>
Leitungen					Lage- und Dichtheitsprüfung		tt.mm.jjjj
				Bündelung	Arbeitsgruppengröße		Personen
				Leerverrohrung			
		Bemerkungen					
Trennmittel		Hersteller			Produkt		
		Auftrag-Stellschalung:		tt.mm.jjjj	Auftrag-SchlieÙschalung:		tt.mm.jjjj
		Uhrzeit bei Start		Uhr	Uhrzeit bei Start		Uhr
		Witterung bei Start			Witterung bei Start		
		Lufttemperatur bei Start			Lufttemperatur bei Start		°C
		Luftfeuchtigkeit bei Start			Luftfeuchtigkeit bei Start		%
		Zustand Sprüherät			Zustand Sprüherät		
		Pumpendruck bei Start			Pumpendruck bei Start		bar
		Sprüherät vorher			Sprüherät vorher		kg
		Abziehen/Nachwischen			Abziehen/Nachwischen		✓ / –
	Uhrzeit bei Ende			Uhrzeit bei Ende		Uhr	
	Witterung bei Ende			Witterung bei Ende			
	Lufttemperatur bei Ende			Lufttemperatur bei Ende		°C	
	Luftfeuchtigkeit bei Ende			Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	
Sprüherät nachher			Sprüherät nachher		kg		
Verbrauch			Verbrauch		kg		
Trennmittelauftrag			Trennmittelauftrag		g/m <sup>2</sup>		
	Bemerkungen						



Tabelle 34 Sichtbetonprozessprotokoll - Fortsetzung

70	Bewehrung	Bewehrungseinbau		tt.mm.jjjj	Bewehrungsverhältnis		% Stabstahl
71		Uhrzeit bei Start		Uhr			% Mattenstahl
72		Witterung bei Start				Bewehrungsgrad	kg/m <sup>3</sup>
73		Lufttemperatur bei Start		°C		Sonderbewehrung	
74		Luftfeuchtigkeit bei Start		%		Biegeform d. Bewehrung:	
75		Uhrzeit bei Ende		Uhr		gerader Stab	%
76		Witterung bei Ende				normal gebogen	%
77		Lufttemperatur bei Ende		°C		kompliziert gebogen	%
78		Luftfeuchtigkeit bei Ende		%		Abstandhalter:	
79		Art d. Bewehrung:				Art d. Abstandhalter	
80		verzinkte Bewehrung		✓ / –		Anzahl d. Abstandhalter	Stk/m <sup>2</sup>
81		verzinkter Rördeldraht		✓ / –		Betondeckung	cm
82		Betonieröffnungen:				Rüttelöffnungen:	
83		Betonieröffnung notwendig		✓ / –		Rüttelöffnungen notwendig	✓ / –
84		Größe d. Betonieröffnung		cm <sup>2</sup>		Größe d. Rüttelöffnung	cm <sup>2</sup>
85		Abstand d. Betonieröffnungen		m		Abstand d. Rüttelöffnungen	m
86	Bemerkungen						
87	Beton Charge....	Betoneinbau		tt.mm.jjjj	Lieferant		
88		Einbaubeginn		Uhr	Zeitpunkt der ersten Wasserzugabe		Uhr
89		Witterung bei Start			Eintreffen des Mischfahrzeuges		Uhr
90		Lufttemperatur bei Start		°C	Rezeptur:		
91		Luftfeuchtigkeit bei Start		%	Festigkeitsklasse		
92		Einbaumenge		m <sup>3</sup>	Expositionsklassen		
93		Frischbetonprüfungen:			Zementsorte		
94		Ausbreitmaß		mm	Größtkorn		mm
95		Rohdichte		kg/m <sup>3</sup>	W/B-Wert		
96		Luftgehalt		%	Zusatzstoffe		
97		Frischbetontemp. bei Start		°C	Zusatzmittel		
98		Einbaumethode:			Konsistenzklasse		
99		Krankübel		✓ / –	Festigkeitsentwicklung		
100		Betonpumpe		✓ / –	Betonierabschnitt:		
101		max. Fallhöhe d. Betons		m	Länge d. Betonierabschnittes		m
102		Steiggeschwindigkeit		m/h	Höhe d. Betonierabschnittes		m
103		Einbaugeschwindigkeit		m <sup>3</sup> /h	Anzahl d. Schüttlagen		Stk
104		Einbauende		Uhr	Höhe d. Schüttlagen		m
105		Witterung bei Ende			zeitl. Abstand d. Schüttlagen		min
106		Lufttemperatur bei Ende		°C	Anzahl d. Einfüllstellen		Stk
107		Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	Abdichtung d. Arbeitsfugen:		
108	Frischbetontemp. bei Ende		°C	Fugenblech		✓ / –	
109	Einbaudauer gesamt		min	Fugenbänder		✓ / –	
110	Arbeitsgruppengröße		Personen	Quellbänder		✓ / –	
111	Bemerkungen						
112	Beton Charge....	Betoneinbau		tt.mm.jjjj	Lieferant		
113		Einbaubeginn		Uhr	Zeitpunkt der ersten Wasserzugabe		Uhr
114		Witterung bei Start			Eintreffen des Mischfahrzeuges		Uhr
115		Lufttemperatur bei Start		°C	Rezeptur:		
116		Luftfeuchtigkeit bei Start		%	Festigkeitsklasse		
117		Einbaumenge		m <sup>3</sup>	Expositionsklassen		
118		Frischbetonprüfungen:			Zementsorte		
119		Ausbreitmaß		mm	Größtkorn		mm
120		Rohdichte		kg/m <sup>3</sup>	W/B-Wert		
121		Luftgehalt		%	Zusatzstoffe		
122		Frischbetontemp. bei Start		°C	Zusatzmittel		
123		Einbaumethode:			Konsistenzklasse		
124		Krankübel		✓ / –	Festigkeitsentwicklung		
125		Betonpumpe		✓ / –	Betonierabschnitt:		
126		max. Fallhöhe d. Betons		m	Länge d. Betonierabschnittes		m
127		Steiggeschwindigkeit		m/h	Höhe d. Betonierabschnittes		m
128		Einbaugeschwindigkeit		m <sup>3</sup> /h	Anzahl d. Schüttlagen		Stk
129		Einbauende		Uhr	Höhe d. Schüttlagen		m
130		Witterung bei Ende			zeitl. Abstand d. Schüttlagen		min
131		Lufttemperatur bei Ende		°C	Anzahl d. Einfüllstellen		Stk
132		Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	Abdichtung d. Arbeitsfugen:		
133	Frischbetontemp. bei Ende		°C	Fugenblech		✓ / –	
134	Einbaudauer gesamt		min	Fugenbänder		✓ / –	
135	Arbeitsgruppengröße		Personen	Quellbänder		✓ / –	
136	Bemerkungen						

Tabelle 35 Sichtbetonprozessprotokoll - Fortsetzung

112	Beton Charge....	Betoneinbau		tt.mm.jjjj	Lieferant		
113		Einbaubeginn		Uhr	Zeitpunkt der ersten Wasserzugabe		Uhr
114		Witterung bei Start			Eintreffen des Mischfahrzeuges		Uhr
115		Lufttemperatur bei Start		°C	Rezeptur:		
116		Luftfeuchtigkeit bei Start		%	Festigkeitsklasse		
117		Einbaumenge		m <sup>3</sup>	Expositionsklassen		
118		Frischbetonprüfungen:			Zementsorte		
119		Ausbreitmaß		mm	Größtkorn		mm
120		Rohdichte		kg/m <sup>3</sup>	W/B-Wert		
121		Luftgehalt		%	Zusatzstoffe		
122		Frischbetontemp. bei Start		°C	Zusatzmittel		
123		Einbaumethode:			Konsistenzklasse		
124		Krankübel		✓ / -	Festigkeitsentwicklung		
125		Betonpumpe		✓ / -	Betonierabschnitt:		
126		max. Fallhöhe d. Betons		m	Länge d. Betonierabschnittes		m
127		Steiggeschwindigkeit		m/h	Höhe d. Betonierabschnittes		m
128		Einbaugeschwindigkeit		m <sup>2</sup> /h	Anzahl d. Schüttilagen		Stk
129		Einbauende		Uhr	Höhe d. Schüttilagen		m
130		Witterung bei Ende			zeitl. Abstand d. Schüttilagen		min
131		Lufttemperatur bei Ende		°C	Anzahl d. Einfüllstellen		Stk
132	Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	Abdichtung d. Arbeitsfugen:			
133	Frischbetontemp. bei Ende		°C	Fugenblech		✓ / -	
134	Einbaudauer gesamt		min	Fugenbänder		✓ / -	
135	Arbeitsgruppengröße		Personen	Quellbänder		✓ / -	
136	Bemerkungen						
137	Beton Charge....	Betoneinbau		tt.mm.jjjj	Lieferant		
138		Einbaubeginn		Uhr	Zeitpunkt der ersten Wasserzugabe		Uhr
139		Witterung bei Start			Eintreffen des Mischfahrzeuges		Uhr
140		Lufttemperatur bei Start		°C	Rezeptur:		
141		Luftfeuchtigkeit bei Start		%	Festigkeitsklasse		
142		Einbaumenge		m <sup>3</sup>	Expositionsklassen		
143		Frischbetonprüfungen:			Zementsorte		
144		Ausbreitmaß		mm	Größtkorn		mm
145		Rohdichte		kg/m <sup>3</sup>	W/B-Wert		
146		Luftgehalt		%	Zusatzstoffe		
147		Frischbetontemp. bei Start		°C	Zusatzmittel		
148		Einbaumethode:			Konsistenzklasse		
149		Krankübel		✓ / -	Festigkeitsentwicklung		
150		Betonpumpe		✓ / -	Betonierabschnitt:		
151		max. Fallhöhe d. Betons		m	Länge d. Betonierabschnittes		m
152		Steiggeschwindigkeit		m/h	Höhe d. Betonierabschnittes		m
153		Einbaugeschwindigkeit		m <sup>2</sup> /h	Anzahl d. Schüttilagen		Stk
154		Einbauende		Uhr	Höhe d. Schüttilagen		m
155		Witterung bei Ende			zeitl. Abstand d. Schüttilagen		min
156		Lufttemperatur bei Ende		°C	Anzahl d. Einfüllstellen		Stk
157	Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	Abdichtung d. Arbeitsfugen:			
158	Frischbetontemp. bei Ende		°C	Fugenblech		✓ / -	
159	Einbaudauer gesamt		min	Fugenbänder		✓ / -	
160	Arbeitsgruppengröße		Personen	Quellbänder		✓ / -	
161	Bemerkungen						
162	Verdichtung	Flaschenrüttler			Außenrüttler		
163		Anzahl		Stk	Anzahl		Stk
164		Durchmesser d. Flaschenkörpers		mm	Anordnungsabstand vertikal		m
165		Wirkungsdurchmesser		mm	Anordnungsabstand horizontal		m
166		Bemerkungen					
167	Ausschalen	Öffnen der SchlieÙschalung		tt.mm.jjjj	Öffnen der Stellschalung		tt.mm.jjjj
168		Start		Uhr	Start		Uhr
169		Witterung bei Start			Witterung bei Start		
170		Lufttemperatur bei Start		°C	Lufttemperatur bei Start		°C
171		Luftfeuchtigkeit bei Start		%	Luftfeuchtigkeit bei Start		%
172		Ende		Uhr	Ende		Uhr
173		Witterung bei Ende			Witterung bei Ende		
174		Lufttemperatur bei Ende		°C	Lufttemperatur bei Ende		°C
175	Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	
176	Entschalt nach		Tagen	Entschaldauer		h	
177	Bemerkungen						
178	Nachbehandlung/ Schutz	Nachbehandlung Start		tt.mm.jjjj	Schutzmaßnahmen		
179		Witterung			Abdeckmaterial		
180		Lufttemperatur		°C	Abst. zwisch. Folie u. Betonfl.		cm
181		Luftfeuchtigkeit		%	Kantenschutz		✓ / -
182		Nachbehandlung Ende		tt.mm.jjjj	Angaben zum Nachbehandlungsmittel:		
183		Witterung			Hersteller		
184		Lufttemperatur		°C	Produkt		
185	Luftfeuchtigkeit		%	Auftragsart			
186	Dauer der Nachbehandlung		Tage	Auftragsmenge		g/m <sup>2</sup>	
187	Bemerkungen						

### 5.2.6 Prüfprotokolle

Prüfprotokolle dienen zur Dokumentation bzw. zum Nachweis der Einhaltung der geforderten der Frisch- und Festbetoneigenschaften. Die Häufigkeit, der Inhalt und die Zuständigkeiten der Frisch- und Festbetonprüfungen werden von der ÖNORM B 4710-1 (Beton: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis) festgelegt und sind in Tabelle 36 dargestellt:

**Tabelle 36** Erforderliche Betonprüfungen und Zuständigkeiten nach der ÖNORM B 4710-1 (in Anlehnung an Travnicek<sup>329</sup>)

Erstprüfung	Betonhersteller
Konformitätsprüfung = lfd. Qualitätskontrolle	
Identitätsprüfung bei Bauausführung	Auftraggeber in der Regel "Bauherr"

Für die Durchführung der in Tabelle 36 dargestellten Betonprüfungen gibt die ÖNORM B 4710-1 folgende Prüfprotokolle an:

- Erstprüfung:                      Formblatt 1-1  
  Formblatt 1-2
- Konformitätsprüfung: Formblatt 2
- Identitätsprüfung:               Formblatt 3

Die Formblätter für die Betonprüfung werden nachfolgend in Tabelle 37 - Tabelle 40 dargestellt.

<sup>329</sup> TRAVNICEK, R.: Betontechnologie und Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 48

Tabelle 37 Formblatt 1-1 - Betonsorte/Erstprüfung/Konformitätskontrolle<sup>330</sup>

ÜBERWACHUNGSZEITRAUM: Jahr 20... .. Halbjahr		Betonhersteller:									
FORMBLATT 1-1		Werk:									
ERSTPRÜFUNG VOM .....		KONFORMITÄTSKONTROLLE <sup>1)</sup> AM .....									
ANFORDERUNGEN <sup>2)</sup> AUSGEFÜLLT		ZIELWERT <sup>3)</sup> GEMÄSS ERSTPRÜFUNG		HÄUFIGKEIT ERFÜLLT		ABWEICHUNG WESENTLICH		ANFORD. ERFÜLLT		ABWEICHUNG WESENTLICH	
ERF. UNTERLAGEN		GEFORDERTE WERTE		JA		NEIN		JA		NEIN	
Mikroprozessorierung / Mischanlagige Frostklasse der Gesteinskörnung <sup>4)</sup>	Dokument der Erstprüfung	<input type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Minieranzahl über Körnungen	Dokument der Erstprüfung	F .....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Stahlrinne bis 4mm LV, obere Hälfte AB	Dokument der Erstprüfung	1 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Critikform der Gesteinskörnungen	Dokument der Erstprüfung	mm		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Zement Nr. <sup>4)</sup>	CE-Kennzeichnung u. Gültigkeit	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Zusatz Nr. <sup>4)</sup>	Konformitätszertifikat u. Gültigkeit	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Bindemittel (anreicherbarer Gehalt) <sup>4)</sup>	Dokument der Erstprüfung	2 .....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Zusatzmittel Nr. <sup>4)</sup>	Zertifikat gemäß	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Zusatzmittel Nr. <sup>4)</sup>	EN 934-2 und Gültigkeit	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
wirksamer Wassergehalt des Betons	Dokument der Erstprüfung	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Gesamtwassergehalt	Dokument der Erstprüfung	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Gesteinskörnung Nr. (trocken) <sup>4)</sup>	Dokument der Erstprüfung	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Gesteinskörnung Nr. (trocken) <sup>4)</sup>	Dokument der Erstprüfung	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Gesteinskörnung Nr. (trocken) <sup>4)</sup>	Dokument der Erstprüfung	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Gesteinskörnung Nr. (trocken) <sup>4)</sup>	Dokument der Erstprüfung	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Gesteinskörnung Nr. (trocken) <sup>4)</sup>	Dokument der Erstprüfung	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Betorreinbautemperatur	Dokument der Erstprüfung	≤ 27 <sup>5)</sup> °C		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Lufttemperatur	Dokument der Erstprüfung	°C		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Frischbeton-Rohdichte	Dokument der Erstprüfung	kg/m <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
W/B - Wert bei EP	Dokument der Erstprüfung	0 .....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Ausbreitmaß nach 10 Minuten	Dokument der Erstprüfung	(> 48-54) cm		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Ausbreitmaß nach 90 Minuten	Dokument der Erstprüfung	(≥ 42-48) cm		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
Luftgehalt im Frischbeton nach 90 Minuten	Dokument der Erstprüfung	%		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
L 300	Dokument der Erstprüfung	%		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
max. Abstandstaktor	Dokument der Erstprüfung	mm		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
min. Druckfestigkeit (28) 15-cm-Würfel (je nach Mischanlage)	Dokument der Erstprüfung	N/mm <sup>2</sup>		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....		<input type="checkbox"/> JA	<input type="checkbox"/> NEIN						
.....	.....	.....									

Tabelle 38 Formblatt 1.2 - Lieferantenangaben zur Erstprüfung<sup>331</sup>

ÖNORM B 4710-1 PRÜFUNG BETON  FORMBLATT 1-2	BETONAUSGANGSSTOFFE, ANGABEN ZUR ERSTPRÜFUNG  Gilt für Betonsorte(n): .....		KONFORMITÄTS ZERTIFIKAT	Seite ... von ...
				ANMERKUNG a b
GESTEINSKÖRNING Nr 1	Bezeichnung		<input type="checkbox"/> JA	
	Hersteller, Grube			
	CE-Nummer für die WPK			
GESTEINSKÖRNING Nr 2	Bezeichnung		<input type="checkbox"/> JA	
	Hersteller, Grube			
	CE-Nummer für die WPK			
GESTEINSKÖRNING Nr 3	Bezeichnung		<input type="checkbox"/> JA	
	Hersteller, Grube			
	CE-Nummer für die WPK			
GESTEINSKÖRNING Nr 4	Bezeichnung		<input type="checkbox"/> JA	
	Hersteller, Grube			
	CE-Nummer für die WPK			
GESTEINSKÖRNING Nr ...	Bezeichnung		<input type="checkbox"/> JA	
	Hersteller, Grube			
	CE-Nummer für die WPK			
ZEMENT Nr 1	Herstellwerk		<input type="checkbox"/> JA	
	CE-Nummer			
	Zementart			
	Festigkeitsklasse			
	zus. Anforderung lt. Bindemittel ÜA <sup>c</sup> - Nummer			
ZEMENT Nr ...	Herstellwerk		<input type="checkbox"/> JA	
	CE-Nummer			
	Zementart			
	Festigkeitsklasse			
	zus. Anforderung lt. Bindemittel ÜA <sup>c</sup> - Nummer			
ZUSATZSTOFF Nr 1	Hersteller		<input type="checkbox"/> JA	
	ÜA <sup>c</sup> /CE-Nummer			
	Art (Wirkung) Produktbeschreibung			
ZUSATZSTOFF Nr ...	Hersteller		<input type="checkbox"/> JA	
	ÜA <sup>c</sup> /CE-Nummer			
	Art (Wirkung) Produktbeschreibung			
ZUSATZMITTEL Nr 1	Hersteller		<input type="checkbox"/> JA	
	CE-Nummer für die WPK			
	Beschreibung Handelsbezeichnung			
ZUSATZMITTEL Nr 2	Hersteller		<input type="checkbox"/> JA	
	CE-Nummer für die WPK			
	Beschreibung Handelsbezeichnung			
ZUSATZMITTEL Nr 3	Hersteller		<input type="checkbox"/> JA	
	CE-Nummer für die WPK			
	Beschreibung Handelsbezeichnung			
ZUSATZMITTEL Nr ...	Hersteller		<input type="checkbox"/> JA	
	CE-Nummer für die WPK			
	Beschreibung Handelsbezeichnung			
Für den Fremüberwacher: Datum:.....		Unterschrift:.....		
Für den Hersteller: Datum:.....		Unterschrift:.....		
a insbesondere Angaben über die Verträglichkeit bei Zusatzmittel		c Ende der Gültigkeitsdauer ist in Anmerkung anzugeben		
b alle erforderlichen Anforderungen gemäß Tabelle NAD 6 und Sieblinienschwankung, siehe Tabelle NAD 5				

<sup>331</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMANAGEMENT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 135

Tabelle 39 Formblatt 2 - Konformitätsbescheinigung<sup>332</sup>

ÖNORM B 4710-1 PRÜFUNG BETON		ÜBERWACHUNGSZEITRAUM: Monat..... bis Monat .... 20..										BlattNr.:			
BETONSORTE		Werk:										Betonhersteller:			
FORMBLATT 2 <sup>1)</sup>		KONFORMITÄTSPRÜFUNGEN AM <sup>2)</sup>										ANFORD. ERFÜLLT			
ZIELWERT LT. ERSTPRÜFUNG	EW1	EW2	EW3	EW4	EW5	EW6	EW7	EW8	EW9	EW10	EW11	EW12	ZULÄSSIGER WERT <sup>3)</sup>	JA	NEIN
Lieferschein Nr. <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein													Ident mit EP	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mikroprocessorsteuerung Mischanlage													Ident mit EP	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Verwendungsklasse der Gesteinskörnung													Ident mit EP	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mindestanzahl der getriebenen Körnungen													Ident mit EP	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Siebline bis 4 mm i.W. obere Hälfte AB <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein													Ident mit EP	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Größtkorn der Gesteinskörnungen													Ident mit EP	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zement Nr.													≥ EP <sup>4)</sup> ....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zusatzstoff Nr. ...													≥ EP <sup>4)</sup> ....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Bindemittel (anrechenbarer Gehalt)													≥ EP <sup>4)</sup> ....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zusatzmittel Nr. ...													≥ EP <sup>4)</sup> ....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Wassergehalt des Betons lt. Trocknung													≤ EP + 10 kg/m <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Wassergehalt des Betons lt. Chargenprotokoll													MW10 = Trocknung 1/ 5 kg/m <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kerfleuchte														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gesteinskörnung Nr. .... (trocken) <sup>5)</sup>														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gesteinskörnung Nr. .... (trocken) <sup>6)</sup>														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gesteinskörnung Nr. .... (trocken) <sup>6)</sup>														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gesteinskörnung Nr. .... (trocken) <sup>6)</sup>														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gesteinskörnung trocken gesamt														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Betoneinbauteperatur													≤ 27 <sup>7)</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lufttemperatur														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Frischbetondeichte														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
W/B - Wert													EP +/- ... kg/m <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ausbreitmaß nach 10 Minuten													EP+0,0...; max.0,...	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ausbreitmaß nach 90 Minuten <sup>8)</sup>													... bis EP	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Luftgehalt im Frischbeton nach 90 Minuten <sup>9)</sup>													... bis EP	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
L300														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
max. Abstandsfaktor														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Druckfestigkeit (28) 15 cm Würfel EW													EW ... N/mm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Druckfestigkeit (28) 15 cm Würfel MW3													MW ... N/mm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4)														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4)														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4)														<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

<sup>332</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 136



Tabelle 40 Formblatt 3 - Identitätsprüfungen<sup>333</sup>

BETONSORTE .....	HERSTELLER:		BAUHERR:		ID-B: <input type="checkbox"/>		
	LIEFERSCHEINNUMMER:		BAUSTELLE:		ID		
	VERWENDER:		BAUTEIL:				
Prüfer:	IDENTITÄTSPRÜFUNG NR.: ..... AM .....						
	ZIELWERT GEM. FORMBLATT 1-1	ERHALTENER WERT			ZULÄSSIGER WERT <sup>3)</sup>	ANFORD. ERFÜLLT	
	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	EW 1	EW 2 <sup>1)</sup>	MW <sup>1)</sup>		JA	NEIN
Mikroprozessorsteuerung Mischanlage	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	ident mit EP				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verwendungsstufe der Gesteinskörnung	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	ident mit EP				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mindestanzahl der getrennten Körnungen	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	ident mit EP				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sieblinie bis 4 mm i.W. obere Hälfte AB	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	ident mit EP				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Größtkorn der Gesteinskörnungen	mm	ident mit EP				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zement Nr. .... <sup>10)</sup>	kg/m <sup>3</sup>	≥ EP - .... <sup>2)</sup>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zusatzstoff Nr. .... <sup>10)</sup>	kg/m <sup>3</sup>	≥ EP - .... <sup>2)</sup>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bindemittel (anrechenbarer Gehalt) 10)	kg/m <sup>3</sup>	≥ EP - .... <sup>2)</sup>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zusatzmittel Nr. ....	kg/m <sup>3</sup>	x				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zusatzmittel Nr. ....	kg/m <sup>3</sup>	x				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wirksamer Wassergehalt des Betons	kg/m <sup>3</sup>	ident mit EP				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wassergehalt des Betons 10)	kg/m <sup>3</sup>	≤ EP + ..... kg/m <sup>3</sup>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesteinskörnung Nr. .... (trocken)						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesteinskörnung Nr. .... (trocken)						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesteinskörnung Nr. .... (trocken)						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesteinskörnung Nr. .... (trocken)						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesteinskörnung Nr. .... (trocken)						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesteinskörnung trocken gesamt	kg/m <sup>3</sup>	..... kg/m <sup>3</sup> <sup>2)</sup>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betoneinbautemperatur	°C	≤ 27 <sup>6)</sup>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lufttemperatur	°C	..... °C				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Frischbetonrohddichte	kg/m <sup>3</sup>	EP +/- ..... kg/m <sup>3</sup>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
WB - Wert <sup>11)</sup>		EP+0,0,.....; max.0,.....				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ausbreitmaß nach ... Minuten	cm	..... cm				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ausbreitmaß nach ... Minuten <sup>5)</sup>	cm	..... cm				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Luftgehalt im Frischbeton nach ... Minuten	%	..... %				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L 300	%	..... %				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
max. Abstandsfaktor	mm	..... mm				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
min. Druckfestigkeit (28) 15-cm-Würfel (je nach Mischanlage)	N/mm <sup>2</sup>	EW ..... N/mm <sup>2</sup> <sup>5)</sup>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7)						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7)						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7)						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**BESTÄTIGUNG DER IDENTITÄTSPRÜFUNG**

Prüfer: Datum:..... Unterschrift:.....

**KENNTNISNAHME DER IDENTITÄTSPRÜFUNG**

Hersteller: Datum:..... Unterschrift:.....

Verwender: Datum:..... Unterschrift:.....

Auftraggeber / Bauherr: Datum:..... Unterschrift:.....

**Legende:** EP ..... Zielwert lt. Erstprüfung. Wert, der sich laut der(n) Erstprüfung(en) zur Einhaltung der Anforderung an die Betonsorte ergibt. EW ..... Einzelwert. MW ..... Mittelwert.  
 NE ..... für Betonsorte nicht erforderlich. <sup>1)</sup> nur bei negativem erstem Einzelwert zu ermitteln. <sup>2)</sup> nur bei Vorlage von Chargenprotokoll zu bewerten <sup>3)</sup> gemäß den Tabellen B1, NAD B1, NAD B2, NAD B3. <sup>4)</sup> 28 °C bis 32 °C, wenn Erstprüfung mit dieser Temperatur vorgelegt. <sup>5)</sup> bei Erfordernis, am Ende der Übergabe. <sup>6)</sup> EW ist Mittelwert aus 3 Probekörpern aus einer Charge. <sup>7)</sup> sonstige Anforderungen. <sup>8)</sup> Wert nach 10 Minuten. <sup>9)</sup> Wert nach 90 Minuten. <sup>10)</sup> bei ermittelter Rohddichte. <sup>11)</sup> = [ermittelter Wassergehalt des Betons - (Zielwert Wassergehalt - Zielwert wirksamer Wassergehalt)] : ermittelter anrechenbarer Bindemittelgehalt

<sup>333</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMITTEL: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 137



### 5.2.7 Chargenprotokolle und Lieferscheine

Chargenprotokolle und Lieferscheine sind Nachweisdokumente des Transportbetonwerks. Das Chargenprotokoll stellt den Mischprozess, das Betonrezept, sämtliche Dosierungsmengen der Betonausgangsstoffe (Zement, Zuschläge, Zusatzstoffe, Zusatzmittel und Wassergehalt), sowie die Mischdauer und die Betonmenge für jede Betoncharge tabellarisch dar.

Des Weiteren dient das Chargenprotokoll auch als Bestätigung „[...] für die norm- und sachgerechte Herstellung [...]“<sup>334</sup> des Betons.

Ein Beispiel eines Chargenprotokolls ist in Tabelle 41 dargestellt.

---

<sup>334</sup> CEMSUISSE, VERBAND DER SCHWEIZERISCHEN CEMENTINDUSTRIE: Baustoff Beton: Praxis im Betonlabor. Leitfaden. S. 11



Anhand von Lieferscheinen wird vom Betonhersteller bestätigt, dass er die gewünschte Betonsorte mit den bestellten Eigenschaften hergestellt und dem Betonverwender in der geforderten Menge auf der Baustelle übergeben hat. Für jede Betonladung ist vom Transportbetonwerk ein eigener Lieferschein anzufertigen, welcher bei der Übergabe des Betons dem Verwender auszuhändigen ist.

**ERSCHEIN** **CEMEX**  
 Lieferbeton GmbH Lagerstraße 1-5, 2103 Langenemsdorf, Tel. 050543-0  
 FH 68261 v. Gericht LG Korneuburg, UID-Nr. ATU 46465922, www.cemex.at

Kunde: 33918 Baustelle: 33940174 Menge (m³): 6,50  
 Betonart-Nr.: CS4 T4223  
 Festigkeitsk., Kurzbez.: C 25/30  
 Expositionsklassen: BEB02, XC3, XD2, XF1, XRTL, SB 1 R1  
 Bes. Eigenschaften: BEB02  
 GK, Konsistenz: 22, F52  
 Festigkeitsbetw., WB-Wert: Mittel, 0,55  
 Zement: CEM II A-S 52,5N, Ref.  
 Zusatzstoff:   
 Zusatzmittel: Ready last 5  
 Beton nach EIGENSCHAFTEN

Stand der Lieferung m³: Bestellt: 26,50 Geliefert: 20,00 Rest: 6,50  
 Reg.-Nr. 734260 Werk 2711 Graz Telefon 05054321110  
 LS-Nr. 134260 Datum 18.02.2014 Fax 050543921110

53 Wintererschwerniszuschlag *174 Vier vier!*

**GEFAHR durch Frischbeton**  
 • H315 Verursacht schwere Augenreizungen.  
 • H319 Verursacht Hautreizungen.  
 • P280 Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen.  
 • P305 + P351 + P338 + P310  
 BEI BERÜHRUNG MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter ausspülen. Sofort Vergiftungshilfszentrale (Tel. 07 4064343) oder Arzt anrufen.  
 • P302 + P352 + P333 + P313  
 BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.  
 • P362 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.  
 • H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.  
 • H411 Giftig für Wasserorganismen, kann den Lebenszyklus beeinträchtigen.

§ 17	16:48	17:35	17:45	Dieser Beton entspricht dem im Werk aufgeführten Betonverzeichnis, die Übernahme erfolgt auf Grund der Ihnen bekannten Verkaufs- u. Lieferbedingungen (www.cemex.at).	Gefahrenhinweise wurden verstanden. Übernommene Lieferung entspricht der Bestellung, ist ordnungsgemäß und kann eingebaut werden.
Fahrzeugnr. Kennzeichen	Fahrername/Fahrer	Unterzahl	Uhrzeit, Beladung	Ankunft Baustelle	Beginn Entladung
Die Gewährleistung des Transportbetonwerkes für die Betongüte erlischt, weil trotz vereinbarungsgemäßer Betonart auf ausdrücklichen Wunsch des Abnehmers (Verwenders) folgende Zugabe erfolgte:	Wasser: <input type="checkbox"/> / Zusatzmittel: <input type="checkbox"/> / Zusatzstoff: <input type="checkbox"/> kg Fasern: <input type="checkbox"/> kg Sonstiges: <input type="checkbox"/>	Planmäßige nachträgliche Wasserzugabe	Max. erlaubte, planmäßig vorgesehene	17:45	17:50
		Wassermenge in Liter: /Fahrzeug	Tatsächliche Zugabemenge: /Fahrzeug	Ende Entladung	Abschluß Baustelle
				Ankunft Werk	Rücktransport (Kolonnenfortzug)
					Unterschrift nach Entladung
					Unterschrift vor Entladung

Bild 54 Lieferschein<sup>336</sup>

Nach der ÖNORM B 4710-1 müssen folgende Angaben im Lieferschein eingetragen werden:

- „Name des Transportbetonwerkes
- Lieferscheinnummer
- Datum und Zeit des Beladens, d. h. Zeitpunkt des ersten Kontaktes zwischen Zement und Wasser
- Kennzeichen des Lkw oder Identifikation des Fahrzeugs
- Name des Käufers
- Bezeichnung und Lage der Baustelle
- Menge des Betons in Kubikmetern

<sup>336</sup> MARIUS, im Zuge der Besprechung vom 04.12.2015

- *Name oder Zeichen der Zertifizierungsstelle, falls beteiligt.*
- *Zeitpunkt des Eintreffens des Betons auf der Baustelle*
- *Zeitpunkt des Entladebeginns*
- *Zeitpunkt des Entladeendes*<sup>337</sup>

Zusätzlich sind weitere Angaben zu machen für:

Beton nach Eigenschaften:

*„Bei der Verarbeitung von Beton nach Eigenschaften bestellt das ausführende Unternehmen den Beton beim Transportbetonhersteller anhand der festgelegten Frisch- und Festbetoneigenschaften sowie der geforderten Expositionsklassen.“*<sup>338</sup>

Bei der Bestellung von "Beton nach Eigenschaften" hat der Lieferschein nach ÖNORM B 4710-1 folgende Einzelheiten zu enthalten:

- *"Festigkeitsklasse*
- *Betonkurzbezeichnung oder Expositionsklasse*
- *Klasse des Chloridgehalts*
- *Konsistenzklasse oder Zielwert der Konsistenz*
- *Grenzwerte der Betonzusammensetzung, falls festgelegt*
- *Art und Festigkeitsklasse des Zements*
- *Art der Zusatzmittel und Zusatzstoffe*
- *besondere Eigenschaften, falls gefordert*
- *Nennwert des Größtkorns der Gesteinskörnung*
- *Rohdichteklasse oder Zielwert der Rohdichte bei Schwerbeton*<sup>339</sup>

Beton nach Zusammensetzung:

*„Bei der Verwendung von Beton nach Zusammensetzung gibt der Besteller des Betons dem Hersteller die Betonzusammensetzung vor.“*<sup>340</sup>

Bei der Bestellung von "Beton nach Zusammensetzung" hat der Lieferschein nach ÖNORM B 4710-1 folgende Einzelheiten zu enthalten:

<sup>337</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 77

<sup>338</sup> BISCOPING, M.: Überwachen von Beton auf Baustellen. Zement-Merkblatt Betontechnik B5. S. 1

<sup>339</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 77-78

<sup>340</sup> BISCOPING, M.: Überwachen von Beton auf Baustellen. Zement-Merkblatt Betontechnik B5. S. 1

- „Einzelheiten über die Zusammensetzung, z. B. Zementgehalt und, falls gefordert, Art der Zusatzmittel und Zusatzstoffe
- entweder Wasserzementwert oder Konsistenz durch Angabe der Klasse oder des Zielwerts, wie festgelegt
- Nennwert des Größtkorns der Gesteinskörnung“<sup>341</sup>

Erfolgt auf der Baustelle eine nachträgliche Wasser- oder Fließmittelzugabe, ist dies handschriftlich auf dem Lieferschein zu vermerken. Zu vermerken sind:

- „Zeitpunkt der Zugabe
- Zugegebene Menge an Wasser bzw. Fließmittel
- Geschätzte Restmenge in der Mischertrommel vor der Zugabe“<sup>342</sup>

### 5.2.8 Bilddokumentation

„Die Bilddokumentation der Baumaßnahme mit Fotografien und Videoaufnahmen ist die logische Ergänzung des Bautagebuches. Besondere Erschwernisse, aber auch der Leistungsstand der Baustelle, lassen sich zu Stichtagen nachvollziehbar in Fotografien dokumentieren. Insbesondere später verdeckte Leistungen und Bauzustände [...] sollte in Bildmedien dokumentiert werden.“<sup>343</sup>

Mit Hilfe von Bilddokumentationen können Baustelleninformationen in unterschiedlichen Detaillierungsgraden dargestellt werden. D.h. der Detaillierungsgrad der Bildaufnahmen kann sich zwischen „[...] der Ansicht der Gesamtbaumaßnahme als Makrobereich bis hin zu Überprüfung der Qualität einzelner Bauteile als Mikrobereich [...]“<sup>344</sup> bewegen.

Für eine problemlose Zuordnung der Bilddokumentation empfiehlt es sich, den Aufnahmen zusätzliche Daten anzuhängen:

- „Datum und Uhrzeit
- Lokalisierung(Ort, Geschoss, Raum etc.)
- Ersteller der Aufnahme
- Stichwörter

<sup>341</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 78

<sup>342</sup> Vgl.: KAMPEN, R.; SCHÄFER, W.: Transportbeton-Festigung, Bestellung, Lieferung, Abnahme. Zement-Merkblatt Betontechnik B6. S. 4

<sup>343</sup> ELSEBACH, J.: Bauwerksinformationsmodelle mit vollsphärischen Fotografien -Ein Konzept zur visuellen Langzeitarchivierung von Bauwerksinformationen-. Dissertation. S. 88

<sup>344</sup> HEIM, M.: Die zeitnahe Leistungsfeststellung von Baustellen- unter besonderer Berücksichtigung von Bildinformationssystemen. Dissertation. S. 111

- *Gewerk, Leistungsverzeichnispositionen*<sup>345</sup>

Die Angabe der oben genannten Punkte erleichtert zudem das Wiederfinden der Bilddokumentation innerhalb einer Datenbank.

### 5.2.8.1 Digitale Fotografie:

*„Eine Fotografie ist eine Projektion respektive eine perspektivische Abbildung einer dreidimensionalen Welt auf ein zweidimensionales Bild. Sie ist eine realistische Darstellung und bildet eine dreidimensionale Szene von einer bestimmten Betrachtungsposition so ab, dass die Fotografie ähnlich wie die Szene selbst wahrgenommen werden kann.“*<sup>346</sup>

*„Mit einer Fotografie kann die Existenz eines Objekts sowie deren sichtbare Merkmale zu einem bestimmten Zeitpunkt belegt werden.“*<sup>347</sup> Des Weiteren gibt die Fotografie Auskunft über die *„[...] äußeren Randbedingungen, die das Objekt betreffen.“*<sup>348</sup>

Der Vorteil von bildlicher gegenüber textlicher Informationsdarstellung ist, dass große Mengen an Informationen komprimiert dargestellt und daher vom Betrachter schneller aufgenommen werden können.<sup>349</sup> Im Vergleich zu Texten die *„[...] sequenziell, d.h. von oben nach unten gelesen [...]“*<sup>350</sup> werden, können mit Hilfe von Bildern *„[...] Informationen quasi auf einen Blick erfasst werden.“*<sup>351</sup> Durch Bilder können *„[...] räumliche Beziehungen, die Farbe, die Form oder die relative Größe eines Objekts [...]“*<sup>352</sup> sowie dessen *„[...] zeitliche Veränderungen abgebildet werden.“*<sup>353</sup> *„Die Dokumentation von Leistungerschwiernissen, unvorhersehbaren schwierigen Bauzuständen, Behinderungen oder Verzögerungen des Bauablaufs kann durch die Fotodokumentation ebenso realisiert werden wie die Darstellung von Ausführungsproblemen oder Abschätzung des Leistungsstandes zu bestimmten Stichtagen.“*<sup>354</sup>

<sup>345</sup> Vgl.: ELSEBACH, J.: Bauwerksinformationsmodelle mit vollspährischen Fotografien -Ein Konzept zur visuellen Langzeitarchivierung von Bauwerksinformationen-. Dissertation. S. 88

<sup>346</sup> PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 38

<sup>347</sup> PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 39

<sup>348</sup> PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 39

<sup>349</sup> Vgl.: ELSEBACH, J.: Bauwerksinformationsmodelle mit vollspährischen Fotografien -Ein Konzept zur visuellen Langzeitarchivierung von Bauwerksinformationen-. Dissertation. S. 114

<sup>350</sup> PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 37

<sup>351</sup> PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 37

<sup>352</sup> PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 37

<sup>353</sup> PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 37

<sup>354</sup> HEIM, M.: Die zeitnahe Leistungsfeststellung von Baustellen- unter besonderer Berücksichtigung von Bildinformationssystemen. Dissertation. S. 112

Um Bildinhalte maßstäblich darstellen zu können, ist es erforderlich, einen Meterstab oder ähnliche Gegenstände für die Ermittlung der Größenverhältnisse in die Aufnahme zu legen.<sup>355</sup>

Mit Hilfe von Bildbearbeitungsprogrammen können wichtige Informationen von Fotografien durch „[...] Vergrößerungen, farblichen Markierungen oder Kontrastverbesserungen zwischen Objekt und Hintergrund“<sup>356</sup> noch anschaulicher dargestellt werden.

### 5.2.8.2 Vollsphärische Fotografie

Eine Weiterentwicklung der gewöhnlichen digitalen Fotografie ist die digitale Panoramafotografie. Abhängig vom aufgenommenen vertikalen Blickfeld wird nach Bild 55 zwischen der vollsphärischen (180°) und der zylindrischen (120°) Panoramafotografie unterschieden. In beiden Fällen wird die horizontale Umgebung mit einem 360° Blickwinkel abgebildet.

Zylindrische Panoramafotografien sind durch ihre vertikal beschränkten Darstellungseigenschaften nur bedingt für eine ganzheitliche Dokumentation des Baugeschehens geeignet. Zur Vermeidung einer unvollständigen Erfassung der relevanten Bauwerksinformationen sollten nur vollsphärische Panoramafotografien angefertigt werden.<sup>357</sup>

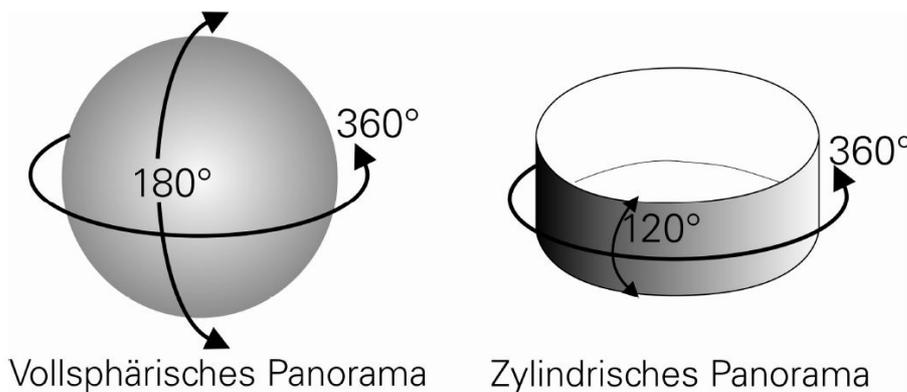


Bild 55 Ablichtungsbereich zylindrischer und vollsphärischer Panoramen<sup>358</sup>

Die Erstellung von vollsphärischen Fotografien kann einerseits durch die Aufnahme von Einzelbildern, die in einem Nachbearbeitungsprozess aufwändig zu vollsphärischen Bildern zusammengefügt werden müssen, oder andererseits durch die Verwendung von speziellen Scannerkame-

<sup>355</sup> Vgl.: PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 45

<sup>356</sup> PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. S. 42

<sup>357</sup> Vgl.: ELSEBACH, J.: Bauwerksinformationsmodelle mit vollsphärischen Fotografien -Ein Konzept zur visuellen Langzeitarchivierung von Bauwerksinformationen-. Dissertation. S. 147

<sup>358</sup> ELSEBACH, J.: Bauwerksinformationsmodelle mit vollsphärischen Fotografien -Ein Konzept zur visuellen Langzeitarchivierung von Bauwerksinformationen-. Dissertation. S. 126

rasystemen (siehe Bild 56), die vollsphärische Fotografien in einem Arbeitsgang erzeugen, erfolgen.<sup>359</sup>



Bild 56 Aufnahmesystem SceneCam Solution<sup>360</sup>

### 5.2.8.3 Luftbilder

Der Einsatz von Drohnen in Verbindung mit Foto- oder Videokameras ermöglicht die Dokumentation der gesamten Baustelle und ihrer Umgebungsbedingungen aus der Luft. Der großräumige Bewegungsradius von Drohnen erlaubt eine möglichst große Informationserfassung in kurzer Zeit, sowie eine einfache Dokumentation von ansonsten schwer zugänglichen Stellen des Bauwerks oder der Umgebung.

Eine kamerabestückte Drohne zur Aufnahme der Baustellenbedingungen ist in Bild 57 dargestellt.

<sup>359</sup> Vgl.: ELSEBACH, J.: Bauwerksinformationsmodelle mit vollsphärischen Fotografien -Ein Konzept zur visuellen Langzeitarchivierung von Bauwerksinformationen-. Dissertation. S. 147

<sup>360</sup> ELSEBACH, J.: Bauwerksinformationsmodelle mit vollsphärischen Fotografien -Ein Konzept zur visuellen Langzeitarchivierung von Bauwerksinformationen-. Dissertation. S. 148



Bild 57 Multirotor Drohne der Firma batcam.de<sup>361</sup>

#### 5.2.8.4 Videofilme

Im Vergleich zu Fotografien, mit denen eine bestimmte Szene abgebildet wird, kann mit Hilfe von Videofilmen eine komplette Abfolge von Szenen bzw. Bildern in Echtzeit dokumentiert werden. Videofilme eignen sich daher sehr gut zur vollständigen Dokumentation von Arbeitsabläufen wie beispielsweise dem Einbau des Frischbetons in die Schalung.

#### 5.2.9 Messgeräte und Messsysteme

Für die Dokumentation des Sichtbetonprozesses sowie zur Beurteilung des Sichtbetonergebnisses stehen umfangreiche Messgeräte und Messsysteme zur Verfügung. Diese beginnen bei einfachen Messgeräten für die Bestimmung der Baustellenumgebungseinflüsse (Witterung Staub, Erschütterung), Messgeräte zur Bestimmung der Frischbetoneigenschaften, Stoppuhren um Abläufe zu dokumentieren, einfache Meterstäbe oder Schiebelehren um die Größe von Versätzen oder Poren zu ermitteln, Messkeile um Ebenheitsabweichungen festzustellen, bis hin zu speziellen Systemen, welche eine exakte Identifizierung der Schalungselemente durch Radiofrequenzen (RFID) erlauben, den Erhärtungsverlauf des Betons dokumentieren oder eine computerunterstützte Porenvermessung durchführen.

<sup>361</sup> <http://batcam.de/technik/>. Datum des Zugriffs: 19.Dezember.2015

### 5.2.9.1 Messgeräte zur Dokumentation der Umgebungseinflüsse

Die während der Betonage und der Nachbehandlung herrschenden Umgebungseinflüsse auf der Baustelle besitzen einen hohen Einfluss auf die Sichtbetonqualität. Temperaturänderungen, Änderungen der Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und die Sonneneinstrahlung wirken sich insbesondere auf die Farbgleichmäßigkeit der Sichtbetonflächen aus und sind daher während des gesamten Sichtbetonprozesses regelmäßig zu dokumentieren.

Als Messgeräte zur Bestimmung der Witterungseinflüsse können folgende Systeme zum Einsatz kommen:

Tabelle 42 Messgeräte zur Bestimmung der Witterungsverhältnisse

Messgerät	Abbildung	Verwendungszweck
Niederschlagsmesser nach Hellmann	 [wikipedia.org]	Misst den Niederschlag der innerhalb einer gewissen Zeitspanne gefallen ist.
Hand Anemometer	 [amazon.de]	Zur Messung der lokalen Windgeschwindigkeit. Je nach System ist auch eine Temperaturmessung möglich
Thermometer	 [dehner.de]	Misst die lokale Umgebungstemperatur

Hygrometer



Zur Messung der lokalen Luftfeuchtigkeit

[wikipedia.org]

Barometer



Zur Messung des Luftdrucks und in weiterer Folge zur Bestimmung der Wettertendenz

[wikipedia.org]

Bedingt durch den Baustellenbetrieb ist während der Erstellung von Sichtbetonbauteilen mitunter auch mit Staubbelastungen zu rechnen. Um negative Einflüsse auf der Sichtbetonfläche zu vermeiden, ist die mit dem Trennmittel beaufschlagte Schalhaut unbedingt vor Staubbelastungen zu schützen. Zur Ermittlung der aktuellen Staubbelastung in der Luft können spezielle Staubmessgeräte verwendet werden.



Bild 58 Staubmessgerät<sup>362</sup>



Bild 59 Erschütterungsmessgerät<sup>363</sup>

*„Mechanische Beanspruchungen wie heftige Schwingungen und starke Erschütterungen während des Erstarrens und in der ersten Zeit des Er-*

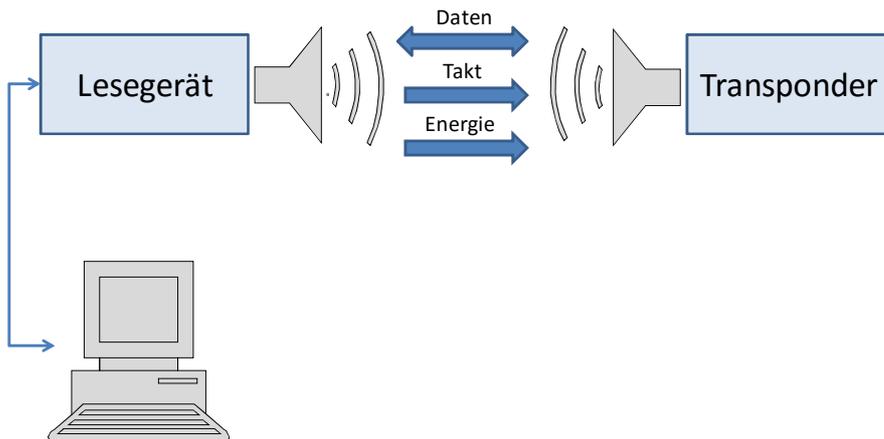
<sup>362</sup> [https://www.pce-instruments.com/deutsch/messtechnik/messgeraete-fuer-alle-parameter/staubmessgeraet-kat\\_11211\\_1.htm](https://www.pce-instruments.com/deutsch/messtechnik/messgeraete-fuer-alle-parameter/staubmessgeraet-kat_11211_1.htm). Datum des Zugriffs: 12.Jänner.2016

<sup>363</sup> <http://tbtaappauf.at/erschuetterungsmessgeraete/erschuetterungs-aufzeichnungs-system-fur-das-bauingenieurwesen-mr3000c-ce/>. Datum des Zugriffs: 12.Jänner.2016

*härtens (z.B. bei Arbeiten an benachbarten Bauteilen oder an Verkehrsbauwerken unter rollendem Verkehr) [...] <sup>364</sup> führen einerseits durch die Lockerung des Beton-Bewehrungsstahlverbundes zu Beschädigungen des Betongefüges und andererseits durch das mögliche Entstehen von Bewehrungsabzeichnungen oder Kiesnestern auf der Sichtbetonfläche auch zu einem optischen Mangel. Das Auftreten und die Stärke von örtlichen Erschütterungen kann durch die Installation von Erschütterungsmessgeräten am Schalungssystem dokumentiert werden.*

### 5.2.9.2 Dokumentation durch RFID

RFID (Radio Frequency Identifikation), bezeichnet ein automatisches und berührungsfreies Datenidentifikationssystem. Die Datenübertragung verläuft dabei „[...] zwischen einem an dem zu identifizierenden Objekt angebrachten Datenträger, dem sog. RFID-Transponder, und einer RFID-Erfassungseinheit (RFID-Reader) [...] <sup>365</sup> über elektromagnetische Wellen.



**Bild 60 Grundaufbau und Funktionsweise von RFID Systemen (in Anlehnung an rfid-basis.de <sup>366</sup>)**

Werden wiederbeschreibbare Transponder verwendet, können die darauf befindlichen Informationen „[...] nicht nur gelesen sondern auch aktualisiert und verändert werden.“ <sup>367</sup>

Die Sende- bzw. Empfangsreichweiten der RFID Technologie hängen vom Frequenzbereich ab und liegen im Bereich von wenigen Zentimetern bis zu 100 m. Durch die sichtkontaktfreie Lesemöglichkeit der RFID Transponder können die Sender in Geräten, Bauteilen etc., verdeckt

<sup>364</sup> PICKHARDT, R.; SCHÄFER, W.: Nachbehandlung und Schutz des jungen Betons. Zement-Merkblatt Betontechnik B 8. S. 2

<sup>365</sup> HELMUS, M.; KELM, A.; LAUßAT, L.: RFID-Baulogistikleitstand. S. 5

<sup>366</sup> <http://www.rfid-basis.de/funktionsweise.html>. Datum des Zugriffs: 26.Jänner.2016

<sup>367</sup> HELMUS, M.; KELM, A.; LAUßAT, L.: RFID-Baulogistikleitstand. S. 8

eingebaut werden, sind gleichzeitig vor Verschmutzung geschützt und somit für den Baustellenbetrieb geeignet.<sup>368</sup> Der Anwendungsbereich der RFID-Technologie für die Bauindustrie ist sehr breitgefächert, sodass durch die Ausstattung der Arbeitskräfte, Betriebsmittel und Stoffe mit RFID Transpondern, Prozesse und Zustände in Echtzeit erfasst, kontrolliert, gesteuert und dokumentiert werden können.<sup>369</sup>

### 5.2.9.3 Dokumentation durch Betonmonitoring

Mit Hilfe des Echtzeitmessungssystems "Concremote" der Firma DOKA wird der Reifegrad des Betons in Abhängigkeit der Erstarrungstemperatur des erhärtenden Betons ermittelt. Aus der gemessenen Betontemperatur kann direkt auf die Festigkeitsentwicklung und damit auf den, für die Farbgleichheit des Sichtbetons wichtigen, frühen Ausschalzeitpunkt geschlossen werden.<sup>370</sup> Ein zu langes Verweilen des jungen Betons in der Schalung fördert das Entstehen von Rostspuren sowie Fleckenbildungen und Farbunterschiede und ist somit zu vermeiden.<sup>371</sup>

Das Monitoring-System "Concremote" ist aus zwei Komponenten aufgebaut: Den Messsensoren und der Datenverwaltung bzw.-verarbeitung. Durch die Sensoren erfolgt eine kontinuierliche Messung der in Abhängigkeit der Hydratationswärme und der Umgebungstemperatur stattfindenden Wärmeentwicklung des Bauteils. Die Datenauswertung geschieht über das Mobilfunknetz, in das die Datenpakete der Sensoren eingespielt und in einem Rechenzentrum ausgewertet werden.<sup>372</sup>

<sup>368</sup> Vgl.: HELMUS, M.; KELM, A.; LAUßAT, L.: RFID-Bauleistigkeitstand. S. 11

<sup>369</sup> Vgl.: HELMUS, M.; KELM, A.; LAUßAT, L.: RFID-Bauleistigkeitstand. S. 23ff

<sup>370</sup> Vgl.: DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 10-21

<sup>371</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 28

<sup>372</sup> Vgl.: DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 10 ff

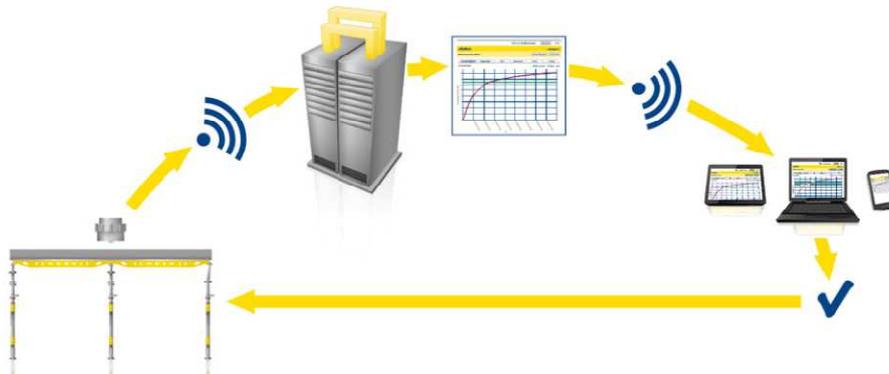


Bild 61 Schematischer Einsatzablauf<sup>373</sup>

Um aus den Temperaturmessungen der Messsensoren auf die Festigkeitsentwicklung des jungen Betons schließen zu können, sind vor der Betonage des zu untersuchenden Bauteils Kalibriermessungen der Betonsorte nötig. Mit Hilfe der Kalibriermessung wird anhand der Temperaturdaten der Sensoren im Rechenzentrum der Reifegrad des Betons bestimmt.<sup>374</sup>

Bei der Kalibrierung wird der Frischbeton der zu untersuchenden Betonsorte auf der Baustelle oder im Transportbetonwerk in zwei Kalibrierboxen (siehe Bild 63) mit je drei Betonwürfel (15 x 15 x 15 cm) gefüllt und verdichtet. Innerhalb dieser Kalibrierboxen erfahren die Betonwürfel eine teiladiabatische<sup>375</sup> Lagerung.<sup>376</sup>

Innerhalb der nächsten 2 Std. oder nach 18-24 Std. ruhiger Lagerung sind die Kalibrierboxen in ein Prüflabor zu transportieren und zur Aufrechterhaltung der teiladiabatischen Lagerungsbedingungen an das Stromnetz anzuschließen. Im Prüflabor werden die sechs Betonwürfel „in Abhängigkeit vom Zielwert ( $N/mm^2$  / MPa für Ausschalen, Nachbehandlung,...) [...] zu verschiedenen Zeiten geprüft.“<sup>377</sup> Die Prüfung hat entsprechend dem Prüfschema des Prüfprotokolls der Firma DOKA zu erfolgen. Hierzu werden die Betonwürfel mit Druckluft aus den Formen geblasen und einer Druckprüfung mittels Prüfpresse unterzogen. Die Messergebnisse, das Prüfdatum und die Uhrzeit sind in das Prüfprotokoll einzutragen (siehe Bild 63). Dieses Prüfprotokoll ist mittels E-Mail an das Rechenzentrum der Firma DOKA zu senden, woraus anschließend die Erstellung der Kalibrierkurve für die Concremote-Software erfolgt.<sup>378</sup>

<sup>373</sup> DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 11

<sup>374</sup> Vgl.: DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 10 ff

<sup>375</sup> adiabatisch=wärmedicht

<sup>376</sup> DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote-Kalibrierbox Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 6f

<sup>377</sup> DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote-Kalibrierbox Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 6

<sup>378</sup> Vgl.: DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote-Kalibrierbox Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 9f

Der Ablauf der Kalibriermessung ist in Bild 62 schematisch dargestellt.

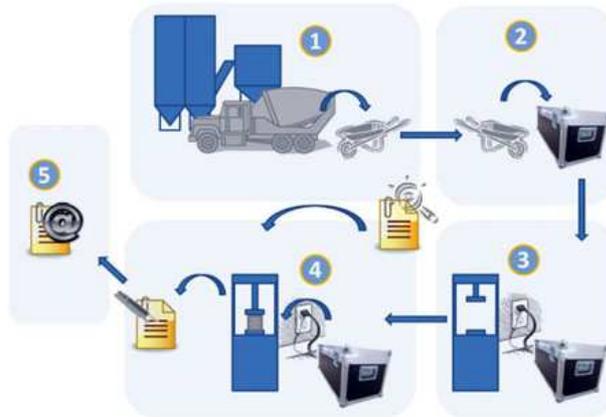
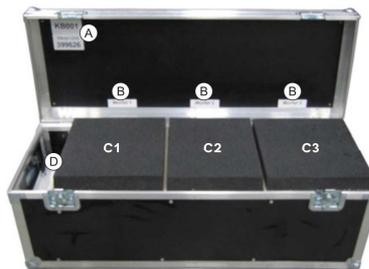


Bild 62 Schematischer Ablauf der Kalibriermessung<sup>379</sup>

### Prüfprotokoll Kalibriermessung (Muster)

Bei Fragen und/oder zur Weitergabe der Daten wenden Sie sich bitte an:

Festnetz: +31 77 850 7220  
 Mail: [support@concremote.com](mailto:support@concremote.com)  
 Fax: +31 77 850 7223



- A Seriennummer Kalibrierbox
- B Prüfwürfel Nummer
- C Prüfwürfel
- D Kalibrierbox ein/aus

#### Daten der Prüfung

Baustelle	Betonbezeichnung	Sortennummer	Lieferschein-Nr.
	Kalibrierbox 1 (K1)	Kalibrierbox 2 (K2)	Kalibrierbox 3 (K3)
Seriennummer:			Datum der Betonage TT.MM.JJJJ

Kalibrierbox	Prüfwürfel	Geprüft von	Prüfdatum / Zeit	Druckfestigkeit [kN]	Prognostizierte Festigkeit [kN]
K1	C1		TT.MM.JJJJ / hh:mm	xx	xx
	C2		TT.MM.JJJJ / hh:mm	xx	xx
	C3		TT.MM.JJJJ / hh:mm	xx	xx
K2	C1		TT.MM.JJJJ / hh:mm	xx	xx
	C2		TT.MM.JJJJ / hh:mm	xx	xx
	C3		TT.MM.JJJJ / hh:mm	xx	xx
K3	C1		TT.MM.JJJJ / hh:mm	xx	xx
	C2		TT.MM.JJJJ / hh:mm	xx	xx
	C3		TT.MM.JJJJ / hh:mm	xx	xx

Weichen die Ist-Werte der Prüfung um mehr als 5 kN von der Prognose ab, so muss der Support verständigt werden.

Bild 63 Prüfprotokoll der Kalibriermessung<sup>380</sup>

<sup>379</sup> DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote-Kalibrierbox Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 10

<sup>380</sup> DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote-Kalibrierbox Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 11

Zusätzlich zum Prüfprotokoll sind für die Kalibrierung, nach DOKA auch folgende Betondaten anzugeben:

- „*Betonsortenummer*
- *Bestellnummer*
- *Produktnummer*
- *Betonhersteller*
- *Lieferwerk (Adresse, Telefonnummer,...)*
- *Mengenangaben [kg/m<sup>3</sup>]*
- *Betonfestigkeitsklasse (z.B. C20/25)*
- *Festigkeitsentwicklung (schnell, mittel,...)*
- *Expositionsklasse (z.B. XC0)*
- *Zementart (z.B. CEM I)*
- *w/b-Wert bzw. w/z-Wert (z.B. 0,5)*
- *Größtkorn (z.B. GK 32/AB22)*
- *Konsistenzklasse (z.B. F3 bzw. F45)*
- *Zusatzmittel*<sup>381</sup>

Mit Hilfe der webbasierenden Concremote-Software können die Mitglieder des Sichtbetonteam online auf die Zeit-Druckfestigkeits-Diagramme oder die Zeit-Temperatur-Diagramme der gemessenen Bauteile zugreifen (siehe Bild 64) und anhand dieser Grafiken den frühestmöglichen bzw. für Sichtbeton günstigsten Ausschalzeitpunkt bestimmen.<sup>382</sup>

<sup>381</sup> DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote-Kalibrierbox Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 8

<sup>382</sup> Vgl.: DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 21



Bild 64 Ablesen und Auswerten der Messdaten<sup>383</sup>

Neben der für Sichtbetonbauteile wichtigen Bestimmung des Ausschaltzeitpunktes ist das Concremote-Messsystem der Firma DOKA auch für die folgenden baubetrieblich relevanten Anwendungen geeignet:

- *„Zielsichere Bestimmung des Ausschaltzeitpunktes-Optimierung der Taktzeiten-Verkürzung der Taktzeiten*
- *Prozesssicherheit-Entscheidungen auf Basis von Messwerten, nicht von Schätzwerten*
- *Bestimmung der Nachbehandlungszeit über die gemessene Festigkeitsentwicklung*
- *Sicherheit beim Einsatz von Kletterschalungen*
- *Messung der Hydrationswärmeentwicklung bei massigen Bauteilen*
- *Möglichkeit der jahreszeitlich bedingten Anpassung bzw. Optimierung der Betonrezeptur durch laufende Messung der Druckfestigkeitsentwicklung (z.B. langsame Festigkeitsentwicklung im Winter-Umstellung auf eine schnellere Festigkeitsentwicklung beim Beton)“<sup>384</sup>*

#### 5.2.9.4 Softwaregestützte Poren- und Lunkervermessung

Durch die Verwendung von digitaler Fototechnik in Kombination mit einer speziellen Bildanalysesoftware ist es möglich die Porenvermessung sowie die Verteilung der Poren einer Sichtbetonfläche automatisch durchzuführen. Für die Aufnahme ist eine handelsübliche Digitalkamera und

<sup>383</sup> Vgl.: DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 11

<sup>384</sup> Vgl.: ebenda S 30

„[...] eine Rahmenkonstruktion für die Markierung der auszuwertenden Flächenbereiche [...]“<sup>385</sup> erforderlich. Die Auswertung erfolgt mittels Bildanalysesoftware.<sup>386</sup>

Nach STANKE hat die Rahmenkonstruktion(siehe Bild 65) für die Abbildung des Aufnahmebereiches folgende Eigenschaften zu erfüllen:

- *“die geometrische Abgrenzung der Auswertefläche*
- *die farbliche Unterscheidbarkeit ausgewählter Punkte*
- *die Detektierbarkeit ausgewählter Punkte*
- *die Beurteilung des Helligkeitsverlaufes im Bild*
- *der Vergleich von Grauwert- und Farbeindrücken*
- *die Unterteilung des Auswertebereiches*
- *die Möglichkeit der Kennzeichnung der Aufnahme*
- *Fixierbarkeit am Untersuchungsobjekt*
- *ggf. weitere.“*<sup>387</sup>



Bild 65 Konstruktion eines geteilten Rahmens<sup>388</sup>

Nach der Bildaufnahme erfolgt durch die Bildanalysesoftware zunächst die Entzerrung sowie die metrische Kalibrierung der Aufnahme. Anschließend wird mit der Software ein Helligkeitsausgleich (Shadingkor-

<sup>385</sup> STANKE, G. et al.: Konzept und Ralisierung zu einem objektivierten Beurteilungsverfahren für Porenparameter im Sichtbeton mittels digitaler Fototechnik und Bildverarbeitung1. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 57

<sup>386</sup> Vgl.: STANKE, G. et al.: Konzept und Ralisierung zu einem objektivierten Beurteilungsverfahren für Porenparameter im Sichtbeton mittels digitaler Fototechnik und Bildverarbeitung1. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 57

<sup>387</sup> STANKE, G. et al.: Konzept und Ralisierung zu einem objektivierten Beurteilungsverfahren für Porenparameter im Sichtbeton mittels digitaler Fototechnik und Bildverarbeitung1. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 58

<sup>388</sup> STANKE, G. et al.: Konzept und Ralisierung zu einem objektivierten Beurteilungsverfahren für Porenparameter im Sichtbeton mittels digitaler Fototechnik und Bildverarbeitung1. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 58

rektur) durchgeführt, sodass sich die Poren- bzw. Lunkerstellen dunkel von der Betonoberfläche abheben.<sup>389</sup> Somit können „[...] für die einzelnen Lunker alle relevanten morphometrischen Merkmale wie Lunkerfläche, grösste Ausdehnung, Durchmesser des flächenäquivalenten Kreises, äquivalente Ellipse und weitere im Bild automatisch abgeleitet werden.“<sup>390</sup>

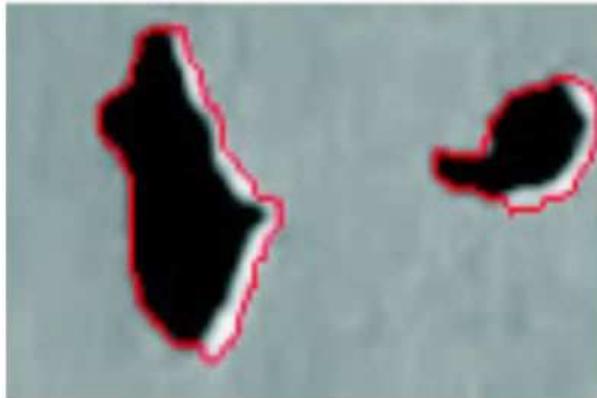


Bild 66 Begrenzungen der Porenfläche<sup>391</sup>

Nach der Bildanalyse werden „[...] die Ergebnisse nach Excel exportiert und stehen dort für eine statistische Auswertung, graphische Darstellungen sowie weitergehende Auswertungen, z.B. Gleichmässigkeit der Verteilung des Auftretens von Poren über die Fläche bereit.“<sup>392</sup>

Durch die Teilung des Rahmens in vier oder mehr Bereiche kann die Lunkerverteilung abgeleitet werden. „Die Homogenität bzw. Inhomogenität des Auftretens von Lunkern kann somit bewertet werden.“<sup>393</sup>

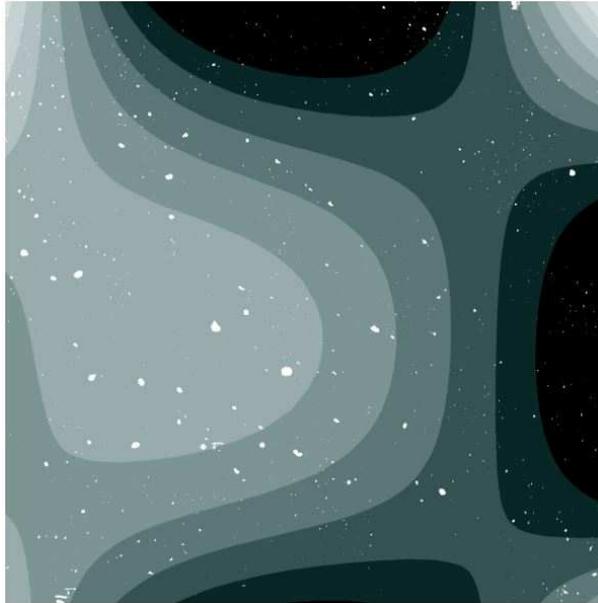
<sup>389</sup> Vgl.: STANKE, G. et al.: Konzept und Ralisierung zu einem objektivierten Beurteilungsverfahren für Porenparameter im Sichtbeton mittels digitaler Fototechnik und Bildverarbeitung1. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 59-60

<sup>390</sup> STANKE, G. et al.: Konzept und Ralisierung zu einem objektivierten Beurteilungsverfahren für Porenparameter im Sichtbeton mittels digitaler Fototechnik und Bildverarbeitung1. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 60

<sup>391</sup> GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG ANGEWANDTER INFORMATIK E.V.: Informationsschrift der Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik. [http://www.gfai.de/files/gfaiin\\_40\\_2\\_2007.pdf](http://www.gfai.de/files/gfaiin_40_2_2007.pdf). Datum des Zugriffs: 20.November.2015

<sup>392</sup> STANKE, G. et al.: Konzept und Ralisierung zu einem objektivierten Beurteilungsverfahren für Porenparameter im Sichtbeton mittels digitaler Fototechnik und Bildverarbeitung1. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 60

<sup>393</sup> STANKE, G. et al.: Konzept und Ralisierung zu einem objektivierten Beurteilungsverfahren für Porenparameter im Sichtbeton mittels digitaler Fototechnik und Bildverarbeitung1. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. S. 61



**Bild 67** Darstellung der Porenverteilung mittels “Verteilungsgebirges”<sup>394</sup>

Der Zeitaufwand für die Auswertung (Bildaufnahme inkl. Protokollierung) der softwaregestützten Poren- und Lunkervermessung liegt nach STANKE, ohne Vorbereitungszeit, bei einer Minute pro Quadratmeter. Wird die Vorbereitungszeit miteinbezogen, liegt das Einsparungspotenzial gegenüber der Handvermessung noch immer bei 80%.<sup>395</sup>

Da die Stabilität und damit auch die Qualität der Auswertungen sehr stark vom Lichteinfall auf die Prüffläche abhängen, wird für die Aufnahmeerstellung eine aktive Beleuchtung (Beleuchtungswinkel zwischen 15° und 30°) empfohlen.<sup>396</sup>

<sup>394</sup> GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG ANGEWANDTER INFORMATIK E.V.: Informationsschrift der Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik. [http://www.gfai.de/files/gfaiin\\_40\\_2\\_2007.pdf](http://www.gfai.de/files/gfaiin_40_2_2007.pdf). Datum des Zugriffs: 20.November.2015

<sup>395</sup> Vgl.: STANKE, G. et al.: Objektiviertes Beurteilungsverfahren für Sichtbeton mittels automatisierter Bildverarbeitung unter Berücksichtigung von Beleuchtungsvariationen. wissenschaftlicher Artikel. S. 6

<sup>396</sup> Vgl.: STANKE, G. et al.: Objektiviertes Beurteilungsverfahren für Sichtbeton mittels automatisierter Bildverarbeitung unter Berücksichtigung von Beleuchtungsvariationen. wissenschaftlicher Artikel. S. 7

## 6 Anwendung der Dokumentationsinstrumente in den Projektphasen des Sichtbetonprozesses

In diesem Abschnitt erfolgt die Zuordnung der in Kapitel 5.2 dargestellten Dokumentationsmethoden bzw. -instrumente zu den einzelnen Projektphasen bzw. zu den Steuer- und Störgrößen des Sichtbetonprozesses. Der Einsatz der vielfältigen Dokumentationsinstrumente im Projektverlauf des Sichtbetonprozesses stellt sicher, dass dieser eine umfassende Dokumentation erfährt und die Projektbeteiligten essenzielle Informationen über die zu bewältigende Sichtbetonaufgabe erhalten.

Der Ablauf bzw. die Projektphasen des Sichtbetonprozesses sind in Bild 68 dargestellt.

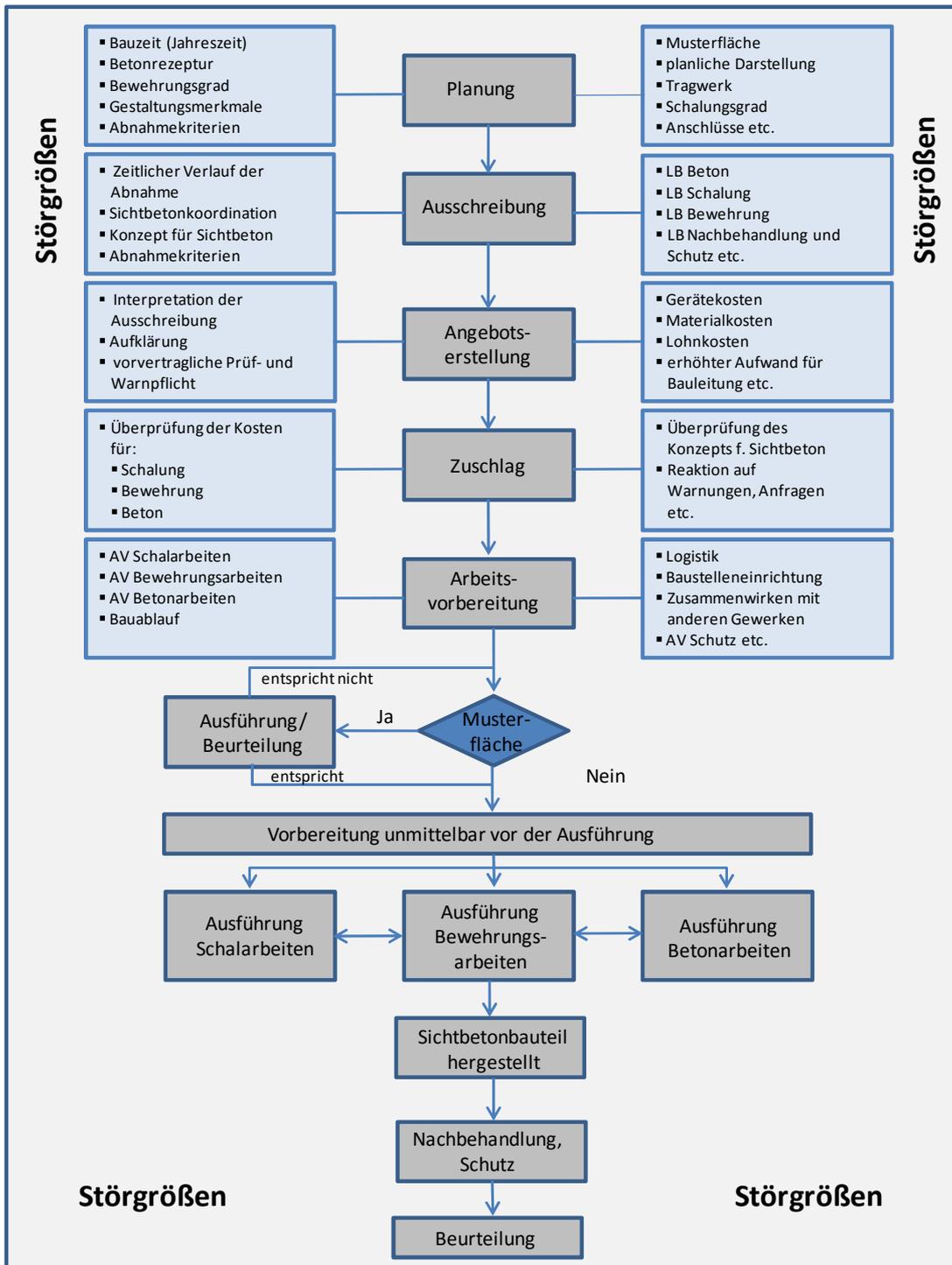


Bild 68 Ablauf bzw. Projektphasen des Sichtbetonprozesses (in Anlehnung an Hofstadler<sup>397</sup>)

<sup>397</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 231

## 6.1 Dokumentation der dispositiven Projektphasen

Die Projektphasen Planung, Ausschreibung, Angebotserstellung, Zuschlag und die Arbeitsvorbereitung können aufgrund ihrer planenden, steuernden und kontrollierenden Tätigkeiten als dispositive Projektphasen bezeichnet werden.

In der Projektphase Planung des Sichtbetonprozesses werden nach Bild 68 die Anforderungen wie die Gestaltungsmerkmale, die Bauzeit, die Abnahmekriterien, die Betonrezeptur und der Bewehrungsgrad durch den Auftraggeber und die Planer festgelegt. Die Dokumentationsinstrumente der dispositiven Tätigkeiten des Auftraggebers und der Planer sind die schriftlichen bzw. grafischen Darstellungen des Bauvorhabens in Plänen bzw. in Baubeschreibungen und Verträgen. Für die allgemeine bauliche Umsetzung des Sichtbetonvorhabens sind dies die Polier- und die Detailplanung des Architekten und die Bewehrungsplanung durch den Tragwerksplaner. Die für Sichtbetonflächen essenzielle Festlegung der Gestaltungsmerkmale wird anhand von Schalungsmusterplänen durch den Schalungsplaner bestimmt bzw. dokumentiert. Des Weiteren wird in der Planungsphase die Bauzeit, die Erfordernis von Musterflächen und die Abnahmekriterien im Bauablaufplan bzw. in der Baubeschreibung definiert und dokumentiert. Wie bereits in Kapitel 4.3 erläutert, sollten für eine sichtbetontaugliche Planung sämtliche Dokumente und Unterlagen der Planungsphase mit Hinzuziehung eines Sichtbetonkoordinators erstellt werden.

Für die Ausschreibungsphase des Sichtbetonprozesses gilt es, die Zielgrößen des Auftraggebers in eine sichtbetongerechte Leistungsbeschreibung zu umzuwandeln. Die Leistungsbeschreibung kann dabei einerseits als reine Zielbeschreibung, die das gewünschte Endergebnis wie beispielsweise eine bestimmte Sichtbetonklasse beschreibt, oder andererseits als Wegbeschreibung, welche die Art und Weise vorgibt, wie die Ziele des Auftraggebers zu erreichen sind (z.B. Vorgabe des Schalungssystems, Bewehrung, Trennmittel etc.), erfolgen.

Beispiele für eine Ziel- bzw. Wegbeschreibung einer Sichtbetonaufgabe sind in Bild 69 und Bild 70 dargestellt.

Sichtbetonvariante A - "Hallenseite"  
M1:100

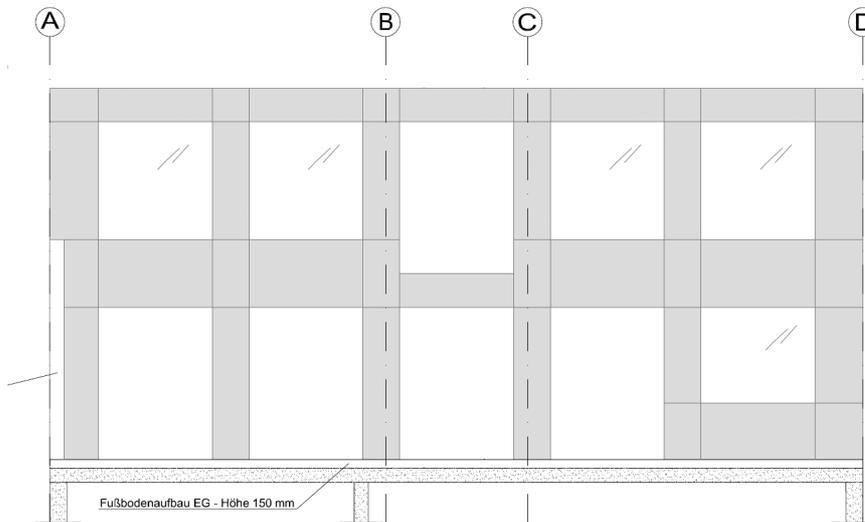


Bild 69 Beschreibung von Leistungen - Zielbeschreibung<sup>398</sup>

Schalhautbelegungsplan - 1. Abschnitt  
M1:100

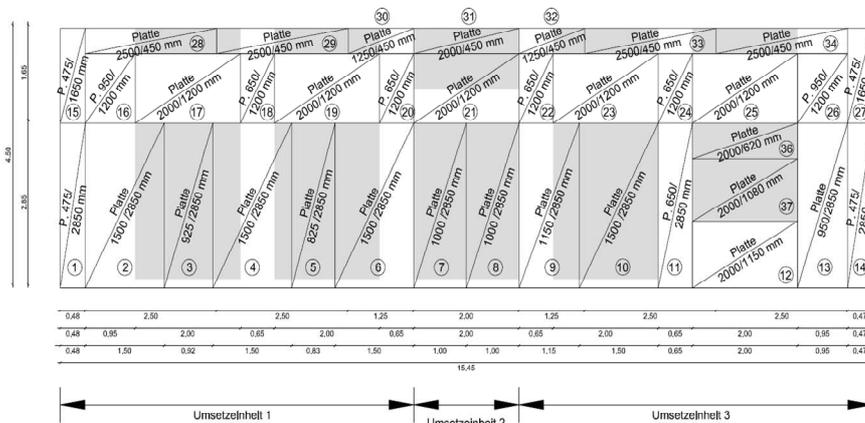


Bild 70 Beschreibung von Leistungen - Wegbeschreibung<sup>399</sup>

Da derzeit für die Ausschreibung von Sichtbetonleistungen keine standardisierten Leistungsbeschreibungen existieren, sind die Ausschreibungstexte individuell zu verfassen. Um die die gewünschten Sichtbetonqualitätsziele eindeutig und vollständig zu beschreiben, ist bei der Ausarbeitung der Ausschreibungsdokumente (Leistungsverzeichnis,

<sup>398</sup> HOFSTADLER, C.: Regelwerke für Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 60

<sup>399</sup> HOFSTADLER, C.: Regelwerke für Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 61

Pflichtenheft, Vertragsbestimmungen etc.) wiederum ein Sichtbetonkoordinator heranzuziehen.

Die Ausschreibungsdokumente für Sichtbetonleistungen sollten nach HOFSTADLER insbesondere folgenden Kriterien bzw. Angaben beinhalten:

- *„eindeutige und vollständige Beschreibung der Leistung*
- *Verwendung von erprobten Ausschreibungstexten (z.B. standardisierte Leistungsbeschreibung, Richtlinie Sichtbeton, Merkblatt Sichtbeton)*
- *klare Formulierung 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*
- *Vereinbarungen zur Abnahme/Übernahme (Kriterien und zeitlicher Verlauf)*
- *Vereinbarungen über den Schutz der Sichtbetonbauteile*
- *Vereinbarungen über die Abwicklung des Stillstandes bei den Sichtbetonarbeiten bei ungeeigneter Wetterlage etc.“<sup>400</sup>*

In der Phase der Angebotserstellung werden von den Bietern „[...] der erforderliche Einsatz der Produktionsfaktoren [...]“<sup>401</sup> kalkuliert. Hierzu werden die Ausschreibungsdokumente studiert und das Leistungsverzeichnis anhand der auftretenden Lohn-, Material- und Gerätekosten ausgerechnet. Kennwerte für diese Kosten können je nach Erfahrung des Bauunternehmens aus Projektdokumentationen abgeschlossener Bauvorhaben, aus der Literatur entnommen oder neu ermittelt werden.

<sup>400</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 222

<sup>401</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 222

Den Abschluss des Ausschreibungsvorganges bildet die Erteilung des Zuschlags auf ein Angebot eines Bieters. Sämtliche Bedingungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer für das Bauvorhaben werden hierzu im Bauvertrag dokumentiert bzw. festgelegt.

Nach Abschluss des Bauvertrages werden in der Arbeitsvorbereitung des Auftragnehmers „[...] alle Maßnahmen getroffen um die geforderte Sichtbetonqualität zu erzielen. Die vorgegebenen oder auszuwählenden Geräte und Materialien sind auf deren Eignung zur Zielerreichung zu überprüfen. Für die einzelnen Teilprozesse ist der geeignete Fertigungsablauf zu planen.“<sup>402</sup> Als Hilfestellung bzw. als Dokumentationsinstrument der Arbeitsvorbereitung wird die Verwendung von Checklisten empfohlen.

Aus den oben dargestellten Abschnitten kann zusammenfassend geschlossen werden, dass die Entscheidungen der dispositiven Projektphasen Planung, Ausschreibung, Angebotserstellung, Zuschlag und die Arbeitsvorbereitung durch manuelle schriftliche Dokumentationsinstrumente wie Pläne, Baubeschreibungen, Verträge und Checklisten durchgängig dokumentiert werden können.

## 6.2 Dokumentation der Musterflächen

Die Erstellung von Musterflächen ist in den Ausschreibungsunterlagen anzugeben und hat unter den örtlichen Baustellenbedingungen zu erfolgen. Musterflächen werden von der Richtlinie Sichtbeton für die Sichtbetonklassen SB 1 und SB 2 empfohlen bzw. gelten ab der Sichtbetonklasse SB 3 als erforderlich.<sup>403</sup> Musterflächen dienen vor allem „[...] als Vorbereitung des ausführenden Unternehmers zur Entwicklung und Absicherung seines technischen Vorgehens (Festlegung und Optimierung des erforderlichen Aufwandes, Einweisung und Schulung des Personals).“<sup>404</sup> Mit Hilfe von Musterflächen können die erreichbaren Gestaltungsmerkmale Porigkeit, Flächengliederung, Farbe, Textur und das Ankerbild authentisch dargestellt und dokumentiert werden. Anhand der aus der Betonage des Musterbauteils erreichten Qualitäten kann das Sichtbetonerteam gemeinsam mit dem Auftraggeber Referenzflächen vereinbaren und somit die Zielgrößen der Sichtbetonoberfläche definieren.<sup>405</sup>

<sup>402</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 234

<sup>403</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 8

<sup>404</sup> CEMSUISSE, VERBAND DER SCHWEIZERISCHEN CEMENTINDUSTRIE: Merkblatt für Sichtbetonbauten. Merkblatt. S. 41

<sup>405</sup> Vgl.: CEMSUISSE, VERBAND DER SCHWEIZERISCHEN CEMENTINDUSTRIE: Merkblatt für Sichtbetonbauten. Merkblatt. S. 41

Es gilt jedoch zu beachten, dass zwischen der Erstellung von Musterbauteilen und den eigentlichen Sichtbetonbauteilen eine große Zeitspanne liegen kann. Je nach Witterung kommt es dadurch zu einer mehr oder weniger großen Veränderung des Aussehens (Alterung) der Musterfläche. Für den späteren Vergleich mit dem "realen" Sichtbetonbauteil ist dies auf jeden Fall zu berücksichtigen. Die regelmäßige Bilddokumentation der Veränderung ist für den späteren Abgleich unbedingt durchzuführen.<sup>406</sup>

Bei der Erstellung von Musterflächen sind die „Bauteilgeometrien, Betondeckungen, Bewehrungsgrad und -verteilung, Einbauteile und die zum Einsatz kommende Betonzusammensetzung [des "realen" Sichtbetonbauteils zu, Anmerkung des Verfassers] berücksichtigen“<sup>407</sup>.

Um Diskrepanzen zwischen der Musterfläche und der Ansichtsfläche des späteren Sichtbetonbauteils bestmöglich zu minimieren, sollte die Erstellung der Musterfläche durch das selbe Betonierteam, welches auch später bei der Betonage des Sichtbetonbauteils zum Einsatz kommt, erfolgen. Die Wandhöhe, Wandstärke Schütthöhe und Betoniergeschwindigkeit des Musterbauteils sollten ebenfalls an das "reale" Sichtbetonbauteil angepasst werden. Zur Dokumentation des Herstellungsvorganges sowie der Herstellungsbedingungen ist bei der Erstellung von Musterbauteilen ein Musterflächenprotokoll zu führen. „Darin sind alle relevanten Aufzeichnungen über Gestaltungsmerkmale, Ausgangsmaterialien, Geräte, Arbeits- und Umweltbedingungen etc. festzuhalten.“<sup>408</sup> Siehe hierzu den Abschnitt Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5

Durch die Ausführung von mehreren Musterflächen können unterschiedliche Schalhäute, Trennmittel, Betonrezepte, Nachbehandlungsmaßnahmen und Arbeitsweisen zum Beispiel an untergeordneten Bauteilen wie Kellerwänden oder später nicht mehr sichtbaren Betonflächen getestet und deren Auswirkung auf die Sichtbetonfläche dokumentiert werden.

Die Ursache und Wirkung von unterschiedlichen Schalhauttypen sind in Bild 71 und Bild 72 dargestellt.

<sup>406</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 24

<sup>407</sup> CEMSUISSE, VERBAND DER SCHWEIZERISCHEN CEMENTINDUSTRIE: Merkblatt für Sichtbetonbauten. Merkblatt. S. 41

<sup>408</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 283



Bild 71 Ursache: Stellschalung mit unterschiedlichem Schalungshauttyp<sup>409</sup>



Bild 72 Wirkung: Unterschiedliche Farbtöne und Glanzgrade<sup>410</sup>

<sup>409</sup> MOTZKO, C.; LÖW, D.: Wechselwirkungen zwischen Schalungshaut, Betontrennmittel und Betonfläche. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 39

Ebenso können vermeidbare Fehler des Betonerteams mit Hilfe von Musterflächen aufgezeigt und später für die Betonage des realen Sichtbetonbauteils ausgeschlossen werden.<sup>411</sup>

In Bild 73 ist ein fertiggestelltes Sichtbetonmusterbauteil dargestellt. Anhand der Musterfläche können die Qualitäten der erreichten Gestaltungsmerkmale durch das Sichtbetoneteam (siehe Bild 74) bestens beurteilt und im Musterflächenprotokoll oder anhand von Fotografien dokumentiert werden.

Bei der Beurteilung einer Musterfläche sind jedoch nach der Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen folgende Einflüsse zu berücksichtigen:

- *„Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen*
- *Berücksichtigung der Tageszeit und der Lichtverhältnisse*
- *Berücksichtigung des Umstands, dass sich mit jedem Einsatz die Schalhaut 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 (Ausheilungseffekt) usw.“<sup>412</sup>*



**Bild 73 Gestaltungsmerkmale des Musterbauteils<sup>413</sup>**

<sup>410</sup> MOTZKO, C.; LÖW, D.: Wechselwirkungen zwischen Schalungshaut, Betontrennmittel und Betonfläche. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 40

<sup>411</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 22

<sup>412</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 23

<sup>413</sup> <http://www.beton.org/wissen/beton-bautechnik/sichtbeton/>. Datum des Zugriffs: 9.November.2015



Bild 74 Dokumentation der erreichten Qualitäten und Festlegung einer Referenzfläche durch das Sichtbetonteam<sup>414</sup>

### 6.3 Dokumentation der Vorbereitungsmaßnahmen unmittelbar vor der Ausführung

Bevor mit der Ausführungsphase des Sichtbetonprozesses begonnen werden kann, hat der Betonverwender (=Auftragnehmer) in Zusammenarbeit mit dem Betoningenieur und dem Sichtbetonkoordinator dem Auftraggeber „[...] mindestens 8 Wochen vor Betonierbeginn ein betontechnologisches Konzept-Sichtbeton [...] in schriftlicher Form vorzulegen.“<sup>415</sup>

Nach TRAVNICEK hat das betontechnologische Konzept folgende Punkte und Maßnahmen zu enthalten:

#### „Betonhersteller (BH)

Das Betontechnologische Konzept (BK) hat zu enthalten:

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

<sup>414</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 22

<sup>415</sup> HOFSTADLER, C.; SCHIEDER, A.: Sichtbeton Leitfaden - Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S. 112

### **Anforderung an die Betonoberfläche/Art der Schalung**

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

Das BK hat zu enthalten:

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

### **Betoniertakte und Arbeitsfugen**

Das BK hat folgende Angaben zu den Betonierterminen zu machen:

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

Das BK hat folgende Angaben zu Decken zu machen:

- Dauer der Verlegearbeiten der Bewehrung inkl. der Maßnahmen zur Verhinderung von Rostspuren auf der Deckenunterseite
- Betoniertakte/Ausschalfestigigkeiten
- Ausschalfristen, Betonieröffnungen-Rüttelgassen und Arbeitsfugen inkl. Beschreibung der rissminimierenden Maßnahmen in Abstimmung mit dem Planer (Statiker)
- Nachweis W 45 (Wärmeentwicklungsklasse) im Bauteil falls erforderlich

Das BK hat folgende Angaben zu Wänden zu machen:

- Betoniertakte/Ausschalfestigigkeiten
- Ausschalfristen
- Betonieröffnungen-Rüttelgassen und Arbeitsfugen - siehe nachfolgenden Punkt "Ausbildung von Betonieröffnungen-Rüttelgassen, Arbeitsfugen Decken/Wände" inkl. Beschreibung der rissminimierenden Maßnahmen in Abstimmung mit dem Planer (Statiker)
- Nachbehandlung Nachweis W 45 im Bauteil bei Wänden  $d > 30\text{cm}$

*Ausbildung von Betonieröffnungen-Rüttelgassen, Arbeitsfugen Decken/Wände*

*Diese sind seitens des BV und des Planers rechtzeitig abzustimmen und im Betonierkonzept zu definieren.*

- *Das BK hat zu enthalten:*
- *Betonieröffnungen-Rüttelgassen/Lage und Ausbildung*
- *Definition und Lage der Arbeitsfugen, Ausbildung der Arbeitsfugen*

### **Betoneinbau**

*Das BK hat zu enthalten:*

- *Trennmittel/Type, Hersteller und Methode des Auftrags*
- *Art der Betonförderung zur Einbaustelle*
- *Art des Betoneinbaues (Höhe der einzelnen Lagen, Maßnahmen zur Einhaltung der normativ zulässigen Fallhöhen des Frischbetons)*
- *Definition von Stell- und Schließschalung/Ansichtsfläche Sichtbeton*
- *Art der Verdichtung inkl. der zu verwendenden Verdichtungsgeräte*
- *Betonieröffnungen und Rüttelgassen in Abstimmung mit dem Planer (Statiker) gem. "Ausbildung von Betonieröffnungen-Rüttelgassen, Arbeitsfugen Decken/Wände"*
- *Konzept für den Einsatz von Schalungsrüttlern (Umsetzen der Rüttler bzw. in Kombination mit Innenrüttlern)*
- *Maßnahmen bei Ausfall von Verdichtungsgeräten*
- *Maßnahmen des BV und des BH bei Ausfall der Mischanlage*
- *Maßnahmen bei plötzlichem Witterungsumschwung z.B. Regen*
- *Maßnahmen bei kühler und heißer Witterung, insbesondere Nachweis W 45 im Bauteil*
- *Maßnahmen zur Verhinderung von Rostspuren auf der Deckenunterseite, die lediglich im Rahmen einer Nebenleistung liegen*

### **Nachbehandlung (Nebenleistung gem. ÖNORM B 2211)**

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

*Das BK hat zu enthalten:*

- *Methode(n) der Nachbehandlung*

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

### **Betonsorte/Betonfarbe und Betonprüfung**

Als Betonsorte wird für die Bauteile XX XX XX

**C XX XXX XXX**

festgelegt. Erst-, Konformitäts- und Identitätsprüfung sind gem. ÖNORM B 4710-1 und der ÖVBB RL durchzuführen. Die entsprechenden Erstprüfungen sind mindestens 8 Wochen - gleichzeitig mit dem Betonierkonzept - vor Betonierbeginn dem AG vorzulegen.

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

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

ID-Prüfungen sind durch den AG/ÖBA gem. ÖNORM B 4710-1/Anhang B zu veranlassen. Die Erstellung eines Prüfplanes ist gemeinsam mit BH und BV anlässlich der Startbesprechung vorzunehmen.“<sup>416</sup>

#### **6.3.1 Anforderungen an den Beton**

Eine ausführliche Dokumentation des Betonrezeptes und des Mischprozesses im Transportbetonwerk ist für die Kontrolle des Frischbetons vor dem Einbau und für eine umfassende Sichtbetondokumentation unerlässlich.

Für die Rezeptentwicklung von Sichtbeton ist nach der ÖNORM B 4710-1 mindestens eine Betonsorte B2 der Tabelle 43 zu verwenden.<sup>417</sup>

<sup>416</sup> HOFSTADLER, C.; SCHIEDER, A.: Sichtbeton Leitfaden - Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S. 111 ff.

<sup>417</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 66

**Tabelle 43** Betonkurzbezeichnungen und damit abgedeckte Umweltklassen (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>418</sup>)

Kurzbezeichnung	Abgedeckte Umweltklasse	W/B-Wert	Luftgehalt in %
B1	XC3 (A)	0,60	-
B2	XC3/XD2/XF1/XA1L/SB (A)	0,55	-
B3	XC3/XD2/XF3/XA1L/SB (A)	0,55	2,5 bis 5,0
B4	XC4/XD2/XF1/XA1L/SB (A)	0,50	-
B5	XC4/XD2/XF2/XA1L/SB (A)	0,50	2,5 bis 5,0
B6/C3A-frei	XC4/XD2/XF3/XA2L/XA2T/SB (A)	0,45	2,5 bis 5,0
B7	XC4/XD3/XF4/XA1L/SB (A)	0,45	4,0 bis 8,0
B8	XC3/UB1(A)	0,60	-
B9	XC3/UB2 (A)	0,60	-
B10	XC3/XD2/XF1/XA1L/UB1(A)	0,55	-
B10/C3A-frei	XC3/XD2/XF1/XA1L/XA1T/UB1/C3Afrei (A)	0,55	-
B11	XC3/XD2/XF1/XA1L/UB2 (A)	0,55	-
B11/C3A-frei	XC3/XD2/XF1/XA1L/XA1T/UB2/C3Afrei (A)	0,55	-
B12	XC4/XD2/XF1/XA1L/UB1(A)	0,50	-
B12/C3Afrei	XC4/XD2/XF1/XA1L/XA1T/UB1/C3Afrei	0,50	-
HL-SW	XC4/XD3/XF3/XA3L/XA3T	0,34	-
HL-B	XC4/XD3/XF4 (A)	0,34	4,0 bis 8,0

Der Mehlkorngelalt von Sichtbetonrezepten sollte nach der ÖNORM B 4710-1 die obere Grenze der Werte von Tabelle 44 erreichen bzw. bis 10 % darüber liegen.<sup>419</sup>

**Tabelle 44** Empfohlener Mehlkorngelalt, Kornanteil mit Korngrößen < 0,125 mm (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>420</sup>)

Größtkorn der Gesteinskörnung (GK)	empfohlener Mehlkorngelalt
	kg/m <sup>3</sup>
8	450 ± 25
16	375 ± 25
22	350 ± 25
32	325 ± 25

Neben den Mindestanforderungen an das Betonrezept für Sichtbeton der ÖNORM B 4710-1 (siehe Tabelle 43 und Tabelle 44) stellt die Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen in Tabelle 45 folgende Anforderungen an die Betonzusammensetzung:

<sup>418</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTRIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 115

<sup>419</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTRIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 66

<sup>420</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTRIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 57

**Tabelle 45 Anforderung an die Betonzusammensetzung bei GK22, Herstellung und Nachbehandlung BSBQ1 und BSBQ2 (in Anlehnung an die Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen<sup>421</sup>)**

Anforderungen	BSBQ1 entspricht SB/BL gemäß ÖNORM B 4710-1	BSBQ2
Zementsorte	CEM I-CEMIII Sulfathüttenzement kein Wechsel des Herstellers	CEM I, CEM II kein Wechsel des Herstellers und der Zementsorte (keine Kombination unterschiedlicher Zementsorten)
Zusatzstoff	gemäß ÖNORM B 4710-1	keine Zugabe mit Ausnahme von Pigmenten und Gesteinsmehl
Gesteinskörnung	Sieblinienklasse SK2	Sieblinienklasse SK1 kein Wechsel der Gewinnungsstätte
Festigkeitsklasse	gemäß den statischen Vorgaben	
Anrechenbarer Bindemittelgehalt	mind. 300 kg/m <sup>3</sup> bzw. ÖNORM B 4710-1 Tab. NAD 10	mind. 340 kg/m <sup>3</sup> bzw. ÖNORM B 4710-1 Tab. NAD 10
Mehlkorngehalt	ÖNORM B 4710-1 / Tab. NAD 9 und Pkt. 5.4.5.3 bzw. 5.4.8	ÖNORM B 4710-1 / Tab. NAD 9 und Pkt. 5.4.5.3
Wirksamer Wassergehalt	-	max. 180 kg/m <sup>3</sup>
W/B-Wert bei Erstprüfung	max 0,53 bzw. gem. erforderlicher Expositionsklasse	
W/B-Wert Schwankung	zulässig +0,02 vom Zielwert gem. ÖNORM B 4710-1, Tab. 17	zulässig ±0,02 vom Zielwert
Bluten	max 10 kg/m <sup>3</sup>	max 7 kg/m <sup>3</sup>
Konsistenz	mind. F45	mind. F45 empfohlen F52
Konsistenzschwankungen	gem. ÖNORM B 470-1, Tab. 18	± 3 cm vom Zielwert
LP-Gehalt	gem. erforderlicher Expositionsklasse	
Konformitäts- und Identitäts- prüfung	gem. ÖNORM B 4710-1	
Mischanlage	-	Mikroprozessoresteuerung ÖNORM B 4710-1, Pkt. 9.6.2.3
Mischzeit (nass)	-	50 sec. ± 10 sec. (zusätzlich 15 sec. Bei LP- Beton)
Nachbehandlung	ÖNORM B 4710-1, Tab. NAD 17	ÖNORM B 4710-1, Tab. NAD 17 Methodik gem. Probestfläche bzw. Muster- fläche, kein Wechsel in der Methodik
Ausschalfristen	ÖNORM B 4710-1, Tab. NAD 18-19	nach Vorgabe der Erprobungsflächen
Frischbetontemperatur an der Einbaustelle	max. +27 °C	+15 bis +27°C
Lufttemperatur beim Betoneinbau	-	+5 bis +30°C

### 6.3.2 Erstprüfung

Die Entwicklung einer neuen Sichtbetonrezeptur erfordert für die Gewährleistung der festgelegten Anforderungen an den Beton, nach

<sup>421</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBV): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 36

ÖNORM B 4710-1 eine Erstprüfung der Betonzusammensetzung durch das Transportbetonwerk.<sup>422</sup>

„Die aufgrund der Erstprüfung festgelegte Betonzusammensetzung ist im Betonsortenverzeichnis zu dokumentieren.“<sup>423</sup>

Das Betonsortenverzeichnis hat nach ÖNORM B 4710-1 folgende Angaben zu enthalten:

- „vollständige Betonsortenbezeichnung,
- Menge aller Einzelbestandteile für 1 m<sup>3</sup> verdichten Betons (Zielwerte),
- Herkunft, Art, garantierte Anforderungen der Gesteinskörnungen, Konformitätsnachweis (CE- Kennzeichnung für in Verkehr gebrachte Gesteinskörnungen),
- Zementsorte, Zementgüteklasse, Lieferwerk,
- Art (Wirkungsweise), Handelsbezeichnung und Beigabemenge allfälliger Betonzusatzstoffe und/oder Betonzusatzmittel,
- Luftgehalt bei LP- Beton,
- mittlere Rohdichte des Frischbetons, ermittelt mit dem 8- Liter LP- Topf,
- Datum und Ergebnisse der letzten Erstprüfung“<sup>424</sup>

Die Dokumentation der Erstprüfung hat auf Formblatt 1-1 und Formblatt 1-2 der ÖNORM B 4710-1 zu erfolgen (siehe Kapitel 5.2.6).

Nach TRAVNICEK ist diese Erstprüfung des Betonrezeptes mindestens 8 Wochen vor Betonierbeginn dem Auftraggeber vorzulegen.<sup>425</sup>

### 6.3.3 Produktionskontrolle des Transportbetons

Für ein möglichst homogenes Erscheinungsbild von Sichtbetonflächen ist es entscheidend, dass die Betonausgangsstoffe in ihrer Morphologie möglichst geringen Schwankungen unterworfen sind. Etwaige Toleranzen sind zwischen dem Betonverwender und dem Transportbetonwerk vertraglich festzulegen. Ein Produkt- bzw. ein Wechsel der Hersteller für die Betonausgangsstoffe ist für Sichtbetonrezepturen nicht bzw. nur durch die Zustimmung des Sichtbetonteams zulässig. Bei der Lagerung

<sup>422</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 96

<sup>423</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 96

<sup>424</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 96

<sup>425</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.; SCHIEDER, A.: Sichtbeton Leitfaden - Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. S. 115

der Betonausgangsstoffe ist darauf zu achten, dass es „[...] durch klimatische Einwirkungen, Vermischung oder Kontamination [...]“<sup>426</sup> zu keiner wesentlichen Veränderung der Eigenschaften kommt.

Für die Herstellung von hochwertigem Sichtbeton (BSBQ2) sind nach der Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen ausschließlich computergesteuerte Mischer mit Mikroprozessorsteuerung<sup>427</sup> zu verwenden.<sup>428</sup> Mischer mit Mikroprozessorsteuerung führen die Einwaage der Zuschlagsstoffe auf Basis einer dynamischen Feuchtemessung durch und berücksichtigen daher die Eigenfeuchte der Betonausgangsstoffe im Betonrezept.

Eine visualisierte Darstellung einer Mischanlage mit Mikroprozessorsteuerung sowie der softwaregesteuerten Dateneingabemaske ist in Bild 75 und Bild 76 ersichtlich.

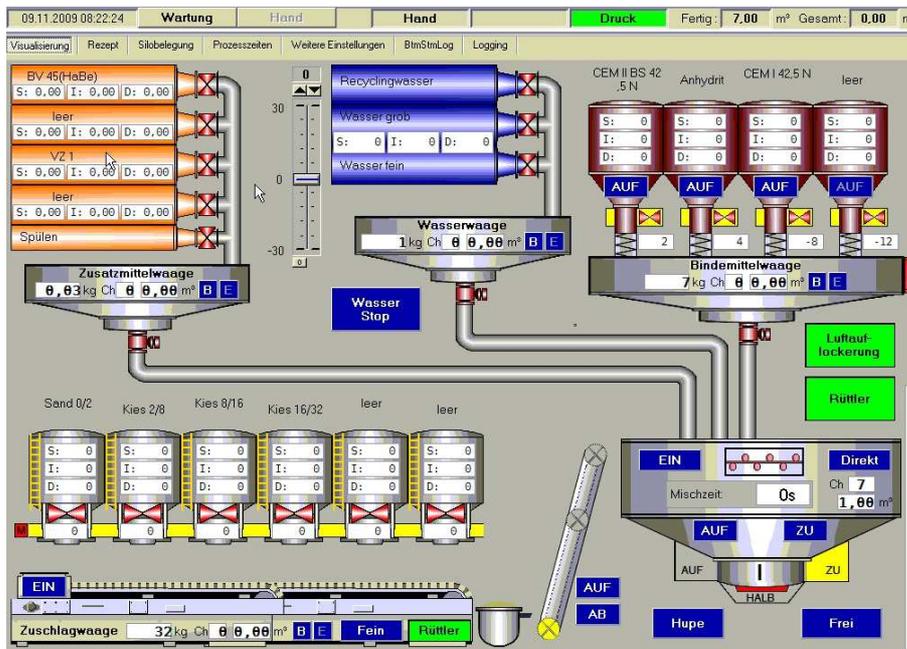


Bild 75 Visuelle Darstellung einer Transportbetonmischanlage<sup>429</sup>

<sup>426</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 97

<sup>427</sup> Steuerung, bei der ein Mikroprozessor elektrische Impulse von Messwertgebern steuert, verarbeitet und dokumentiert

<sup>428</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 36

<sup>429</sup> <http://www.psacontrols.com/?id=28>. Datum des Zugriffs: 22.Oktober.2015

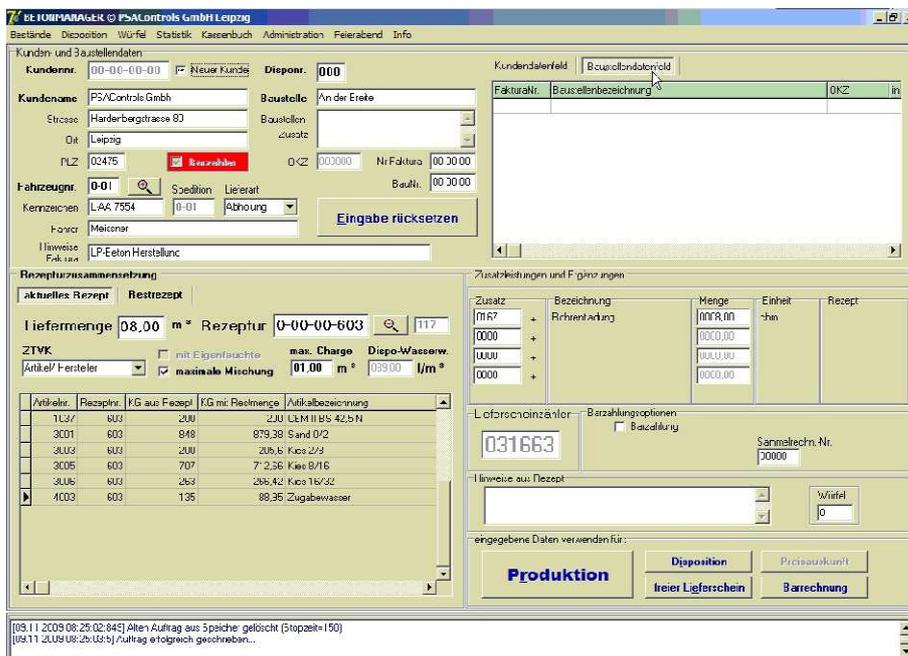


Bild 76 Dateneingabemaske einer Transportbetonmischanlage<sup>430</sup>

Nach der ÖNORM B 4710-1 hat die Mikroprozessorsteuerung folgende Anforderungen und Vorgänge zu erfüllen und durchzuführen:

- „Rezept-Speicherung mit Ausdruck,
- Messung und Protokollierung des Wassergehaltes von mindestens 90 % des Kornanteiles unter 4 mm mit Mess-Sonden mit einem Toleranzbereich  $\pm 0,5$  % der Masse und automatischer Korrektur der Wasserzugabe. Der durchschnittliche Wassergehalt der restlichen Körnungen ist gesondert zu berücksichtigen.
- Soll-Ist-Wert-Kontrolle der Einwaage aller Betonkomponenten je Charge oder Ladung,
- Protokollierung aller Einwaagen für eine Charge oder eine Ladung mit den Wägeabweichungen,
- Protokollierung des Ist-WB-Wertes,
- Protokollierung der Mischzeit,
- Statistik und Dokumentation: Folgende Daten müssen erfasst, gespeichert und für einen wählbaren Zeitabschnitt übersichtlich dokumentiert werden können:
  - ❖ Anzahl der Gesamtcharges,

<sup>430</sup> <http://www.psacontrols.com/?id=28>. Datum des Zugriffs: 22.Oktober.2015

- ❖ *Anzahl der Chargen mit Überschreitung der Toleranzen gemäß Tabelle NAD 15 [ in der ÖNORM B 4710, Anmerkung des Verfassers] oder Handumschaltung,*
- ❖ *Mittelwert, Maximum und Minimum der Einwaagen der Betonausgangsstoffe (Zement, Zusatzstoffe, Zusatzmittel, Gesteinskörnungen, Wassergehalt der Gesteinskörnung(en), Zugabe- und Spülwasser) im Vergleich zur Sollmenge.*<sup>431</sup>

Als Dokumentationsinstrument des Mischprozesses dient das in Kapitel 5.2.7 dargestellte Chargenprotokoll.

Für die Gewährleistung zu Einhaltung der geforderten Betoneigenschaften ist es erforderlich, „[...] , dass die Vorrichtungen für die Lagerung, die Wäge- und Messeinrichtungen, der Mischer und die Steuerungsgeräte (zB zum Messen des Wassergehaltes der Gesteinskörnung) in gutem Betriebszustand sind [...]“<sup>432</sup> bzw. den Anforderungen der ÖNORM B 4710-1 entsprechen.

Die Art und Häufigkeit der Überprüfung der Betonausgangsstoffe, der Ausrüstung des Transportbetonwerks, sowie der Herstellungsverfahren und der Betoneigenschaften ist in den nachfolgenden Tabellen dargestellt:

---

<sup>431</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 98

<sup>432</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 101

Tabelle 46 Kontrolle der Betonausgangsstoffe (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>433</sup>)

	Betonausgangsstoff	Überprüfung/Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
1	Zemente <sup>a</sup>	Überprüfung des Lieferscheins <sup>b</sup> vor dem Entladen	Sicherstellen, dass die Lieferung der Bestellung entspricht und die richtige Herkunft hat	jede Lieferung
2	Gesteinskörnung	Überprüfung des Lieferscheins <sup>a, c</sup> vor dem Entladen	Sicherstellen, dass die Lieferung der Bestellung entspricht und die richtige Herkunft hat	jede Lieferung
3		Überprüfung der Gesteinskörnung vor dem Entladen	Vergleich mit üblichem Aussehen hinsichtlich Kornverteilung, Kornform und Verunreinigungen	jede Lieferung. bei Lieferung über Förderband in regelmäßigen Abständen, abhängig von örtlichen Bedingungen oder Lieferbedingungen
4		Siebversuch nach ÖNORM EN 933-1	Beurteilen der Übereinstimmung mit der genormten oder einer anderen vereinbarten Kornverteilung	Erstlieferung von einer neuen Herkunft, wenn diese Angabe durch den Lieferer der Gesteinskörnung nicht verfügbar ist. Im Zweifelsfall nach Augenscheinprüfung. In regelmäßigen Abständen, abhängig von örtlichen Bedingungen oder Lieferbedingungen <sup>d</sup>
5		Prüfung auf Verunreinigungen	Beurteilen auf Vorhandensein und Menge von Verunreinigungen	Erstlieferung neuer Herkunft, wenn diese Angabe durch den Lieferer der Gesteinskörnung nicht verfügbar ist. Im Zweifelsfall nach Augenscheinprüfung. In regelmäßigen Abständen, abhängig von örtlichen Bedingungen oder Lieferbedingungen <sup>d</sup>
6		Prüfung der Wasseraufnahme nach ÖNORM B 3303 und ÖNORM EN 1097-6	Beurteilen des tatsächlichen Wassergehalts des Betons, siehe 5.4.2 der ÖNORM B 4710-1	Erstlieferung von einer neuen Herkunft, wenn diese Angabe durch den Lieferant der Gesteinskörnung nicht verfügbar ist. Im Zweifelsfalle
7	zusätzliche Überwachung der Leicht- und Schwergesteinskörnungen für Schwerbeton <sup>e</sup>	Prüfung der Schüttdichte nach ÖNORM EN 1097-3 bzw. der Rohdichte	Messen der Schüttdichte für Leichtgesteinskörnung oder der Rohdichte für Schwergesteinskörnung	Erstlieferung von einer neuen Herkunft, wenn diese Angabe durch den Lieferant der Gesteinskörnung nicht verfügbar ist. Im Zweifelsfall nach Augenscheinprüfung. In regelmäßigen Abständen, abhängig von örtlichen Bedingungen oder Lieferbedingungen <sup>d</sup>

<sup>433</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMANAGEMENT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 103

Tabelle 47 Kontrolle der Betonausgangsstoffe, fortgesetzt (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>434</sup>)

	Betonausgangsstoff	Überprüfung/Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
8	Zusatzmittel <sup>f</sup>	Überprüfung des Lieferscheins und der Bezeichnung auf dem Behälter <sup>b</sup> vor dem Entladen	Sicherstellen, dass die Lieferung der Bestellung entspricht und ordnungsgemäß bezeichnet ist	jede Lieferung
9	Zusatzmittel <sup>f</sup>	Überprüfungen zur Identifizierung nach ÖNORM EN 934-2, zB Rohdichte, Feststoffgehalt, Infrarotspektrum usw.	Vergleich mit den Daten des Herstellers	im Zweifelsfall
10	Zusatzmittel <sup>f</sup> pulverförmig	Überprüfung des Lieferscheins <sup>b</sup> vor dem Entladen	Sicherstellen, dass die Fracht (Lieferung) der Bestellung entspricht und die richtige Herkunft hat	jede Lieferung
11		Prüfung des Glühverlustes gemäß ÖNORM EN 196-2	Erkennen von Änderungen des Kohlenstoffgehalts, der Luftporenbeton beeinflussen könnte	jede Lieferung bei Luftporenbeton, msofern die Information vom Lieferanten nicht verfügbar ist
12	Zusatzstoff als Suspension <sup>a</sup>	Überprüfung des Lieferscheins <sup>b</sup> vor dem Entladen	Sicherstellen, dass die Fracht (Lieferung) der Bestellung entspricht und die richtige Herkunft hat	jede Lieferung
13		Dichtebestimmung Feststoffgehalt	Sicherstellen der Gleichmäßigkeit	jede Lieferung und zusätzlich in regelmäßigen Abständen während der Betonherstellung
14	Wasser	Prüfung nach ÖNORM EN 1008	Sicherstellen, dass das Wasser frei von betonschädlichen Bestandteilen ist, sofern es sich nicht um Trinkwasser handelt	wenn Nicht-Trinkwasser von einer neuen Herkunft erstmalig verwendet wird
15	Restwasser	Dichte gemäß ÖNORM B 3303	Berücksichtigung gemäß 5.1.4 der ÖNORM B 4710-1	nach Inbetriebnahme 4 x wöchentlich, danach monatlich
<p>a Es wird empfohlen, einmal je Woche von jeder Zementart, Zusatzmittel und Zusatzstoff unverschmutzte Proben zu nehmen und diese für Prüfungen im Zweifelsfalle aufzubewahren. Die Probe ist mit Lieferdatum und Lieferscheinnummer zu kennzeichnen. Die Probenmenge für Zement und Zusatzstoffe muss mindestens 5 kg (bei Zusatzmittel 1 l) betragen. Die Lagerung hat in luftdichten Behältnissen frostfrei zu erfolgen. Die Prüfstellen sind vorweg zwischen Lieferant und Verwender zu vereinbaren.</p> <p>b Eine Konformitätserklärung oder ein Konformitätszertifikat, wie sie in der einschlägigen Norm oder Festlegung gefordert wird, muss auf dem Lieferschein stehen oder beigelegt sein.</p> <p>c Der Lieferschein (Produktionsunterlagen) muss auch Angaben über den höchstzulässigen Chloridgehalt enthalten und sollte eine Klassifizierung der Empfindlichkeit gegen Alkali-Silika-Reaktion (erforderlich gemäß Tabelle NAD 6) nach den am Verwendungsort des Beton geltenden Vorschriften angeben.</p> <p>d Dies ist nicht erforderlich, wenn die Produktionskontrolle für die Gesteinskörnung zertifiziert wurde.</p> <p>e Für Gesteinskörnungen mit einer Rohdichte über 2,0 kg/dm<sup>3</sup> ist nicht die Schüttdichte, sondern die Rohdichte der relevante Parameter.</p> <p>f Es wird empfohlen, von jeder Lieferung Proben zu entnehmen und aufzubewahren, siehe auch Fußnote a.</p>				

<sup>434</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMANAGEMENT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 104

**Tabelle 48** Kontrolle der Ausstattung (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>435</sup>)

	Ausstattung	Überprüfung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
1	Lager, Behälter usw.	Augenscheinprüfung	Sicherstellen der Konformität mit den Anforderungen	ein Mal wöchentlich
2	Wägeeinrichtung	Augenscheinprüfung der Funktion	Sicherstellen, dass die Wägeeinrichtung in sauberem Zustand ist und einwandfrei funktioniert	täglich
3		Prüfung der Wäagegenauigkeit	Sicherstellen der Genauigkeit nach 9.6.2.2 der ÖNORM B 4710-1	– nach Aufstellung. – in regelmäßigen Abständen <sup>a, b</sup> protokollarischer Nachweis abhängig von nationalen Regelungen – im Zweifelsfall
4	Zugabegerät für Zusatzmittel (einschließlich solcherauf Fahrmisschern)	Augenscheinprüfung der Funktion	Sicherstellen, dass die Messeinrichtung in sauberem Zustand ist und einwandfrei funktioniert	Für jedes Zusatzmittel bei der ersten Mischerfüllung des Tages
5		Prüfung der Genauigkeit	Vermeiden ungenauer Zugabe	– nach Aufstellung. – in regelmäßigen Abständen <sup>a, b</sup> nach Aufstellung. Im Zweifelsfall
6	Wasserzähler	Prüfung der Messgenauigkeit	Sicherstellen der Genauigkeit nach 9.6.2.2 der ÖNORM B 4710-1	– nach Aufstellung. – in regelmäßigen Abständen <sup>a, b</sup> nach Aufstellung. – im Zweifelsfall
7	Gerät zur stetigen Messung des Wassergehaltes der feinkörnigen Gesteinskörnung	Vergleich der tatsächlichen Menge mit der Anzeige des Messgeräts	Sicherstellen der Genauigkeit	– nach Aufstellung. – in regelmäßigen Abständen <sup>a</sup> nach Aufstellung. – im Zweifelsfall – 1 x je Betriebsmonat
8	Dosiersystem	Augenscheinprüfung	Sicherstellen, dass das Dosiersystem einwandfrei funktioniert	täglich
9		Vergleich (durch ein geeignetes Verfahren je nach Dosiersystem) der tatsächlichen Masse aufgrund der Waagenanzeigen der Ausgangsstoffe der Mischung mit der Zielmasse und, bei selbst-tätiger Aufzeichnung, auch der ausgedruckten Menge	Sicherstellen der Genauigkeit nach Tabelle 21 bzw. Tabelle NAD 15 der ÖNORM B 4710-1	– nach Aufstellung. – im Zweifelsfall. – in regelmäßigen Abständen <sup>a</sup> nach der Aufstellung. – 1 x je Betriebswoche protokollarischer Nachweis, zB über Chargenprotokoll

<sup>435</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 105

**Tabelle 49 Kontrolle der Ausstattung, fortgesetzt (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>436</sup>)**

	Ausstattung	Überprüfung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
10	Prüfgeräte	Kalibrierung nach einschlägigen nationalen Normen oder EN-Normen	Überprüfen der Konformität	In regelmäßigen Abständen <sup>a</sup> . Festigkeitsprüfgerät, Waagen, mindestens jedes Jahr, LP-Prüftöpfe jeweils nach 3 Betriebsmonaten Siebe vor jeder Verwendung nach Augenschein
11	Mischer (einschließlich Fahrmischer)	Augenscheinprüfung	Überprüfen des Verschleißes der Mischrüstung	In regelmäßigen Abständen <sup>a</sup> Für fahrzeuggemischten Beton gelten die Zeilen 1 bis 9 ansonsten mindestens ein Mal jährlich

<sup>a</sup> Die Häufigkeit hängt von der Art der Ausrüstung, ihrer Empfindlichkeit beim Gebrauch und den Produktionsbedingungen der Anlage ab.

<sup>b</sup> Bei Waagen mit Messdosens: zwei Mal jährlich, nach jedem längeren Stillstand der Waage, nach jedem Eingriff in das Wägesystem. Bei anderen Waagen: acht Mal jährlich für Zement, vier Mal jährlich für sonstige Stoffe.  
Die Kontrolle der Wäge- und Messeinrichtungen hat mit kalibrierten Prüfnormalien nach einer Kalibrieranweisung durch geschultes Personal zu erfolgen.

**Tabelle 50 Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>437</sup>)**

	Art der Prüfung	Überprüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
1	Eigenschaften von Beton nach Eigenschaften	Erstprüfung (siehe Anhang A)	Nachweis, dass die festgelegten Eigenschaften des vorgeschlagenen Entwurfs mit einem angemessenen Vorhaltmaß erfüllt werden	vor Verwendung einer neuen Betonzusammensetzung
2	Wassergehalt der feinen-Gesteinskörnung	kontinuierliches Messsystem, Darrversuch oder Gleichwertiges	Bestimmen der Trockenmasse der Gesteinskörnung und des noch erforderlichen Zugabewassers	wenn nicht kontinuierlich, dann augenscheinlich täglich; Messung mindestens 1 x je Kalenderwoche bei Betrieb; abhängig von örtlichen Bedingungen und Wetterbedingungen können mehr oder weniger häufige Prüfungen erforderlich sein.
3	Wassergehalt der groben Gesteinskörnung	Darrversuch oder Gleichwertiges kontinuierliches Messsystem	Bestimmen der Trockenmasse der Gesteinskörnung u. des noch erforderlichen Zugabewassers	abhängig von örtlichen Bedingungen und Wetterbedingungen

<sup>436</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 106

<sup>437</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 106

**Tabelle 51 Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften, fortgesetzt (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>438</sup>)**

	Art der Prüfung	Überprüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
4	Wassergehalt des Frischbetons	Überprüfung der Menge des Zugabewassers <sup>a</sup>	Bereitstellen von Daten für den Wasserzementwert	jede Mischung oder Ladung
		Prüfung der Gesamtwassermenge des Frischbetons		gemäß Tabelle 13 der ÖNORM B 4710-1. Bei Mikroprozessorsteuerung und Übereinstimmung der Konsistenz: – für Festigkeitsklassen bis einschließlich C50/60 und/oder maximal zulässiger W/B-Wert $\geq 0,50$ gilt jeder 2. Nachweis über den Ausdruck der Mikroprozessorsteuerung als erbracht, wenn mindestens bei den 10 letzten Vergleichsprüfungen (Wassergehaltsbestimmung nach ÖNORM B 3303 bei der Konformitätsprüfung und über Ausdruck der zugehörigen Mikroprozessorsteuerung) im Mittel der Wassergehalt um nicht mehr als $5 \text{ l/m}^3$ abweicht. – Bei W/B-Werten $> 0,70$ ist dieser Wert 1 x jährlich nachzuweisen. Für die zulässigen Abweichungen vom Zielwert gilt Tabelle 17 der ÖNORM B 4710-1, Fußnote <sup>c</sup>
5	Chloridgehalt des Betons <sup>c</sup>	Erstbestimmung durch Berechnung	Sicherstellen, dass der höchstzulässige Chloridgehalt nicht überschritten wird	– wenn Erstprüfungen durchgeführt werden – bei Anstieg des Chloridgehalts der Ausgangsstoffe.
6	Konsistenz	Augenscheinprüfung	Vergleich mit dem üblichen Aussehen	jede Mischung oder Ladung
7		Konsistenzprüfung nach ÖNORM B 3303 und ÖNORM EN 12350-2, -3, -4 oder -5	Nachweisen des Erzielen der festgelegten Werte für die Konsistenz und Überprüfen mögl. Änderungen des Wassergehaltes	– wenn die Konsistenz festgelegt ist, wie Tabelle 13 der ÖNORM B 4710-1 für die Druckfestigkeit. – mindestens 1 x täglich bei erforderlicher Prüfung des Luftgehaltes. – im Zweifelsfall nach Augenscheinprüfung.
8	Rohdichte des Frischbetons	Rohdichteproofung nach ÖNORM B 3303 und ÖNORM EN 12350-6	Überwachen des Mischens und der Rohdichte von Schwerbeton	täglich
			Normalbeton	nach Tabelle 13 der ÖNORM B 4710-1 und bei jeder Luftgehaltsmessung – Rohdichte am LP-Topf

<sup>438</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTRIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 107

**Tabelle 52** Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften, fortgesetzt (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>439</sup>)

	Art der Prüfung	Überprüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
10	Gehalt an Zusatzstoffen im Frischbeton	Überprüfen der Masse der zugegebenen Zusatzstoffe <sup>a</sup>	Überprüfen des Zusatzstoffgehalts und Bereitstellen von Daten für den Wasserzementwert (W/B-Wert)	jede Mischung
11	Gehalt an Zusatzmitteln im Frischbeton	Überprüfung der Masse oder des Volumens des zugegebenen Zusatzmittels <sup>a</sup>	Überprüfen des Gehalts an Zusatzmitteln und Bereitstellen der Daten für den W/B-Wert	jede Lieferung
12	Wasserzementwert von Frischbeton	Durch Berechnung oder durch Prüfung siehe 5.4.2 der ÖNORM B 4710-1	Nachweis des Erzielens des festgelegten Wasserzementes (W/B-Wert)	täglich, wenn festgelegt, gemäß Tabelle 13 der ÖNORM B 4710-1; bei Mikroprozessorsteuerung gemäß Zeile 4 dieser Tabelle
13	Luftgehalt des Frischbetons, wenn festgelegt	Prüfung nach ÖNORM B 3303 und ÖNORM EN 12350-7 für Normalbeton und Schwerbeton	Nachweis des Erzielens des festgelegten Gehalts an künstlich eingeführten Luftporen	Für Betone mit künstlich eingeführter Luft: erste Mischerfüllung oder Ladung jeder Tagesproduktion, bis sich die Werte stabilisiert haben. Bei XF2 und XF3 mindestens 1 x täglich, möglichst bei 1. Lieferung. Bei Prüfwert außerhalb des angestrebten Bereiches, zB 2,5 % bis 5,0 % und innerhalb der Toleranz (2,0 % bis 6,0 %) bis zur Feststellung des Sollbereiches jede weitere Lieferung. Bei XF4 bei 1. Lieferung. Bei Prüfwert im Sollbereich (zB GK 22 4,0 % bis 8,0 %) jede weitere 3. Lieferung (das heißt, 1./4./7. usw.), jedoch mind. 3 x täglich. Bei Prüfwert außerhalb des Sollbereiches und innerhalb der Toleranz (zB GK 22 3,5 % bis 9,0 %) jede Lieferung bis zur 2-maligen Feststellung des Sollbereiches, dann wieder jede 3. Lieferung. Der kleinere Wert des jeweiligen Toleranzbereiches darf von keinem Einzelwert unterschritten werden.
14	Temperatur des Frischbetons	Messen der Temperatur	Nachweis des Erzielens der Mindesttemperatur von 5 °C oder des festgelegten Grenzwertes	im Zweifelsfall wenn die Temperatur festgelegt ist – in regelmäßigen Abständen je nach Situation – jede Mischung oder Ladung, wenn die Betontemperatur nahe am Grenzwert ist bei jeder Prüfung gemäß Tabelle 13 der ÖNORM B 4710-1; bei Lufttemperaturen ≤ 0 °C täglich.

<sup>439</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 108

**Tabelle 53 Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften, fortgesetzt (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>440</sup>)**

	Art der Prüfung	Überprüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
15	Rohdichte v. erhärtetem Schwerbeton	Prüfung nach ÖNORM B 3303 und ÖNORM EN 12390-7 <sup>b</sup>	Nachweis des Erzielens der festgelegten Rohdichte	Wenn die Rohdichte festgelegt ist, so häufig wie die Druckfestigkeitsprüfung, siehe Tabelle 13 der ÖNORM B 4710-1
16	Druckfestigkeitsprüfung an in Formen hergestellten Betonprobekörpern	Prüfung nach ÖNORM B 3303 und ÖNORM EN 12390-3	Nachweis des Erzielens der festgelegten Festigkeit	Wenn die Druckfestigkeit festgelegt ist, so häufig wie für die Konformitätskontrolle, siehe 8.1 und 8.2.1 gemäß Tabelle 13 und Tabelle NAD 12 der ÖNORM B 4710-1 Für die Festigkeitsklasse C8/10 ist kein Konformitätsnachweis erforderlich.
17	Gesamtsieblinie der Gesteinskörnungen	zumindest rechnerische Kontrolle über Sieblinie d. einzelnen Korngruppen	Einhaltung der Anforderungen gemäß Tabelle NAD 5 der ÖNORM B 4710-1	ein Mal monatlich und bei Überschreitung der Toleranzen der Einzelfraktionen
<p><sup>a</sup> Wird kein Aufzeichnungsgerät verwendet und sind die Toleranzen für die Mischung oder Ladung überschritten, ist die Menge der Mischung in den Aufzeichnungen über die Herstellung anzugeben. Hierzu sind die Menge und deren Verwendung zu dokumentieren.</p> <p><sup>b</sup> Dies darf auch unter gesättigten Bedingungen geprüft werden, wenn die Korrelation mit der Trockenrohddichte festgestellt wurde.</p> <p><sup>c</sup> Bei chloridhaltiger Umgebung ist durch den Planer bei der Auswahl der Betonausgangsstoffe und der Betonsorte (siehe Chloridexpositionsklasse D1, D2, D3) sicherzustellen, dass trotz Chloridanreicherung die Grenzwerte der Tabelle 10 in der für die Stahleinlagen relevanten Tiefe nicht überschritten werden.</p>				

Sämtliche Verweise innerhalb der Tabelle 46 - Tabelle 53 auf weitere Tabellen oder Kapitel beziehen sich auf die ÖNORM B 4710-1 und nicht auf die vorliegende Arbeit.

Die aus Tabelle 46 - Tabelle 53 erhaltenen Daten und Informationen der Produktionskontrolle sind schriftlich zu dokumentieren und mindestens drei Jahre aufzubewahren.<sup>441</sup>

### 6.3.4 Konformitätskontrolle des Transportbetons

Als Konformitätsprüfung wird nach der ÖNORM B 4710-1 eine laufende Qualitätskontrolle einer Betonsorte durch den Betonhersteller verstanden. Die Mindesthäufigkeit der Probenentnahme für die Konformitätsprüfung ist in Tabelle 54 dargestellt. Die Dokumentation der Konformitätsprüfung einer Betonsorte hat auf dem Formblatt 2 der ÖNORM B 4710-1 zu erfolgen (siehe Kapitel 5.2.6).

<sup>440</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 109

<sup>441</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 94

**Tabelle 54 Mindesthäufigkeit der Probenentnahme zur Beurteilung der Konformität (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>442</sup>)**

Herstellung	Mindesthäufigkeit der Probenentnahme		
	Erste 50 m <sup>3</sup> der Produktion	Nach den ersten 50 m <sup>3</sup> der Produktion	
		Beton mit Zertifizierung der	Beton ohne Zertifizierung
Erstherstellung (bis mindestens 35 Ergebnisse erhalten wurden)	3 Proben	1/200m <sup>3</sup> oder 2/Produktionswoche	1/150 m <sup>3</sup> oder 1/Produktionstag
stetige Herstellung (wenn mindestens 35 Ergebnisse verfügbar sind)		1/400 m <sup>3</sup> oder 1/Produktionswoche	

## 6.4 Dokumentation der Bauausführung

In der Ausführungsphase des Sichtbetonprozesses erfolgt durch die Kombination der elementaren Produktionsfaktoren (Arbeit, Betriebsmittel und Stoffe), die Umsetzung der Auftraggeberziele. Aufgrund der großen Anzahl von Einflussgrößen (Steuer- und Störgrößen) ist die Dokumentation der Bauausführung und ihrer Umstände, eine dringend erforderliche Tätigkeit zur Informationsgenerierung für den Sichtbetonprozess bzw. auch für den Nachweis der vertragsgemäßen Leistungserbringung.

Zur Qualitätssicherung von Betonbauteilen legt die ÖNORM EN 13670 (Ausführung von Tragwerken aus Beton) drei Überwachungsklassen fest. Diese Überwachungsklassen dienen einerseits der „[...] Überprüfung der Bauprodukte und -stoffe [...]“<sup>443</sup> und andererseits zur „[...] Überwachung der Arbeiten im Rahmen der Bauausführung.“<sup>444</sup>

„Eine Überwachungsklasse kann für ein komplettes Bauwerk, für einzelne Bauteile oder aber für bestimmte Baustoffe/-techniken gelten.“<sup>445</sup>

Anforderungen an die Art und Dokumentation der Überwachung in Abhängigkeit der Überwachungsklasse sind in Tabelle 55 dargestellt.

<sup>442</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 83

<sup>443</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton. S. 14

<sup>444</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton. S. 14

<sup>445</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton. S. 14

Tabelle 55 Art und Dokumentation der Überwachung (in Anlehnung an die ÖNORM EN 13670<sup>446</sup>)

	Überwachungsklasse 1	Überwachungsklasse 2	Überwachungsklasse 3
Art der Überwachung	Nach Augenschein und stichpunktartige Messungen	Nach Augenschein und systematische regelmäßige Messungen bei den wichtigsten Arbeiten	Nach Augenschein. Detaillierte Überwachung aller Arbeiten, die für die Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Bauwerks/-teils von Bedeutung sind
Partei/Organisation welche die Überwachung durchführt	Selbstkontrolle	Selbstkontrolle  Eigenüberwachung gemäß Arbeitsanweisungen des Bauunternehmens  Mögliche zusätzliche Anforderungen gemäß den bautechnischen Unterlagen	Selbstkontrolle  Eigenüberwachung gemäß den Arbeitsanweisungen des Bauunternehmens  Zusätzliche Anforderungen entsprechend den bautechnischen Unterlagen
Umfang	Alle Bauarbeiten	Zusätzlich zur Selbstkontrolle ist eine systematische und regelmäßige Überwachung der Bauarbeiten durchzuführen	Zusätzlich zur Selbstkontrolle ist eine systematische und regelmäßige Überwachung der Bauarbeiten durchzuführen
Dokumentation	Nicht erforderlich	Erforderlich	
Maßhaltigkeit	Nicht erforderlich	Entsprechend den bautechnischen Unterlagen	

### 6.4.1 Organisation der Überwachung

#### Überwachungsklasse 1: Eigenüberwachung

„Die Kontrolle der Qualität der Baustoffe und abschließende Kontrolle der Arbeiten [...] ist durch eine Person, die mindestens die Qualifikation eines Poliers aufweist und die Arbeiten geleitet hat, durchzuführen.“<sup>447</sup>

#### Überwachungsklasse 2: Überwachung durch eine Überwachungsstelle der eigenen Organisation

„Es ist ein Baukontrollor als unabhängige Stelle in der eigenen Organisation einzusetzen. Er ist für die Kontrolle der Qualität der Baustoffe und für die abschließende Kontrolle der Arbeiten [...] verantwortlich.“<sup>448</sup>

<sup>446</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton. S. 16

<sup>447</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4704 Ausführung von Tragwerken aus Beton, Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 13670. S. 9

<sup>448</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4704 Ausführung von Tragwerken aus Beton, Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 13670. S. 9

### Überwachungsklasse 3: Fremdüberwachung

„Die Fremdüberwachung ist die Überwachung der Qualität der Baustoffe und der Ausführung durch eine vom Ausführenden unabhängige Stelle, die keine Funktion im Unternehmen und/ oder keine Organschaft hat (Drittstelle).

Die Person, die die Überwachung durchführt, muss mindestens die Qualifikation Baukontrollor aufweisen.<sup>449</sup>

#### 6.4.2 Dokumentation der Überwachung

Gemäß der ÖNROM B 4704, welche den nationalen Anhang der ÖNORM EN 13670 darstellt, sind für die Dokumentation der Bauausführung für Tragwerke aus Beton mindestens folgende Aufzeichnungen in den Bautagesberichten oder gleichwertigen Protokollen erforderlich:

- „Zeitraum des Betonierens der einzelnen Abschnitte;
- tägliche Tiefst- und Höchstwerte der Lufttemperatur und die Witterungsverhältnisse vom Beginn der Betonierarbeiten bis zum Absenken des Traggerüstes und dem vollständigen Ausbau von Schalungen; bei kühler und heißer Witterung sind zusätzliche Aufzeichnungen gemäß ÖNORM B 4710-1:2007, Abschnitt 14.4 erforderlich;
- verwendete Betonsorte gemäß ÖNORM B 4710-1;
- Namen der Lieferwerke und Nummern der Lieferscheine aller verwendeten Betonausgangsstoffe bei Herstellung des Betons durch den Verwender;
- bei Beton der Herstellungsklasse E: der Nachweis der Zertifizierung der Betonherstellung und der Konformitätsnachweis aller verwendeten Betonsorten gemäß ÖNORM B 4710-1:2007, Abschnitt 8.2;
- bei Beton der Herstellungsklasse R: die Anzahl der hergestellten Chargen und die je Mische eingewogenen Wasser- und Zementmengen;
- Art der Verdichtung (Stampfen, Rütteln, Stochern);
- bei Herstellung des Betons durch einen Dritten (Transportbeton gemäß ÖNORM B 4710-1:2007, Abschnitt 3.1.5):
  - ❖ Namen der Lieferwerke,
  - ❖ Nummern der Lieferscheine,

<sup>449</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4704 Ausführung von Tragwerken aus Beton, Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 13670. S. 9

- ❖ *Betonsorte gemäß ÖNORM B 4710-1,*
- ❖ *Angabe des Bauteiles oder Bauabschnittes, für den der Beton der jeweiligen Lieferung verwendet wurde;*
- *bei Verwendung von Fertigteilen:*
  - ❖ *Namen der Lieferwerke,*
  - ❖ *Nummern der Lieferscheine,*
  - ❖ *Angabe des Bauteiles oder Bauabschnittes, für den das betreffende Fertigteil verwendet wurde;*
- *Ergebnisse von Prüfungen der für die Herstellung des Bauwerkes erforderlichen Baustoffe und Bauteile, sofern diese keine entsprechende ÜA- bzw. CE-Kennzeichnung tragen, nicht registriert sind gemäß § 3 (2) Normengesetz 1971 oder keine Technischen Zulassungen aufweisen;*
- *Art und Bezeichnung des verwendeten Betonstahles gemäß ÖNORM B 4707 und des verwendeten Spannstahles gemäß ÖNORM B 4258 oder entsprechender Zulassungen sowie die Handelsbezeichnung und das Herkunftsland dieser Stähle;*
- *Feststellung der plangemäßen Art, Lage und Überdeckung der Bewehrung;*
- *Betonprüfungen (im Rahmen von Konformitäts- und Identitätsprüfungen durchgeführte Prüfungen auf der Baustelle):*
  - ❖ *Tag der Durchführung der Frischbetonprüfung und/oder Herstellung der Probekörper sowie deren Bezeichnung,*
  - ❖ *Angabe der Bauteile oder Bauabschnitte (Prüflose), für die der Beton verwendet wurde,*
  - ❖ *Datum und Ergebnisse der Prüfungen;*
- *Art und Dauer der Nachbehandlung;*
- *Zeitpunkt des Absenkens von Traggerüsten und des Ausbaus von Schalungen;*
- *Zeitpunkt des Vorspannens und Auspressens von Spanngliedern sowie die Zusammensetzung und die Prüfergebnisse des verwendeten Einpressmörtels gemäß ÖNORM B 4759;*
- *Art und Ergebnisse etwaiger Nachweise der Betonfestigkeit und sonstiger Güteeigenschaften am Bauwerk.*<sup>450</sup>

<sup>450</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMANAGEMENT: ÖNORM B 4704 Ausführung von Tragwerken aus Beton, Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 13670. S. 6-7

Neben der schriftlichen Dokumentation der oben angeführten Punkte der ÖNORM B 4704 in Bautagesberichten oder ähnlichen Protokollen ist die bildliche Darstellung der Bauausführung mit Fotografien oder Videoaufnahmen insbesondere für den Sichtbetonprozess ein unverzichtbares Instrument zur Informationssammlung und Informationsdarstellung.

Durch die Möglichkeit einer originalgetreuen Abbildung der Subarbeitssysteme des Sichtbetonprozesses, sowie der Darstellung des Zustands von Betriebsmitteln und Stoffen ist die visuelle Dokumentation ein außerordentlich wichtiges Hilfsmittel bei Soll-Ist-Vergleichen der Sichtbetonqualität. Die Bilddokumentation erleichtert bei Qualitätsabweichungen die direkte Zuordnung der Ursache, sodass Gegensteuerungsmaßnahmen rasch installiert werden können.

Des Weiteren können anhand von Bildern und Videos den Arbeitskräften Ausführungsfehler einfach aufgezeigt und die Ursache und Wirkung ihres Handelns dargelegt werden.

Für eine umfassende Dokumentation des Sichtbetonprozesses sollten sämtliche Arbeitsschritte (Subarbeitssysteme) sowie der Zustand der Betriebsmittel und Stoffe durch die Aufnahme von Bildern dokumentiert werden. Eine exemplarische Darstellung der Arbeitsabläufe des Sichtbetonprozesses anhand von Bildern wird in Tabelle 56 aufgezeigt:

Tabelle 56 Bilddokumentation der Subarbeitssysteme im Sichtbetonprozess

<p>Nägel entfernen</p>  <p>[Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik: Boska]</p>	<p>Reinigen der Schalhaut</p>  <p>[Leitfaden für Sichtbeton: holcim]</p>	<p>Abdichten der Schalung</p>  <p>[Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik: Boska]</p>
<p>Trennmittelauftrag</p>  <p>[Leitfaden für Sichtbeton: holcim]</p>	<p>Trennmittel verteilen</p>  <p>[Leitfaden für Sichtbeton: holcim]</p>	<p>Stellschalung ausrichten</p>  <p>[Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik: Boska]</p>
<p>Bauteil bewehren</p>  <p>[wolfseal.de]</p>	<p>Schließschalung ausrichten</p>  <p>[slge.at]</p>	<p>Betoneinbringung</p>  <p>[Leitfaden für Sichtbeton: holcim]</p>
<p>Betonverdichtung</p>  <p>[Marius]</p>	<p>Ausschalen</p>  <p>[sautter.com]</p>	<p>Schutzmaßnahmen</p>  <p>[doka.com]</p>

### 6.4.3 Dokumentation der Schalarbeiten

Unabhängig von den in Kapitel 6.4 und Kapitel 6.4.1 beschriebenen Überwachungsklassen hat die Schalung nach ÖNORM 13670 den „[...] voraussehbaren Beanspruchungen standzuhalten, denen sie während des Bauablaufes unterworfen [...]“<sup>451</sup> ist, sowie steif genug zu sein, „[...] um die für das Bauwerk festgelegten Toleranzen einzuhalten und die Unversehrtheit des Bauteils nicht zu beeinträchtigen.“<sup>452</sup>

Die Schalhaut stellt das Spiegelbild der Betonoberfläche dar und ist deshalb vor dem Stellen des Schalungssystems im Subarbeitssystem Schalung instandsetzen unbedingt einer Qualitätskontrolle zu unterziehen. Bedingt durch die Arbeitsabläufe Schalung transportieren, Schalung lagern, Betonage und Schalung reinigen, erfährt die Schalhaut unterschiedliche Belastungen die zu einem Verschleiß der Schalhaut und damit zur Alterung der Schalung führen. Der Verschleiß der Schalhaut führt zur Änderung der Schalhauteigenschaften und damit auch zu einer Änderung der Sichtbetonflächen hinsichtlich Farbgleichheit, Porigkeit, Abzeichnen von Schalhautfehlern etc.

#### 6.4.3.1 Zustand der Schalhaut

Die nach BOSKA im Baustelleneinsatz auf die Schalung auftretenden Belastungen und deren Auswirkungen sind in Tabelle 57 dargestellt:

<sup>451</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton. S. 17

<sup>452</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton. S. 17

**Tabelle 57** Ursache und Wirkung der Schalhaultalterung (in Anlehnung an Boska<sup>453</sup>)

Ursache	Wirkung
Stapelweiser Transport der Schalungselemente	Ausbildung von Vertiefungen/ Mulden in der Schalhaut
Falsche Lagerung der Schalung	Austrocknung und Veränderung des Saugverhaltens der Schalhaut
Fehlende Versiegelung von Schnittkanten von Schaltafeln	Entstehung von Schalhaut-Wellungen (Ripplings)
Mechanischer Angriff durch die Kranförderung	Stoßbedingte Vertiefungen in der Schalhaut
Mechanischer Angriff durch die Bewehrungsverlegung	Ausbildung von Kratzern in der Schalhaut
Herstellung der Ankerlöcher	Zerstörung der Schalhaut
Befestigung der Aussparungskörper, Einbauteile etc.	Zerstörung der Schalhaut durch Nagellöcher
Abrieb durch den Frischbetoneinbau	Veränderung der Schalhautreauigkeit
Schwingungen aus der Betonverdichtung	Veränderung der Schalhautreauigkeit
Reinigung mit falschem Werkzeug	Ausbildung von Kratzern in der Schalhaut

Für die Beurteilung und Dokumentation der Schalhaultalterung ist in Tabelle 58 eine von BOSKA entwickelte Beurteilungsskala dargestellt:

**Tabelle 58** Beurteilungsskala zur Beurteilung der Schalhaultalterung (in Anlehnung an Boska<sup>454</sup>)

Bewertung	Beschreibung
Grad 1	Keine sichtbare Veränderung.
Grad 2	Leichte Ausprägung der Veränderung der Schalungshaut, die nur unter bestimmten Betrachtungswinkeln sichtbar ist.
Grad 3	Mäßige Ausprägung der Veränderung der Schalungshaut, die nur unter bestimmten Betrachtungswinkeln sichtbar ist.
Grad 4	Deutliche Ausprägung der Veränderung der Schalungshaut, die nur unter jedem Betrachtungswinkel sichtbar ist.
Grad 5	Starke Ausprägung der Veränderung der Schalungshaut, die nur unter jedem Betrachtungswinkel sichtbar ist.

Anhand dieser Beurteilungsskala kann das Sichtbetonteam die Effekte der Schalhaultalterung beurteilen und einschätzen, ob die geforderte Oberflächenqualität der Sichtbetonfläche mit dem aktuellen Schalhautzustand erreichbar ist oder die Schalhaut ausgewechselt werden muss.

<sup>453</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 78-79

<sup>454</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 83

Für die Dokumentation des Zustandes der Schalhaut sowie der Auswirkungen von Schalhautfehlern ist die Bilddokumentation bestens geeignet. Schalhautfehler und deren Auswirkungen auf die Sichtbetonfläche können anhand von Fotografien rasch erkannt und beurteilt werden. Nachfolgend sind einige Beispiele dargestellt:



**Bild 77 Falsche Schalungslagerung**<sup>455</sup>



**Bild 78 Schalhaut mit unterschiedlicher Einsatzhäufigkeit und unterschiedlichem Saugverhalten**<sup>456</sup>



**Bild 79 Mechanisch beschädigte Schalhaut**<sup>457</sup>



**Bild 80 Aufgequollene Schalhaut (Ripplings)**<sup>458</sup>

<sup>455</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 17

<sup>456</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 17

<sup>457</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 6 & 13

<sup>458</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 6 & 13



Bild 81 Ursache: zerkratzte Schalhaut<sup>459</sup>



Bild 82 Wirkung: Kratzer auf der Betonoberfläche<sup>460</sup>

Eine weitere Möglichkeit zur Dokumentation der Schalungselemente stellt die in Kapitel 5.2.9.2 beschriebene RFID-Technologie (Radio Frequency Identifikation) dar. Hierzu wird in den Schalungselementen ein Transponder-Chip eingebaut, der mittels Lesegerät und Software ausgewertet werden kann. Für die Schalarbeiten bildet die Anwendung der RFID Technologie den Vorteil einer zweifels- und berührungsfreien Identifizierung der Schalungselemente. D.h. jedes Schalungselement erhält durch die RFID- Kennung seinen individuellen Lebenslauf, in dem der Name, Fertigungsort, Alter und Gewicht sowie die Einsatzzahlen, der technische Zustand und der Zeitwert aufgeführt sind.<sup>461</sup>

<sup>459</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 119

<sup>460</sup> BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 119

<sup>461</sup> Vgl.: <http://www.lafarge.at/zement/service/ratgeber/anwendungen/weisse-wannen/>. Datum des Zugriffs: 15.Jänner.2016



Bild 83 Schalungselemente mit RFID - Erkennung<sup>462</sup>

Des Weiteren kann durch die einwandfreie RFID-Erkennung jedes Schalungselement seinem Einsatzortsort am Bauteil direkt zugeordnet werden und auch im Nachhinein festgestellt werden, welches Schalungselement für welchen Bauabschnitt genutzt wurde.

#### 6.4.3.2 Dokumentation der Reinigung und des Trennmittelauftrags

Vor dem Trennmittelauftrag ist die Schalhaut von anhaftenden Betonresten zu reinigen. Die Reinigung kann dabei einerseits trocken mithilfe von Schabern und Spachteln oder nass mit Reinigungsmittel und Wasser erfolgen. Bei der Trockenreinigung ist darauf zu achten, die Schalhaut durch die Reinigungswerkzeuge nicht zu verletzen. Bei der Nassreinigung ist darüber hinaus darauf zu achten, dass die Reinigungsmittel mit der Schalhaut verträglich sind und die Schalhaut nicht durch Säure- oder Basenbestandteile des Reinigungsmittels geschädigt wird. Für die Herstellung von hochwertigen Sichtbetonflächen empfiehlt der Verfasser der vorliegenden Arbeit, immer eine Nassreinigung der Schalungshaut durchzuführen.

Der Trennmitteltyp bzw. die Trennmittelauftragsmenge hat in Abhängigkeit der verwendeten Schalhaut, dem Saugverhalten der Schalhaut und den herrschenden Umweltbedingungen zu erfolgen. (Siehe Kapitel 4.2.1.1)<sup>463</sup>

Die Dokumentation des Trennmittelauftrags kann durch die Verwendung des in Kapitel 5.2.5 aufgezeigten Sichtbetonprozessprotokolls sehr einfach erfolgen.

<sup>462</sup> <http://www.baulinks.de/webplugin/2010/1625.php4>. Datum des Zugriffs: 29.Jänner.2016

<sup>463</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 69

**Tabelle 59** Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5:  
**Trennmittel**

Trennmittel	Hersteller		Produkt	
	Auftrag-Stellschalung:	tt.mm.jjjj	Auftrag-Schließschalung:	tt.mm.jjjj
	Uhrzeit bei Start	Uhr	Uhrzeit bei Start	Uhr
	Witterung bei Start		Witterung bei Start	
	Lufttemperatur bei Start	°C	Lufttemperatur bei Start	°C
	Luftfeuchtigkeit bei Start	%	Luftfeuchtigkeit bei Start	%
	Zustand Sprühgerät		Zustand Sprühgerät	
	Pumpendruck bei Start	bar	Pumpendruck bei Start	bar
	Sprühgerät vorher	kg	Sprühgerät vorher	kg
	Abziehen/Nachwischen	✓ / –	Abziehen/Nachwischen	✓ / –
	Uhrzeit bei Ende	Uhr	Uhrzeit bei Ende	Uhr
	Witterung bei Ende		Witterung bei Ende	
	Lufttemperatur bei Ende	°C	Lufttemperatur bei Ende	°C
	Luftfeuchtigkeit bei Ende	%	Luftfeuchtigkeit bei Ende	%
	Sprühgerät nachher	kg	Sprühgerät nachher	kg
	Verbrauch	kg	Verbrauch	kg
	Trennmittelauftrag	g/m <sup>2</sup>	Trennmittelauftrag	g/m <sup>2</sup>
Bemerkungen				

Durch das Wiegen des Sprühgerätes vor und nach dem Trennmittelauftrag ist der Trennmittelverbrauch in kg bzw. der Trennmittelauftrag in g/m<sup>2</sup> für die einzelnen Schalungselemente simpel zu ermitteln und zu dokumentieren.

### 6.4.3.3 Dokumentation des Einschalprozesses

Das Stellen der Schalung hat nach den Angaben des Schalungsmusterplans aus Kapitel 4.2.2.4 zu erfolgen. Für die Dokumentation des Einschalprozesses eignet sich wiederum die Verwendung des Sichtbetonprozessprotokolls in dem das Schalhautmaterial, das Saugverhalten, der Beschichtungstyp, die Beschichtungsstärke, Angaben zu den Einsatzzahlen und zum Zustand der Schalung sowie die Schalhautfläche und das Vorhandensein von Leitungen, Aussparungen und Einbauteilen etc. dokumentiert werden kann. Alternativ kann die Dokumentation des Einschalprozesses auch durch Eintragungen in die Bautagesberichte erfolgen.

**Tabelle 60** Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5:  
**Einschalen**

Schalungssystem, Einschalen, Aussparungen Einbauteile	vertikales Schalungssystem		✓ / –	horizontales Schalungssystem		✓ / –
	Systemschalung:			Systemschalung:		
	Trägerschalung		✓ / –	Trägerschalung		✓ / –
	Rahmenschalung		✓ / –	Rahmenschalung		✓ / –
	Objektschalung		✓ / –	Deckentisch		✓ / –
	Bepankung mit zusätzl. Schalhaut		✓ / –	Objektschalung		✓ / –
	Lastableitung			Fallkopf		✓ / –
	Anker		✓ / –	Lastableitung		
	Fachwerksabstützung		✓ / –	Stützen		✓ / –
	Spindelabstützung		✓ / –	Traggerüst		✓ / –
				Konsolen		✓ / –
	Hersteller					stark
	Schalhauttyp			Saugverhalten		schwach
	Schalhautmaterial					nicht
	Beschichtungstyp			Beschichtungsstärke		g/m <sup>2</sup>
						mm
	Schalung stellen Start		tt.mm.jjjj	Zustand der Stellschalung:		
	Uhrzeit bei Start		Uhr	Einsatzzahl		Anzahl
	Witterung bei Start			Reperaturstellen		✓ / –
	Lufttemperatur bei Start		°C	Kratzer tiefe/breite		mm
	Luftfeuchtigkeit bei Start		%	Nagel und Schraublöcher		mm
	Schalung stellen Ende		tt.mm.jjjj	Reinigung der Stellschalung		
	Uhrzeit bei Ende		Uhr	Reinigungsmittel		
	Witterung bei Ende			Reinigungswerkzeug		
	Lufttemperatur bei Ende		°C	Zustand der Schließschalung:		
	Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	Einsatzzahl		Anzahl
	Schalung schließen Start		tt.mm.jjjj	Reperaturstellen		✓ / –
	Uhrzeit bei Start		Uhr	Kratzer tiefe/breite		mm
	Witterung bei Start			Nagel und Schraublöcher		mm
	Lufttemperatur bei Start		°C	Reinigung der Schließschalung		
	Luftfeuchtigkeit bei Start		%	Reinigungsmittel		
	Schalung schließen Ende		tt.mm.jjjj	Reinigungswerkzeug		
	Uhrzeit bei Ende		Uhr	Bauteilabmessungen		
Witterung bei Ende			Länge/Breite des Bauteils		m	
Lufttemperatur bei Ende		°C	Höhe des Bauteils		m	
Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	Schalungsfläche insgesamt		m <sup>2</sup>	
Einbauten			Aussparungen		m <sup>2</sup>	
Leitungen			Lage- und Dichtheitsprüfung		tt.mm.jjjj	
		Bündelung	Arbeitsgruppengröße		Personen	
		Leerverrohrung				
Bemerkungen						

### 6.4.4 Dokumentation der Bewehrungsarbeiten

Die Qualität der Planung und des Einbaues der Bewehrung hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Sichtbetonqualität. So ist bereits bei der Bewehrungsplanung auf eine ausreichend hohe Betondeckung zu achten. „Je weiter die Bewehrung von der eigentlichen Schalhaut entfernt ist desto besser das Sichtbetonergebnis. Dies liegt vor allem an der besseren „Verteilung“ des Betons im Bereich der Schalung bzw. die reduzierte Behinderung des „Ausbreitens“ des Betons“<sup>464</sup>

Als Betondeckung gilt der „[...] Abstand zwischen der zur nächsten Betonoberfläche gewandten Begrenzung (einschließlich Bügel und Haken sowie Oberflächenbewehrung, soweit vorhanden) und der nächsten Betonoberfläche.“<sup>465</sup>

<sup>464</sup> HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 32

<sup>465</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1 Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. S. 52

Das Nennmaß der Betondeckung  $c_{nom}$  setzt sich aus der Mindestbetondeckung  $c_{min}$ , welche von der Expositionsklasse abhängt, und dem Vorhaltemaß  $\Delta c_{dev}$ , das ungeplante Abweichungen aus der Bauausführung berücksichtigt, zusammen.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Die ÖNORM B 1992-1-1 (Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken) empfiehlt für das Vorhaltemaß  $\Delta c_{dev} = 5$  mm.

In Tabelle 61 sind die Nennmaße für die Betondeckung in Abhängigkeit der Anforderungen an den Beton für unterschiedliche Bauteile dargestellt.

**Tabelle 61** Betondeckung gemäß ÖNORM B 1992-1-1 und ÖNORM EN 1992-1-1 (in Anlehnung an Fritsche und Blasy<sup>466</sup>)

Betondeckung gemäß ÖNOM B 1992-1-1 und ÖNOMR EN 1992-1-1	
2,0 cm	Bauteile im Inneren von Gebäuden, sofern die Räume nicht überwiegend erhöhter Feuchtigkeit ausgesetzt sind; XC1
3,0 cm	Bauteile des Hochbaus im Freien; XC2/XC3/XC4
3,5 cm	Nenmaß bei Brücken; XC2/XC3/XC4
4,5 cm	bei Frost- Tausalzangriffen sowie bei Auftreten von Stoffen, welche die Stahleinlagen angreifen; XD1/XD2 bei Brücken
$c_{min} + 4$ cm	bei massigen Bauteilen mit Sauberkeitsschicht
$c_{min} + 7,5$ cm	bei massigen Bauteilen ohne Sauberkeitsschicht
$c_{min} + 0,5$ cm	bei Betonteilen, die mäßigem mechanischem Angriff
$c_{min} + 1,0$ cm	bei Betonteilen, die starkem mechanischem Angriff ausgesetzt sind

Ob die Betondeckung die planmäßigen Anforderungen erfüllt, kann durch die Messung des Abstandes zwischen der Stellschalung (für senkrechte Bauteile) bzw. bei einer horizontalen Schalung an der Unterseite (für waagrechte Bauteile), zum äußersten Punkt des Abstandhalters bestimmt werden. Die Messergebnisse sowie die Soll-Ist-Abweichungen der Betondeckung können mit Hilfe des in Tabelle 62 dargestellten Messprotokolls dokumentiert werden.

<sup>466</sup> HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. S. 65

Tabelle 62 Messprotokoll zur Dokumentation der Betondeckung (in Anlehnung an Travnicek<sup>467</sup>)

Bauteil	Betondeckung						Ergebnis		
	cm						Mittel	Soll	+ / -
Messpunkt. - Lfd. Nr.	1	2	3	4	5	6			

Neben der Dokumentation der Betondeckung sind nach dem Zement-Merkblatt Betontechnik B 5 - Überwachen von Beton auf Baustellen des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. vor der Betonage auch folgende Anforderungen zu überprüfen und in eine Checkliste einzutragen:

- die Stahlsorte, Anzahl, Durchmesser und die Lage der Bewehrung entsprechend den Angaben auf den Bewehrungsplänen
- sämtliche Stoß- und Übergreifungslängen sind eingehalten
- sämtliche mechanische Verbindungen sind ordnungsgemäß ausgeführt
- die Bewehrung weist keine Verunreinigungen (z.B. Trennmittel, Schmutz) und keinen losen Rost auf
- Bindedrahtreste wurden entfernt
- die Bewehrung ist gegen Verschiebungen während der Betonage ausreichend befestigt und gesichert
- durch die Bewehrungsanordnung wird das Einbringen und Verdichten des Frischbeton nicht behindert (Anordnung von Einfüllöffnungen und Rüttelgassen)<sup>468</sup>

Zusätzlich sind Angaben zum Bewehrungsverhältnis, Bewehrungsgrad, der Erfordernis und den Abständen von Rüttel- und Einfüllöffnungen, der Art und Anzahl der Abstandhalter pro m<sup>2</sup> und zu den Witterungsbedingungen im Abschnitt "Bewehrung" des Sichtbetonprozessprotokolls aus Kapitel 5.2.5 dokumentierbar.

<sup>467</sup> TRAVNICEK, R.: Dokumentation in der Bauausführung aus sachverständiger Sicht unter besonderer Berücksichtigung der ÖNORM B 4704. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium: Belastbare Dokumentation in der Bauausführung. S. 222

<sup>468</sup> Vgl.: BISCOPING, M.: Überwachen von Beton auf Baustellen. Zement-Merkblatt Betontechnik B5. S. 3

**Tabelle 63 Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5:**  
**Bewehrung**

Bewehrung	Bewehrungseinbau		tt.mm.jjjj	Bewehrungsverhältnis		% Stabstahl
	Uhrzeit bei Start		Uhr			% Mattenstahl
	Witterung bei Start			Bewehrungsgrad		kg/m <sup>3</sup>
	Lufttemperatur bei Start		°C	Sonderbewehrung		
	Luftfeuchtigkeit bei Start		%	Biegeform d. Bewehrung:		
	Uhrzeit bei Ende		Uhr	gerader Stab		%
	Witterung bei Ende			normal gebogen		%
	Lufttemperatur bei Ende		°C	kompliziert gebogen		%
	Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	Abstandhalter:		
	Art d. Bewehrung:			Art d. Abstandhalter		
	verzinkte Bewehrung		✓ / –	Anzahl d. Abstandhalter		Stk/m <sup>2</sup>
	verzinkter Rödeldraht		✓ / –	Betondeckung		cm
	Betonieröffnungen:			Rüttelöffnungen:		
	Betonieröffnung notwendig		✓ / –	Rüttelöffnungen notwendig		✓ / –
	Größe d. Betonieröffnung		cm <sup>2</sup>	Größe d. Rüttelöffnung		cm <sup>2</sup>
Abstand d. Betonieröffnungen		m	Abstand d. Rüttelöffnungen		m	
Bemerkungen						

### 6.4.5 Dokumentation der Betonarbeiten

Im Anschluss an den Mischprozess im Transportbetonwerk erfolgt durch Fahrmaschinisten die Lieferung des Frischbetons auf die Baustelle. Nach der ÖNORM B 4710-1 ist bei der Übergabe des Frischbetons auf der Baustelle darauf zu achten, dass der Frischbetoneinbau „[...] spätestens 105 Minuten nach der Zugabe des Wassers im Werk beendet sein [...]“<sup>469</sup> muss. Ausnahmen hierzu bilden Betone mit verlängerter Verarbeitungszeit, die durch die Zugabe eines Erstarrungsverzögerers eine Verarbeitungszeit von max. 4 Stunden besitzen.

#### 6.4.5.1 Dokumentation des Frischbetons vor Betonierbeginn

„Mit der Übergabe des Betons wechselt die Verantwortlichkeit für die Betonqualität vom Transportbetonunternehmer zum Bauunternehmer.“<sup>470</sup>

Nach der EN 13670 ist der Frischbeton zum Zeitpunkt des Entladens einer Sichtprüfung zu unterziehen. Weicht der gelieferte Frischbeton vom üblichen Aussehen ab, ist das Entladen anzuhalten.<sup>471</sup>

Um sicherzugehen, dass der gelieferte Frischbeton die geforderten Eigenschaften besitzt, empfiehlt es sich, dem Transportbeton einer Frischbetonprüfung zu unterziehen

Da es sich bei der Herstellung von Sichtbetonbauteilen um ein komplexes Bauvorhaben handelt und weder die ÖNORM EN 13670 noch die ÖNORM B 4704 Angaben zur Überwachung und Dokumentation von Sichtbetonbauteilen enthalten, empfiehlt der Verfasser der vorliegenden

<sup>469</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 117

<sup>470</sup> HOLCIM (SCHWEIZ) AG: Qualitätssicherung auf der Baustelle. Broschüre. S. 4

<sup>471</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton. S. 28

Arbeit, die Frischbetoneigenschaften für den Sichtbetonprozess gemäß den Anforderungen der Überwachungsklassen 2 und 3 aus Kapitel 6.4.1 zu überwachen und zu dokumentieren. Die Überwachung sollte hierbei durch die Mitglieder des Sichtbetonteams, welches gemäß Kapitel 4.3 sowohl aus Vertretern des Auftragnehmers sowie aus unternehmensfremden Experten besteht bzw. durch eine anerkannte Prüfstelle erfolgen.

Zur Überprüfung der Frisch- und Festbetoneigenschaften auf der Baustelle gibt der Verein Deutscher Zementwerke e.V. in seinem Zement-Merkblatt Betontechnik B5 - Überwachen von Beton auf Baustellen folgende Prüfkriterien an:

**Tabelle 64** Umfang und Häufigkeit der Prüfungen der Betoneigenschaften (in Anlehnung an Biscopnig<sup>472</sup>)

Prüfgegenstand	Häufigkeit der Überwachungsklasse		
	1	2	3
Lieferschein	jedes Lieferfahrzeug		
Konsistenz	Stichprobe	jedes Lieferfahrzeug	
	in Zweifelsfällen	<ul style="list-style-type: none"> <li>— beim ersten Einbringen jeder Beton-zusammensetzung</li> <li>— bei der Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung</li> <li>— in Zweifelsfällen</li> </ul>	
Frischbetonrohichte von Leicht- und Schwerbeton	<ul style="list-style-type: none"> <li>— bei der Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung</li> <li>— in Zweifelsfällen</li> </ul>		
Gleichmäßigkeit des Betons	Stichprobe	jedes Lieferfahrzeug	
	in Zweifelsfällen		
Druckfestigkeit	in Zweifelsfällen	3 Proben je 300 m <sup>3</sup> oder je 3 Betoniertage	3 Proben je 50 m <sup>3</sup> oder je Betoniertag
Luftgehalt von Luftporenbeton	nicht zutreffend	<ul style="list-style-type: none"> <li>— zu Beginn jedes Betonierabschnitts</li> <li>— in Zweifelsfällen</li> </ul>	
Frischbeton-temperatur	in Zweifelsfällen	bei Lufttemperaturen unter + 5 °C und über + 30 °C beim Einbau des Betons	

Die Überprüfung des Frischbetons beginnt in der Regel mit der Lieferscheinkontrolle bei der Betonanlieferung durch einen Vertreter des Bauunternehmens. Anschließend wird die Gleichmäßigkeit des Betons stichprobenartig, bei der Überwachungsklasse 1 bzw. Kontrolle eines jeden Transportfahrzeugs ab Überwachungsklasse 2, augenscheinlich überprüft.<sup>473</sup>

<sup>472</sup> BISCOPING, M.: Überwachen von Beton auf Baustellen. Zement-Merkblatt Betontechnik B5. S. 3

<sup>473</sup> Vgl.: HOLCIM (SCHWEIZ) AG: Qualitätssicherung auf der Baustelle. Broschüre. S. 6

Weitere Qualitätskontrollen des Frischbetons vor dem Einbau sind nach Tabelle 64 die Prüfung:

- *der Konsistenz*
- *der Rohdichte*
- *der Druckfestigkeit*
- *des Luftgehalts*
- *der Frischbetontemperatur*

Für Betone der Überwachungsklasse 1 sind diese Überprüfungen nur in Zweifelsfällen durchzuführen. Bei Betonen der Überwachungsklasse 2 und 3 sind die oben angeführten Qualitätskontrollen jeweils vor dem ersten Einbringen einer Betonsorte in die Schalung sowie alle 200 m<sup>3</sup> und in Zweifelsfällen vorzunehmen.<sup>474</sup>

#### 6.4.5.2 Prüfung der Konsistenz: Ausbreitmaß

Die Kontrolle des Ausbreitmaßes erfolgt anhand eines Ausbreittisches und eines Stahlkonus. Hierzu wird die Frischbetonprobe zweilagig in den auf dem Ausbreittisch stehenden Konus eingefüllt und durch 10 Stöße mit einem Holzstampfer verdichtet. Nach dem Entfernen des Konus ist die Tischplatte 15-mal bis zum Anschlag (Hubhöhe entspricht 40 ± 1 mm) zu heben und wieder frei fallen zu lassen. Durch das Messen zweier aufeinander normal stehender Durchmesser wird anschließend das Ausbreitmaß ( $f = \frac{d_1+d_2}{2}$ ) [mm] ermittelt.<sup>475</sup>



**Bild 84** Konsistenzprüfung des Frischbetons durch Ermittlung des Ausbreitmaßes<sup>476</sup>

Mit Hilfe von Tabelle 65 kann anschließend die Frischbetonkonsistenz nach dem Ausbreitmaß ermittelt und mit der auf dem Lieferschein des Transportbetonwerks angegebenen Konsistenzklasse verglichen werden.

<sup>474</sup> Vgl.: HOLCIM (SCHWEIZ) AG: Qualitätssicherung auf der Baustelle. Broschüre. S. 6

<sup>475</sup> Vgl.: ebenda S. 11

<sup>476</sup> HOLCIM (SCHWEIZ) AG: Qualitätssicherung auf der Baustelle. Broschüre. S. 10

Tabelle 65 Konsistenzklassen nach dem Ausbreitmaß<sup>477</sup>

Klasse	Klassenbezeichnung in Österreich	Ausbreitmaß (Durchmesser)	Beschreibung
		mm	
F1 <sup>a</sup>	-	≤ 340	-
F2	F38	350 bis 410	plastisch
F3	F45	420 bis 480	weich
F4	F52	490 bis 550	sehr weich
F5	F59	560 bis 620	fließfähig
F6 <sup>a</sup>	-	≥ 630	-
	F66	630 bis 690	sehr fließfähig
	F73	700 bis 760	extrem fließfähig

<sup>a</sup> in Österreich nicht relevant

### 6.4.5.3 Prüfung der Konsistenz: Verdichtungsmaß

Bei der Konsistenzkontrolle durch das Verdichtungsmaß wird die Frischbetonprobe mittels Kelle in einen Behälter (200 x 200 x 400 mm) ohne zu verdichten bis zur Oberkante des Behälters eingefüllt. Im Anschluss erfolgt die Verdichtung des im Behälter befindlichen Frischbetons. Durch Messen des Abstandes (s) zwischen der verdichteten Betonoberfläche und der Oberkante des Behälters (an allen vier Seiten mit anschließender Mittelwertbildung) wird das Verdichtungsmaß ( $c = \frac{400}{400-s}$ ) ermittelt.<sup>478</sup>



Bild 85 Konsistenzprüfung des Frischbetons durch Ermittlung des Verdichtungsmaßes<sup>479</sup>

Mit Hilfe von Tabelle 66 kann anschließend die Frischbetonkonsistenz nach dem Verdichtungsmaß ermittelt und mit der auf dem Lieferschein des Transportbetonwerks angegebenen Konsistenzklasse verglichen werden.

<sup>477</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 32

<sup>478</sup> Vgl.: HOLCIM (SCHWEIZ) AG: Qualitätssicherung auf der Baustelle. Broschüre. S. 13

<sup>479</sup> HOLCIM (SCHWEIZ) AG: Qualitätssicherung auf der Baustelle. Broschüre. S. 12

Tabelle 66 Konsistenzklasse nach dem Verdichtungsmaß<sup>480</sup>

Klasse	Verdichtungsmaß	Beschreibung
C0	mindestens 1,46	sehr steif
C1	1,45 bis 1,26	steif
C2	1,25 bis 1,11	steif plastisch
C3 <sup>a</sup>	1,10 bis 1,04	-
C4 <sup>a</sup>	unter 1,04	-
<sup>a</sup> in Österreich nicht relevant		

#### 6.4.5.4 Prüfung der Frischbetonrohichte und Luftgehalt:

Die Prüfung der Frischbetonrohichte und des Luftgehalts erfolgt anhand eines Luftporentopfes, der vor der Betonprüfung auf 10 Gramm genau einzuwiegen ist ( $m_1$ ). Anschließend ist der Luftporentopf bis zum Rand mit Frischbeton zu füllen, der Beton ist zu verdichten und der gefüllte Topf ist nochmals zu wiegen ( $m_2$ ). Durch die Differenz der beiden Massen  $m_1$  und  $m_2$  und des bekannten Volumens des Luftporentopfes kann die Frischbetonrohichte  $\rho_o = \frac{(m_2 - m_1)}{V}$  [kg/m<sup>3</sup>] berechnet werden.<sup>481</sup>

Zur Bestimmung des Luftgehalts ist der Topfdeckel aufzusetzen, das Hauptventil zu schließen und die beiden seitlichen Ventile zu öffnen. Anschließend ist Wasser mit Hilfe einer Spritzflasche so lange in ein Ventil zu füllen bis es am zweiten Ventil blasenfrei ausläuft. Nachfolgend ist das Austrittsventil während des Wasseraustritts zu schließen. Durch Klopfen mittels Schlegels gegen das Gerät ist die noch enthaltene Luft im Luftporentopf auszutreiben und das Eintrittsventil bei noch immer stattfindender Wasserzugabe zu verschließen. Mittels Handpumpe wird im Behälter ein Überdruck erzeugt, bis die Anzeige des Manometers die Eichmarke erreicht. Nach dem Öffnen des Messventils ist darauf zu warten, bis der Manometerzeiger zur Ruhe kommt. Anschließend kann der Luftgehalt der Frischbetonprobe abgelesen werden.<sup>482</sup>

<sup>480</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 31

<sup>481</sup> Vgl.: HOLCIM (SCHWEIZ) AG: Qualitätssicherung auf der Baustelle. Broschüre. S. 17

<sup>482</sup> Vgl.: HOLCIM (SCHWEIZ) AG: Qualitätssicherung auf der Baustelle. Broschüre. S. 17



Bild 86 Bestimmung der Frischbetonrohichte und des Luftgehalts<sup>483</sup>

#### 6.4.5.5 Prüfung der Druckfestigkeit

Für die Prüfung der Druckfestigkeit sind nach Tabelle 64 gleichmäßig über die Betonierzeit Frischbetonproben aus verschiedenen Lieferfahrzeugen zu entnehmen und Probenwürfel mit einer Kantenlänge von 150 mm anzufertigen. Bis zur Prüfung der Druckfestigkeit nach 28 Tagen sind diese Probenwürfel in einer Feuchtekammer oder unter Wasser zu lagern.

#### 6.4.5.6 Prüfung der Frischbetontemperatur

Die Dokumentation der Frischbetontemperatur stellt eine wichtige Kontrolltätigkeit vor der Betonage eines Sichtbetonbauteils dar. Geringe Temperaturen führen nach BOSKA zu einer verlangsamten Hydratation und damit zur Ausbildung eines weniger dichten Betongefüges. Durch den geringeren Hydratationsgrad und dem damit verbundenen porenreicheren Betongefüge kommt es zu einer höheren kapillaren Leitfähigkeit des Betons. Dies begünstigt den Transport und die Ablagerung des für Dunkelverfärbung verantwortlichen Calciumhydroxid (Portlandit) in den oberflächennahen Schichten des Betonbauteils.<sup>484</sup>

Zur Vermeidung von Farbunterschieden, sollte die Differenz der Frischbetontemperatur der einzelnen Betonchargen beim Einbau möglichst gering ausfallen. Die Richtlinie Sichtbeton legt für Sichtbetonbauteile der Anforderungsklasse Betonfläche BQ2 und BQ3, als geforderte Frischbetontemperatur an der Einbaustelle einen Temperaturbereich von 15 - 27 °C fest. Des Weiteren führen Frischbetontemperaturen über 27°C zu

<sup>483</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 16

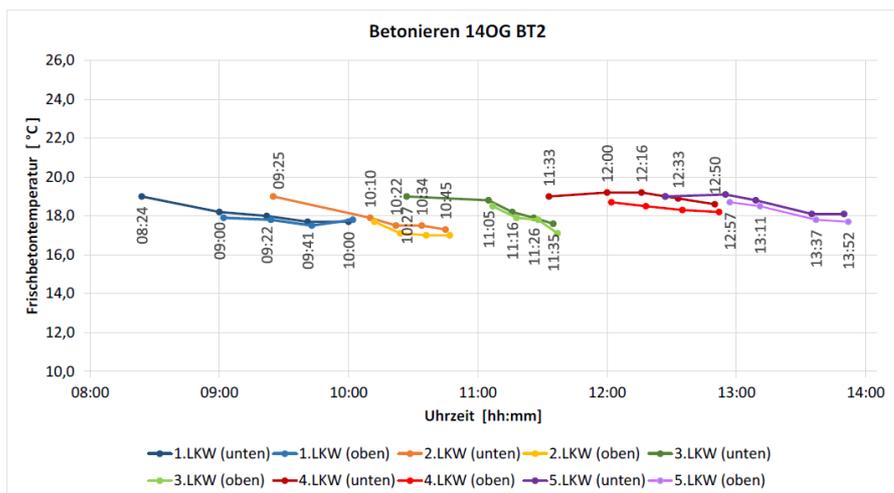
<sup>484</sup> Vgl.: BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. S. 271

einer erhöhten Rissgefahr und zu Einschränkungen in der Verarbeitbarkeit des Frischbetons.<sup>485</sup>

Ungeachtet den Angaben aus Tabelle 64 empfiehlt der Verfasser der vorliegenden Arbeit die Frischbetontemperatur bei der Herstellung von Sichtbetonflächen, wie in der Tabelle 67 dargestellt, unabhängig von der Umgebungstemperatur mehrfach zu prüfen und zu dokumentieren.

Tabelle 67 zeigt den Verlauf der Frischbetontemperatur in Abhängigkeit der Liefer- und Einbauzeit für die Betonage eines Sichtbetonbauteils. Die einzelnen Punkte symbolisieren hierbei jeweils die Messpunkte. Die erste Messung der Frischbetontemperatur wurde bei der Beladung der fünf Mischfahrzeuge im Transportbetonwerk durchgeführt. Des Weiteren wurden für jede Betonlieferung, die in vier Krankübel entladen wurde, die Frischbetontemperatur beim Entleeren in den Kübel (unten) und nach dem Einfüllen in die Schalung (oben) gemessen und in Tabelle 67 dokumentiert.<sup>486</sup>

**Tabelle 67** Verlauf der Frischbetontemperatur in Abhängigkeit der Zeit<sup>487</sup>



#### 6.4.6 Identitätsprüfung

Auf Veranlassung des Bauherrn hat des Weiteren eine umfassende Identitätsprüfung des Frischbetons zu erfolgen.

*„Die Identitätsprüfung gibt an, ob ein definiertes Betonvolumen einer definierten Menge einer Betonsorte zu derselben Grundgesamtheit gehört, für die die Konformität mit der charakteristischen Festigkeit und den*

<sup>485</sup> Vgl.: <http://www.lafarge.at/zement/service/ratgeber/anwendungen/weisse-wannen/>. Datum des Zugriffs: 15. Jänner.2016

<sup>486</sup> Vgl.: MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 109

<sup>487</sup> MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. S. 142

*sonstigen Anforderungen mittels Konformitätsnachweis durch den Hersteller beurteilt wurde.*<sup>488</sup>

Die Identitätsprüfung hat nach der ÖNORM B4710-1 zumindest alle 2000 m<sup>3</sup> bzw. bei feingliedrigen Bauteilen alle 1000 m<sup>3</sup> zu erfolgen und wird im Regelfall von einer akkreditierten Prüfstelle durchgeführt<sup>489</sup> Die Dokumentation der Identitätsprüfung hat auf Formblatt der ÖNORM B 4710-1 zu erfolgen (siehe Kapitel 5.2.6).

#### 6.4.6.1 Dokumentation des Betoneinbaus

Der Einbau des Frischbetons in die Schalung hat für hochwertige Sichtbetonflächen entsprechend den Angaben aus Kapitel 4.2.1.1 zu erfolgen.

Für die Überwachung und die Dokumentation des Betoneinbaus gibt die ÖNORM B 4704 folgende Anforderungen an:

*„Zu Beginn der Arbeiten, aber mindestens 1x täglich, ist zu überprüfen:*

- *Vorhandensein der Fördergeräte, Fallhöhe des Betons,*
- *Übereinstimmung der Witterungsbedingungen mit den Annahmen für die zu erreichenden Betoneigenschaften.*

*Während der Arbeiten ist zu überprüfen:*

- *Transportdauer bis zum Einbau,*
- *ordnungsgemäße Verdichtung.*

*Nach den Arbeiten ist zu überprüfen:*

- *die Einhaltung der Ausschalfristen,*
- *ordnungsgemäße Nachbehandlung gemäß allfälligen Vorschriften bzw. gemäß Festlegungen in den Planunterlagen.*<sup>490</sup>

Für die Überwachungsklasse 2 sind die oben „[...] angeführten Tätigkeiten beim ersten und anschließend bei jedem zehnten Betonierabschnitt [...]“<sup>491</sup> zu überprüfen. Für die Überwachungsklasse 3 erfolgt die Überprüfung „[...] beim ersten und anschließend bei jedem fünften Betonierabschnitt [...]“<sup>492</sup>.

<sup>488</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 127

<sup>489</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 128

<sup>490</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4704 Ausführung von Tragwerken aus Beton, Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 13670. S. 15

<sup>491</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4704 Ausführung von Tragwerken aus Beton, Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 13670. S. 15

<sup>492</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4704 Ausführung von Tragwerken aus Beton, Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 13670. S. 15

Um bei einem etwaigen Ausfall von Verdichtungs- und Fördergeräten keine Qualitätseinbußen aufgrund eines gestörten Betonierablaufes zu erhalten, sind Ersatzgeräte auf der Baustelle vorzuhalten.

Als Dokumentationsinstrument für die Aufzeichnung des Betonierablaufes eignet sich das Sichtbetonprotokoll (siehe Tabelle 68) bzw. das Betoniertagebuch sowie Bild- und Videoaufnahmen. Bei beengten Arbeitsverhältnissen empfiehlt sich des Weiteren die Verwendung von kamera-bestückten Drohnen.

**Tabelle 68 Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5: Betonarbeiten**

Beton Charge...	Betoneinbau		tt.mm.jjjj	Lieferant		
	Einbaubeginn		Uhr	Zeitpunkt der ersten Wasserzugabe		Uhr
	Witterung bei Start			Eintreffen des Mischfahrzeuges		Uhr
	Lufttemperatur bei Start		°C	Rezeptur:		
	Luftfeuchtigkeit bei Start		%	Festigkeitsklasse		
	Einbaumenge		m <sup>3</sup>	Expositionsklassen		
	Frischbetonprüfungen:			Zementsorte		
	Ausbreitmaß		mm	Größtkorn		mm
	Rohdichte		kg/m <sup>3</sup>	W/B-Wert		
	Luftgehalt		%	Zusatzstoffe		
	Frischbetontemp. bei Start		°C	Zusatzmittel		
	Einbaumethode:			Konsistenzklasse		
	Krankübel		✓ / –	Festigkeitsentwicklung		
	Betonpumpe		✓ / –	Betonierabschnitt:		
	max. Fallhöhe d. Betons		m	Länge d. Betonierabschnittes		m
	Steiggeschwindigkeit		m/h	Höhe d. Betonierabschnittes		m
	Einbaugeschwindigkeit		m <sup>3</sup> /h	Anzahl d. Schüttilagen		Stk
	Einbauende		Uhr	Höhe d. Schüttilagen		m
	Witterung bei Ende			zeitl. Abstand d. Schüttilagen		min
	Lufttemperatur bei Ende		°C	Anzahl d. Einfüllstellen		Stk
	Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	Abdichtung d. Arbeitsfugen:		
	Frischbetontemp. bei Ende		°C	Fugenblech		✓ / –
	Einbaudauer gesamt		min	Fugenbänder		✓ / –
	Arbeitsgruppengröße		Personen	Quellbänder		✓ / –
Bemerkungen						
Verdichtung	Flaschenrüttler			Außenrüttler		
	Anzahl		Stk	Anzahl		Stk
	Durchmesser d. Flaschenkörpers		mm	Anordnungsabstand vertikal		m
	Wirkungsdurchmesser		mm	Anordnungsabstand horizontal		m
	Bemerkungen					

Vor allem die Bild- und Videodokumentation verfügt über den Vorteil, dass den Arbeitskräften während der Betonage gemachte Fehler anschließend anschaulich aufgezeigt werden können (Siehe z.B. Bild 87 und Bild 88).



Bild 87 Bilddokumentation des Betonierprozesses<sup>493</sup>



Bild 88 Kontakt zwischen Bewehrung und Innenrüttler<sup>494</sup>

#### 6.4.6.2 Dokumentation der Betonerhärtung

*„Zum Zeitpunkt seiner Herstellung ist Beton plastisch und besitzt keine Festigkeit. Im Zuge der Hydratation erhärtet der Beton unter Freisetzung der Hydratationswärme und entwickelt mit der Zeit seine mechanischen Eigenschaften, wobei der zeitliche Verlauf der Hydratation maßgeblich von der Betonzusammensetzung bestimmt wird. Aufgrund der Kopplung zwischen Wärmefreisetzung und Hydratationsfortschritt kann der zeitliche Verlauf der Hydratation experimentell mittels Kalorimetrie erfasst werden.“<sup>495</sup>*

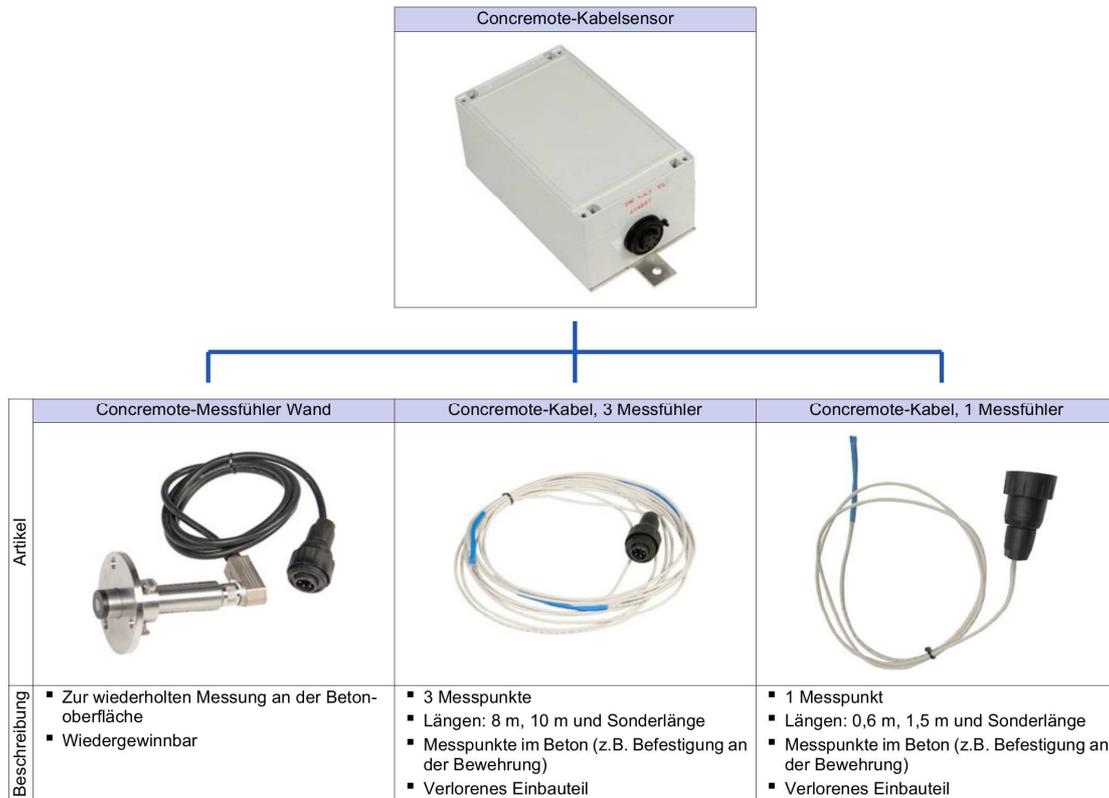
Durch den Einbau des in Kapitel 5.2.9.3 dargestellten Betonmonitoringsystems ist der Temperaturverlauf bzw. in weiterer Folge der Hydratationsgrad des jungen Betons während der Erhärtungsphase eindeutig dokumentierbar.

Hierzu sind abhängig vom Bauteil entweder Sensoren für vertikale oder horizontale Bauteile zu verwenden.

<sup>493</sup> [http://www.pro-bau-c.ch/aktuell/17\\_mietwohnungen/index.html](http://www.pro-bau-c.ch/aktuell/17_mietwohnungen/index.html). Datum des Zugriffs: 19.Jänner.2016

<sup>494</sup> MOTZKO, C.: Ausführung-Schalarbeiten . Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 35

<sup>495</sup> <http://www.ibmb.tu-braunschweig.de/index.php/308/articles/422.html>. Datum des Zugriffs: 19.Jänner.2016



**Bild 89 Kabelsensor und Messfühler für vertikale Bauteile<sup>496</sup>**



**Bild 90 Deckensensor für horizontale Bauteile<sup>497</sup>**

Der Concremote-Kabelsensor besteht zum einem aus der Sensorbox die den Datentransfer der Temperaturdaten zum Rechenzentrum regelt, und zum anderem entweder aus einem Concremote-Messfühler-Wand oder aus einem Concremote-Kabel mit einem oder drei Messfühlern, die an die Sensorbox angeschlossen werden. Wird der Concremote-

<sup>496</sup> DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 12

<sup>497</sup> DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 14

Messfühler-Wand verwendet, ist an der Messposition eine Bohrung entsprechend des Messfühlerdurchmessers durch die Schalung herzustellen. Der Messfühler ist im Bohrloch zu fixieren und das Kabel an die außenliegende Sensorbox anzuschließen. (Siehe Bild 91 und Bild 92) Werden Kabelmessfühler verwendet sind die Kabel an der Bewehrung zu befestigen und mit einzubetonieren. Die Sensorbox wird entweder außenliegend an der Schalung oder an der aufgehenden Bewehrung befestigt. Während der Concremote-Messfühler-Wand wiedergewinnbar ist, sind die Kabelmessfühler verlorene Einbauteile.<sup>498</sup>



Bild 91 Einsatz Concremote Messfühler-Wand



Bild 92 Concremote Messfühler-Wand auf der Schalunginnenseite

Der kabellose Deckensensor wird direkt nach dem Abziehen/Glätten horizontaler Bauteile auf den Frischbeton mit der Spitze nach unten aufgesetzt. Je nach Konsistenz des Frischbetons ist ein leichtes Einsinken des Sensors möglich.<sup>499</sup>

Soll die Unterseite eines horizontalen Bauteils gemessen werden, ist der Messfühler-Wand an der Unterseite der Schalung zu befestigen. Der Kontakt zur Betonoberfläche ist wiederum durch eine Bohrung in der Schalung herzustellen.

<sup>498</sup> Vgl.: DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 15-16

<sup>499</sup> Vgl.: DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremote Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. S. 13



Bild 93 Einsatz Concremote Deckensensor<sup>500</sup>

Durch den ständigen Abgleich der Temperaturdaten der Messsensoren mit den Referenzwerten der Kalibriermessung, wird die Festigkeitsentwicklung des Betons in Echtzeit ermittelt und steht den Anwendern in Form von Diagrammen durch die Concremote Software zur Verfügung. Die Diagramme sind über Notebooks, Tablets oder Smartphones permanent abrufbar.<sup>501</sup>

In Bild 94 und Bild 95 wird der mittels Concremote ermittelte Temperatur- und Festigkeitsverlauf eines Betonbauteils während der Erhärtung dargestellt.

<sup>500</sup> <https://www.doka.com/at/system-groups/doka-system-components/concremote-hardware/Concremote>. Datum des Zugriffs: 19.Jänner.2016

<sup>501</sup> Vgl.: <https://www.doka.com/at/system-groups/doka-system-components/concremote-hardware/Concremote>. Datum des Zugriffs: 19.Jänner.2016

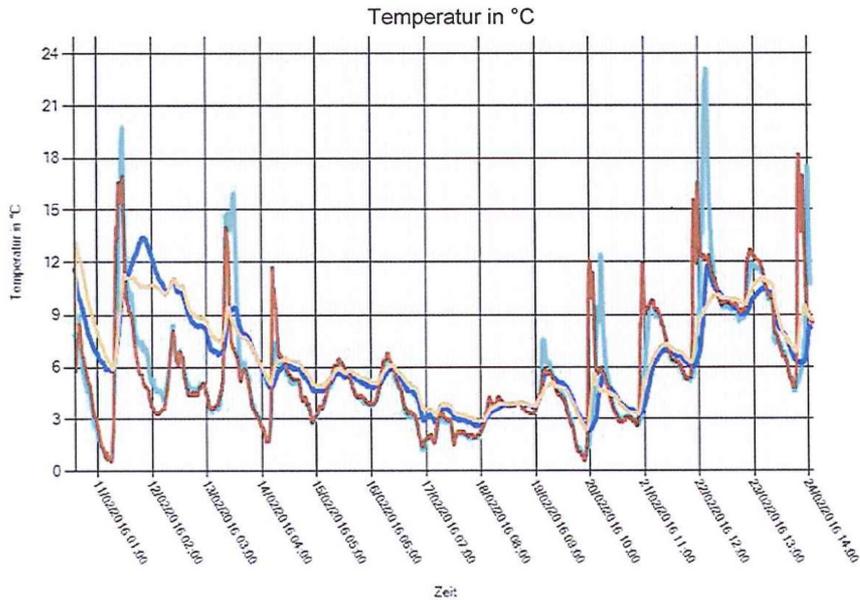


Bild 94 Datenauswertung mittels Concremote-Software: Temperaturverlauf<sup>502</sup>

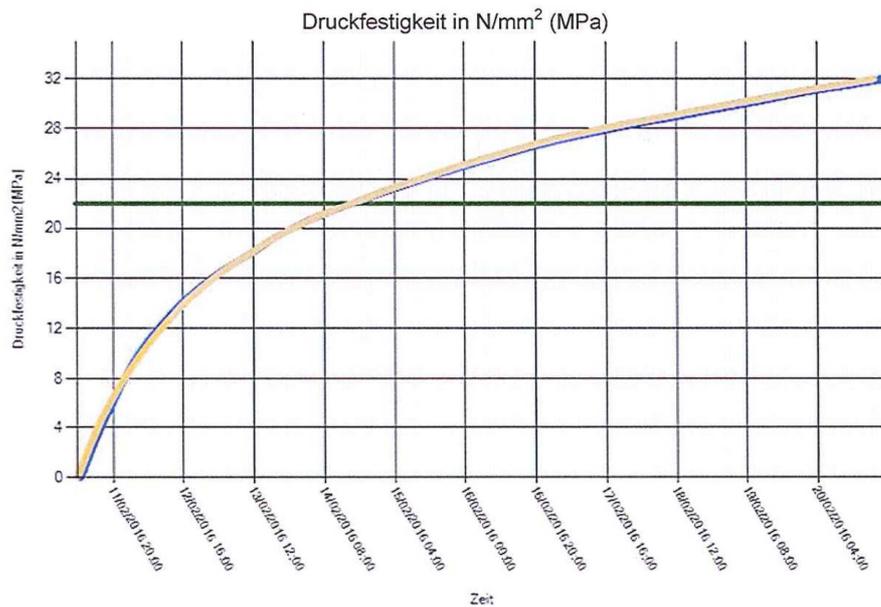


Bild 95 Datenauswertung mittels Concremote-Software: Festigkeitsverlauf<sup>503</sup>

Neben der Dokumentation der Festigkeitsentwicklung kann durch die Temperatureaufzeichnung des Erhärtungsprozesses auch das Risiko der Rissbildung aufgrund der abfließenden Hydratationswärme abgeschätzt werden.<sup>504</sup>

<sup>502</sup> Doka

<sup>503</sup> Doka

<sup>504</sup> Vgl.: <http://www.ibmb.tu-braunschweig.de/index.php/308/articles/422.html>. Datum des Zugriffs: 19.Jänner.2016

### 6.4.6.3 Dokumentation des Ausschalprozesses und der Nachbehandlung

Nach einem ausreichend langen Erhärungszeitraum des Betons, ist die Schalung vom Beton zu entfernen.

Die ÖNORM B 4710-1 legt hierzu die Ausschalfristen folgendermaßen fest:

**Tabelle 69** Ausschalfristen in Tagen für seitliche Schalungen bei mittleren Tagestemperaturen von +12 °C bis +20 °C (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>505</sup>)

Festigkeitsentwicklung	Betonfestigkeitsklasse			
	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25 und höher
Langsam (EL)	3	2	2	1
Mittel (EM)	-	2	1	1
Schnell (ES)	-	-	1	1

**Tabelle 70** Ausschalfristen in Tagen für tragende Schalungen bei mittleren Tagestemperaturen von +12 °C bis +20 °C (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>506</sup>)

Festigkeitsentwicklung	Betonfestigkeitsklasse					
	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50
Langsam (EL)	21	20	19	17	15	-
Mittel (EM)	18	17	15	12	10	10
Schnell (ES)	14	13	12	10	8	6

„Tage mit einer mittleren Tagestemperatur zwischen +5 °C und +12 °C dürfen nur als 0,7 Tage, solche mit einer mittleren Tagestemperatur zwischen 0 °C und +5 °C nur als 0,3 Tage und solche mit einer mittleren Tagestemperatur über +20 °C als 1,3 Tage in Rechnung gestellt werden.“<sup>507</sup>

Die in Tabelle 69 und Tabelle 70 angegebenen Werte dürfen nach der ÖNORM B 4710-1 bei einem statischen Nachweis, über die ausreichende Tragfähigkeit der auftretenden Lasten auch unterschritten werden.<sup>508</sup> Eine ausreichende Tragfähigkeit des jungen Betons ist beispielsweise

<sup>505</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 122

<sup>506</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 122

<sup>507</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 121

<sup>508</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 121

durch den Einsatz des Betonmonitoringsystems Concremote aus Kapitel 6.4.6.2 nachweisbar.

Die Bestimmung des Ausschalzeitpunktes auf Basis der Festigkeitsverlaufsermittlung durch das Betonmonitoringsystem Concremote verhindert Qualitätsabweichungen aufgrund eines zu frühen oder zu späten Ausschalzeitpunktes (siehe Bild 96 - Bild 98) .



**Bild 96 Ablösen der Zementhaut an der Betonoberfläche wegen eines zu frühen Öffnens der Schalung<sup>509</sup>**



**Bild 97 Punktueller Abriss bis zur Körnung aufgrund eines zu frühen Ausschalzeitpunktes<sup>510</sup>**

<sup>509</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 28

<sup>510</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 28



**Bild 98** Verfärbungen der Betonfläche wegen einer zu langen Verweildauer in der Schalung<sup>511</sup>

Analog zur Dokumentation der Betoneinbringung eignen sich zur Dokumentation des Ausschalprozesses vor allem Bild- und Videoaufnahmen. Mit Hilfe dieser Instrumente kann der gesamte Ausschalprozess realitätsgetreu aufgezeichnet und Fehler während des Ausschalvorganges leicht dargestellt werden. In Bild 99 sind beispielsweise die Auswirkungen von Fehlverhalten während des Ausschalvorgangs ersichtlich.



**Bild 99** Kratzer im Wandfußbereich, da das Schalungselement beim Ausschalvorgang nicht vollständig von der Betonfläche abgerückt wurde<sup>512</sup>

Zeitpunkt und Dauer sowie die äußeren Umstände (Witterung) des Ausschalprozesses sind des Weiteren durch die Baustellenberichte oder mit Hilfe des Sichtbetonprozessprotokolls zu dokumentieren.

<sup>511</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 28

<sup>512</sup> MOTZKO, C.: Ausführung-Schalarbeiten . Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 41

**Tabelle 71** Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5:  
**Ausschalen**

Ausschalen	Öffnen der Schließschalung		tt.mm.jjjj	Öffnen der Stellschalung		tt.mm.jjjj
	Start		Uhr	Start		Uhr
	Witterung bei Start			Witterung bei Start		
	Lufttemperatur bei Start		°C	Lufttemperatur bei Start		°C
	Luftfeuchtigkeit bei Start		%	Luftfeuchtigkeit bei Start		%
	Ende		Uhr	Ende		Uhr
	Witterung bei Ende			Witterung bei Ende		
	Lufttemperatur bei Ende		°C	Lufttemperatur bei Ende		°C
	Luftfeuchtigkeit bei Ende		%	Luftfeuchtigkeit bei Ende		%
	Entschalt nach		Tagen	Entschaldauer		h
	Bemerkungen					

Im Anschluss an den Ausschalprozess ist die junge Betonoberfläche durch Nachbehandlungsmaßnahmen vor vorzeitigem Austrocknen, extremen Temperaturen, Niederschlag, mechanischen Beanspruchungen und chemischen Angriffen zu schützen. Als für Sichtbetonflächen geeignete Nachbehandlungsmaßnahmen gelten das Einhausen der Bauteile mit Kunststofffolien und das Aufsprühen von hydrophobierenden Nachbehandlungsmitteln.<sup>513</sup>

*„Auf diese Weise können unerwünschte Ausblühungen - verursacht durch nasse Nachbehandlung oder Niederschlagwasser - vermieden werden.“<sup>514</sup>*

Um dunkle Verfärbungen auf der Betonfläche zu vermeiden, ist beim Einhausen des Sichtbetonbauteils der Folienkontakt mit der Betonfläche durch die Verwendung von Hilfskonstruktionen zu vermeiden. Zur Verhinderung der Kondensatentstehung ist zwischen der Folie und der Betonoberfläche ein geringer Luftaustausch zu gewährleisten. Starke Zugluft ist aufgrund der sonstigen schnellen Austrocknung der Betonoberfläche zu vermeiden.

Das zusätzliche Aufsprühen eines hydrophobierenden Nachbehandlungsmittels *"[...] schränkt den Feuchtetransport ein und kann Ausblühungen wirksam verhindern"*<sup>515</sup>

Zur Verhinderung von Rostspuren ist auch die Anschlussbewehrung vor den Witterungseinflüssen zu schützen.

Die erforderliche Nachbehandlungsdauer wird von der ÖNORM B 4710-1 folgendermaßen festgelegt:

<sup>513</sup> Vgl.: HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 29 ff

<sup>514</sup> PICKHARDT, R.; SCHÄFER, W.: Nachbehandlung und Schutz des jungen Betons. Zement-Merkblatt Betontechnik B 8. S. 2

<sup>515</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 33

**Tabelle 72** Mindestdauer der Nachbehandlung von Betonflächen (in Anlehnung an die ÖNORM B 4710-1<sup>516</sup>)

Zulässige Betonsorte	Mindestdauer der Nachbehandlung in Abhängigkeit der Festigkeitsentwicklung			
	ES	EM	EL	E0
X0	12 h	12 h	24 h	2 Tage
sämtliche Festigkeitsklassen XC1, XC2, XC3, XF1, XA1, XM1	2 Tage	3 Tage	4 Tage	7 Tage
alle anderen Betonsorten	3 Tage	7 Tage	10 Tage	14 Tage

„Die Mindest-Nachbehandlungszeiten gelten für mittlere Tagestemperaturen von über +12 °C. Tage mit einer mittleren Tagestemperatur zwischen +5 °C und +12 °C dürfen als 0,7 Tage, solche mit einer mittleren Tagestemperatur zwischen 0 C und +5 °C nur als 0,3 Tage in Rechnung gestellt werden.“<sup>517</sup>

Die Qualität der Nachbehandlungsmaßnahmen ist anhand von Bilddokumentationen übersichtlich darstellbar. Die getroffenen Entscheidungen bezüglich der Nachbehandlung sind mit Hilfe des Sichtbetonprozessprotokolls dokumentierbar.

**Tabelle 73** Auszug vom Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5: Nachbehandlung

Nachbehandlung/ Schutz	Nachbehandlung Start		tt.mm.jjjj	Schutzmaßnahmen		
	Witterung			Abdeckmaterial		
	Lufttemperatur		°C	Abst. zwisch. Folie u. Betonfl.	cm	
	Luftfeuchtigkeit		%	Kantenschutz	✓ / –	
	Nachbehandlung Ende		tt.mm.jjjj	Angaben zum Nachbehandlungsmittel:		
	Witterung			Hersteller		
	Lufttemperatur		°C	Produkt		
	Luftfeuchtigkeit		%	Auftragsart		
	Dauer der Nachbehandlung		Tage	Auftragsmenge	g/m <sup>2</sup>	
	Bemerkungen					

<sup>516</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 120

<sup>517</sup> ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. S. 120



**Bild 100** Anliegende und beschädigte Folie<sup>518</sup>



**Bild 101** Hilfskonstruktion mit Abstandhalter<sup>519</sup>



**Bild 102** Ungeschützte Anschlussbewehrung rostet bei Niederschlag<sup>520</sup>



**Bild 103** Rostspuren aufgrund ungeschützter Anschlussbewehrung<sup>521</sup>

<sup>518</sup> MOTZKO, C.: Ausführung-Schalarbeiten . Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 45

<sup>519</sup> MOTZKO, C.: Ausführung-Schalarbeiten . Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 45

<sup>520</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 32

<sup>521</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 32



Bild 104 dunkle Verfärbungen aufgrund von Folienkontakt<sup>522</sup>



Bild 105 Richtige Nachbehandlung mit stoffolie auf einer Hilfskonstruktion inkl. Abdeckung der Anschlussbewehrung<sup>523</sup>

#### 6.4.7 Dokumentation der Umgebungseinflüsse während des Ausführungsprozesses

Nach BOSKA stellen Umwelteinflüsse eine Störgröße im Sichtbetonprozess dar. Sie sind nicht steuerbar und bedürfen daher besonderer Aufmerksamkeit bei der Erstellung von Sichtbetonbauteilen.

Wie bereits in Kapitel 4.2.3.1 beschrieben, beeinflussen die Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Sonneneinstrahlung und der Niederschlag während der Betonage, des Ausschalens und der Nachbehandlung die Oberflächenporigkeit sowie die Farbtongleichmäßigkeit der Sichtbetonfläche.

Die Bestimmung der Witterungseinflüsse kann einerseits lokal mit Hilfe von diversen Messinstrumenten (siehe Kapitel 5.2.9.1.) oder durch die Eingabe des Baustellenstandortes in ein Internetwetterportal (siehe Bild 106) bzw. eine Wetterapp erfolgen. Die aufgezeichneten Wetterdaten sind anschließend in den Bautagesberichten bzw. im Sichtbetonprozessprotokoll zu dokumentieren.

<sup>522</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 29

<sup>523</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 30

Bild 106 Aktuelle Wetterdaten auf [wetter.at](http://wetter.at)

Sonstige Baustelleneinflüsse wie Staubbelastungen oder Erschütterungen aus angrenzenden Bahngleisen können durch die Anwendung von Staub- und Vibrationsmessgeräten (siehe Kapitel 5.2.9.1) aufgezeichnet bzw. dokumentiert werden.

Durch die Verwendung von ortsgebundenen Webcams oder Drohnen ist eine Baudokumentation aus der Vogelperspektive möglich. Luftbilder eignen sich neben der Dokumentation der Umgebungseinflüsse vor allem dazu, den Baufortschritt bzw. die örtlichen Umstände (Darstellung von Zufahrtswegen, Verkehrs-, Lager- und Umschlagsflächen)<sup>524</sup> der Baustelle abzubilden.

<sup>524</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 277



Bild 107 Baustellendokumentation durch eine ortsgebundene Webcam<sup>525</sup>



Bild 108 Baustellendokumentation durch eine Drohne<sup>526</sup>

<sup>525</sup> <http://www.bauwerk.de/de/objekt/friends/webcamfilme>. Datum des Zugriffs: 15.November.2015

<sup>526</sup> <http://batcam.de/galerie/baudokumentation/>. Datum des Zugriffs: 15.November.2015

## 6.5 Dokumentation der Zielgrößen

Im Anschluss an das Ausschalen und der Nachbehandlung erfolgt die Beurteilung eines Sichtbetonabschnittes bzw. des Sichtbetonbauteils.

Dabei gilt es zu unterscheiden, ob es sich um eine Zwischenbeurteilung oder eine Beurteilung für die Abnahme des Sichtbetonbauteils handelt.

Bei der Zwischenbeurteilung werden die Einzelkriterien eines fertiggestellten Betonierabschnittes durch das Sichtbetonteam bewertet und wenn erforderlich, daraus Korrekturmaßnahmen für den nachfolgenden Abschnitt abgeleitet. Zwischenbeurteilungen erfolgen üblicherweise in der Folgeweche der Herstellung eines Sichtbetonabschnittes.<sup>527</sup>

Die Beurteilung für die Abnahme eines Sichtbetonbauteils sollte erst erfolgen wenn sich das Aussehen der Betonoberfläche in Abhängigkeit der Umweltbedingungen stabilisiert hat. Die Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen gibt den frühesten Beurteilungszeitpunkt mit 28 Kalendertagen nach dem Ausschalzeitpunkt an. Diese Zeitspanne gilt es unbedingt einzuhalten, da der zeitliche Ausheilungsverlauf einen großen Einfluss auf die Farbgebung bzw. die Farbgleichheit der Betonoberfläche besitzt.<sup>528</sup>

Im Gegensatz zu den Zwischenbeurteilungen einzelner Betonierabschnitte oder Musterflächen werden bei der Beurteilung für die Abnahme nicht die Einzelkriterien, sondern der Gesamteindruck einer Ansichtsfläche bewertet.

Die Beurteilung des Gesamteindrucks hat in einem angemessenen Betrachtungsabstand und unter üblichen Lichtverhältnissen zu erfolgen. Beurteilungen an Tagen mit schlechter Witterung oder bei Streiflicht sollten vermieden werden.<sup>529</sup>

In der Praxis haben sich zur Beurteilung folgende Betrachtungsabstände bewährt:

**Bauwerk:** „Die angemessene Entfernung entspricht dem Abstand, der erlaubt, das Bauwerk in seinen wesentlichen Teilen optisch zu erfassen. Dabei müssen die maßgebenden Gestaltungsmerkmale erkennbar sein.“<sup>530</sup>

<sup>527</sup> Vgl.: HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 290

<sup>528</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 24

<sup>529</sup> Vgl.: SCHULZ, R.-D.: Technische Kriterien für die Beurteilung und Abnahme von Sichtbeton. In: Sichtbeton-Planen,Herstellen,Beurteilen 2. Symposium. S. 81

<sup>530</sup> SCHULZ, R.-D.: Technische Kriterien für die Beurteilung und Abnahme von Sichtbeton. In: Sichtbeton-Planen,Herstellen,Beurteilen 2. Symposium. S. 81

**Bauteile:** „Der angemessene Betrachtungsabstand ist derjenige, der bei üblicher Nutzung vom Betrachter eingenommen wird.“<sup>531</sup>



Bild 109 Angemessener Betrachtungsabstand für ein Gebäude<sup>532</sup>



Bild 110 Angemessener Betrachtungsabstand für ein Bauteil<sup>533</sup>

Entspricht der Gesamteindruck der Ansichtsfläche nicht der vereinbarten Sichtbetonqualität, sind die vereinbarten Einzelkriterien für die Beurteilung heranzuziehen.

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln erwähnt, sind Sichtbetonbauteile bei der Herstellung und während der Nachbehandlung zahlreichen Einflüssen ausgesetzt. Die Witterungsbedingungen, der Transport, das Fördern und das Einbringen des Frischbetons, der Schalhautzustand, die Wechselwirkungen zwischen Schalhaut, Trennmittel und Beton sowie „[...] die Art, Lage und Abmessungen der Bauteile selbst haben einen signifikanten Einfluss auf die Beschaffenheit des fertigen Bauteils [...]“<sup>534</sup>

„Sichtbetonbauwerke können daher niemals in allen Bauteilen und Abschnitten homogen sein und werden auch bei bester Planung, Vorbereitung und Nachbehandlung nie ganz ohne Unregelmäßigkeiten sein.“<sup>535</sup>

Die Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen gibt daher einige Abweichungen der Zielgrößen an, die nicht vermeidbar, nur eingeschränkt vermeidbar bzw. bei fachgerechter Ausführung im allgemeinen vermeidbar sind.

<sup>531</sup> SCHULZ, R.-D.: Technische Kriterien für die Beurteilung und Abnahme von Sichtbeton. In: Sichtbeton-Planen, Herstellen, Beurteilen 2. Symposium. S. 81

<sup>532</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 34

<sup>533</sup> HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. S. 34

<sup>534</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 25

<sup>535</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 25

**Folgende Eigenschaften sind nach der RICHTLINIE SICHTBETON-GESCHALTE BETONFLÄCHEN 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>536</sup>

**Folgende Abweichungen können nach der RICHTLINIE SICHTBETON-GESCHALTE BETONFLÄCHEN nur eingeschränkt vermieden werden:**

- „leichte Farbunterschiede zwischen aufeinander folgenden Schüttilagen
- Porenanhäufung im oberen Teil vertikaler Bauteile
- Abzeichnung der Bewehrung oder des Grobkornes
- geringfügige Ausblutungen an Stößen zwischen Schalbrettern bzw. -elementen, Ankerlöchern u.ä.
- Schleppwassereffekte in geringer Anzahl und Ausdehnung
- Wolkenbildungen und Marmorierungen
- einzelne Kalk- und Rostfahnen an vertikalen Bauteilen, Rostspuren an Untersichten von horizontalen Bauteilen<sup>537</sup>

<sup>536</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 25

<sup>537</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 25

**„Die folgenden Abweichungen sind bei fachgerechter Ausführung und angemessener Sorgfalt nach der RICHTLINIE SICHTBETON-GESCHALTE BETONFLÄCHEN im Allgemeinen vermeidbar:**

- Fehler durch das Einbringen und Verdichten des Betons ("Kies-nester", stark sichtbare Schüttilagen u.a.)
- Häufung von Rostfahnen an vertikalen Bauteilen sowie von Rostspuren durch zurückgelassene Bewehrungsreste an den Untersichten 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 Ausblutungen 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)
- Beschriftungen und Markierungen auf Sichtbetonflächen<sup>538</sup>

Bei der Beurteilung und Dokumentation der Einzelkriterien bzw. deren Ausführungsqualitäten ist zwischen der technischen und der ästhetischen Beurteilung zu unterscheiden.

Eine technische Beurteilung erfahren all jene Einzelkriterien, deren Erreichbarkeit objektiv messbar ist (z.B. das Erreichen einer bestimmten Porigkeitsklasse, Strukturklasse oder Arbeitsfugenklasse).

Bei der ästhetischen Beurteilung ist das Erreichen der Gestaltungsmerkmale nicht objektiv messbar. Ob die geforderten Einzelkriterien erreicht werden, wird durch die subjektive Wahrnehmung der beurteilenden Person bestimmt. Die Zuordnung der Farbe einer Sichtbetonfläche bzw. deren Gleichheit innerhalb eines Betrachtungsabschnittes zu einer Farbtonklasse zählt zur ästhetischen Beurteilung einer Ansichtsfläche.

<sup>538</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 25-26

Nachfolgend wird auf die unterschiedlichen Beurteilungsverfahren der Einzelkriterien eingegangen.

### 6.5.1 Dokumentation der Porigkeit

Die Porigkeit einer Betonfläche „[...] hängt im Wesentlichen davon ab, wie viele Luftporen an der Betonoberfläche entweichen können und welche - an der Grenzfläche zwischen Schalungshaut und Beton - eingeschlossen bleiben und nach dem Ausschalen sichtbar werden.“<sup>539</sup>

Damit die eingeschlossene Luft überhaupt aus dem Beton entweichen kann, müssen die Lufteinschlüsse die Adhäsionskräfte welche zwischen der Schalungshaut und dem Frischbeton herrschen, mit Hilfe der Verdichtungsarbeit überwinden. Die Stärke der Adhäsionskräfte ist abhängig vom verwendeten Trennmittel, von der Betonrezeptur (Entlüftungsverhalten des Frischbetons) und von der durch die Anwendung von Fließmitteln erhöhten Klebrigkeit des Frischbetons.<sup>540</sup>

#### 6.5.1.1 Beurteilung der Porigkeit mittels Bildvergleich

Zur Ermittlung der Porigkeit eines Sichtbetonbauteils „[...] sind die Sichtbetonflächen in Prüflose von max. 500 m<sup>2</sup> je Sichtbetonklasse einzuteilen.“<sup>541</sup> Für jedes Prüflos sind anschließend „[...] mindestens zwei repräsentative Prüfflächen von 50 x 50 cm [...]“<sup>542</sup> auszuwählen.

Die Standardmethode zur Prüfung der Porigkeit, ist der augenscheinliche Vergleich der Prüfflächen mit Referenzbildern der Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen. „Die Referenzbilder zeigen jeweils die maximalen Werte je Porigkeit bzw. Porigkeitsklasse.“<sup>543</sup>

Porigkeitsklassen:<sup>544</sup>

*P* ≤ 0,3 % Porenanteil von 1 bis 15 mm Durchmesser

*2P* ≤ 0,6 % Porenanteil von 1 bis 15 mm Durchmesser

*3P* ≤ 0,9 % Porenanteil von 1 bis 15 mm Durchmesser

<sup>539</sup> HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 286

<sup>540</sup> Vgl.: REINISCH, A. G.: Untersuchung relevanter Parameter zu Optimierung von Sichtbetonflächen. Dissertation. S. 194

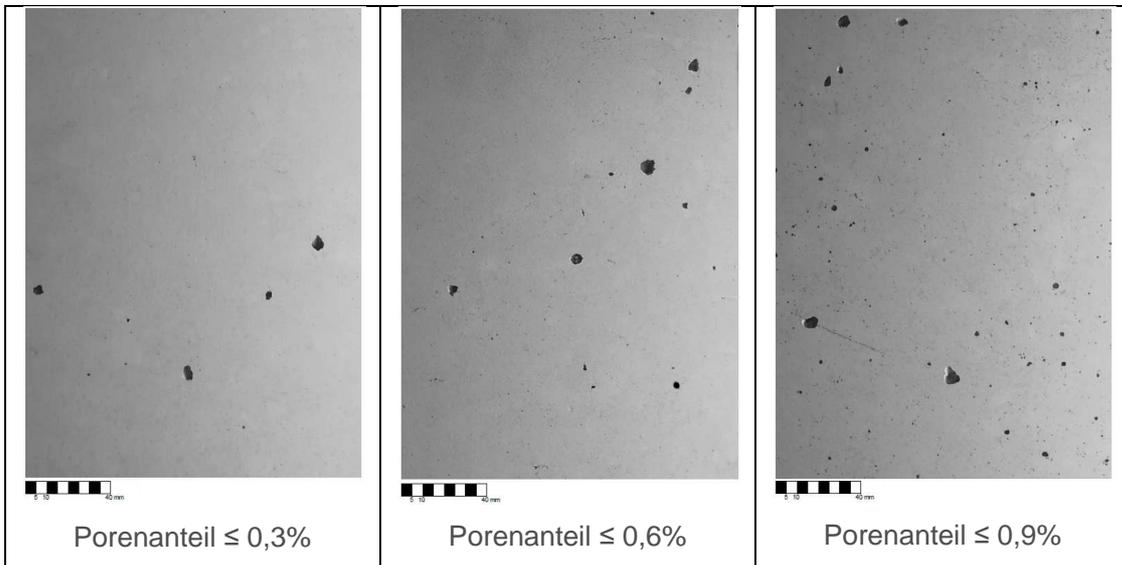
<sup>541</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 51

<sup>542</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 51

<sup>543</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 51

<sup>544</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 51

Tabelle 74 Referenzbilder der maximalen Porigkeit<sup>545</sup>



Für eine einfachere Zuordnung der Porengrößen können alternativ auch folgende Grafiken verwendet werden:

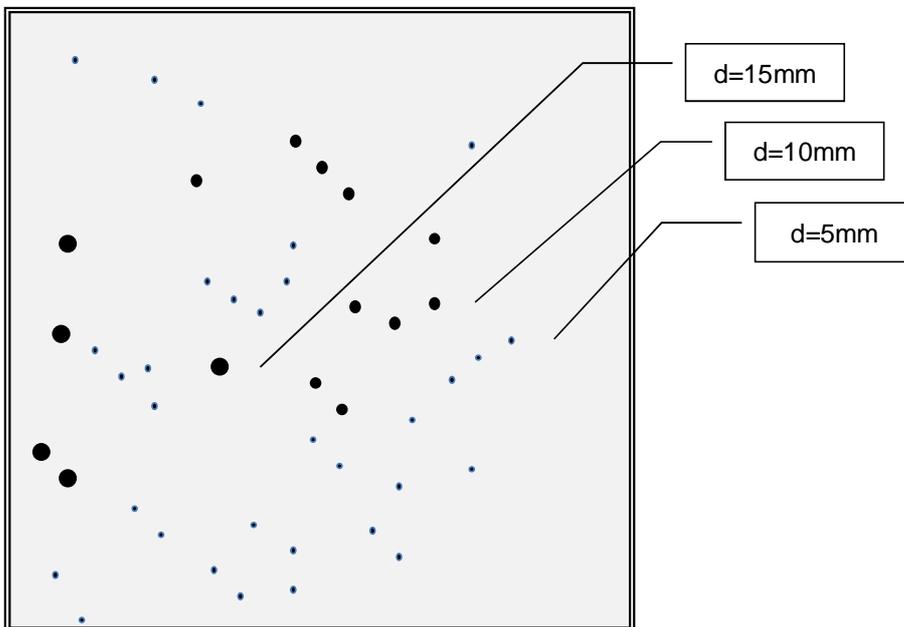


Bild 111 Porigkeit 3P: Maximal zulässige Porenfläche: 23cm<sup>2</sup><sup>546</sup>

<sup>545</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 52-57

<sup>546</sup> TRAVNICEK, R.: Betontechnologie und Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 18

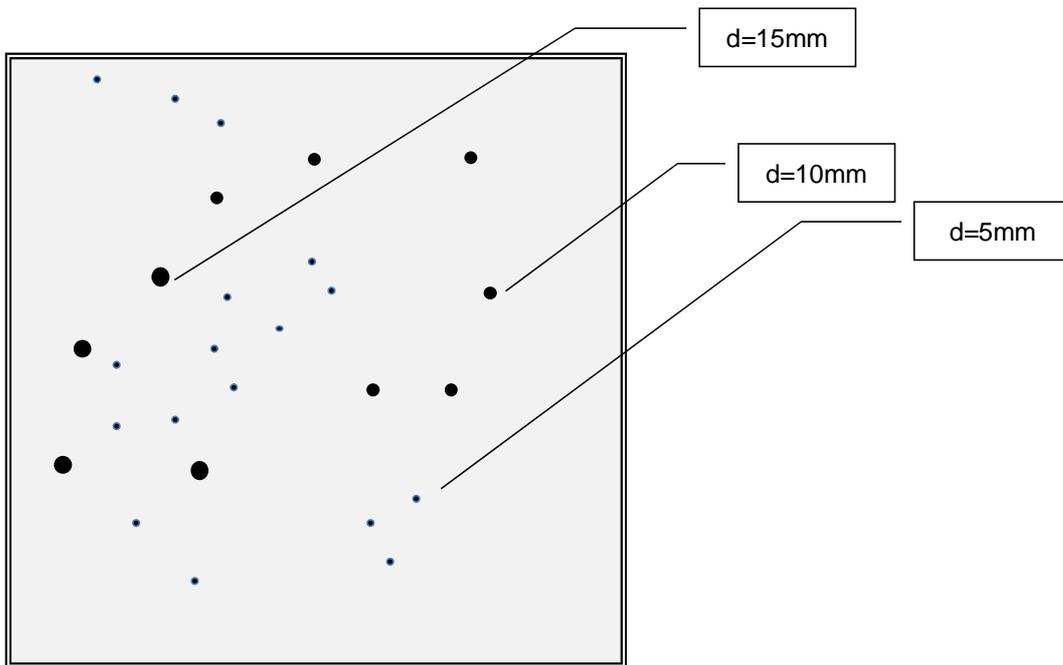


Bild 112 Porigkeit 2P: Maximal zulässige Porenfläche:  $15\text{cm}^2$ <sup>547</sup>

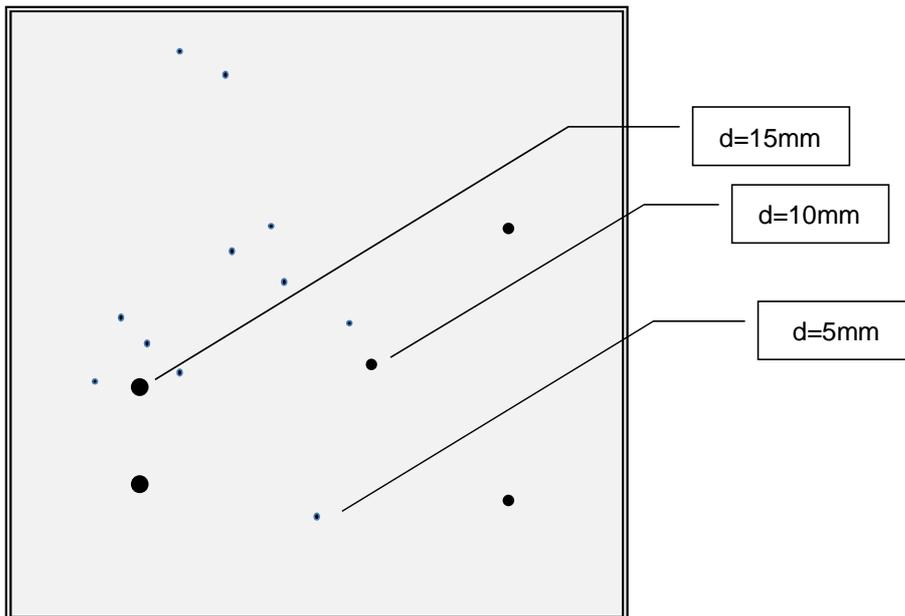


Bild 113 Porigkeit P: Maximal zulässige Porenfläche:  $8\text{cm}^2$ <sup>548</sup>

Für eine rechnerische Ermittlung des Porenanteils ist folgende Formel anzuwenden:

<sup>547</sup> TRAVNICEK, R.: Betontechnologie und Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 20

<sup>548</sup> TRAVNICEK, R.: Betontechnologie und Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 22

$$\text{Porenanteil [\%]} = \frac{\text{Summe der Porenfläche in cm}^2 \times 100}{2500 \text{ cm}^2 (\text{Prüffläche})}$$

Sollen genauere Verfahren zur Beurteilung der Porigkeit angewendet werden, ist dies ausdrücklich in der Ausschreibung anzugeben.<sup>549</sup>

### 6.5.1.2 Beurteilung der Porigkeit mittels digitaler Fototechnik und Bildverarbeitung

Ein genaueres Beurteilungs- und Dokumentationsinstrument zur Ermittlung der Porigkeit und zur Lunkervermessung von Betonflächen stellt das in Kapitel 5.2.9.4 dargestellte Aufnahmesystem zur Bildanalyse dar.

Die Beurteilung der Porigkeit anhand des vorgestellten Verfahrens bietet den Vorteil, dass subjektive Einflüsse, welche bei der personenbezogenen Betrachtung einer Ansichtsfläche entstehen, weitestgehend vermieden werden.

### 6.5.1.3 Einfluss der Prüfflächenauswahl

Da die Porenverteilung über die Betonfläche eines Bauteils naturgemäß nicht konstant ausfällt, hat die Auswahl der beiden Prüfflächen eines Prüfloses einen großen Einfluss auf die Prüfergebnisse der Porigkeitsuntersuchungen. Herstellungsbedingt finden sich vor allem bei vertikalen Bauteilen größere Porenanhäufungen an den Fußpunkten und am oberen Bauteilabschluss.

Diesen Umstand gilt es insbesondere bei etwaigen Streitigkeiten über die Erreichung einer geforderten Porigkeitsklasse zwischen dem Auftraggeber und dem Auftragnehmer zu berücksichtigen

<sup>549</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 51

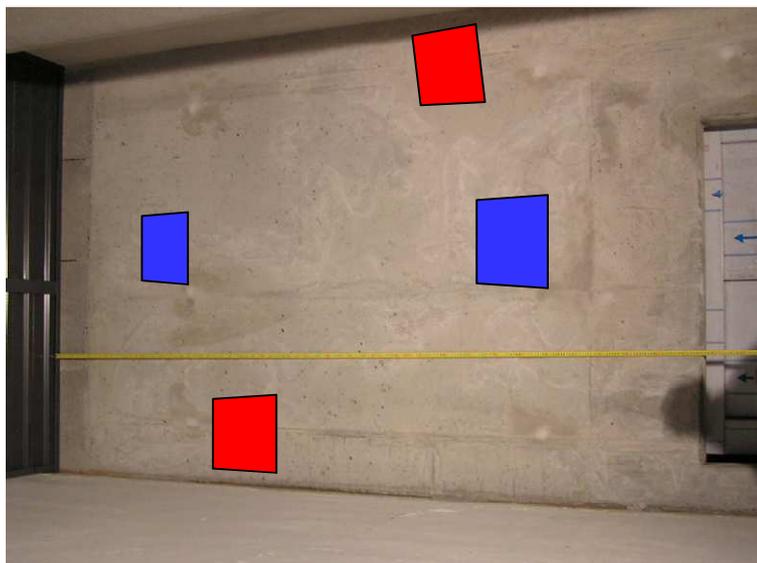


Bild 114 Einfluss der Prüfflächenauswahl<sup>550</sup>

- vorteilhafte Prüfflächen für den AG
- vorteilhafte Prüfflächen für den AN

### 6.5.2 Dokumentation der Farbtongleichheit

Aufgrund der vielen unterschiedlichen Einflussfaktoren wie der Betonrezeptur, Zustand und Art der Schalhaut (saugend/nicht saugend) Wahl und Auftragsmenge des Trennmittels und der Umwelteinflüsse, sind Sichtbetonflächen ohne Farbtonunterschiede nicht herstellbar.

Für die Beurteilung der Farbtongleichmäßigkeit von Sichtbetonflächen empfiehlt die Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen die Verwendung von Grautonskalen (sieben unterschiedliche Grautöne), die zur Prüfung des Farbtonunterschieds an die Betonfläche gehalten werden. Hierzu sind „[...] die Sichtbetonflächen in Prüfloße von max. 500 m<sup>2</sup>, je Sichtbetonklasse einzuteilen. Je Prüfloße sind mindestens zwei Prüfflächen (z.B. Betonierabschnitt, Wandelement) festzulegen und zu beurteilen, welche den optischen Gesamteindruck repräsentieren.“<sup>551</sup> Bei dieser Überprüfung ist auf eine ausreichende und gleichmäßige Belichtung der Betonflächen zu achten. Des Weiteren sollte die Beurteilung der Farbtongleichheit nur nach ausreichender Abtrocknung und erst nach „[...]

<sup>550</sup> HOFSTADLER, C.: Regelwerke für Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 103

<sup>551</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 59

angemessener Zeit, jedoch mindestens 28 Tage nach der Herstellung [...]’<sup>552</sup> des Sichtbetonbauteils erfolgen.

Die Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen erlaubt je nach gewählter Anforderungsklasse, eine unterschiedlich große Anzahl von Farbtonunterschieden innerhalb von benachbarten Farbtönen.<sup>553</sup>

„FT1 Farbtonunterschied innerhalb 5 benachbarter Farbtonstufen

FT2 Farbtonunterschied innerhalb 4 benachbarter Farbtonstufen

FT3 Farbtonunterschied innerhalb 3 benachbarter Farbtonstufen<sup>554</sup>

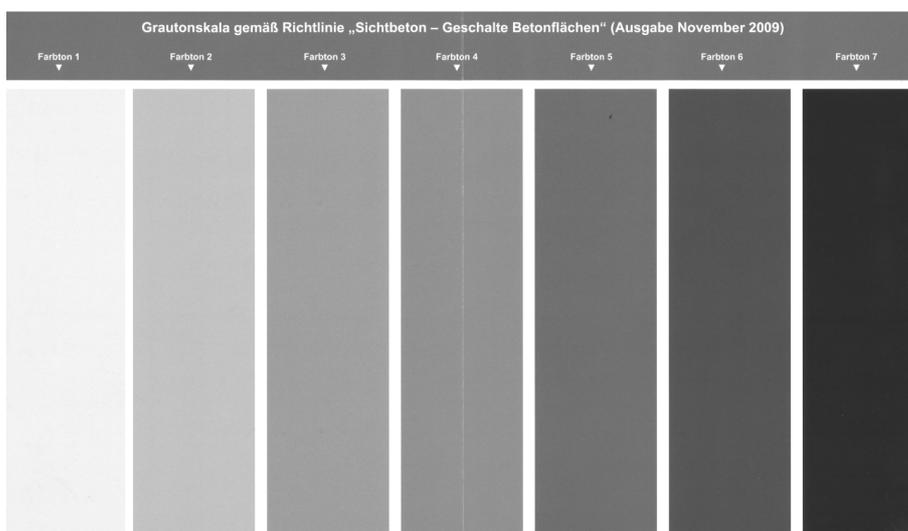


Bild 115 Beispiel einer Grautonskala<sup>555</sup>

Zur Dokumentation der Farbtongleichmäßigkeit eines Prüfloses bzw. der Einhaltung einer geforderten Farbtongleichmäßigkeitsklasse, ist die Grautonskala zusammen mit der Prüffläche zu fotografieren (siehe Bild 116).

<sup>552</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 59

<sup>553</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 59

<sup>554</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. 59

<sup>555</sup> ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. S. Anhang A 1.2



Bild 116 Einsatz der Grautonskala<sup>556</sup>

### 6.5.3 Dokumentation der Betonstruktur

Die Optik der Oberflächenstruktur von Sichtbetonflächen wird durch eine geschlossene weitgehend einheitliche Betonoberfläche, der Ausbildung von Elementstößen, Rahmenabdrücken des Schalungselements und von etwaigen Grobkornansammlungen bestimmt.<sup>557</sup>

Die Größe der strukturellen Abweichungen der Betonflächen sind mittels Maßbändern, Schiebelehren oder ähnlichem zu ermitteln und durch Fotografien, siehe dazu die nachfolgenden Bilder, zu dokumentieren.

<sup>556</sup> TRAVNICEK, R.: Aufgabenbereiche des Sachverständigen bei Planung und Ausführung von Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. S. 41

<sup>557</sup> Vgl.: ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMANAGEMENT: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. S. 12



Bild 117 Sichtbarer Elementstoß<sup>558</sup>



Bild 118 Sichtbarer Elementversatz<sup>559</sup>

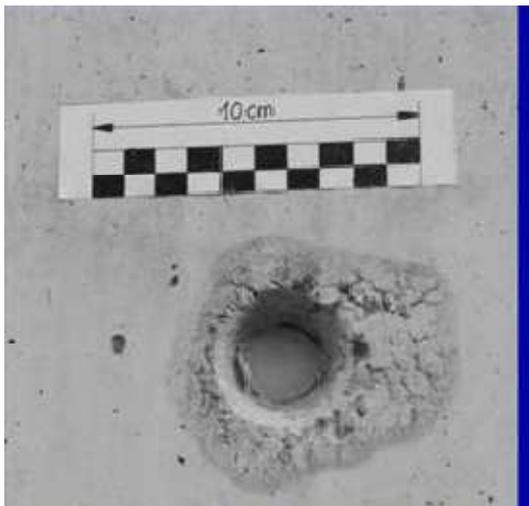


Bild 119 Ankerknoten ohne Dichtung<sup>560</sup>

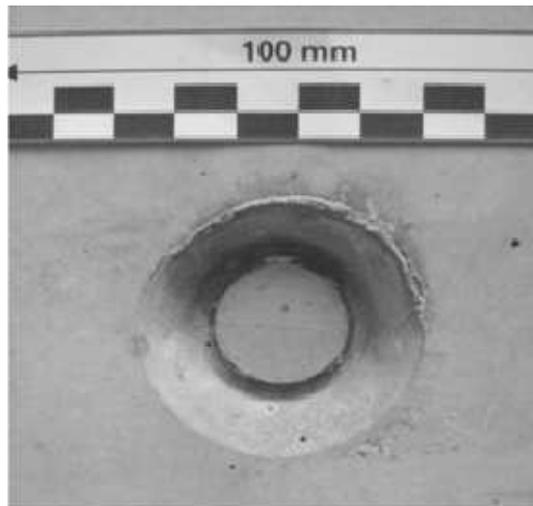


Bild 120 Ankerknoten mit Dichtung<sup>561</sup>

<sup>558</sup> HOFSTADLER, C.: Lehrveranstaltung Schalungs- und Rüsttechnik. Vorlesungsunterlage. S. 110

<sup>559</sup> HOFSTADLER, C.: Lehrveranstaltung Schalungs- und Rüsttechnik. Vorlesungsunterlage. S. 120

<sup>560</sup> HOFSTADLER, C.: Lehrveranstaltung Schalungs- und Rüsttechnik. Vorlesungsunterlage. S. 108

<sup>561</sup> HOFSTADLER, C.: Lehrveranstaltung Schalungs- und Rüsttechnik. Vorlesungsunterlage. S. 108



Bild 121 Grobkornansammlungen<sup>562</sup>

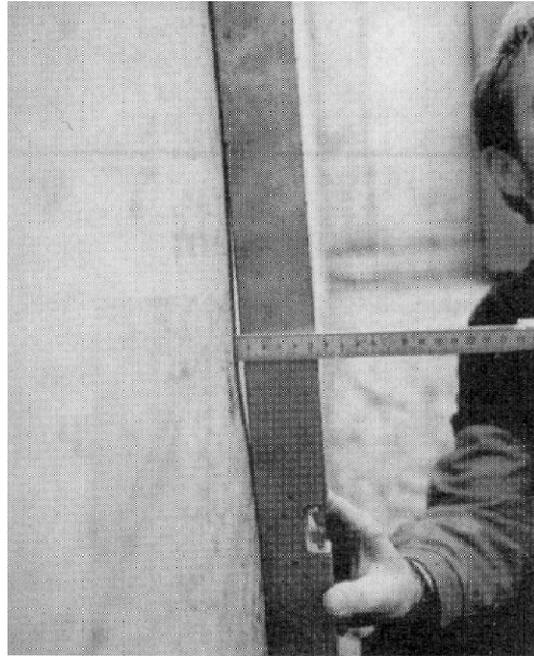


Bild 122 Abweichung in der Ebenheit<sup>563</sup>

<sup>562</sup> HOFSTADLER, C.: Lehrveranstaltung Schalungs- und Rüsttechnik. Vorlesungsunterlage. S. 109

<sup>563</sup> HOFSTADLER, C.: Lehrveranstaltung Schalungs- und Rüsttechnik. Vorlesungsunterlage. S. 81

## 7 Anwendung des Sichtbetonprozessprotokolls bei der Erstellung eines Musterbauteils

Anfang März 2016 wurde das Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5 in Kombination mit Fotografien und Videofilmen für die Dokumentation der Herstellung eines Sichtbetonmusterbauteils angewendet. Das Musterbauteil entspricht einem Bauteilabschnitt der späteren Fassade (Fassadenstützen und Brüstungselemente), für ein acht geschossiges Wohn- und Geschäftshaus.

Der Grundriss des 1. Obergeschoßes, Schnitt A-A und die Ansicht West des Bauvorhabens sind nachfolgend dargestellt:



Bild 123 Grundriss 1. OG

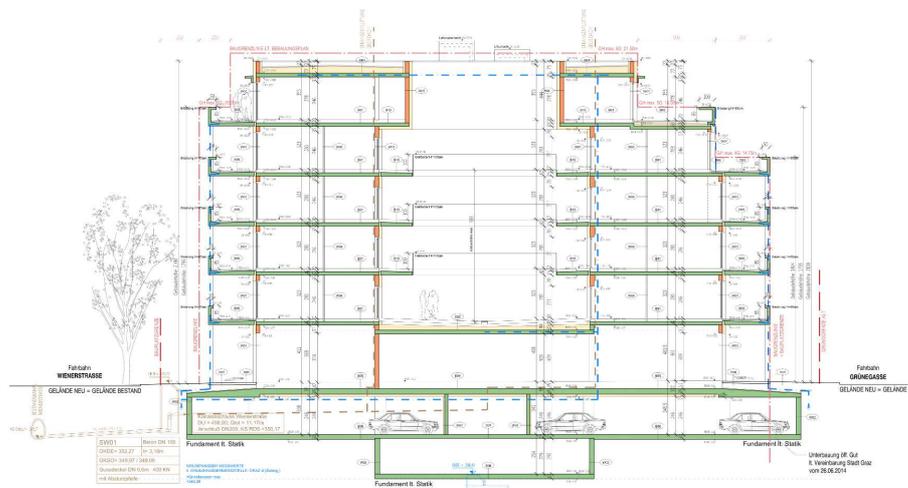


Bild 124 Schnitt A-A



Bild 125 Ansicht West

### 7.1 Allgemeine Projektanforderungen zur Sichtbetonqualität

Das zu errichtende Wohn- und Geschäftsgebäude ist charakterisiert durch eine den Gebäudekern umschließende "Verandazone" aus Sichtbeton. Nach außen soll sich das Gebäude als monolithischer Baukörper aus weißem Sichtbeton präsentieren.

Als optische Anforderungen an die großflächigen Sichtbetonteile wird eine minimierte Fugenteilung hinsichtlich Arbeitsfugen, Schalungselement- und Schalungshautstößen sowie eine gleichmäßige Farbgebung und die Vermeidung von Ankerstellen verlangt. Die monolithische Wirkung des Baukörpers soll durch Sandstrahlen der Fassadenelemente intensiviert werden.

Zur Festlegung der technischen und gestalterischen Anforderungen der Sichtbetonbauteile wurde in einem Pflichtenheft die Richtlinie Sichtbeton - Geschalte Betonflächen mit folgenden Gestaltungsmerkmalen vereinbart:

Geforderte Sichtbetonklasse: **SB 3**

Nicht klassenbildende Anforderungen an den Sichtbeton inkl. Erläuterungen:

Farbe: **C3**

- eingefärbter Beton unter Verwendung von Weißzement und speziellen Zuschlagsstoffen; Festlegen der Zuschlagsstoffe über Musterflächen in Abstimmung mit Baufirma und Betonhersteller;
- gewünschte Wirkung: Abheben vom üblichen Grauwert von Sichtbeton(zweck-)bauwerken; es soll jedoch nicht die Wirkung einer weiß gespachtelten (oder gemalten) Wand entstehen - der Sichtbetoncharakter soll in seiner Materialität erhalten bleiben;
- Verwenden von Kantkorn, Größtkorn in Abstimmung mit Baufirma und Betonhersteller

Kantenausbildung: **K2** - scharfe Kante

Ankerstelle: **AS3**

- aufgrund der geringen Bauteildimensionen soll ohne Ankerstellen ausgekommen werden

Schalungssystem: **SY2** oder **SY3**

- Festlegen von Schalungssystem in Abstimmung mit Baufirma und über Musterflächen; um ein möglichst homogenes, monolithisches Erscheinungsbild zu erreichen, sollen Arbeitsfugen sowie Schalelement- und Schalhautstöße weitgehend minimiert werden

Textur der Betonfläche: **T2** oder **T3**

- Festlegen der Schalhaut in Abstimmung mit Baufirma und über Musterflächen;
- Oberfläche soll einen optimalen Untergrund für das anschließende Sandstrahlen darstellen

Musterflächen:

- 2 Stk. Musterflächen inkl. Überwachung und Dokumentation (Video), teilweise Sandstrahlen

Sichtbetonteam: **erforderlich**

Um einerseits die Erreichbarkeit der geforderten Gestaltungsmerkmale zu erproben und andererseits eine geeignete Betonrezeptur zu finden, ist ein Musterbauteil, geteilt in zwei separate Betonierabschnitte, entsprechend den realen Dimensionen herzustellen. Die beiden verwendeten Betonrezepturen unterscheiden sich ausschließlich durch zwei unterschiedliche Hersteller für den Zuschlagsstoff im Korngrößenbereich 8/16.

In Bild 126 werden die Abmessungen, die beiden Betonrezepturen sowie die Vorgaben zur Arbeitsfugenanordnung für die Erstellung des Fassadenmusterbauteils planlich dargestellt.

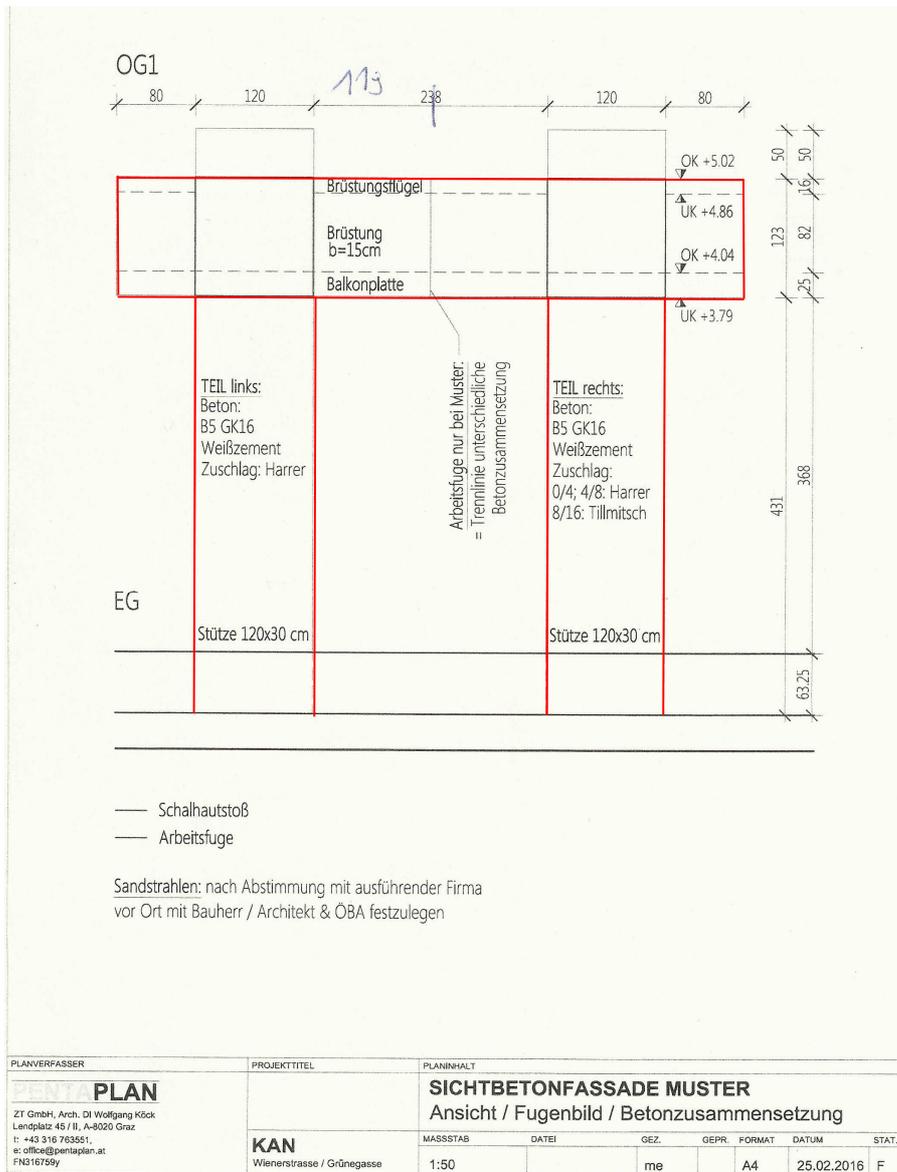


Bild 126 Ansicht Musterbauteil

## 7.2 Dokumentation des Herstellungsprozesses des Fassadenmusterbauteils

Am 2. März 2016 wurde mit der Errichtung der Stellschalung begonnen. Da am Musterbauteil zwei unterschiedliche Betonrezepturen getestet werden sollten, wurde das Musterbauteil am Brüstungselement durch eine Schalungsplatte vertikal abgetrennt, sodass sich zwei separate Betonierabschnitte ergaben. Des Weiteren wurden für die Herstellung der Brüstungselemente drei Aussparungskörper auf der Stellschalung befestigt.

Die fertig hergestellte Stellschalung des Musterbauteils ist in Bild 127 dargestellt.



Bild 127 Stellschalung des Musterbauteils

Als Schalungssystem wurde eine Rahmenschalung vom Typ Framax Xlife der Firma Doka verwendet. Aufgrund der Forderung **AS3** der Richtlinie Sichtbeton sind keine sichtbaren Ankerstellen auf der Betonoberfläche zulässig. Die Ankerung zwischen Stell- und Schließschalung erfolgte daher außerhalb des Bauteils. Zur Lagesicherung kamen Spindelstützen zum Einsatz. Da der Rahmenabdruck auf der Betonfläche durch die Vorgabe **SY2** bzw. **SY3** der Richtlinie Sichtbeton nicht zulässig ist, wurde die Rahmenschalung mit einer zusätzlichen Schalhaut beplankt. Als zusätzliche Schalhaut wurden Dreischichtplatten mit einer Stärke von 27 mm vom Typ 3-SO der Firma Doka verwendet.

Das Schalungssystem inkl. Abstützung der Stellschalung ist in Bild 128 dargestellt.



**Bild 128** Rahmenschalung mit Spindelabstützung

Die Schalungsplatte 3-SO besitzt eine schwach saugende Oberfläche. Als Oberflächenvergütung wird Harnstoff-Melaminharzleim ( $115 \text{ g/m}^2$ ) verwendet. In Abhängigkeit der Durchfeuchtung zeichnen sich die Unregelmäßigkeiten der Decklage (Jahresringe, Äste etc.) mehr oder minder stark auf der Betonoberfläche ab.<sup>564</sup>

Für die Herstellung des Musterbauteils wurden sowohl die Stell- als auch die Schließschalung mit neuen Schalungsplatten belegt. Die Befestigung der Dreischichtplatten auf der Rahmenschalung der Stellseite erfolgte mittels Schrauben von der Beton zugewandten Seite aus. Bei der Randabschalung kamen neben den neuen Dreischichtplatten auch einige bereits benutzte Schalungsplatten zum Einsatz. Der Aufbau der Schalung wurde am 4. März beendet.

Aus Witterungsgründen wurde mit der Errichtung der Schließschalung erst am 8. März 2016 begonnen. Aufgrund der beidseitigen Sichtbetonanforderung wurde die Schließschalung ebenfalls mit einer zusätzlichen Schalhaut aus 3-SO Platten belegt. Die Schalungsplatten der Schließschalung wurden hierzu zwischen der Randabschalung mittels Kran "eingefädelt" und an dieser mittels Schrauben befestigt. Als Schalungssystem wurde wiederum eine Rahmenschalung vom Typ Framax Xlife verwendet. Die Befestigung der 3-SO Platten an der Rahmenschalung erfolgte für die Schließschalung von der betonabgewandten Seite aus.

<sup>564</sup> Vgl.: DOKA: Schalungsplatten - Aufbau- und Verwendungsanleitung, Anwenderinformation, S. 8

Das "Einfädeln" der Schalhaut für die Schließschalung in die Randabschalung des Musterbauteils sowie deren Befestigung wird in Bild 129 und Bild 130 gezeigt.



**Bild 129** "Einfädeln" der Schalhaut für die Schließschalung



**Bild 130** Befestigung der Schließschalung an der Randabschalung

Der Trennmittelauftrag für die Stell- und Schließschalung erfolgte am 8. März 2016. Als Trennmittel wurde das für saugende Schalhäute konzipierte Produkt Doka-Tenn der Firma Doka verwendet.

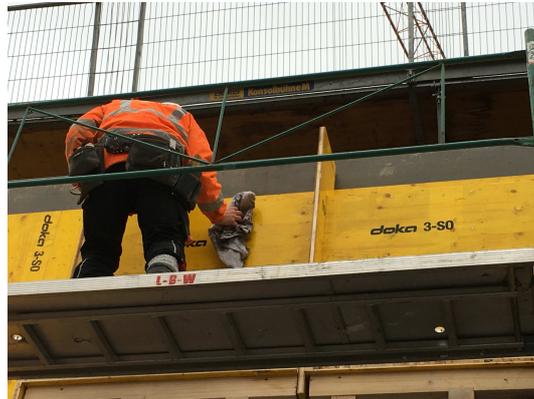
Während die Stellschalung vertikal mit dem Trennmittel beaufschlagt wurde, wurde für die Schließschalung jede einzelne Schalungsplatte vor dem "Einfädeln" bzw. Befestigen an der Randabschalung, horizontal mit dem Trennmittel benetzt.

Der Auftrag des Trennmittels erfolgte mittels Sprühpumpe. Anschließend wurde das überflüssige Trennmittel mit einer Gummilippe abgezogen und mit einem Tuch nachgewischt. Auf das Wiegen der Sprühflasche vor und nach dem Trennmittelauftrag (um Informationen über die Auftragsmenge zu erhalten) wurde vom Baustellenpersonal verzichtet. Auf eine Vorbehandlung der neuen Schalhaut wurde ebenfalls verzichtet.

Nachfolgend wird der Trennmittelauftrag auf die Stellschalung (Bild 131 und Bild 132) und auf die Schließschalung (Bild 133 und Bild 134) bildhaft dargestellt.



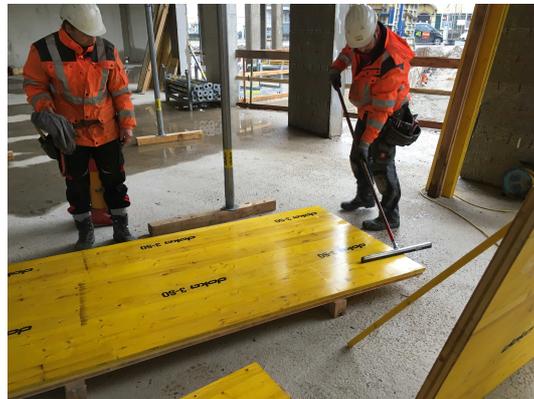
**Bild 131** Abziehen des überschüssigen Trennmittels auf der Stellschalung



**Bild 132** Nachwischen der trennmittelbeaufschlagten Schalhaut der Stellschalung



**Bild 133** Trennmittelauftrag mittels Sprühflasche auf die Schalhaut der Schließschalung



**Bild 134** Abziehen und Nachwischen des Trennmittels für die Schalhaut der Schließschalung

Da das Musterbauteil nach dessen Beurteilung bzw. Auswahl der Betonrezeptur abgebrochen werden soll, wurde um den Abbruchprozess zu erleichtern, das Musterbauteil gänzlich ohne Bewehrung hergestellt. Ausnahmen bildete die aus der Bodenplatte aufgehende Anschlussbewehrung bzw. eine einzelne Bewehrungsmatte (ca. 6 m<sup>2</sup>), um ein miteinzubetonierendes Regenwasserabflussrohr in einer Fassadenstütze zu befestigen bzw. in der Lage zu fixieren.

Die Anschlussbewehrung, die Mattenbewehrung und das Regenwasserabflussrohr des Musterbauteils sind in Bild 135 dargestellt.



**Bild 135** Befestigung des Regenwasserabflussrohres mit Hilfe einer Bewehrungsmatte

Der Einschalprozess wurde am 8. März 2016 abgeschlossen. Das fertig eingeschaltete Musterbauteil ist in Bild 136 dargestellt.



**Bild 136** Vollständig eingeschaltetes Musterbauteil

Die Betonage des ersten Bauteilabschnitts erfolgte am 9. März 2016 ab 6:50 Uhr. Für den ersten Bauteilabschnitt wurden  $2,75 \text{ m}^3$  Frischbeton auf die Baustelle geliefert und mittels Krankübel in die Schalung eingebracht. Der Frischbeton wurde lagenweise (Höhe ca. 1 m) in die Scha-

lung eingebracht und mittels Flaschenrüttler verdichtet. Trotz der großen Betonierhöhe ( $\approx 5,5$  m) wurde auf ein Fallrohr für die Frischbetoneinbringung verzichtet. Am Krankübel war ausschließlich ein 1 m langer Entlade- bzw. Einfüllschlauch befestigt.

Der Betonierprozess wird in Bild 137 - Bild 139 dargestellt.



**Bild 137** Entladung des Frischbetons in den Krankübel

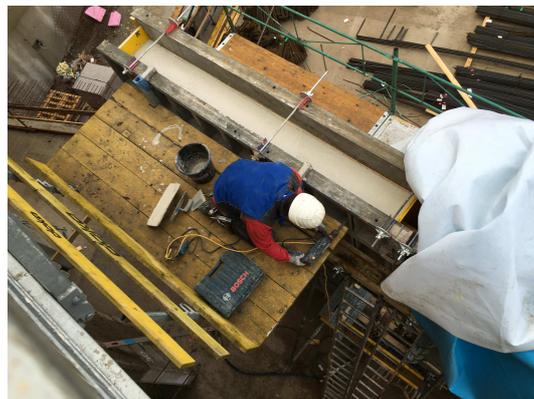


**Bild 138** Krankübel

Um die eingeschlossene Luft im Bereich der Wandkrone aus dem Frischbeton auszutreiben, wurde vor dem Glätten der Wandkrone der Frischbeton zusätzlich mittels äußeren Vibrationen auf die Schalung verdichtet. Hierzu wurde in eine Schlagbohrmaschine ein Stemmeißel eingespannt und auf das Schalungssystem geschlagen (siehe Bild 140).



**Bild 139** Betonage des Musterbauteils



**Bild 140** Äußere Verdichtung mittels Schlagbohrmaschine

Die Betonage des zweiten Bauteilabschnittes des Musterbauteils erfolgte am 10. März 2016. Hierzu wurden ebenfalls  $2,75$  m<sup>3</sup> Frischbeton auf die Baustelle geliefert und mittels Krankübel in die Schalung eingebracht. Mit Ausnahme einer veränderten Betonrezeptur (Wechsel des Herstellers für die Gesteinskörnung 8/16) gleicht der Betonierprozess des zweiten Bauteilabschnittes dem ersten. Die Lieferscheine für die beiden Betonierabschnitte sind in Bild 141 und Bild 142 dargestellt.

**Steinbruch Harrer Betriebsges.m.b.H.**  
 Schotter-Transportbetonwerk  
 Schotterwerk: 03127/28466 Fax: 03127/28464 A-8102 Semriach, Semriacherstraße 122  
 Transportbetonwerk: 03127/28566

**Empfänger:** Lieb-Bau Weiz  
 Birkenfelderstraße 40  
 8160 Weiz

**Kunden-Nr.:** 0664 6196 658 Kana Wohnbüro u. Geschäftshaus  
**Baustelle:** 3456 Baustellen-Nr.: 70 Wienerstrasse 20 Kat.40765-Palier  
 Lieferzone: Graz

**EFERSCHEIN Nr.:** 2286 **Sorte:** C25/30 XC4 XD2 XF2 XF3 XA1L SB PBF45 GK16

ange	2,75 m³	Festigkeitsklasse	C25/30	Sorte Nr.	Zufuhr/Abholung	ZUFUHR
est. Menge	2,75 m³	Konsistenz	F45	330	Fahrzeug Nr.	11
el. Menge	2,75 m³	Größt Korn	0/16		Amtl. Kennzeichen	GU 557 FY
estmenge	0,00 m³	W/B-Wert	0,00		Fahrer	Pircher

**Positionsklassen:** XC4, XD2, XF3, XA1

**Datum:** 08.03.2016  
**Uhrzeit der Beladung:** 05:42  
**Ankunft auf Baustelle:** 6:45  
**Beginn der Entladung:** 6:50  
**Ende der Entladung:** 14:30

**Entladung:**  
 CEM II/N-  
 Hersteller:   
 Lieferwerk:   
 Zusatzmittel:  
 Geh. (% v.Z.) Art Name des Mittels Hersteller-Vertrieb  
 12 Micro-Air 107-1 -Luftporenbildner  
 13 Glenium Sky 777

*Fremdzuschlag 81% / Wassermantelzugabe!*  
**Mindermenge, Winterschweis 20.11.2015-10.03.2016**

Die Verrechnung der gelieferten Ware erfolgt laut Preisangabe oder Angebot.  
 SPITZER  
 Mechnester Fahrer Bauleiter bzw. Übernahmaberechtigter

Bild 141 Lieferschein für den ersten Betonierabschnitt

**Steinbruch Harrer Betriebsges.m.b.H.**  
 Schotter-Transportbetonwerk  
 Schotterwerk: 03127/28466 Fax: 03127/28464 A-8102 Semriach, Semriacherstraße 122  
 Transportbetonwerk: 03127/28566

**Empfänger:** Lieb-Bau Weiz  
 Birkenfelderstraße 40  
 8160 Weiz

**Kunden-Nr.:** 0664 6196 658 Kana Wohnbüro u. Geschäftshaus  
**Baustelle:** 3456 Baustellen-Nr.: 70 Wienerstrasse 20 Kat.40765-Palier  
 Lieferzone: Graz

**EFERSCHEIN Nr.:** 2372 **Sorte:** C25/30 XC4 XD2 XF2 XF3 XA1L SB PBF45 GK16

ange	2,75 m³	Festigkeitsklasse	C25/30	Sorte Nr.	Zufuhr/Abholung	ZUFUHR
est. Menge	2,75 m³	Konsistenz	F45	330	Fahrzeug Nr.	11
el. Menge	2,75 m³	Größt Korn	0/16		Amtl. Kennzeichen	GU 557 FY
estmenge	0,00 m³	W/B-Wert	0,00		Fahrer	Pircher

**Positionsklassen:** XC4, XD2, XF3, XA1

**Datum:** 10.03.2016  
**Uhrzeit der Beladung:** 05:38  
**Ankunft auf Baustelle:** 6:55  
**Beginn der Entladung:** 7:00  
**Ende der Entladung:** 14:44

**Entladung:**  
 CEM II/N-  
 Hersteller:   
 Lieferwerk:   
 Zusatzmittel:  
 Geh. (% v.Z.) Art Name des Mittels Hersteller-Vertrieb  
 12 Micro-Air 107-1 -Luftporenbildner  
 13 Glenium Sky 777

*Wassermantelzugabe!*  
**Mindermenge**

Die Verrechnung der gelieferten Ware erfolgt laut Preisangabe oder Angebot.  
 SPITZER  
 Mechnester Fahrer Bauleiter bzw. Übernahmaberechtigter

Bild 142 Lieferschein für den zweiten Betonierabschnitt

Nach einer Verweildauer von vier bzw. fünf Tagen in der Schalung erfolgte am 14. März 2016 das Ausschalen des Musterbauteiles. Hierzu wurden zu Beginn die Spannanker und die rückwärtigen Verschraubungen zwischen Schalhaut und Rahmenschalung der Schließschalung entfernt. Anschließend wurde die Rahmenschalung mittels Kran abgehoben und die mit der Randabschalung verschraubten 3 SO-Platten von

der Betonoberfläche entfernt. Das Abheben der Schließschalung sowie das Entfernen der 3-SO Platten ist in Bild 143 und Bild 144 dargestellt.



Bild 143 Abheben der Schließschalung



Bild 144 Entfernen der 3-SO Platten

Nach der Entfernung der Randabschalung wurde die Stellschalung ebenfalls mit dem Kran vom Musterbauteil weggehoben. Das Entfernen der Randabschalung und das Abheben der Stellschalung ist in Bild 145 und Bild 146 dargestellt.



Bild 145 Entfernen der Randabschalung



Bild 146 Abheben der Stellschalung

Zur Lagesicherung wurde das Musterbauteil mit zwei Schrägstützen in der Bodenplatte verankert. Die Brüstungselemente blieben unterstellt.

Darüberhinaus wurde in eine der beiden Fassadenstützen eine 1 m<sup>2</sup> große Aussparung durch den Einbau einer EPS-Platte hergestellt. Der Grund dafür liegt darin, dass das Baustellenpersonal erproben wollte, ob die Aussparungen für die Brüstungselemente statt des Einbaus der aus Schalungsplatten zusammengebauten Aussparungskästen auch durch das Einlegen von EPS-Platten in gleicher Qualität hergestellt werden können.

Die Lagesicherung des Musterbauteils durch Schrägstützen sowie die eingebaute EPS-Platte ist in Bild 147 und Bild 148 ersichtlich.



**Bild 147** Lagesicherung des Musterbauteils mit Schrägstützen



**Bild 148** Aussparung durch EPS-Platte

Auf eine Nachbehandlung der Betonflächen bzw. auf das Anbringen von Schutzmaßnahmen (Kantenschutz) wurde vom Baustellenpersonal verzichtet. Das Sandstrahlen des Musterbauteils erfolgte nach der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit und kann somit nicht dargestellt werden.

Das ausgeschaltete Musterbauteil ist in Bild 149 dargestellt.



**Bild 149** Ausgeschaltetes Musterbauteil

Die Arbeitsgruppengröße während des gesamten Sichtbetonprozesses belief sich auf zwei Arbeitskräfte.

Sämtliche relevanten Informationen des Sichtbetonprozesses wurden im Sichtbetonprozessprotokoll aus Kapitel 5.2.5 vermerkt. Das ausgefüllte Protokoll ist nachfolgend dargestellt.

Tabelle 75 Ausgefülltes Sichtbetonprozessprotokoll für das Musterbauteil

Sichtbetonprozessprotokoll							
A	B	C	D	E	F	G	
1	Bauvorhaben	Kanna Wohnbüro		Orientierung		horizontal	
2	Adresse	Wienerstraße 20			✓	vertikal	
3	Bauteilbezeichnung	Sichtbetonfassade Muster		Neigung Stellschalung	90,00	°	
4		Außen	Innen/Außen				Neigung Schließschalung
5		2P	Porigkeit	Sichtbetonanforderung	✓	einseitig	
6		S3	Struktur				
7		F2	Farbgleichheit				
8		A4	Arbeitsfugen	nicht klassenbild. Anforderungen	C3; K2; AS3; SY2 oder SY3; T2 oder T3	beidseitig	
9		Sichtbetonklasse nach d. Richtlinie Sichtbeton					
10		Bemerkungen	Trotz der Festlegung der Richtlinie Sichtbeton im Pflichtenheft, wurden in der Ausschreibung auch Anforderungen nach der ÖNORM B 2211 festgelegt; 14 Tage nach der Betonage erfolgt das Sandstrahlen des Sichtbetonbauteils;				
11		Schalungssystem, Einschalen, Aussparungen Einbauteile	vertikales Schalungssystem	✓	✓ / -	horizontales Schalungssystem	-
12	Systemschalung:				Systemschalung:		
13	Trägerschalung		-	✓ / -	Trägerschalung		✓ / -
14	Rahmenschalung		✓	✓ / -	Rahmenschalung		✓ / -
15	Objektschalung		-	✓ / -	Deckentisch		✓ / -
16	Bepunktung mit zusätzl. Schalhaut		✓	✓ / -	Objektschalung		✓ / -
17	Lastableitung				Falkkopf		✓ / -
18	Anker		✓	✓ / -	Lastableitung		
19	Fachwerksabstützung		-	✓ / -	Stützen		✓ / -
20	Spindelabstützung		✓	✓ / -	Traggerüst		✓ / -
21					Konsolen		✓ / -
22	Hersteller		Doka				stark
23	Schalhauttyp		3-SO-Platte-27 mm		Saugverhalten	✓	schwach
24	Schalhautmaterial		Fichte				
25	Beschichtungstyp		Harnstoff-Melaminharzleim		Beschichtungsstärke	115	g/m <sup>2</sup>
26							
27	Schalung stellen Start		02.03.2016	tt.mm.jjjj	Zustand der Stellschalung:		
28	Uhrzeit bei Start		07:15	Uhr	Einsatzzahl	0	Anzahl
29	Witterung bei Start		bewölkt		Reperaturstellen	-	✓ / -
30	Lufttemperatur bei Start		-1,5	°C	Kratzer tiefe/breite	-	mm
31	Luftfeuchtigkeit bei Start		93	%	Nagel und Schraublöcher	8	mm
32	Schalung stellen Ende		04.03.2016	tt.mm.jjjj	Reinigung der Stellschalung		
33	Uhrzeit bei Ende		11:30	Uhr	Reinigungsmittel		k.A.
34	Witterung bei Ende		bewölkt		Reinigungswerkzeug		k.A.
35	Lufttemperatur bei Ende		2,6	°C	Zustand der Schließschalung:		
36	Luftfeuchtigkeit bei Ende		85	%	Einsatzzahl	0	Anzahl
37	Schalung schließen Start		08.03.2016	tt.mm.jjjj	Reperaturstellen	-	✓ / -
38	Uhrzeit bei Start	08:30	Uhr	Kratzer tiefe/breite	-	mm	
39	Witterung bei Start	bewölkt		Nagel und Schraublöcher	8	mm	
40	Lufttemperatur bei Start	2	°C	Reinigung der Schließschalung			
41	Luftfeuchtigkeit bei Start	93	%	Reinigungsmittel		k.A.	
42	Schalung schließen Ende	08.03.2016	tt.mm.jjjj	Reinigungswerkzeug		k.A.	
43	Uhrzeit bei Ende	15:00	Uhr	Bauteilabmessungen			
44	Witterung bei Ende	bewölkt		Länge/Breite des Bauteils	2 x 1,2 bzw. 6,38	m	
45	Lufttemperatur bei Ende	6	°C	Höhe des Bauteils	5,54	m	
46	Luftfeuchtigkeit bei Ende	73	%	Schalungsfläche insgesamt	43,49	m <sup>2</sup>	
47	Einbauten	Regenentwässerungsrohr		Aussparungen	3,26	m <sup>2</sup>	
48		-		Lage- und Dichtheitsprüfung	08.03.2016	tt.mm.jjjj	
49	Leitungen		Bündelung	Arbeitsgruppengröße	2	Personen	
50			Leerverrohrung				
51	Bemerkungen	Witterungsbedingte Unterbrechung beim Stellen der Schalung; Stellschalung: Verschraubung der zusätzl. Schalhaut von der betonzugewandten Seite aus; Schließschalung: Verschraubung der zusätzl. Schalhaut von der betonabgewandten Seite aus; Einbau eines Regenentwässerungsrohrs in eine der beiden Fassadenstützen; Elementfugen und Schraubenköpfe wurden mit Silikon ausgefüllt;					
52	Trennmittel	Hersteller	Doka		Produkt	Doka-Trenn	
53		Auftrag-Stellschalung:	08.03.2016	tt.mm.jjjj	Auftrag-Schließschalung:	08.03.2016	tt.mm.jjjj
54		Uhrzeit bei Start	08:10	Uhr	Uhrzeit bei Start	08:26	Uhr
55		Witterung bei Start	bewölkt		Witterung bei Start	bewölkt	
56		Lufttemperatur bei Start	2	°C	Lufttemperatur bei Start	2	°C
57		Luftfeuchtigkeit bei Start	93	%	Luftfeuchtigkeit bei Start	93	%
58		Zustand Sprüngerät	befriedigend		Zustand Sprüngerät	befriedigend	
59		Pumpendruck bei Start	k.A.	bar	Pumpendruck bei Start	k.A.	bar
60		Sprüngerät vorher	k.A.	kg	Sprüngerät vorher	k.A.	kg
61		Abziehen/Nachwischen	✓	✓ / -	Abziehen/Nachwischen	✓	✓ / -
62		Uhrzeit bei Ende	08:15	Uhr	Uhrzeit bei Ende	14:25	Uhr
63		Witterung bei Ende	bewölkt		Witterung bei Ende	bewölkt	
64		Lufttemperatur bei Ende	2	°C	Lufttemperatur bei Ende	6	°C
65		Luftfeuchtigkeit bei Ende	93	%	Luftfeuchtigkeit bei Ende	73	%
66		Sprüngerät nachher	k.A.	kg	Sprüngerät nachher	k.A.	kg
67		Verbrauch	k.A.	kg	Verbrauch	k.A.	kg
68		Trennmittelauftrag	k.A.	g/m <sup>2</sup>	Trennmittelauftrag	k.A.	g/m <sup>2</sup>
69	Bemerkungen	Trennmittelauftrag Stellschalung: vertikal; Schließschalung horizontal;					

Tabelle 76 Ausgefülltes Sichtbetonprozessprotokoll für das Musterbauteil  
- Fortsetzung

70	Bewehrung	Bewehrungseinbau	08.03.2016	tt.mm.jjjj	Bewehrungsverhältnis	37,5	% Stabstahl
71		Uhrzeit bei Start	09:19	Uhr		62,5	% Mattenstahl
72		Witterung bei Start	bewölkt		Bewehrungsgrad	14,57	kg/m <sup>3</sup>
73		Lufttemperatur bei Start	2	°C	Sonderbewehrung	—	
74		Luftfeuchtigkeit bei Start	93	%	Biegeform d. Bewehrung:		
75		Uhrzeit bei Ende	09:27	Uhr	gerader Stab	100	%
76		Witterung bei Ende	bewölkt		normal gebogen		
77		Lufttemperatur bei Ende	2	°C	kompliziert gebogen		
78		Luftfeuchtigkeit bei Ende	93	%	Abstandhalter:		
79		Art d. Bewehrung:			Art d. Abstandhalter	Kunststoffrad	
80		verzinkte Bewehrung	—	✓ / —	Anzahl d. Abstandhalter	4	Stk/m <sup>2</sup>
81		verzinkter Röölddraht	—	✓ / —	Betondeckung	3	cm
82		Betonieröffnungen:			Rüttelöffnungen:		
83		Betonieröffnung notwendig	—	✓ / —	Rüttelöffnungen notwendig	—	✓ / —
84		Größe d. Betonieröffnung	cm <sup>2</sup>		Größe d. Rüttelöffnung	cm <sup>2</sup>	
85	Abstand d. Betonieröffnungen	m		Abstand d. Rüttelöffnungen	m		
86	Bemerkungen	Die Bewehrung beschränkte sich auf die Anschlussbewehrung (2x10 Stk. Ø16;l=90cm) der Bodenplatte und einer Matte (AQ 76) zur Befestigung des Entwässerungsrohres; Die Befestigung der Matte erfolgte durch das Annageln auf die Schalhaut;					
87	Beton Charge....	Betoneinbau	09.03.2016	tt.mm.jjjj	Lieferant	Harrer Beton	
88		Einbaubeginn	06:50	Uhr	Zeitpunkt der ersten Wasserzugabe	05:42	Uhr
89		Witterung bei Start	bewölkt		Eintreffen des Mischfahrzeuges	06:45	Uhr
90		Lufttemperatur bei Start	1,3	°C	Rezeptur:		
91		Luftfeuchtigkeit bei Start	93	%	Festigkeitsklasse	C 25/30	
92		Einbaumenge	2,61	m <sup>3</sup>	Expositionsklassen	XC4/XD2/XF2/XF3/XA1L	
93		Frischbetonprüfungen:			Zementsorte	CEMII/N (Weißzement)	
94		Ausbreitmaß	k.A.	mm	Größtkorn	16	mm
95		Rohdichte	k.A.	kg/m <sup>3</sup>	W/B-Wert	k.A.	
96		Luftgehalt	k.A.	%	Zusatzstoffe	—	
97		Frischbetontemp. bei Start	k.A.	°C	Zusatzmittel	Luftporenbildner, Fließmittel	
98		Einbaumethode:			Konsistenzklasse	F45	
99		Krankübel	✓	✓ / —	Festigkeitsentwicklung	K.A.	
100		Betonpumpe	—	✓ / —	Betonierabschnitt:		
101		max. Fallhöhe d. Betons	5,54	m	Länge d. Betonierabschnittes	1,20 bzw. 3,19	m
102		Steiggeschwindigkeit	7,33	m/h	Höhe d. Betonierabschnittes	5,54	m
103		Einbaugeschwindigkeit	3,48	m <sup>3</sup> /h	Anzahl d. Schüttlagen	7	Stk
104		Einbauende	07:35	Uhr	Höhe d. Schüttlagen	1	m
105		Witterung bei Ende	bewölkt		zeitl. Abstand d. Schüttlagen	6	min
106		Lufttemperatur bei Ende	2	°C	Anzahl d. Einfüllstellen	1	Stk
107	Luftfeuchtigkeit bei Ende	93	%	Abdichtung d. Arbeitsfugen:			
108	Frischbetontemp. bei Ende	k.A.	°C	Fugenblech	—	✓ / —	
109	Einbaudauer gesamt	45	min	Fugenbänder	—	✓ / —	
110	Arbeitsgruppengröße	2	Personen	Quellbänder	—	✓ / —	
111	Bemerkungen	Auf die Durchführung einer Frischbetonprüfung sowie auf die Verwendung eines Fallrohres wurde verzichtet;					
112	Beton Charge....	Betoneinbau	10.03.2016	tt.mm.jjjj	Lieferant	Harrer Beton	
113		Einbaubeginn	07:00	Uhr	Zeitpunkt der ersten Wasserzugabe	05:38	Uhr
114		Witterung bei Start	bewölkt		Eintreffen des Mischfahrzeuges	06:55	Uhr
115		Lufttemperatur bei Start	-1,1	°C	Rezeptur:		
116		Luftfeuchtigkeit bei Start	93	%	Festigkeitsklasse	C 25/30	
117		Einbaumenge	2,61	m <sup>3</sup>	Expositionsklassen	XC4/XD2/XF2/XF3/XA1L	
118		Frischbetonprüfungen:			Zementsorte	CEMII/N (Weißzement)	
119		Ausbreitmaß	k.A.	mm	Größtkorn	16	mm
120		Rohdichte	k.A.	kg/m <sup>3</sup>	W/B-Wert	k.A.	
121		Luftgehalt	k.A.	%	Zusatzstoffe	—	
122		Frischbetontemp. bei Start	k.A.	°C	Zusatzmittel	Luftporenbildner, Fließmittel	
123		Einbaumethode:			Konsistenzklasse	F45	
124		Krankübel	✓	✓ / —	Festigkeitsentwicklung	K.A.	
125		Betonpumpe	—	✓ / —	Betonierabschnitt:		
126		max. Fallhöhe d. Betons	5,54	m	Länge d. Betonierabschnittes	1,20 bzw. 3,19	m
127		Steiggeschwindigkeit	6,6	m/h	Höhe d. Betonierabschnittes	5,54	m
128		Einbaugeschwindigkeit	3,13	m <sup>3</sup> /h	Anzahl d. Schüttlagen	7	Stk
129		Einbauende	07:50	Uhr	Höhe d. Schüttlagen	1	m
130		Witterung bei Ende	bewölkt		zeitl. Abstand d. Schüttlagen	7	min
131		Lufttemperatur bei Ende	0,7	°C	Anzahl d. Einfüllstellen	1	Stk
132	Luftfeuchtigkeit bei Ende	93	%	Abdichtung d. Arbeitsfugen:			
133	Frischbetontemp. bei Ende	k.A.	°C	Fugenblech	—	✓ / —	
134	Einbaudauer gesamt	50	min	Fugenbänder	—	✓ / —	
135	Arbeitsgruppengröße	2	Personen	Quellbänder	—	✓ / —	
136	Bemerkungen	Auf die Durchführung einer Frischbetonprüfung sowie auf die Verwendung eines Fallrohres wurde verzichtet;					

Tabelle 77      Ausgefülltes Sichtbetonprozessprotokoll für das Musterbauteil  
- Fortsetzung

137	Verdichtung	Flaschenrüttler			Außenrüttler		
138		Anzahl	1	Stk	Anzahl		Stk
139		Durchmesser d. Flaschenkörpers	57	mm	Anordnungsabstand vertikal		m
140		Wirkungsdurchmesser	85	mm	Anordnungsabstand horizontal		m
141		Bemerkungen					
142		Zusätzliche äußere Verdichtung der letzten Schüttlage durch Schläge auf die Schalung mittels Bohrmaschine und Stemmeißel;					
142	Ausschalen	Öffnen der Schließschalung	14.03.2016	tt.mm.jjjj	Öffnen der Stellschalung	14.03.2016	tt.mm.jjjj
143		Start	07:40	Uhr	Start	10:45	Uhr
144		Witterung bei Start	leicht bewölkt		Witterung bei Start	sonnig	
145		Lufttemperatur bei Start	3	°C	Lufttemperatur bei Start	7	°C
146		Luftfeuchtigkeit bei Start	70	%	Luftfeuchtigkeit bei Start	64	%
147		Ende	08:35	Uhr	Ende	11:20	Uhr
148		Witterung bei Ende	leicht bewölkt		Witterung bei Ende	sonnig	
149		Lufttemperatur bei Ende	4	°C	Lufttemperatur bei Ende	8	°C
150		Luftfeuchtigkeit bei Ende	70	%	Luftfeuchtigkeit bei Ende	57	%
151		Entschalt nach	4 bzw. 5	Tagen	Entschaldauer	3,5	h
152		Bemerkungen					
153	Nachbehandlung/ Schutz	Nachbehandlung Start			Schutzmaßnahmen		
154		Witterung		tt.mm.jjjj	Abdeckmaterial		
155		Lufttemperatur		°C	Abstand zwisch. Folie u. Betonfläche		cm
156		Luftfeuchtigkeit		%	Kantenschutz		✓ / –
157		Nachbehandlung Ende		tt.mm.jjjj	Angaben zum Nachbehandlungsmittel:		
158		Witterung			Hersteller		
159		Lufttemperatur		°C	Produkt		
160		Luftfeuchtigkeit		%	Auftragsart		
161		Dauer der Nachbehandlung		Tage	Auftragsmenge		g/m <sup>2</sup>
162			Bemerkungen				
		Auf Schutzmaßnahmen und auf eine Nachbehandlung des Musterbauteils wurde verzichtet; 13 bzw. 14 Tage nach der Betonage erfolgte das Sandstrahlen des Musterbauteils;					

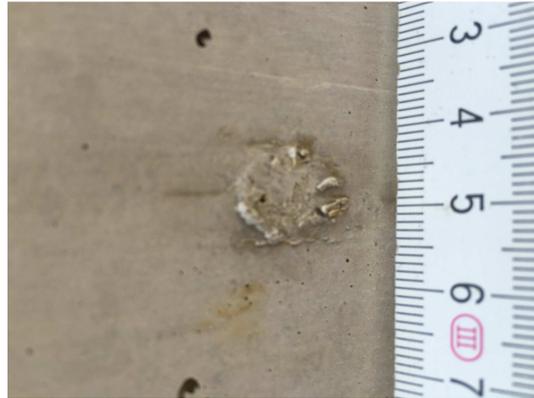
### 7.3 Ursache und Wirkung der Handlungen des Baustellenpersonals

In diesem Abschnitt werden die Handlungen des Baustellenpersonals genauer betrachtet und deren Wirkung auf die Sichtbetonfläche dargestellt.

Für die Befestigung der Schalhaut auf der Stellschalung wurden die 3-SO Platten mittels Schrauben von der betonzugewandten Seite aus auf der Rahmenschalung befestigt. Die daraus entstehenden Vertiefungen auf der Schalhaut wurden durch das Auftragen von Silikon auf die Schraubenköpfe ausgeglichen. Ein Abzeichnen der Schraubenköpfe auf der Betonfläche konnte jedoch nicht vermieden werden. Ursache und Wirkung sind in Bild 150 und Bild 151 dargestellt.



**Bild 150 Ursache:** Verschraubung der Schalhaut von der betonzugewandten Seite aus

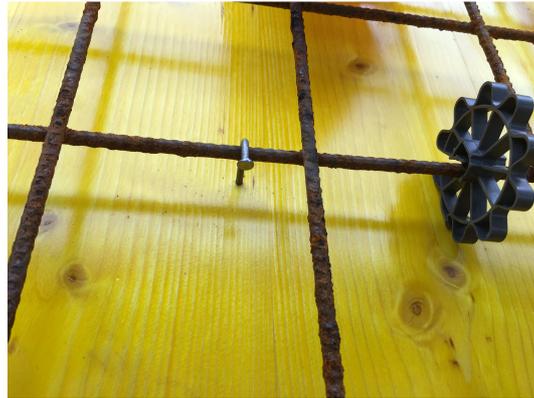


**Bild 151 Wirkung:** Abzeichnen der Schraubenköpfe auf der Betonoberfläche

Für die Befestigung des Regenwasserabflussrohres in eine der beiden Fassadenstützen musste in das ansonsten unbewehrte Musterbauteil eine Bewehrungsmatte verlegt werden. Die Bewehrungsmatte wurde hierzu mittels Nägel an der Schalhaut befestigt. Als Abstandhalter kamen Kunststoffräder zum Einsatz, die sich durch zu tiefes Einschlagen der Nägel in die Schalhaut eindrückten. Ursache und Wirkung sind in Bild 152 - Bild 155 dargestellt.



**Bild 152 Ursache:** Einlegen einer Bewehrungsmatte zur Befestigung des Regenwasserabflussrohres



**Bild 153 Ursache:** Befestigung der Bewehrungsmatte mit Nägel und Eindrücken der Abstandhalter in die Schalhaut



**Bild 154 Wirkung:** Sichtbare Nägel bzw. Nagel-löcher auf der Betonoberfläche



**Bild 155 Wirkung:** Abstandhalter nicht voll-kommen mit Beton umschlossen

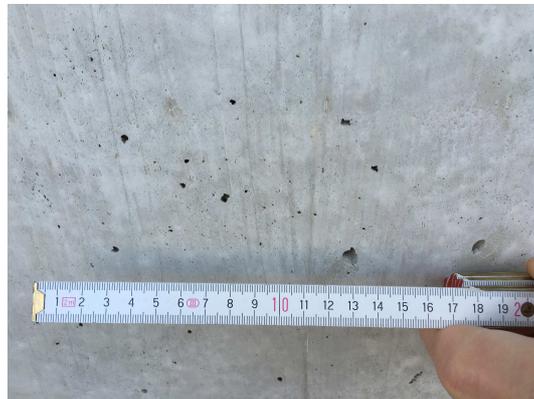
Aufgrund des Verzichts auf ein Fallrohr und der damit verbundenen großen Fallhöhe des Frischbetons kam es vor allem im unteren Drittel der Fassadenstützen zu einer erhöhten Poren- bzw. Lunkerbildung. Die Ursache und Wirkung der großen Fallhöhe beim Frischbetoneinbau ist in Bild 156 - Bild 158 dargestellt.



**Bild 156** Ursache: Die freie Fallhöhe des Frischbetons beträgt 5,5 m



**Bild 157** Wirkung: Erhöhte Poren- und Lunkerbildung im Fußbereich der Fassadenstützen



**Bild 158** Darstellung der Größenverhältnisse für die Ermittlung der Porengröße

Durch die Verwendung von neuen 3-SO Platten ohne vorherige Vorbehandlung (Neutralisierung des Holzzuckers durch Einstreichen der Schalhaut mit Zementschlämme) kam es vereinzelt zu Fleckenbildungen, Abmehlungen und zum Ablösen der Zementhaut auf der Betonoberfläche (siehe Bild 159 - Bild 162).



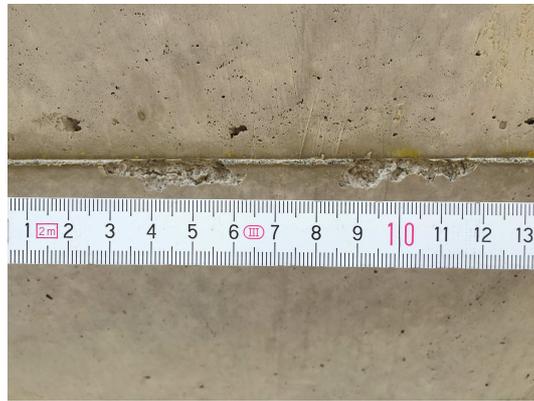
**Bild 159** Gelbliche Verfärbungen auf der Betonoberfläche



**Bild 160** Fleckenbildung im Bereich eines Astloches der Schalhaut



**Bild 161** Abmehlungen auf der Betonoberfläche



**Bild 162** Ablösen der Zementhaut

Der Einbau der EPS-Platte zeigte, dass die Herstellung einer Aussparung mit dieser zwar erreichbar ist, die Polystyrolkugeln jedoch sehr stark an der Betonoberfläche haften und diese verunreinigen. Ursache und Wirkung des Einbaus der EPS-Platte ist in Bild 163 und Bild 164 dargestellt.



**Bild 163 Ursache:** Herstellung einer Aussparung durch den Einbau einer EPS-Platte im Fußbereich einer Fassadenstütze



**Bild 164 Wirkung:** Anhaften der Polystyrolkügelchen auf der Betonoberfläche

Trotz der aufgezeigten Mängel ist der Gesamteindruck des Fassadenmusterbauteils positiv zu bewerten. Obwohl die Farbtongleichmäßigkeit erst nach frühestens 28 Tagen zu beurteilen ist, ist diese nach Meinung des Verfassers der vorliegenden Arbeit bereits am Tag des Ausschalens gegeben. Farbtonabweichungen zwischen den beiden Betonierabschnitten sind nicht erkennbar.

Vom üblichen Betrachtungsabstand aus gesehen ist die Vorgabe der Herstellung eines monolithisch wirkenden Baukörpers durchaus erreicht worden und in Bild 165 dargestellt.



**Bild 165 Musterbauteil:** Blick von dem an das Grundstück angrenzenden Gehwegs

#### 7.4 Oberflächenbearbeitung des Musterbauteils

13 bzw. 14 Tage nach der Betonage erfolgte am 23.03.2016 das geplante Sandstrahlen des Sichtbetonmusterbauteils.

Da die mittlere Tagestemperatur in den vergangenen zwei Wochen zwischen 9 und 11 °C betrug, lässt sich nach Bild 166 die Druckfestigkeit des Betons zum Zeitpunkt des Sandstrahlens mit rund 68 % der Endfestigkeit bewerten.

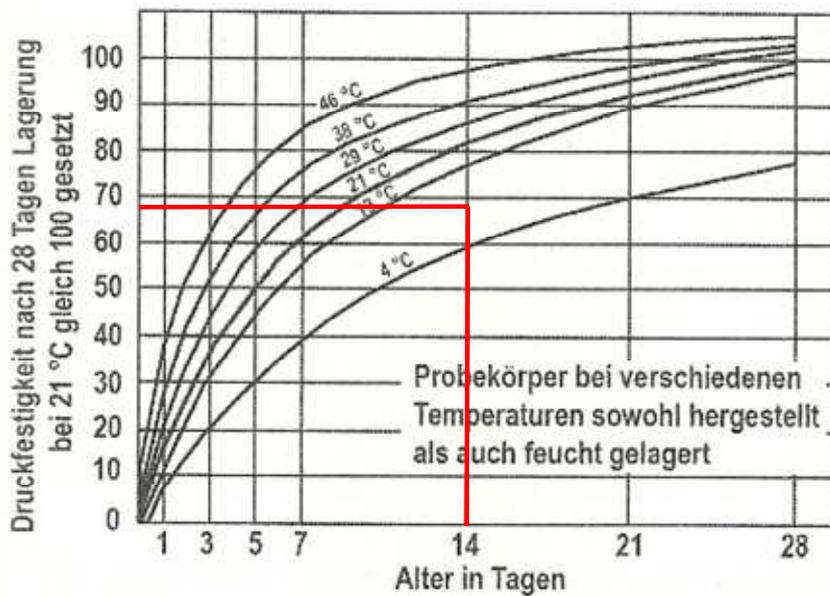


Bild 166 Festigkeitsentwicklung des Betons bei verschiedenen Temperaturen<sup>565</sup>

Durch das Sandstrahlen erfolgt ein 1 bis 2 mm tiefer Abtrag der Betonoberfläche. Die Folge ist eine Vervielfachung und Vergrößerung der offenen Poren und Lunker. Des Weiteren verliert die Betonoberfläche dadurch ihren Glanz und erscheint matter und rauer.<sup>566</sup>

Da der Verfasser der vorliegenden Arbeit während des Sandstrahlens nicht auf der Baustelle anwesend war, sind in den Bildern Bild 167 - Bild 172 nur die Ergebnisse des Sandstrahlprozesses dargestellt.

<sup>565</sup> ZEMENT+BETON HANDELS- UND WERBE-GMBH: Zement und Beton-Fachtextbuch. S. 135

<sup>566</sup> Vgl.: PECK, M.; BOSOLD, D.: Sichtbeton - Techniken der Flächengestaltung. Zement-Merkblatt Hochbau H8. S. 5



Bild 167 Sandgestrahltes Musterbauteil



Bild 168 Sandgestrahlte Fassadenstütze



Bild 169 Betonoberfläche nach dem Sandstrahlen



Bild 170 Sichtbare Elementfuge



Bild 171 Zunahme des Porengehalts und der Porengröße



Bild 172 Sichtbarer Abstandhalter

Bedingt durch den Oberflächenabtrag sind die in Kapitel 7.3 beschriebenen Oberflächenfehler (Fleckenbildungen, Verfärbungen, Abmehlungen, Nagellöcher etc.) nach dem Sandstrahlen nicht mehr erkennbar. Eine Ausnahme bildet der in Bild 172 dargestellte Abstandhalter, der nach wie vor aus der Betonoberfläche hervortritt sowie die Schalungselementfugen.

## 8 Zusammenfassung

Sichtbeton ist kein ‐herk6ommlicher‐ Beton, an den ausschließlich statische Anforderungen gestellt werden. Sichtbeton ist vielmehr ein architektonisches Stilmittel, das die bautechnischen Anforderungen (Kraftableitung und Raumabschluss) von Betonbauteilen mit 4sthetik und Design vereint.

Der Umstand, dass trotz gewissenhaftester Planung und Ausf6hrung das Sichtbetonergebnis aufgrund verschiedenster Einflussgr6oßen (unterteilt in Steuer- oder St6rgr6oßen) nicht zielsicher vorhersehbar bzw. reproduzierbar ist, macht die Herstellung von Sichtbetonfl4chen zur ‐K6nigsdisziplin‐ der Betonarbeiten.

Die systematische Dokumentation s4mmtlicher Steuer- und St6rgr6oßen 6ber den gesamten Sichtbetonprozess hinweg soll die Auswirkungen dieser Einfl6sse auf die Sichtbetonqualit4t darstellen und bei negativen Abweichungen der Zielgr6oßen helfen, Gegensteuerungsmaßnahmen einzuleiten. So k6nnen vor allem Bilddokumentationen, die w4hrend der Fertigung einzelner Sichtbetonabschnitte den gesamten Arbeitsablauf dokumentieren, dazu beitragen, den ausf6hrenden Arbeitskr4ften die Auswirkungen von etwaigem Fehlverhalten darzustellen und diese gleichzeitig f6r die Herstellung nachfolgender Sichtbetonabschnitte zu schulen. Neben diesem kurzfristigen Nutzen der Dokumentation des Sichtbetonprozesses sollen durch die in der Arbeit beschriebenen Dokumentationsinstrumente langfristig die f6r die Qualit4t des Sichtbetons relevanten Daten und Informationen dokumentiert und in einem Wissensspeicher gesammelt und aufbereitet werden.

Die Sammlung und Aufbereitung aller relevanten Sichtbetonparameter in diesem Wissensspeicher soll dazu beitragen, den Projektbeteiligten sichtbetonspezifisches Wissen zu vermitteln und sowohl das pers6nliche wie auch das gemeinschaftliche ‐Know-how‐ innerhalb eines Sichtbeton-teams zu intensivieren.

F6r eine m6glichst vollst4ndige Dokumentation hat die Daten- und Informationsbeschaffung bereits in den dispositiven Projektphasen Planung, Ausschreibung und Arbeitsvorbereitung zu erfolgen. Des Weiteren sind auch die Qualit4ten der Betriebsmittel und Stoffe der Zulieferer (Transportbetonwerk, Schalungslieferanten etc.) vor der Betonage auf ihre Eignung zu 6berpr6fen und zu dokumentieren. W4hrend der Herstellung von Sichtbetonbauteilen sind neben der Dokumentation der Ausf6hrungsarbeiten der Arbeitskr4fte, insbesondere die Witterungs- und Umweltbedingungen, aufgrund deren m6glicher Schwankungen, mehrmals t4glich zu dokumentieren. Den Abschluss einer umfassenden Dokumentation des Sichtbetonprozesses bildet die Dokumentation der Nachbehandlungsmaßnahmen bzw. die Beurteilung, ob die Zielgr6oßen des Auftraggebers von der Sichtbetonfl4che erreicht wurden.

Eine umfassende Dokumentation aller Einflussgrößen über den gesamten Sichtbetonprozess sowie die Eingabe und Pflege der dokumentierten Daten und Informationen in den Wissensspeicher führt naturgemäß zu einem Zusatzaufwand und zu Kostensteigerungen im Sichtbetonprozess. Für die Herstellung von hochwertigem Sichtbeton und für die Generierung eines Verbesserungsprozesses in der Sichtbetontechnik ist eine umfassende Dokumentation jedoch unerlässlich. Des Weiteren kann dadurch die Entstehung von etwaigen Mängeln bereits im Vorhinein verhindert und mögliche Nachtragsforderungen vermieden werden.

## Literaturverzeichnis

<http://friedel-schardt.de/hermeneut.htm>. Datum des Zugriffs: 27.September.2015.

<http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/ERZIEHUNGSWISSENSCHAFTGEIST/HermeneutikZirkel.shtml>. Datum des Zugriffs: 27.September.2015.

<http://www.bauleiter-plattform.de/fuehren-eines-bautagebuchs/>. Datum des Zugriffs: 27.September.2015.

<http://www.bauskript.de/software/bautagebuch/bautagebuch.pdf>. Datum des Zugriffs: 6.Oktober.2015.

<http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/information/information.htm>. Datum des Zugriffs: 30.Oktober.2015.

<http://www.marketingblog-mittelstand.de/2015/01/22/checklisten/>. Datum des Zugriffs: 20.November.2015.

<http://www.lafarge.at/zement/service/ratgeber/anwendungen/weisse-wannen/>. Datum des Zugriffs: 15.Jänner.2016.

<http://www.ibmb.tu-braunschweig.de/index.php/308/articles/422.html>. Datum des Zugriffs: 19.Jänner.2016.

<https://www.doka.com/at/system-groups/doka-system-components/concremote-hardware/Concremote>. Datum des Zugriffs: 19.Jänner.2016.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Dokumentation>. Datum des Zugriffs: 19.September.2015.

[https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Phaeno\\_Suedseite\\_RB.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Phaeno_Suedseite_RB.jpg). Datum des Zugriffs: 12.Dezember.2015.

<http://www.detail.de/inspiration/spielhaus-f%C3%BCr-kinder-in-bonneuil-sur-marne-100382.html>. Datum des Zugriffs: 12.Dezember.2015.

<http://www.beton.org/wissen/beton-bautechnik/sichtbeton/>. Datum des Zugriffs: 12.Dezember.2015.

<http://www.german-architects.com/pages/praxis/praxis-25-14>. Datum des Zugriffs: 12.Dezember.2015.

<http://freshouse.de/luxus-interior-ideen-mit-beton-inspirationen-fuer-modernen-betonbau/>. Datum des Zugriffs: 12.Dezember.2015.

[http://www.peri.com.kw/projects/projects/skyscrapers-towers/rondo\\_1.cfm](http://www.peri.com.kw/projects/projects/skyscrapers-towers/rondo_1.cfm). Datum des Zugriffs: 19.Dezember.2015.

<http://www.sichtbeton.at/>. Datum des Zugriffs: 9.Oktober.2015.

<http://www.bautagebuch.info/funktionen-1.php>. Datum des Zugriffs: 28.September.2015.

<http://dabonline.de/2012/11/01/wer-schreibt-der-bleibt/>. Datum des Zugriffs: 28.September.2015.

<http://www.bautagebuch.info/funktionen-5.php>. Datum des Zugriffs: 28.September.2015.

<http://www.betonconsult.de/downloads-1/formular-eue-uek2-3-betoniertagebuch-excelversion/view>. Datum des Zugriffs: 9.Jänner.2016.

<http://batcam.de/technik/>. Datum des Zugriffs: 19.Dezember.2015.

[https://www.pce-instruments.com/deutsch/messtechnik/messgeraete-fuer-alle-parameter/staubmessgeraet-kat\\_11211\\_1.htm](https://www.pce-instruments.com/deutsch/messtechnik/messgeraete-fuer-alle-parameter/staubmessgeraet-kat_11211_1.htm). Datum des Zugriffs: 12.Jänner.2016.

<http://tbtappauf.at/erschutterungsmessgerate/erschutterungsaufzeichnungssystem-fur-das-bauingenieurwesen-mr3000c-ce/>. Datum des Zugriffs: 12.Jänner.2016.

<http://www.rfid-basis.de/funktionsweise.html>. Datum des Zugriffs: 26.Jänner.2016.

<http://www.beton.org/wissen/beton-bautechnik/sichtbeton/>. Datum des Zugriffs: 9.November.2015.

<http://www.psacontrols.com/?id=28>. Datum des Zugriffs: 22.Oktober.2015.

<http://www.baulinks.de/webplugin/2010/1625.php4>. Datum des Zugriffs: 29.Jänner.2016.

[http://www.pro-bau-c.ch/aktuell/17\\_mietwohnungen/index.html](http://www.pro-bau-c.ch/aktuell/17_mietwohnungen/index.html). Datum des Zugriffs: 19.Jänner.2016.

<http://www.bauwerk.de/de/objekt/friends/webcamfilme>. Datum des Zugriffs: 15.November.2015.

<http://batcam.de/galerie/audokumentation/>. Datum des Zugriffs: 15.November.2015.

<http://www.ibb.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-ibb/Diverse/Buecher/audoku.pdf>. Datum des Zugriffs: 19.September.2015.

BAUER, R.; BORNEMANN, M.; DITZEL, B.: Das Praxishanndbuch Wissensmanagement-Integratives Wissensmanaagement. Graz. Verlag der Technischen Universität Graz, 2007.

BISCOPING, M.: Überwachen von Beton auf Baustellen. Zement-Merkblatt Betontechnik B5. Düsseldorf. Verein Deutscher Zementwerke e.V., 2014.

BOSKA, E.: Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik. Dissertation. Darmstadt. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko, 2013.

- CEMSUISSE, VERBAND DER SCHWEIZERISCHEN CEMENTINDUSTRIE: Merkblatt für Sichtbetonbauten. Merkblatt. Bern. Betonsuisse Marketing AG, 2012.
- CEMSUISSE, VERBAND DER SCHWEIZERISCHEN CEMENTINDUSTRIE: Baustoff Beton: Praxis im Betonlabor. Leitfaden. Bern. Cemsuisse, Verband der Schweizerischen Cementindustrie, 2004.
- DAN, A.: Projektdokumentation- Aufbau und Nutzen einer Dokumentation in interdisziplinären IT-Projekten. Abschlussarbeit für die Fortbildung zum Wissenschaftlichen Dokumentar. Potsdam. Institut für Information und Dokumentation (IID) Potsdam, 2007.
- DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.: Betonierbarkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton. Merkblatt. Berlin. Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., 1996.
- DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.: Merkblatt Sichtbeton-Exposed Concrete. Merkblatt. Berlin/Köln. Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.; Bundesverband der Deutschen Zementindustrie E.V., 2015.
- DOKA: Schalungsplatten - Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. Amstetten. Doka Industrie GmbH, 2014.
- DOKA: Rahmenschalung Framax Xlife - Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. Amstetten. Doka GmbH, 2015.
- DOKA: Trägerschalung FF100 tec - Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. Amstetten. Doka Industrie GmbH, 2013.
- DOKA: Doka Xtra - Aufbau und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. Amstetten. Doka Industrie GmbH, 2015.
- DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremate Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. Amstetten. Doka Industrie GmbH, 2014.
- DOKA INDUSTRIE GMBH: Concremate-Kalibrierbox Aufbau- und Verwendungsanleitung. Anwenderinformation. Amstetten. Doka Industrie GmbH, 2014.
- DORN, C.: Systematisierte Aufbereitung von Dokumentationstechniken zur Steuerung von Bauabläufen und zum Nachweis von Bauablaufstörungen. Dissertation. Darmstadt. Technische Hochschule Darmstadt, 1996.
- ELSEBACH, J.: Bauwerksinformationsmodelle mit vollspährischen Fotografien -Ein Konzept zur visuellen Langzeitarchivierung von Bauwerksinformationen-. Dissertation. Darmstadt. Technische Universität Darmstadt, 2008.

- ELWERT, U.; FLASSAK, A.: Nachtragsmanagement in der Baupraxis. Wiesbaden. Vieweg, 2008.
- GAUS, W.: Dokumentations- und Ordnungslehre, Theorie und Praxis des Information Retrieval. Berlin Heidelberg. Springer-Verlag, 2005.
- GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG ANGEWANDTER INFORMATIK E.V.: Informationsschrift der Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik. [http://www.gfai.de/files/gfaiin\\_40\\_2\\_2007.pdf](http://www.gfai.de/files/gfaiin_40_2_2007.pdf). Datum des Zugriffs: 20.November.2015.
- GIRMSCHEID, G.: Bauunternehmensmanagement-prozessorientiert Band 2-Operative Leistungserstellungs- und Supportprozesse, 3.Auflage. Berlin Heidelberg. Springer Vieweg, 2015.
- GUST VON LOH, S.: Wissensmanagement und Informationsbedarf in kleinen und mittleren Unternehmen. In: Information Wissenschaft & Praxis, 59/2008.
- GÜTERSCHUTZVERBAND BETONSCHALUNG E.V: Empfehlungen zur Planung, Ausschreibung und zum Einsatz von Schalungssystemen bei der Ausführung von "Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen". Publikation. Rattingen. Güterschutzverband Betonschalungen e. V, 2005.
- HECK, D.; LANG, W.: Vorlesungsskriptum Baubetriebslehre VU (Master). Graz. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft Technische Universität Graz, 2012.
- HEIM, M.: Die zeitnahe Leistungsfeststellung von Baustellen- unter besonderer Berücksichtigung von Bildinformationssystemen. Dissertation. Darmstadt. Technische Universität Darmstadt, 2002.
- HELMUS, M.; KELM, A.; LAUBAT, L.: RFID-Bauleistungsstand. Wiesbaden. Vieweg+Teubner Verlag, 2011.
- HENZLER, R. G.: Information und Dokumentation: Sammeln, Speichern und Wiedergewinnen von Fachinformation in Datenbanken. Berlin Heidelberg. Springer-Verlag, 1992.
- HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb-Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. Berlin Heidelberg. Springer Vieweg, 2014.
- : Qualitätsverbesserung und Konfliktreduktion bei Sichtbeton durch Einführung von vernetzten Regelkreisen. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. Hrsg.: BAUWIRTSCHAFT, I. f.: Graz. Technische Universität Graz, 2003.
- : Lehrveranstaltung Schalungs- und Rüsttechnik. Vorlesungsunterlage. Graz. Technische Universität Graz, 2014.
- : Baubetrieb Forschungsseminar: Systems Engineering. Vorlesungsskriptum. Graz. Technische Universität Graz; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, 2015.

— : Regelwerke für Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. Graz. Technische Universität Graz, 2015.

— : Ausführung - Bewehrungs- und Betonarbeiten. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. Graz. Technische Universität Graz, 2015.

— : Schalarbeiten-Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. Berlin-Heidelberg. Springer-Verlag, 2008.

HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb. Grafendorf. Verband Österreichischer Biege- und Verlegetechnik (VÖBV), 2011.

HOFSTADLER, C.; SCHIEDER, A.: Sichtbeton Leitfaden - Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Angebotslegung. Graz. Technischen Universität Graz, 2011.

HOLCIM (SCHWEIZ) AG: Qualitätssicherung auf der Baustelle. Broschüre. Zürich. Holcim (Schweiz) AG.

HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH: Leitfaden für Sichtbeton- Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung. Leitfaden. Dotternhausen. Holcim (Süddeutschland) GmbH, 2010.

HUMPL, B.: Transfer von Erfahrungen-Ein Beitrag zur Leistungssteigerung in projektorientierten Organisationen. Wiesbaden. Deutscher Universitäts-Verlag/GWV Fachverlag GmbH, 2004.

KAMPEN, R.; SCHÄFER, W.: Transportbeton-Festlegung, Bestellung, Lieferung, Abnahme. Zement-Merkblatt Betontechnik B6. Düsseldorf. Verein Deutscher Zementwerke e.V., 2013.

KLEPPMANN, W.: Versuchsplanung Produkte und Prozesse optimieren. München. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2013.

KOCHENDÖRFER, B.; LIEBCHEN, J. H.; VIERING, M. G.: Bau-Projekt-Management Grundlagen und Vorgehensweisen. Wiesbaden. Vieweg+Teubner, 2010.

KROPIK, A.: Die Dokumentation der Bauleistung.  
<http://www.ibb.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-ibb/Diverse/Buecher/baudoku.pdf>. Datum des Zugriffs: 27.September.2015.

MANECKE, H.-J.; SEEGER, T.: Zur Entwicklung der Information und Dokumentation in Deutschland. In: Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation: Ein Handbuch zur Einführung in die fachliche Informationsarbeit. Hrsg.: DOKUMENTATION, D. G.: München. K.G. Saur Verlag, 1997.

- MARIUS, R.: Systematische Dokumentation und Kontinuierlicher Verbesserungsprozess bei der Herstellung von Sichtbeton am Beispiel SMC. Masterarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2014.
- MOTZKO, C.: Ausführung-Scholarbeiten . Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. Darmstadt. Technische Universität Darmstadt, 2015.
- MOTZKO, C.; LÖW, D.: Wechselwirkungen zwischen Schalungshaut, Betontrennmittel und Betonfläche. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. Darmstadt. Technische Universität Darmstadt, 2015.
- NORMENAUSSCHUSS QUALITÄTSMANAGEMENT, STATISTIK UND ZERTIFIZIERUNGSGRUNDLAGEN (NQSZ) IM DIN: DIN 69901-2-Projektmanagement-Projektmanagementsysteme-Teil 2: Prozesse, Prozessmodell. Berlin. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2009.
- NORTH, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung-Wertschöpfung durch Wissen, 4. Auflage. Wiesbaden. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th.Gabler GmbH, 2005.
- ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR BETON- UND BAUTECHNIK (ÖVBB): Richtlinie Sichtbeton-Geschalte Betonflächen. Wien. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, 2009.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B2211 Beton-, Stahlbeton und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2009.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 4710-1 Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2007.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen-Werkvertragsnorm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2011.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2010.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 4704 Ausführung von Tragwerken aus Beton, Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 13670. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2014.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1 Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2005.

PECK, M.; BOSOLD, D.: Sichtbeton - Techniken der Flächengestaltung. Zement-Merkblatt Hochbau H8. Düsseldorf. Verein Deutscher Zementwerke e.V., 2009.

PERI GMBH: Arbeitsheft Sichtbeton-Schalung.  
<http://www.baunetzwissen.de/dl/139776/arbeitsheft.pdf>. Datum des Zugriffs: 23.September.2015.

PERI GMBH SCHALUNG GERÜST ENGINEERING: Arbeitsheft Sichtbeton.  
[http://www.peri.no/files/pdf3/Reference\\_File\\_Fairfaced\\_Concrete..pdf](http://www.peri.no/files/pdf3/Reference_File_Fairfaced_Concrete..pdf). Datum des Zugriffs: 23.September.2015.

PFLUG, C.: Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung. Dissertation. Darmstadt. Technische Universität Darmstadt, 2008.

PICKHARDT, R.; SCHÄFER, W.: Nachbehandlung und Schutz des jungen Betons. Zement-Merkblatt Betontechnik B 8. Düsseldorf. Verein Deutscher Zementwerke e.V., 2014.

PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: Wissen managen-Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen 7. Auflage. Wiesbaden. Springer Gabler, 2012.

RATHSWOHL, S.: Entwicklung eines Modells zur Impementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen. Dissertation. Kassel. Universität Kassel, 2014.

REINISCH, A.: Einflussfaktoren bei Sichtbeton - Planen & Gestalten mit Beton. In: Opus C, 3/2012.

— : Untersuchung relevanter Parameter zu Optimierung von Sichtbetonflächen. Dissertation. Innsbruck. Universität Innsbruck, 2007.

RICHTER, T.: Betonieren bei hohen und tiefen Temperaturen.  
[https://www.bauwesen.hsmagdeburg.de/ahlers/media/Betonseminar/Richter\\_Betonieren\\_hohe\\_tiefe\\_Temp.pdf](https://www.bauwesen.hsmagdeburg.de/ahlers/media/Betonseminar/Richter_Betonieren_hohe_tiefe_Temp.pdf). Datum des Zugriffs: 27.Juli.2015.

ROMHARDT, K.: Die Organisation aus der Wissensperspektive: Möglichkeiten und Grenzen der Intervention. Dissertation an der Universität Genf. Wiesbaden. Gabler, 1998.

SCHLAGER, A.: Werkzeuge und Methoden zur Sicherstellung eines generationsübergreifenden Wissenstransfers in Unternehmen der Erdölindustrie. Masterarbeit. Graz. Karl-Franzens-Universität Graz, 2011.

SCHULZ, J.: Sichtbeton Atlas Planung-Ausführung-Beispiele. Berlin. Vieweg+Teubner Verlag, 2009.

— : Technische Kriterien für die Beurteilung und Abnahme von Sichtbeton. In: Sichtbeton-Planen,Herstellen,Beurteilen 2. Symposium.

Hrsg.: MÜLLER, H. S.; NOLTING, U.; HAIST, M.: Karlsruhe.  
Universitätsverlag Karlsruhe, 2005.

SCHWENK ZEMENTKG: Besonderheiten bei der Herstellung von Sichtbeton. <http://www.schwenk-zement.de/de/Dokumente/Mischmeisterschulung2015/Besonderheiten-bei-der-Herstellung-von-Sichtbeton.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.September.2015.

STANKE, G. et al.: Konzept und Ralisierung zu einem objektivierten Beurteilungsverfahren für Porenparameter im Sichtbeton mittels digitaler Fototechnik und Bildverarbeitung<sup>1</sup>. In: Sichtbeton-(K)eine Diskrepanz zwischen Wunsch und Realität. Hrsg.: BAUWIRTSCHAFT, I. f.: Graz. Technische Universität Graz, 2003.

STANKE, G. et al.: Objektiviertes Beurteilungsverfahren für Sichtbeton mittels automatisierter Bildverarbeitung unter Berücksichtigung von Beleuchtungsvariationen. wissenschaftlicher Artikel. Weimar. Bauhaus-Universität Weimar, 2003.

THIEL, M.: Wissenstransfer in komplexen Organisationen. Effizienz durch Wiederverwendung von Wissen und Best Practices. Wiesbaden. Springer Fachmedien, 2002.

TRAVNICEK, R.: Aufgabenbereiche des Sachverständigen bei Planung und Ausführung von Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. Wien. SV-Büro für Betontechnologie und Betonverfahrenstechnik, 2015.

— : Betontechnologie und Sichtbeton. Präsentation Sichtbeton-2 Tages-Intensivseminar an der Technischen Universität Graz. Wien. SV- Büro für Betontechnologie, 2015.

— : Dokumentation in der Bauausführung aus sachverständiger Sicht unter besonderer Berücksichtigung der ÖNORM B 4704. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium: Belastbare Dokumentation in der Bauausführung. Graz. Technische Universität Graz, 2016.

VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität 5.Auflage. Stuttgart. Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, 2000.

ZEMENT+BETON HANDELS- UND WERBE-GMBH: Zement und Beton-Fachtextbuch. Wien. Zement+Beton Handels- und Werbe-GmbH, 2010.

