

Qualitätsverbesserung und Konfliktreduktion bei Sichtbeton durch Einführung von vernetzten Regelkreisen

DIPL.-ING.DR.TECHN. CHRISTIAN HOFSTADLER

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Technische Universität Graz

Lessingstraße 25/II, A-8010 Graz

e-mail: hofstadler@tugraz.at

Als Gestaltungselement nimmt die Bedeutung von Sichtbeton zu. Viele Beteiligte, vom Bauherrn bis zum Übernehmer der Leistung (Sichtbeton), wirken an der Umsetzung der geplanten Gestaltungsmerkmale (z.B. Textur, Flächengliederung, Farbe) mit. Neben den handwerklichen Fähigkeiten der Arbeitskräfte auf der Baustelle, ist auch die Kommunikation und Information zwischen den einzelnen Beteiligten für das Erreichen der geplanten Qualität wesentlich.

Die Beteiligten im Umfeld der Herstellung von Sichtbeton werden im Beitrag aufgezeigt und es wird teilweise auf deren Rolle und Beziehungen zueinander eingegangen. Zur Verbesserung der Information und Kommunikation innerhalb und zwischen den einzelnen Beteiligten wird der Regelkreis vorgestellt. Nach einer allgemeinen Beschreibung der Funktion des Regelkreises wird anhand des Beispiels Sichtbeton näher darauf eingegangen. Für die Regelkreise Planung, Ausschreibung und Ausführung werden die Hauptbestandteile, das sind: Führungsglied, Steuerglied, Regelstrecke, Messglied und Wissensspeicher, beschrieben. Durch Beispiele wird die Beschreibung ergänzt. Der Wissensspeicher nimmt dabei in den einzelnen Regelkreisen eine (nicht nur graphische) zentrale Bedeutung ein.

In den jeweiligen Wissensspeichern werden Daten über abgeschlossene und laufende Projekte aufgezeichnet. Erkenntnisse, Erfolge und/oder Misserfolge werden im Wissensspeicher dokumentiert.

Neben dem unvernetzten Regelkreis ist auch ein vernetzter Regelkreis dargestellt. Durch die Vernetzung wird sichergestellt, dass das Wissen in den einzelnen Bereichen nicht isoliert bleibt.

Das angewandte vernetzte Wissen soll zur Erreichung der Qualitätsziele, Verbesserung der Qualität und damit zur Konfliktreduktion zwischen den Beteiligten beitragen.

Qualitätsverbesserung und Konfliktreduktion bei Sichtbeton durch Einführung von vernetzten Regelkreisen

1 Einleitung

Sichtbeton hinterlässt beim Betrachter einen bleibenden Eindruck. Die Schalung hat dabei einen maßgeblichen Einfluß auf sein späteres Aussehen. Sie ist vergleichbar mit einem „Fingerabdruck“.

Für den Betrachter ist die Komplexität einer Sichtbetonfläche von der Planung, über die Herstellung bis zur Übernahme von Sichtbeton oft nicht erkennbar. Erst eine eingehende Auseinandersetzung mit dem Thema, macht seine Komplexität annähernd transparent.

Komplex ist die Herstellung von Sichtbeton deswegen, weil viele Beteiligte mit verschiedenen Arbeitsmittel und Arbeitskräften unter wechselnden Umweltbedingungen an der Planung und Herstellung von Sichtbeton mitwirken. Dabei bestehen zwischen den Beteiligten, Arbeitskräften, Arbeitsmitteln, Umwelt und Umfeld Beziehungen und gegenseitige Abhängigkeiten. Zwischen Schalung und Beton herrschen Wechselwirkungen, die Einfluß auf die finale Betonoberfläche haben (z.B. saugende Schalung und Wassergehalt des Betons).

Ob das spätere „Aussehen“ der Sichtbetonfläche gut oder schlecht ist (Qualitätsziele erreicht bzw. nicht erreicht), hängt wesentlich von der Planung, Arbeitsvorbereitung und Ausführung ab. Dabei gilt es verschiedene Betrachter zu unterscheiden: den Übernehmer der Leistung, sowie Fachleute (nicht im Projekt involviert) und nicht fachkundige Betrachter. Je nach Interesse des Betrachters fällt auch die Beurteilung der Qualität aus. Für die Übernahme entscheidend ist die Erreichung der ausgeschriebenen Qualität (IST-Qualität \geq SOLL-Qualität).

Durch die Planung werden die Gestaltungsmerkmale der Sichtbetonfläche bestimmt. Zu den Merkmalen zählen z.B.:

- Oberflächentextur
- Farbgebung
- Flächengliederung
- Konstruktive Details
- Ausbildung der Schalungsstöße

Diese Qualitätsmerkmale sind im Leistungsverzeichnis zu beschreiben. Aufgrund einer eindeutigen und vollständigen Beschreibung (idealerweise), kann in der Arbeitsvorbereitung der Baufirma das geeignete Schalungssystem mit der entsprechenden Schalhaut (wenn nicht durch die Ausschreibung zwingend vorgegeben) für die Ausführung ausgewählt und damit der Schalungseinsatz geplant werden.

Eine erfolgreiche Planung erfordert auch Kenntnisse über die Herstellung von Sichtbeton. Die Kenntnisse resultieren z.B. aus eigenen Projekt-Erfahrungen, Beiträgen, Literatur, Richtlinien, Normen und Tagungen. Kommunikation und Information spielen dabei eine wesentliche Rolle. Bleibt angesammeltes Wissen isoliert z.B. aus der Bauausführung, kann es für zukünftige Planungen und Arbeitsvorbereitungen nicht herangezogen werden. Wichtig ist auch die

Kenntnis von herstellungstechnisch nicht erreichbaren Forderungen wie z.B. gleichmäßige Farbe und keine Porenbildung bzw. gleichmäßige Porenverteilung.

Betrachten sich die einzelnen Beteiligten als Solisten und blicken diese über ihren eigentlichen Aufgabenbereich nicht hinaus, kann sich dies zum Nachteil für die Qualität des Sichtbetons auswirken.

Die Qualität von Sichtbeton kann nachträglich (z.B. durch partielle Ausbesserungen) nie befriedigend verbessert werden. Partielle Eingriffe in die Sichtbetonfläche heben sich immer von der Umgebung ab.

Also weg vom „Inseldenken“ und hin zur Vernetzung aller Beteiligten. Die Vernetzung soll die notwendige Information und Kommunikation sicherstellen.

Im Beitrag wird die Funktion von Regelkreisen im Zusammenhang mit Sichtbeton beschrieben und deren Anwendung anhand von ausgewählten Beispielen für die Planung, Ausschreibung und Ausführung gezeigt (auf die Regelkreise Bauherrn, Arbeitsvorbereitung und Übernahme wird in diesem Beitrag nicht eingegangen). Eine Vernetzung der einzelnen Beteiligten führt (soll) zur Qualitätsverbesserung und damit zur Konfliktreduktion zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer (führen).

2 Beteiligte von der Planung, über die Herstellung bis zur Übernahme von Sichtbeton

Die Beteiligten im Planungs- und Herstellungsprozess nehmen wesentlichen Einfluß auf das Endprodukt:

- 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.

In der Abb. 1 ist eine Auswahl der Beteiligten mit Einfluß auf das Endprodukt Sichtbeton dargestellt. Die einzelnen Beteiligten wirken direkt oder indirekt (z.B. Schalungslieferant) am Herstellprozess mit. Der interne Informations- und Kommunikationsfluss über laufende und abgeschlossene Projekte, ist meist geregelt.

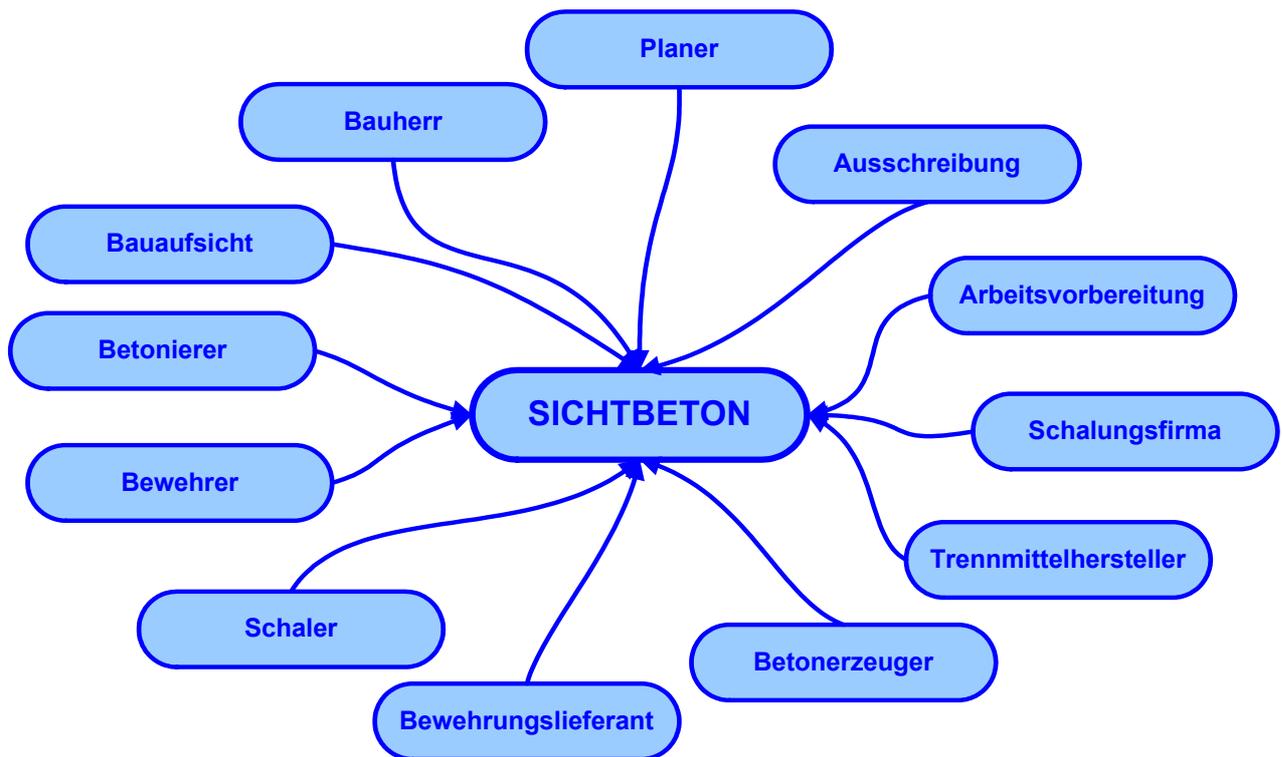


Abb. 1: Beteiligte im Umfeld von Sichtbeton (1. Ebene) [Hofstadler]

Externe Beziehungen zu den anderen Beteiligten beschränken sich oftmals nur auf jene, die in direktem Geschäftskontakt (Arbeitsverhältnis) stehen. Meist fehlen Kommunikations- und Informationsstrukturen.

Ausgezeichnetes Wissen bleibt dadurch innerhalb der einzelnen Wirkungsbereiche isoliert. Ideal wäre es, wenn das Wissen vernetzt wird und sich zu Neuem verknüpfen kann.

3 Regelkreis – Allgemein

Unter einem Regelkreis (siehe Abb. 2) versteht man nach VESTER: „Einen in sich geschlossenen Informationskreislauf, der Abweichungen von einem sogenannten Sollwert durch Rückkoppelung (Feedback) selbst regelt.“ Das Führungsglied (z.B. Mensch), das Entscheidungsbefugnisse hinsichtlich der Aufgabenstellung, der Leistungsvorgaben und Korrekturmaßnahmen besitzt, gibt an den Regler Sollwerte vor. Der Regler steuert den Verfahrensablauf. Vom Regler gehen spezielle Anweisungen an die Regelgröße.

Der Sollwert kann selbst veränderlich sein, indem er zum Beispiel die Regelgröße eines anderen Regelkreises ist. Diese Regelgröße wiederum mag der Stellwert eines dritten Regelkreises sein und dieser vielleicht Störgröße eines weiteren. So gibt es in Wirklichkeit nie isolierte, abgeschlossene Regelkreise, sondern immer nur miteinander in Wechselbeziehung stehende offene, dynamische Systeme von mehreren vernetzten Regelkreisen, deren Sollwerte voneinander abhängen.

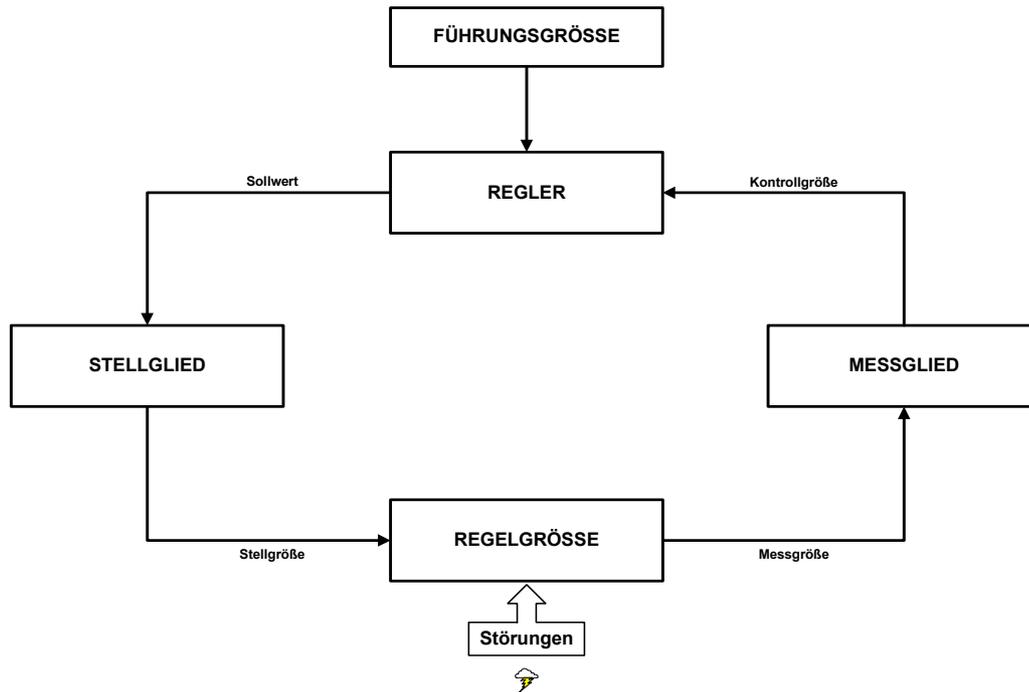


Abb. 2: Regelkreis – Allgemein [vgl. Mahlknecht]

Zur Erklärung der Funktion eines Regelkreises wird als Beispiel die Wirkungsweise eines Tempomats eines Autos herangezogen.

Vom Fahrzeuglenker wird als Führungsgröße die gewünschte Fahrgeschwindigkeit vorgeben. Die Geschwindigkeit (z.B. 130 km/h) stellt die zu regelnde Größe dar. Über z.B. die Wipptaste am Lenkrad, stellt der Fahrzeuglenker die gewünschte Geschwindigkeit im Tempomat (Regler) ein. Der Sollwert (Geschwindigkeit) bildet die Vorgabe für das Stellglied (Vergaser). Vom Stellglied wird die Stellgröße (Steuerung der Benzinzufuhr in die Zylinder des Motors) an die Regelstrecke weitergegeben. In der Regelstrecke wird die Kraftstoffzufuhr in die Zylinder des Motors erhöht und damit die Motordrehzahl gesteigert. Es erfolgt eine Geschwindigkeitszunahme.

Im ersten Umlauf des Regelkreises wird vom Messglied die aktuelle Geschwindigkeit (Messgröße) mit der Sollgeschwindigkeit verglichen. Ist die momentane Geschwindigkeit zu niedrig, wird diese Information (Kontrollgröße) an den Regler weitergeleitet. Der Regler gibt die erforderlichen Korrekturgrößen an das Stellglied weiter. Das Stellglied verändert die Stellgröße (Veränderung der Stellung der Drosselklappe). Die Benzinzufuhr in den Motor wird dadurch erhöht und das Fahrzeug weiterbeschleunigt.

Das Messglied misst in definierten Zeitintervallen die Istgeschwindigkeit und vergleicht sie mit der Vorgabe.

Bei einer zu niedrigen Geschwindigkeit, wird die Benzinzufuhr weiter erhöht, man spricht in diesem Zusammenhang auch von positiver Rückkoppelung (nach VESTER). Die damit erreichte Geschwindigkeitszunahme wird wieder gemessen.

Ist bei der nächsten Messung die Geschwindigkeit zu hoch, wird die Benzinzufuhr über das Stellglied verringert. Ist der Wert zu niedrig wird die Benzinzufuhr erhöht. VESTER spricht in diesem Zusammenhang bei einer solchen Selbstregulation von negativer Rückkopplung.

Der Fahrzeuglenker nimmt in diese Phase keinen geplanten Einfluß auf den Regelkreis. Wenn Störungen auftreten, z.B. hervorgerufen durch das Auflaufen auf ein Fahrzeug, unterbricht der Fahrzeuglenker durch Bremsen den Regelkreis.

Bei Störungen aus dem Umfeld, wie z.B. wechselnde Fahrbahnverhältnisse (Glatteis), wird der Regelkreis selbsttätig (Selbstregulation) unterbrochen. Die Impulse gehen nicht vom Lenker aus, sondern durch eingebaute Automatismen.

4 Bearbeitungsintensität in Abhängigkeit vom Planungsstadium

Ein Bauwerk wird aus verschiedenen Bauteilen (tragend nicht tragend, gestaltend oder verkleidet) gebildet.

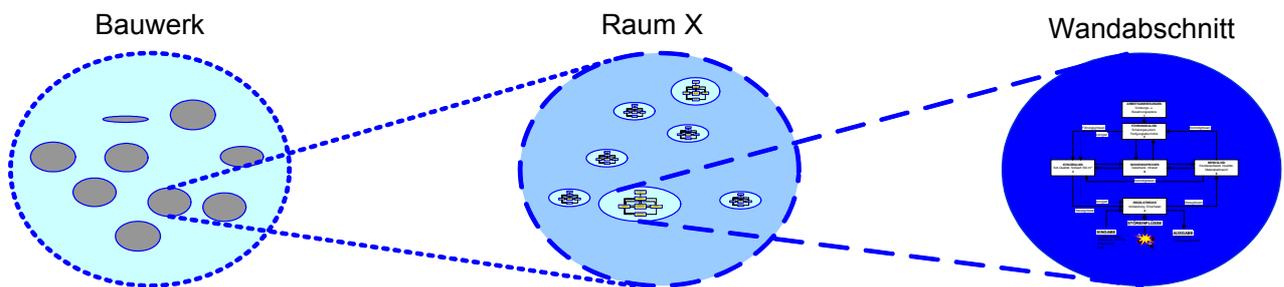


Abb. 3: Entwicklung der Betrachtungsintensität [Hofstadler]

Von weitem erscheint das Bauwerk als Ganzes. Je kürzer der Betrachtungsabstand, desto klarer werden Gestaltungsmerkmale der Sichtbetonflächen wie z.B. Oberflächentextur, Flächengliederung und Farbegebung.

Zu Beginn wird das Bauwerk als Ganzes betrachtet. In der Abb. 3 ist die Entwicklung der Betrachtungsintensität vom Gesamtbauwerk bis hin zu einzelnen Bauteilen symbolisch dargestellt. Für z.B. die Planung steht in dieser Phase das Gesamterscheinungsbild im Vordergrund (z.B. Flächengliederung, Farbegebung).

Für das Raum- und Funktionskonzept werden die einzelnen Räume im Detail betrachtet. Für die einzelnen Bauteile des Raumes (z.B. Stützen, Wände) werden Details wie z.B. Arbeitsfugenausbildung, Kantengestaltung und Oberflächentextur bestimmt.

Je nachdem ob Grobplanung oder Feinplanung vorherrscht, ist auch die Bearbeitungsintensität in den einzelnen Regelkreisen verschieden.

5 Regelkreis für die Planung, Ausschreibung und Bauausführung

Nachfolgend wird auf die Regelkreise für die Planung, Ausschreibung und Ausführung eingegangen. Im Vergleich zum Regelkreis in Abb. 2 werden die Regelkreise um den Wissensspeicher erweitert.

Die zur Beschreibung der Regelkreisfunktion herangezogenen Beispiele stellen eine Auswahl vom Verfasser dar und können beliebig angepasst und erweitert werden. Innerhalb der dargestellten Regelkreise können weitere Regelkreise ineinander greifen.

5.1 Regelkreis für die Planung

Durch die Planung sollen Ideen hinsichtlich Textur, Farbe, Fugen, Kanten, etc. konkretisiert werden. Technisch Unmögliches soll dabei klar von Möglichem getrennt werden. Was unmöglich ist, sollte durch eigene Erfahrungen bekannt sein oder aus dem Wissensspeicher abrufbar. Als herstellungstechnisch unmöglich anzusehen wäre z.B. eine völlig porenfreie oder farbgleiche Betonoberfläche. Werden neue Technologien (z.B. SCC) erprobt, liefern Versuche oder erste Probeabschnitte neue Erkenntnisse über die Anwendbarkeit und Qualität.

Falsche Vorstellungen können damit gar nicht entstehen. Enttäuschungen durch die nicht Realisierung von Unmöglichem werden damit vorweggenommen. Ein Regelkreis für die Planung ist in Abb. 4 dargestellt

5.1.1 Führungsglied - Planung

Vom Bauherrn gibt es Vorstellungen von einem Projekt bzw. Teilen davon. Im Regelkreis der Planung sollen diese Ideen in realisierbare Vorschläge gefasst werden. Wird Sichtbeton als Gestaltungselement verwendet, greift der Planer im Wissensspeicher auf ausgeführte (eigene oder fremde Ausführungen) Projekte zu und/oder entwickelt dazu neue Lösungen.

Unter Einbindung der Vorstellungen des Bauherrn macht das Führungsglied Vorgaben für das Steuerglied. Die Führungsgrößen sind z.B. Gestaltungsmerkmale für die Sichtbetonfläche und der entsprechende Kostenrahmen.

Die Kosten bilden oft eine Schranke für die Gestaltung (abhängig vom Auftraggeber bzw. der Gebäudedefunktion). Weiters bildet die Grund- und Aufrissgestaltung (z.B. geneigte Stützen, Wände) des Bauwerks bzw. seiner Bauteile eine wesentliche Grundlage für die Planung (z.B. Einfluß auf Bauverfahren, Baustoffe, Betoneinbringung).

5.1.2 Steuerglied - Planung

Das Steuerglied analysiert die Vorgaben des Führungsgliedes (Führungsgrößen) hinsichtlich der speziellen Anforderungen an die Gestaltungsmerkmale. Als Beispiel wird die Vorgabe: Ebene Sichtbetonoberfläche gewählt.

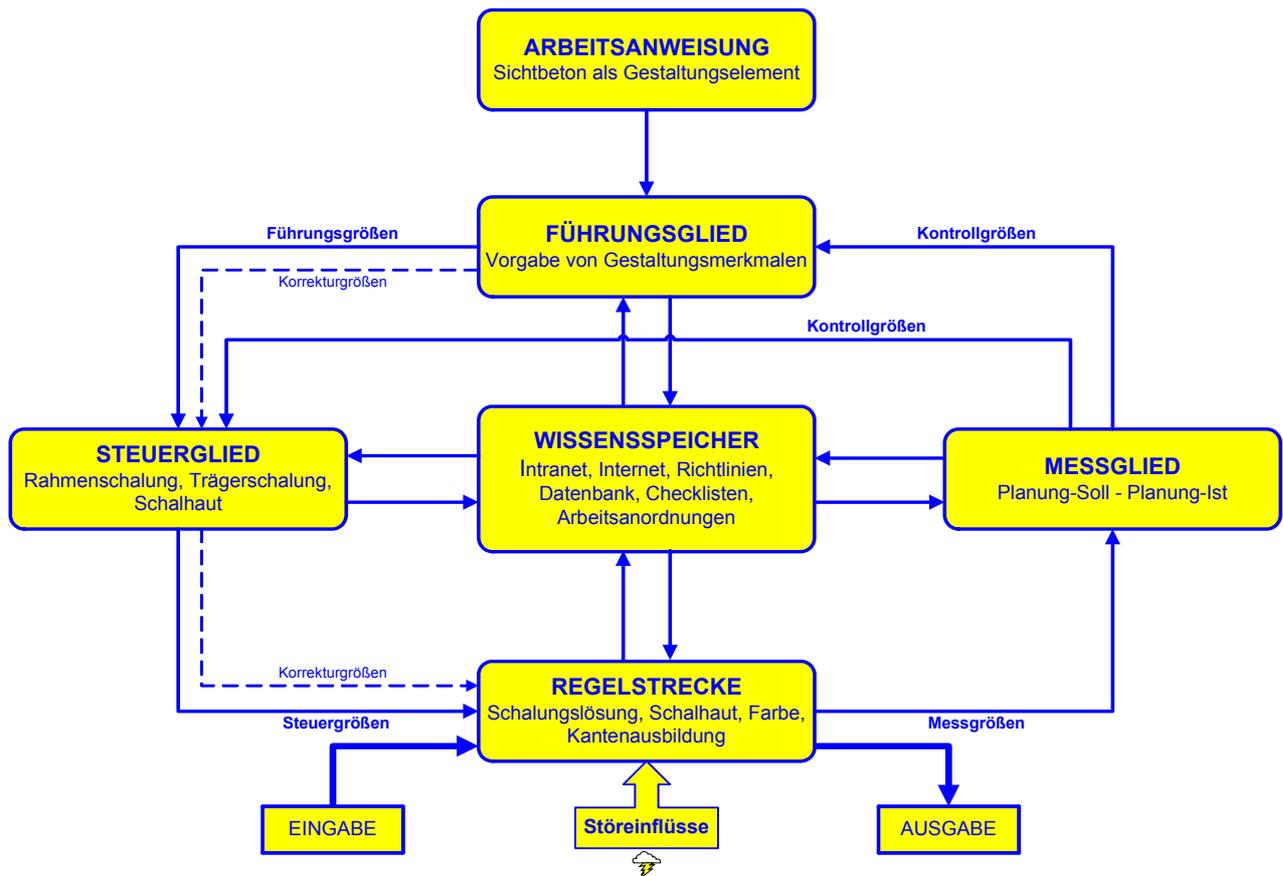


Abb. 4: Regelkreis für die Planung – Sichtbeton [Hofstadler]

Aufgrund dieser Führungsgrößen ist für das Steuerglied klar, dass es keine Vertiefungen in und Überstände aus der Betonoberfläche aufgrund der verwendeten Schalhaut bzw. Schalungssystem geben darf. Fehlt die Erfahrung oder kann das Steuerglied mit diesen Vorgaben nichts anfangen, greift es auf Informationen aus dem Wissensspeicher zu. Als Ergebnis der Abfrage werden alle in Frage kommenden Schalungssysteme (bzw. Kombinationen) und Schalhautarten angegeben, mit denen die Anforderungen erfüllt werden können.

Es soll auch aufgezeigt werden, welche Systeme (ohne Zusatzmaßnahmen) die Kriterien nicht erfüllen. Da sich der Rahmen jedes Elementes als Vertiefung in der sonst ebenen Fläche abzeichnet, scheiden z.B. alle Rahmenschalungen (zumindest ohne Anpassung wie z.B. durch Anbringen einer „zweiten“ Schalhaut) aus.

5.1.3 Regelstrecke - Planung

In der Regelstrecke findet die Detail-Ausarbeitung von Lösungen statt. Möglichkeiten eine ebene Sichtbetonfläche zu erzeugen werden aufgezeigt. Hier ist es besonders wichtig den Einfluss der spezifischen Eigenschaften von Schalhäuten und Schalungssystemen darzustellen, damit sie in der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden können.

Jedes Schalungssystem hat seinen spezifischen Einfluß auf die Betonfläche.

Bei Wänden, die mit z.B. doppelhäufigen Rahmenschalung ausgeführt werden, die gegenseitig mit Anker (Ursache) verspannt sind, bleiben Ankerlöcher (Wirkung) als Unstetigkeiten in der Ansicht zurück (siehe Abb. 4). Sie können mit Konen verschlossen, jedoch nicht durch nachträgliche Bearbeitung von Sichtbeton derart verdeckt werden, ohne dass sie sich von der Umgebung abheben. Steuern kann man die Abstände, die Austeilung und Anzahl der Ankerstellen über die Größe der einzelnen Rahmenelemente.

Die systemimmanenten Rahmen bilden sich aufgrund ihres Vorsprungs gegenüber ihrer Schalhautfläche, als vertiefende Streifen bleibend in der Oberfläche der Betonwand ab.



Abb. 5: Wand mit doppelhäufiger Schalung hergestellt – Ansicht (Wirkung)
[PERI]

Diese hier nur teilweise aufgezeigten Systemabzeichnungen haben wesentlichen Einfluss auf das spätere Erscheinungsbild der Wand. In der Planung müssen diese, bei Verwendung einer System-Rahmenschalung, Abzeichnungen klar aufgezeigt werden. Diese „Begleiterscheinungen“ hinterlassen bleibende Spuren in der Betonoberfläche.

Der in der Abb. 5 dargestellte Wandabschnitt, wurde mit einer Rahmenschalung hergestellt. In der sonst ebenen Betonoberfläche, bleiben die Rahmenabdrücke als vertiefende Streifen im Beton zurück. Weiters sind die Ankerstellen der doppelhäuptigen Rahmenschalung sichtbar. Der Abstand der Rahmenstreifen und Ankerstellen ist durch die Wahl der Elementgrößen bedingt steuerbar (der zulässige Frischbetondruck ist dabei zu beachten).

Eine andere Möglichkeit der Planung besteht darin, nur auf die Gestaltungsmerkmale einzugehen ohne dabei Spezifikationen zur Schalung zu formulieren.

5.1.4 Messglied - Planung

Das Messglied nimmt Ausarbeitungen von der Regelstrecke entgegen und vergleicht sie mit den Soll-Vorgaben. Abweichungen werden aufgezeigt und an das Führungsglied bzw. Steuerglied (abhängig von den Grenzen der Selbstorganisation) weitergeleitet.

Entspricht z.B. die Rahmenschalung nicht der Vorgabe (Rahmenabdrücke im Beton entsprechen nicht den Vorstellungen) werden die Abweichungen dem Steuerglied weitergeleitet. Das Steuerglied ändert die Vorgaben (Korrekturgrößen) für die Regelstrecke. Für die Regelstrecke wird dann vorgegeben, Lösungen z.B. mit einer Trägerschalung auszuarbeiten.

Stören die Ankerlöcher kann vom Führungsglied die Vorgabe kommen, Lösungen ohne Durchankerung der Wand zu finden (z.B. Einhäuptige Schalung oder entsprechend steife Rahmenkonstruktion).

Wird z.B. die ON B 2211 für die Beschreibung der Struktur von Sichtbeton herangezogen, scheidet nach deren Bestimmungen die Verwendung einer Rahmenschalung aus (außer eine Rahmenschalung wird trotzdem ausdrücklich zugelassen).

5.1.5 Wissensspeicher - Planung

Die Vorgaben aus den Arbeitsanweisungen werden zusammen mit den dazu erstellten Lösungen durch den Wissensspeicher aufgezeichnet. Auch die im Endeffekt ausgeschiedenen Lösungen sind zu erfassen und die Gründe dafür anzugeben.

Idealerweise werden die Informationen und Erkenntnisse aus den externen Regelkreisen wie für die Ausschreibung, Arbeitsvorbereitung, Ausführung und Übernahme im Wissensspeicher der Planung aufgezeichnet. Zu erfassen sind alle für die Planung erforderlichen Informationen.

Die Abweichungen der Planung (Ursache) zur Herstellung (Wirkung) sollen hinsichtlich Qualität und Kosten systematisch erfasst werden.

Der Regelkreis für die Planung wird so lange durchlaufen, bis die Sollvorgaben erfüllt werden. Ergebnisse des Regelkreises Planung (Ausgabe), fließen über die Eingabe in die Regelstrecke Ausschreibung ein.

5.2 Regelkreis für die Ausschreibung

Das Geplante soll durch die Ausschreibung so beschrieben werden, dass die Bieter verstehen, was vom Auftraggeber gefordert wird. Die Beschreibung der Leistungen besteht aus Texten, Zeichnungen, Fotos von Referenzen oder Produktkatalogen. Für die Ausschreibung ist der Regelkreis in Abb. 6 dargestellt.

5.2.1 Führungsglied - Ausschreibung

Die Arbeitsanweisungen ergeben sich aus der Ausgabe des Regelkreises für die Planung. Durch Pläne und ergänzende Beschreibungen ist klar, was auszuschreiben ist. Die Ausschreibung für Sichtbeton gliedert sich im Wesentlichen in die Bereiche Schalung, Bewehrung und Beton.

Das Führungsglied greift auf den Wissensspeicher zu, um zu den externen Vorgaben auch interne Vorgaben zu formulieren. Der Wissensspeicher liefert Informationen über die Ausschreibung vergangener Projekte. Die Zielerreichung und die Abweichungen sollten abrufbar sein. Aufgezeichnete Fehler und deren Ursachen sollten als wertvolle Information für die Verfassung der aktuellen Ausschreibung zur Verfügung stehen.

Einige Möglichkeiten eine Ausschreibung zu gestalten:

- Formulierungen aus Leistungsbeschreibungen (z.B. LB-H), unveränderte Übernahme
- Formulierungen aus Leistungsbeschreibungen mit Anpassungen
- Ausschreibungstexte aus Produktkatalogen (z.B. Schalungsbahn, Matrizen)
- „Frei“ formulierte Texte
- Texte aus vorangegangenen Ausschreibungen
- Musterflächen (unter Beachtung der Vergleichbarkeit) im Bereich des zu errichtenden Bauwerks
- Referenzflächen (unter Beachtung der bedingten Vergleichbarkeit) von anderen Bauwerken
- Kombinationen

Vom Führungsglied sind auch eindeutige Vorgaben hinsichtlich der Beurteilungskriterien der herzustellenden Sichtbetonfläche zu formulieren.

5.2.2 Steuerglied - Ausschreibung

Das Steuerglied nimmt die Führungsgrößen auf und analysiert diese nach den Anforderungen für die Schalung, Bewehrung, Beton und die Ausführung. Vom Steuerglied werden Vorgaben hinsichtlich der Form der Ausschreibung an die Regelstrecke gemacht. Diese Vorgaben zielen z.B. darauf ab, für die Schalung Leistungsbeschreibungen aus einem abgeschlossenen Projekt heranzuziehen. Weiters soll die Leistungsbeschreibung durch die Vereinbarung von Musterflächen konkretisiert werden.

5.2.3 Regelstrecke - Ausschreibung

In der Regelstrecke wird anhand der Steuergröße ein Leistungsverzeichnis mit ergänzenden Unterlagen (Pläne, Fotos, Musterflächen etc.) erstellt. In der Regelstrecke wird die Planung für die Ausschreibung so aufbereitet, dass alle zur Leistungserbringung notwendigen Leistungen der Baufirma aufgezeigt werden.

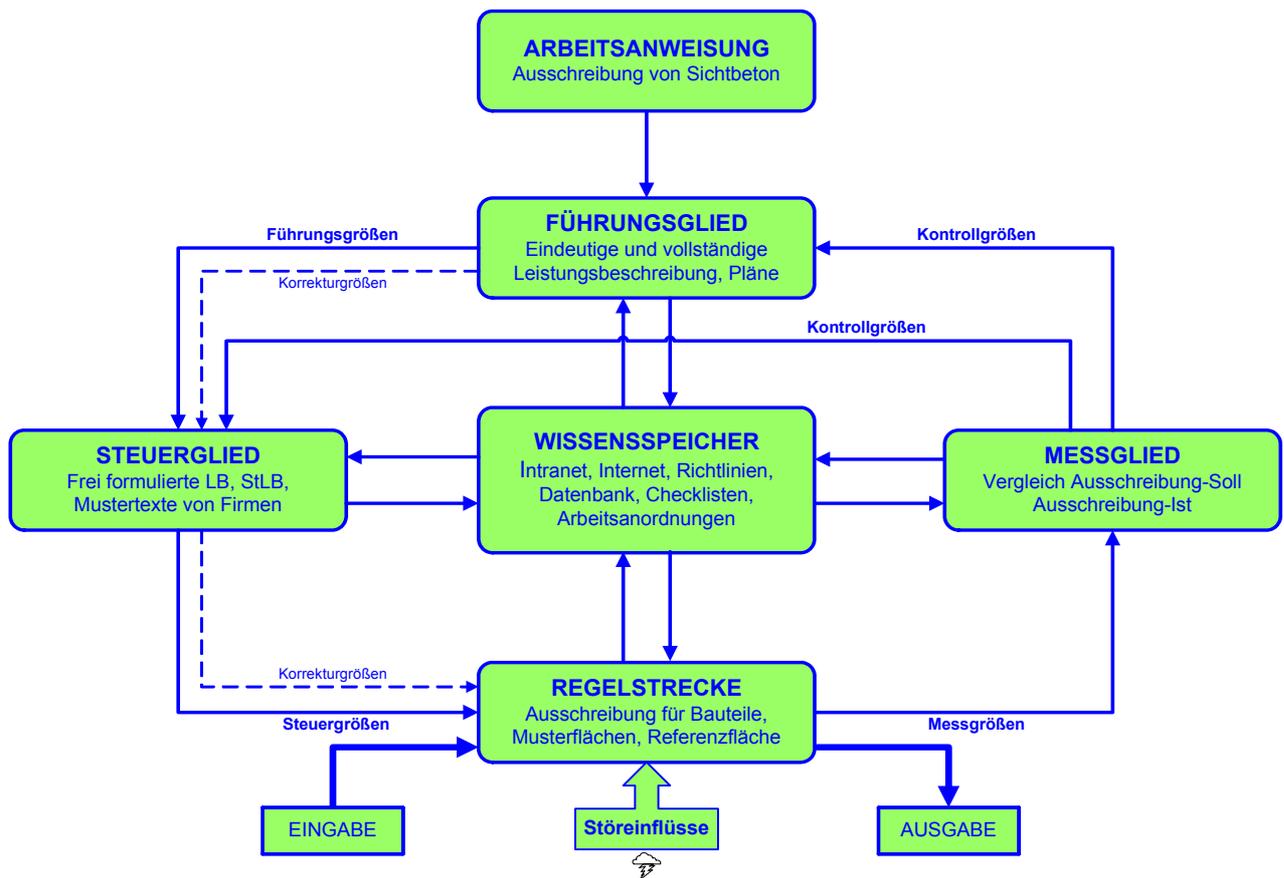


Abb. 6: Regelkreis für die Ausschreibung – Sichtbeton [Hofstadler]

Die Leistungsbeschreibung aus einem vergangenen Projekt wird als Grundlage für die aktuelle Ausschreibung herangezogen. Adäquate Formulierungen werden übernommen und durch projektspezifische Formulierungen ergänzt.

Für die Musterfläche wird in einem untergeordneten Bereich des Bauwerks nach geeigneten Bauteilen gesucht, die unter weitgehend ähnlichen Bedingungen hergestellt werden, wie die später auszuführenden Sichtbetonflächen. Der Ausschreibungsentwurf mit seinen Ergänzungen, wird an das Messglied-Ausschreibung weitergeleitet.

5.2.4 Messglied – Ausschreibung

Vom Messglied werden die Ausschreibungsunterlagen hinsichtlich Vollständigkeit und Eindeutigkeit überprüft. Im Mittelpunkt steht die Frage, ob mit der Ausschreibung das geforderte Ziel erreicht wird. Abweichungen werden dem Steuerglied bzw. Führungsglied

gemeldet. Gewonnenes Wissen wird im Wissensspeicher systematisch gesammelt.

Das Führungsglied bzw. Steuerglied überprüft die Abweichungen und formuliert die entsprechenden Änderungen (Korrekturgrößen). Eine endgültige Aussage, ob eine Ausschreibung zielführend war, liefert definitiv die Bauausführung und die folgende Abrechnung der Leistungen.

Am Ende des Kreislaufs steht eine Ausschreibung, die die erforderlichen Leistungen so beschreibt, dass das gewünschte Ziel erreicht wird und keine berechtigten Nachträge aufgrund mangelhafter Beschreibungen durchgesetzt werden können (Idealfall).

5.2.5 Wissensspeicher – Ausschreibung

Im Wissensspeicher sind Ausschreibungen von abgeschlossenen oder laufenden Projekten vorhanden. Ausschreibungstexte sind gemeinsam mit den erzielten Ergebnissen aufgezeichnet. Alle Fehler in der Ausschreibung sind den Aufzeichnungen angeschlossen. Damit wird vermieden, dass Formulierungen, die zu Unklarheiten geführt haben, weiterhin verwendet werden. Durch die permanente Fehlerausmerzung wird eine immer größere Klarheit in der Leistungsbeschreibung gefunden (Trial by Error).

Das Messglied überprüft, ob mit der vorliegenden Ausschreibung das geforderte Ziel erreicht werden kann (Überprüfung über die Zielerreichung ist nur bedingt möglich). Die endgültige Auskunft über die Effizienz der Ausschreibung, kann nur die Ausführung und die nachfolgende Abrechnung der Leistungen liefern.

Die Ausgabe (Endergebnis) des Regelkreises ist die Ausschreibung für die Ausführung. Sie dient als Grundlage für die Ausführung und Abrechnung der vereinbarten Bauleistungen und ist die Eingabe für die Regelstrecke der Ausführung.

5.3 Regelkreis für die Ausführung

Für die Ausführung gibt es durch die Ausschreibung klare Zielvorgaben. Die Ausgabe des Regelkreises für die Ausschreibung stellen die Arbeitsanweisungen für den Regelkreis der Ausführung dar. Für die Ausführung ist ein Regelkreis in Abb. 7 dargestellt.

5.3.1 Führungsglied - Ausführung

Vom Führungsglied einer Baufirma wird die Ausschreibung hinsichtlich der Anforderungen an Sichtbeton analysiert. Wenn eine Schalungssystem vorgeben ist, sind diese Vorgaben für die Ausführung zwingend. Das Führungsglied kann im Wissensspeicher nach vorhandenen Ausführungsbeispielen zur gestellten Aufgabe suchen.

Ist das Schalungssystem für die herzustellende Sichtbetonfläche von der ausführenden Firma frei wählbar, macht das Führungsglied Vorgaben für das Steuerglied. Die Vorgaben für die Schalung können auf ein bestimmtes System oder eine spezifische Schalhaut (saugende Schalhaut) abzielen. Die Spezifikationen für den zu verwendenden Beton ist in der Ausschreibung klar angegeben.

5.3.2 Steuerglied - Ausführung

Das Steuerglied nimmt die Führungsgrößen vom Führungsglied entgegen. Wird eine Rahmenschalung für die Herstellung der Sichtbetonflächen verwendet, bleiben folgende Möglichkeiten für die Herstellung der Schalung:

- die Schalung wird für jeden Abschnitt montiert und demontiert oder
- die Schalung wird zu Großflächenelementen zusammengebaut und dann von Abschnitt zu Abschnitt umgesetzt.

Weiters wird in Abstimmung mit dem Statiker und der Arbeitsvorbereitung die Takteinteilung vorgenommen. Eine abschnittsweise Herstellung einer Sichtbetonwand hat den Vorteil, dass Abweichungen (nach eingehender Fehleranalyse) in den folgenden Abschnitten korrigiert werden können.

Vom Steuerglied sind Qualitätsstandards hinsichtlich der Lagerung, Reinigung, Vorbehandlung der Schalhaut und z.B. Nachbehandlung des Betons zu formulieren und auch deren Einhaltung zu überprüfen. Auf annähernd gleiche Bedingungen in den einzelnen Fertigungsabschnitten beim Betoneinbau und Ausschalen ist zu achten.

5.3.3 Regelstrecke - Ausführung

In der Regelstrecke erfolgt der eigentliche Herstellungsprozess. Der Fertigungsabschnitt wird eingeschalt, bewehrt und betoniert. Je nach Fertigungsablaufmodell (z.B. Fließfertigung oder Taktfertigung), gibt es für jeden Vorgang (Schalen, Bewehren und Betonieren) eigene Arbeitsgruppen oder eine Arbeitsgruppe führt zwei oder alle Tätigkeiten (Schalen, Bewehren und Betonieren) aus.

Sind getrennte Arbeitspartien im Einsatz, ist die Kommunikation und Information zwischen den Arbeitsgruppen durch das Steuerglied zu veranlassen. Leistungslohn (z.B. m² hergestellte Schalfläche je Zeiteinheit) sollte von „Qualitätslohn“ abgelöst werden. Schnelligkeit ist bei der Herstellung von Sichtbeton eher kontraproduktiv.

Die Ausbildung und Motivation der ausführenden Arbeitskräfte, hat wesentlichen Einfluß auf die Qualität der Sichtbetonoberfläche.

Nach Ablauf der Ausschalfrist wird ein Betonierabschnitt ausgeschalt und der Beton nachbehandelt. Die Schalung ist zu reinigen und wenn erforderlich bis zum nächsten Einsatz unter gleichen Bedingungen zu lagern. Auf konstante Bedingungen in der Lagerung und Zwischenlagerung der Schalhaut (vor allem bei saugender Schalhaut) für einen Fertigungsabschnitt ist zu achten. Dadurch ist ein annähernd gleicher Feuchtigkeitsgehalt für die Schalhaut (Wechselwirkung Saugfähigkeit und Überschusswasser im Beton) eines Abschnittes gegeben.

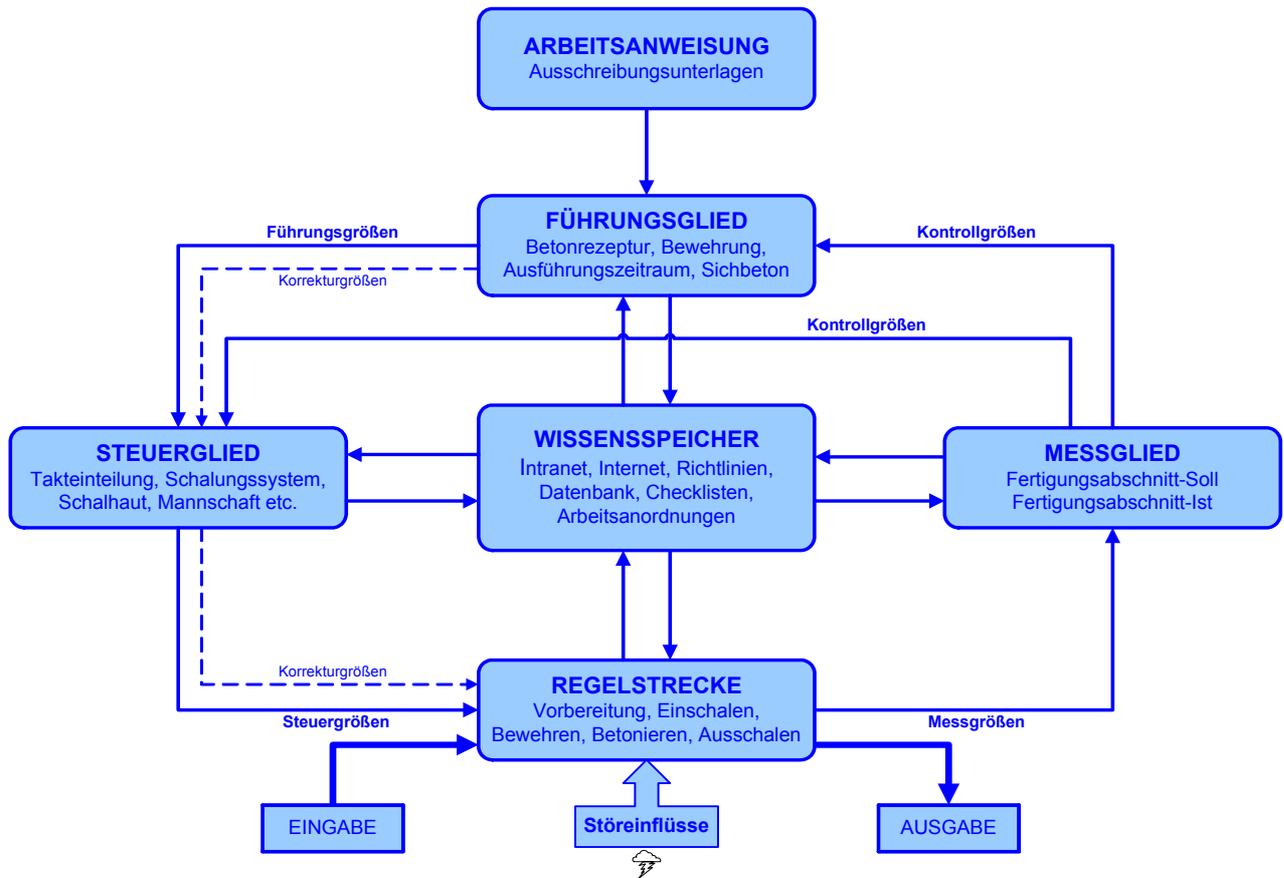


Abb. 7: Regelkreis für die Ausführung – Sichtbeton [Hofstadler]

5.3.4 Messglied - Ausführung

Nach dem Ausschalen wird die Betonoberfläche sichtbar. Nicht alle Gestaltungsmerkmale sind ab diesem Zeitpunkt auch auf ihre Zielerreichung überprüfbar. Die „endgültige“ Farbe bzw. die Farbgleichheit wird erst nach einigen Tagen verifizierbar. Alle anderen Gestaltungsmerkmale werden nach dem Ausschalen hinsichtlich ihrer Zielerreichung überprüft.

Bei Abweichungen gilt es den Grund bzw. die Gründe dafür zu finden. Sind sie gefunden, werden die Korrekturgroßen für den nächsten Fertigungsabschnitt (oder einen der nächsten) vom Führungsglied bzw. Steuerglied vorgegeben.

Nach Herstellung des nächsten Fertigungsabschnittes wird wieder die Zielerreichung einer Prüfung unterzogen.

Dieser dynamische Prozess wirkt sich fördernd auf die Qualität des Sichtbetons aus. Anfängliche Fehler können dadurch behoben werden. Mit der Qualität steigt auch die Zufriedenheit des Kunden. Ursachen und Wirkungen sind wieder systematisch im Wissensspeicher zu erfassen.

5.4 Störeinflüsse auf Regelkreise

Die Abweichungen in der Zielerreichung werden auch durch Störeinflüsse hervorgerufen und sind inhärent oder extern.

Störeinflüssen haben ihren Ursprung in:

- der Arbeitskraft (z.B. Ausbildung, Motivation, Verfügbarkeit)
- der Arbeitsanweisung (z.B. Planung, Arbeitsvorbereitung, Arbeitsanweisung auf der Baustelle, Kommunikation, Koordination)
- dem Arbeitsgegenstand (z.B. Be- bzw. Verarbeitbarkeit, Transportierbarkeit, Lagerfähigkeit, Festigkeitsentwicklung, Steifigkeit, Wasserrückhaltevermögen)
- dem Arbeitsmittel (z.B. Schalung, Rüstung, Verdichtungsgeräte, Saugfähigkeit, Anzahl der Einsätze etc),
- der Umwelt (z.B. Klima, Baugrund, Umfeld usw.).

Durch in den Regelkreisen geplante Mechanismen ist darauf zu reagieren.

Sind die Gründe gefunden, können im Rahmen der jeweiligen Entscheidungskompetenz, die geeigneten Gegenmaßnahmen (z.B. Änderungen im verwendeten Beton, Wechsel des Schalungssystems, Änderungen in Zusammensetzung der Arbeitsmannschaften) gesetzt werden. Bei rascher Reaktion zeigen die Maßnahmen bereits im darauf folgenden Fertigungsabschnitt ihre Wirkung.

6 Unvernetzte Betrachtung der verschiedenen Regelkreissysteme

Die einzelnen Regelkreise (Bauherr, Planung, Ausschreibung, Arbeitsvorbereitung, Bauausführung und Übernahme) sind in Abb. 8 symbolisch kreisförmig dargestellt. Hinter jedem Einzelsystem arbeiten ein oder mehrere Regelkreise (je nach Organisation).

Zwischen den einzelnen Systemen gibt es nach der Darstellung in Abb. 8 nur unmittelbare Verbindungen zum Vorgänger bzw. Nachfolger. Die Planung hat in dieser Darstellung nur Kontakt mit dem Bauherrn und der Ausschreibung. Ein Informationsfluss von der Arbeitsvorbereitung, Ausführung oder Übernahme an die Planung ist hier nicht gegeben. Aufgrund fehlender Information und Kommunikation bleiben dadurch wichtige Planungshinweise z.B. von der Bauausführung unberücksichtigt.

Die unvernetzten Regelkreise existieren nebeneinander und nicht miteinander. Diese Vorgehensweise wird immer von der Vergangenheit bestimmt. Probleme werden erst behandelt, wenn sie auftreten.

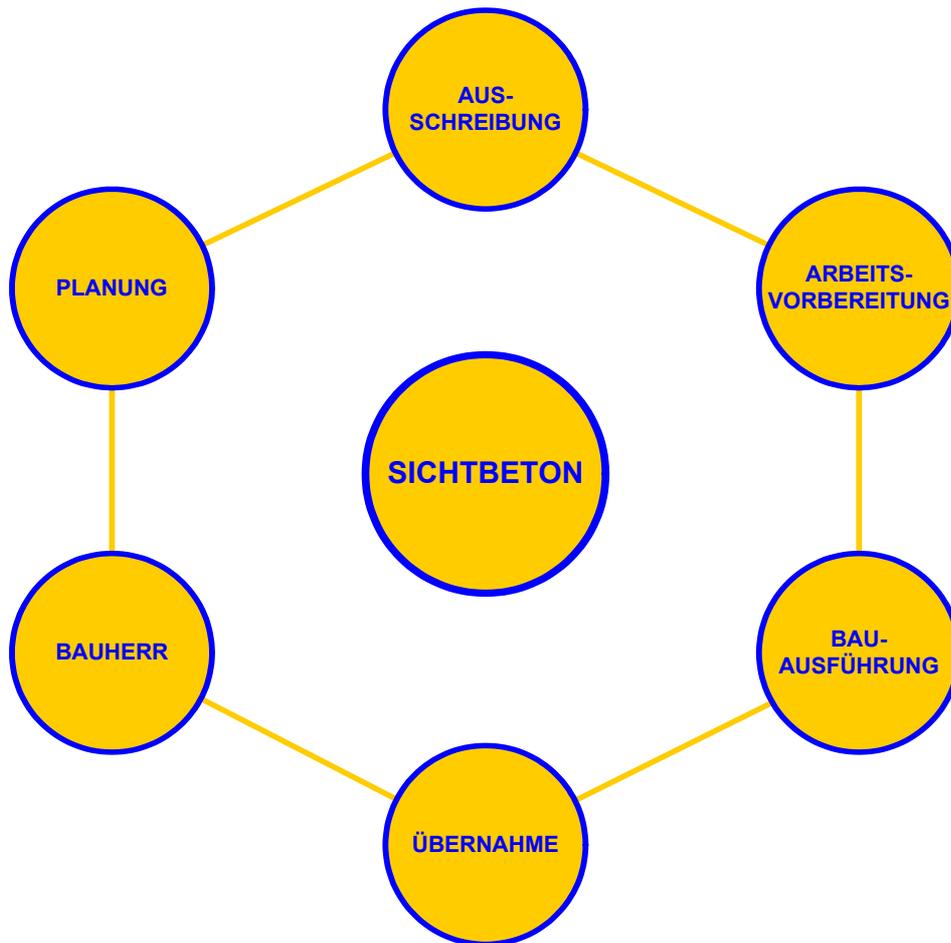


Abb. 8: Unvernetzte Regelkreise – Sichtbeton [Hofstadler]

Unklare Formulierungen (Ursache) hinsichtlich der Beurteilungskriterien bilden oft Potential für Konflikte (Wirkung) zwischen Auftraggeber und ausführenden Firmen.

7 Vernetzte Betrachtung der verschiedenen Regelkreissysteme

In Abb. 9 sind zum Unterschied zur Abb. 8, die einzelnen Regelkreise miteinander vernetzt. Die Vernetzung ist durch Linien angedeutet. Die Informations- und Kommunikationsdichte zwischen den einzelnen Regelkreisen ist unterschiedlich.

Die Information kann direkt oder indirekt z.B. über gemeinsame Projekte, Arbeitsgruppen Richtlinien oder Internetplattform stattfinden. Wird bei der Planung auf die Möglichkeiten und Besonderheiten der Bauausführung Rücksicht genommen, können Planungsfehler von vornherein minimiert und im Idealfall ausgeschlossen werden.

Werden in die Ausschreibung objektive Beurteilungskriterien aufgenommen, gibt es bei der Übernahme wenig bis keine Konflikte in der Beurteilung der Qualität (Probleme treten erst gar nicht auf).

Die Ausgabe (Ergebnis der Bearbeitung) eines Regelkreises ist die Eingabe (Arbeitsanweisung) für einen oder mehrere folgende(n) Regelkreis(e). Durch Rückkoppelungen aus anderen Regelkreisen, können die Korrekturgrößen in neuerliche Bearbeitungen aufgenommen werden.

Effiziente Lösungen werden nach mehreren Umläufen im Gesamtverband der Regelkreise gefunden. Die Lösungen werden in Arbeitssitzungen mit den Entscheidungsträgern seitens des Auftraggebers auf die Zielerreichung überprüft. Bei Abweichungen werden Korrekturgrößen vom Führungsglied bzw. Steuerglied an die jeweilige Regelstrecke weitergegeben.

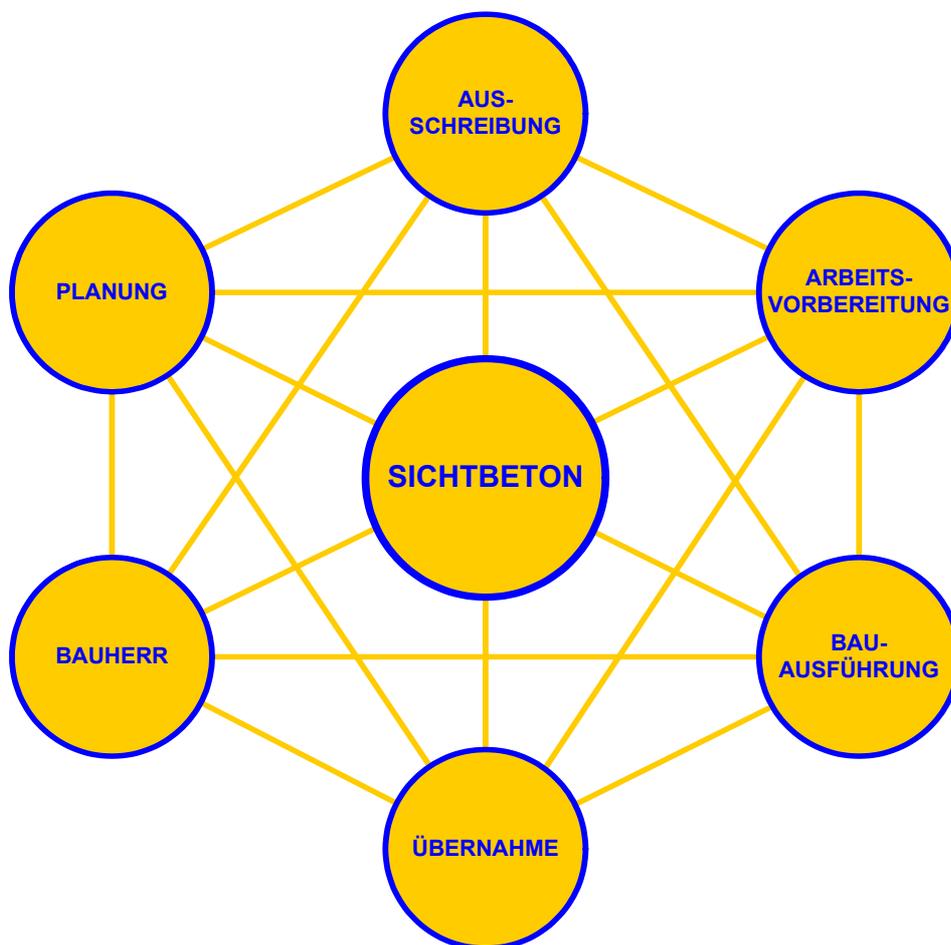


Abb. 9: Vernetzte Regelkreise – Sichtbeton [Hofstadler]

Durch den Zugriff auf das Wissen der anderen Regelkreise wird vermieden, dass eine Lösung gefunden wird, die den Kostenrahmen sprengt, bzw. herstellungstechnisch nicht realisierbar ist.

Es wird auch klar, welche Bauteile mit Standardschalungen hergestellt werden bzw. für welche Sonderanfertigungen notwendig sind.

Die Planung ist die Ursache - die Bauausführung die Wirkung. Wann immer die Wirkung der Ursache folgt gibt es wenig Fortschritt. Wird aber die Wirkung in die Ursache einbezogen, kommt es zu einer permanenten Fehlerausmerzung und somit zu einer Ergebnisverbesserung.

8 Zusammenfassung

Die Herstellung von Sichtbeton ist komplex. Viele Beteiligte wirken an der Herstellung mit und beeinflussen direkt oder indirekt die Qualität der Sichtbetonoberfläche. Durch Bearbeitungen und Forschungen, hat sich in den einzelnen Bereichen im Umfeld von Sichtbeton, ausgezeichnetes Wissen angesammelt. Manche dieser Beteiligten funktionieren bereits als Regelkreis (bewusst oder unbewusst). Wenn das Wissen innerhalb der einzelnen Regelkreise systematisch gespeichert wird, steht es für die Bearbeitung personenunabhängig zur Verfügung.

Erzielte Qualität von Sichtbeton hängt wesentlich mit funktionierender Information und Kommunikation zusammen.

Der Wissensspeicher steht im Mittelpunkt eines jedes Regelkreises und bildet einen wesentlichen Baustein für erfolgreiches Handeln. Jede Bearbeitung bringt neue Erkenntnisse, Erfolge und/oder Misserfolge. Werden die Bearbeitungsergebnisse im Wissensspeicher systematisch aufgezeichnet (auf die „Pflege“ und Aktualisierung der Daten ist besonderer Wert zu legen), bilden diese Aufzeichnungen die Basis für erfolgreiche zukünftige Bearbeitungen.

Vor allem die Aufzeichnungen von Fehlern sind wichtig für den Fortschritt. Entscheidend bei der Fehleranalyse ist die Berücksichtigung des gesamten Umfelds von Sichtbeton.

Ohne Vernetzung der einzelnen Regelkreise bleibt das Wissen größtenteils in den einzelnen Bereichen isoliert. Da die einzelnen Bereiche von einander abhängen, ist eine Verbindung zu den anderen Stellen unumgänglich. Der Kommunikations- und Informationsfluss erfolgt direkt (z.B. gemeinsames Projekt, Zusammenarbeit, Arbeitsgruppen, Vereine) oder indirekt (Richtlinien, Normen, Internet, Fachbeiträge etc.).

Regelkreise funktionieren dann optimal, wenn sie auf Störeinflüsse automatisch reagieren und den Störungen entgegenwirken (Messen-Störung-Ursachenermittlung-Lösungsansätze-Gegensteuerung-Messen). Den Abweichungen werden im Rahmen der Entscheidungskompetenz (Definition der Selbstorganisationsgrenzen) die notwendigen Korrekturmaßnahmen entgegengesetzt.

Selbstregulierende Kreisläufe verkürzen die Reaktionszeit auf die Störeinflüsse. Die beteiligten Menschen werden ständig motiviert, Abweichungen zu erkennen und sich Korrekturmaßnahmen zu überlegen.

Um den Nachteilen der Vergangenheitsbezogenheit und der Trägheit (bedingt durch die Zeit zwischen dem Erkennen der Abweichung bis zur Wirkung der Korrekturmaßnahmen) der Regelkreise zu begegnen, wäre es ideal wenn Störungen schon im Ansatz erkannt und entsprechende Gegensteuerungsmaßnahmen gesetzt werden.

Die Einführung solcher Regelkreissysteme wirkt sich nachhaltig positiv auf die Entwicklung eines Teams, in weiterer Folge einer Abteilung und letztendlich auf ein ganzes Unternehmen und somit auf das erzeugte Produkt und die erbrachte Dienstleistung aus.

Wird das dabei „gesammelte“ Wissen systematisch erfasst, steigt das „Know Who“ und „Know Why“ im System. Informationen werden rasch und zielsicher abrufbar. Die Qualität im System nimmt ständig zu und der Einfluß von Mitarbeiterfluktuationen auf die Kontinuität der Leistungen wird gering.

Ideal wäre eine Dokumentation in einem zentralen Wissensspeicher. Alle Beteiligten bringen Informationen in den Wissensspeicher ein und können im Gegenzug auf das angesammelte Wissen zugreifen.

Eine breite Plattform bietet das Internet. Der Zugriff auf gespeichertes Wissen wäre zu jeder Zeit und an jedem Ort möglich. Diese Wissensplattform würde zu einem breiteren Qualitätsstandard beitragen. Baufirmen und Architekten könnten sich u.a. als Sichtbetonspezialisten etablieren und damit einen Wettbewerbsvorteil über Qualitätsreferenzen schaffen.

Das Pflichtenheft für eine derartige Plattform ist noch nicht geschrieben. Erste Überlegungen werden dahingehend am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, an der TU-Graz, angestellt. Beteiligte aus allen Bereichen im Umfeld von Sichtbeton sind eingeladen, Ideen dafür einzubringen bzw. dabei mitzuarbeiten.

Mit der Schaffung einer Internetplattform soll ein Beitrag geleistet werden, die Qualität von Sichtbeton (durch mehr Kommunikation und Information) zu verbessern und Konflikte zwischen den Beteiligten zu reduzieren.

Eines ist sicher, nur angewandtes Wissen bringt Fortschritt.

Literaturverzeichnis

Fiedler, Kurt und Autoren: Technologie der Bauproduktion; 3. Auflage, Berlin 1991

Hofstadler, Christian: Optimierung von Stahlbetonarbeiten über Regelkreise; Baumarkt + Bauwirtschaft; Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH, 11/2002, p 73 bis p 76

Hofstadler, Christian: Lohnende Optimierung; Bauwirtschaft; Bauverlag GmbH, Walluf, 6/2001, p 48 bis p 50

Mahlknecht, Josef: Kybernetische Planung und Steuerung von Baukosten; Österreichische Bauzeitung; Nr. 43/Jahrgang 1991

Vester, Frederic: Neuland des Denkens: Vom technokratischen zum kybernetischen Zeitalter; 2. Auflage August 1980; Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart

Vester, Frederic: Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit der Komplexität; 5. Auflage August 2000; Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart