

Lean Construction (2)

# Die AVOR richtig strukturieren

Bauabläufe bedürfen der systematischen Planung. Um eine effiziente Takt- und Fließfertigung zu erreichen, muss man das Bauwerk von unten nach oben in Bauelemente und Bauabschnitte zerlegen. Eine strukturierte Arbeitsvorbereitung ist eine unabdingbare Voraussetzung dafür.

Von Gerhard Girmscheid

**D**ie Planung der Bauproduktion basiert auf einem systematischen Planungsprozess, der wiederum auf den Axiomen der Bauproduktionstheorie und Bauproduktionsplanung aufbaut. Die Planung des Bauproduktionsprozesses gliedert sich in folgende neun Schritte:

## 1. Systemgliederung

Das Gesamtsystem (Endprodukt Gebäude) lässt sich unterteilen in:

► Teilsysteme: Geschosse, Räume, Fassade

► Module/Bauelemente: Decken, Wände, Fassadenelemente, Fussboden, Fenster, Türen, Putz/Anstrich

► Eigenschaften: physikalische, technische, architektonische Eigenschaften

## 2. Prozessgliederung

Die Prozessgliederung betrifft die Gliederung des Bauproduktionsprozesses (der Bauaufgabe) in Modul- und Elementarprozesse sowie in Tätigkeiten/Aktivitäten (siehe Bild 1 Seite 6 und Tabelle 1 Seite

6) zur Herstellung der einzelnen Bauelemente. Als Beispiel für die Prozessgliederung dient die Bauaufgabe «Herstellung einer Brücke». Die Herstellung einer Brücke wird als Bauproduktionsprozess betrachtet (siehe Tabelle 1 Seite 6). Dieser Bauproduktionsprozess lässt sich in folgende Hauptprozesse gliedern:

- Errichtung einer temporären Baustelleneinrichtung als Vor-Ort-Produktionseinrichtung
- Herstellung des permanenten Unter- und Überbaus der Brücke





Bild: Rike/pixello.de

Unternehmer müssen anfangen, den Bauablauf als komplexes System zu verstehen, das man in seine Bestandteile zerlegt.

Zur Erzielung der einzelnen Hauptprozesse sind weitere Modulprozesse für die einzelnen Bauelemente erforderlich, so beispielsweise für die Herstellung der Gründung, der Widerlager und Pfeiler sowie der erforderlichen Lager oder der Entwässerung.

### 3. Herstellungsvarianten

Die Herstellungsvarianten betreffen die Wahl der Bauverfahren. Die Zerlegung der Modulprozesse in Elementarprozesse (siehe Tabelle 2 Seite 7) ist die Voraussetzung zur Aufstellung geeigneter Verfahrenskombinationen, diese miteinander zu vergleichen und das optimalste Bauverfahren auszuwählen. Eine Grundforderung in der Verfahrenstechnik ist es, unter Berücksichtigung aller relevanten Einflussfaktoren, mit möglichst einfachen und robusten Mitteln eine praxiserorientierte Lösung zu finden. Hierzu muss man feststellen, welche Entscheidungsvarianten es gibt, mit welchen Auswirkungen bei der Auswahl einer dieser Möglichkeiten

zu rechnen ist und wie man sich entscheiden soll, wenn bestimmte Kriterien gegeben sind. Hierzu können methodische Entscheidungsvorbereitungen (Operations Research) dienen.

### 4. Arbeitskalkulation

Gleichzeitig zur AVOR wird in der Kalkulation in Zusammenarbeit mit der Arbeitsvorbereitung aus der Angebots- beziehungsweise Auftragskalkulation die bauteil- und bauablauforientierte Arbeitskalkulation mit Soll-Vorgaben erstellt. Daher werden parallel zur Untersuchung der Herstellungsvarianten/Bauverfahren die Stundenansätze oder Abschreibung aus der Auftragskalkulation zusammengefasst für die Arbeitskalkulation und mit den Soll-Stunden und den Soll-Kosten der gewählten Bauverfahren verglichen. Werden die Soll-Kalkulationsstunden beziehungsweise Kosten durch die Soll-Stunden respektive Soll-Kosten des gewählten Bauverfahrens überschritten, muss man andere Lösungen untersuchen.

### 5. Herstellungsreihenfolge

Dieses Kapitel betrifft die Gliederung der Herstellungsreihenfolge der Bauelemente/Bauteile in physikalisch bedingte und lagenbedingte generische Folgeebenen wie:

- ▶ Tragkonstruktionen von unten nach oben
- ▶ Konstruktive, stabilitätsbedingte Reihenfolge
- ▶ Ausbau lagenweise, sequenziell von der Konstruktions- zur Oberflächenebene
- ▶ Befestigungselemente vor Elementmontage
- ▶ Trockenwände – Ständer und halbseitige Beplankung
- ▶ Bei Mauerwerk werden für Leerrohre Schlitze gefräst und Schächte halb gemauert
- ▶ Sanitär-, Heizungs- und Lüftungsleitungen verlegen
- ▶ Trockenwände mit Beplankung schliessen
- ▶ Estrich herstellen
- ▶ Wände streichen
- ▶ Fussbodenbelag herstellen
- ▶ Armaturen setzen (Sanitär, Heizung und Elektor)

### 6. Abhängigkeitsbeziehung

Die Abhängigkeitsbeziehung betrifft die Vernetzung der Modul- und Elementarprozesse sowie Tätigkeiten (siehe Tabelle 2

Seite 7) in einem Takt- und Fließprozess durch folgende Abhängigkeitsbeziehungen:

- ▶ Upstream: Vorgänger- beziehungsweise Überordnungsabhängigkeit
- ▶ Downstream: Nachfolger- beziehungsweise Unterordnungsabhängigkeit
- ▶ Lateral: Nachbarabhängigkeit auf gleicher Hierarchiestufe

Diese Abhängigkeitsbeziehungen zur Optimierung und Parallelisierung der Prozesse müssen aus konstruktiven, statischen und fertigungstechnischen Gründen der Herstellungsreihenfolge aufgedeckt und zusammengeführt werden (siehe Bild 2 Seite 7).

Für die Erstellung der Produktionsprozessabhängigkeiten auf Modul- und Elementarprozess-ebene sowie auf Tätigkeitsebene werden die generischen Dimensionen

- ▶ Systemgliederung
  - ▶ Prozessgliederung
  - ▶ Herstellungsreihenfolge
- in ihre zeitlichen Abhängigkeitsbeziehungen gebracht.

### 7. Hauptprozessdauer abschätzen

Dazu ist es erforderlich, in einem iterativen Bottom-Up-Ansatz die Dauer der Hauptprozesse auf der Basis von Leistungsberechnungen für Schalen, Bewehren, Betonieren pro Decke oder Kern für die jeweils gewählten Geräte beziehungsweise Bauhilfsmittel zu berechnen. Zudem müssen die Ist-Stunden mit den Soll-Stunden der Arbeitskalkulation überprüft werden. Das gleiche gilt für die Geräteabschreibung und den Gesamtkosten-Soll-Ist-Vergleich. Daraus ergeben sich vorläufige Meilensteine für die Hauptprozesse, die in Vorgabe der Gesamtproduktionsdauer (den Rahmenplan) eingepasst werden müssen.

### 8. Hauptprozessdauer iterieren

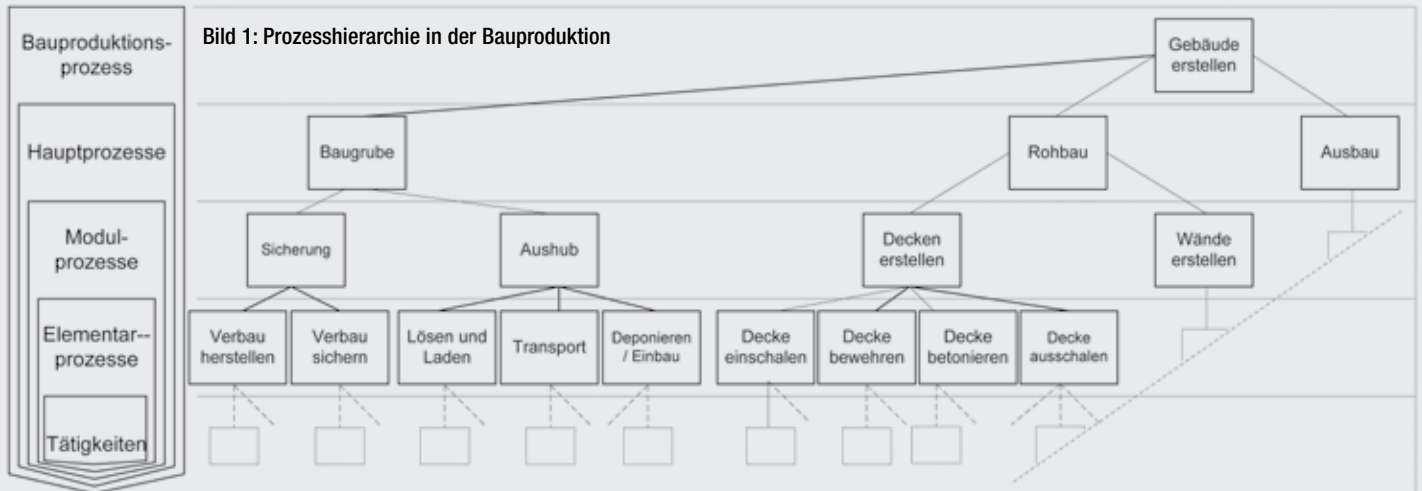
Innerhalb der Hauptprozesse kann gemäss der generischen zeitlichen Abhängigkeitsbeziehungen mit der Planung der Modulprozesse begonnen werden. Dazu werden für den Modulprozess eines Bauteils die Elementarprozesse generisch gegliedert (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2 Seite 6/7). Die zeitliche Dauer aller Modulprozesse eines Hauptprozesses muss unter Berücksichtigung der sequenziellen und parallelen Abhängigkeiten



### DER AUTOR

Gerhard Girmscheid ist Professor an der ETH, wo er das Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement (IBI) leitet. Weiter ist er Geschäftsleiter der Beratungsfirma CTT Consulting GmbH in Lenzburg. Bei Fragen ist Gerhard Girmscheid per E-Mail (mail@cttconsulting.ch) oder via Homepage (www.cttconsulting.ch) erreichbar.

(cet)



innerhalb der Hauptprozessmeilensteine erledigt werden können. Ist dies nicht der Fall, müssen leistungsfähigere Bauverfahren oder mehr Ressourcen, das heisst parallele Arbeitsabläufe, geprüft werden, um die Ziele zu erreichen. So werden im ersten kybernetischen Iterationsprozess die Bauverfahren, Ressourcen und Reihenfolge der Elementarprozesse sowie Modulprozesse unter Berücksichtigung der generischen Abhängigkeitsbeziehungen sukzessive iterativ angepasst bis die Hauptprozesszeitspanne eingehalten ist. Dies erfolgt für jeden Hauptpro-

zess (siehe Bild 2 Seite 7) und führt zum Basisproduktionsablauf. Zudem müssen Parallel die Zielvorgaben der Arbeitskalkulation überprüft werden.

## 9. Ressourcen-Vergleichsmässigung

Innerhalb der Hauptprozesse wird nun die Auslastung der Ressourcen bezüglich Gleichmässigkeit untersucht. Bei ungleichmässiger Auslastung der Teams (Slack Time) werden die entsprechenden abhängigen Elementarprozesse hinsichtlich Vergleichsmässigung der Ressourcen (der Teams,

Geräte und Bauhilfsmaterialien) verändert. Dabei muss man zwei Fälle unterscheiden:

- Die Hauptprozessdauer verkürzt sich: keine weiteren Massnahmen notwendig.
- Die Hauptprozessdauer verlängert sich: Es muss geprüft werden, ob durch Vergleichsmässigung anderer Hauptprozesse Zeiteinsparungen möglich sind, um die vertragliche Gesamtproduktionszeit einzuhalten.

Wenn auch die Gesamtproduktionszeit überschritten wird, muss geprüft werden, ob eine Ressourcenerhöhung in einem oder mehreren Hauptprozessen unter Beibehaltung der Vergleichsmässigung zur Einhaltung der Gesamtproduktionszeit führt.

## 10. Kostenanalyse

Da das zu erzielende Ergebnis (Bauwerk) der Bauproduktion in der Produktionsphase durch Ausschreibung, Vertrag und Genehmigungs- sowie Ausführungsplanung vorgegeben ist, gilt es, hier das ökonomische Minimalprinzip anzuwenden. Dies kann in zwei Schritten erfolgen:

- a. Auswahl des beziehungsweise der kostenminimalen Bauproduktionsverfahren aus alternativen Varianten
- b. Auswahl des kostenminimalen Bauverfahrens durch Variation der Gesamtdauer beziehungsweise Teildauer der Hauptprozesse durch Optimierung der Ressourcen in Bezug auf Reduzierung der

- Fixkosten der Produktion durch geringere Vorhaltdauer der Baustelleneinrichtung und des Managements
- variablen Kosten durch leistungsfähige Geräte.

Das Ergebnis führt dann zum optimalen Prozess nach dem Kostenminimumprinzip. Während der Planung des Bauproduktionsprozesses sind zudem für jeden Modul- und Elementarprozess die Entscheidungen «Make or Buy or Cooperate»

Bauaufgabe	Bauteilaufgaben		Elementarprozesse	Tätigkeiten
Bauproduktionsprozess	Hauptprozesse	Modulprozesse		
Bau einer Brücke	Baustellen-einrichtung	Baustellen-logistik	Kräne aufbauen	Vorbereiten
		Unterkünfte	Baustrassen bauen	Transportieren
		...	...	...
		...	Container aufbauen	...
	Unterbau	Gründung	Baugrubenumschliessung	Lösen
		Widerlager	Aushub	Laden
		...	...	Transportieren
		Pfeiler	Rückfüllung	...
		Lager	Schalen	Zwischenlagern
		Bewehren	...	Wiedereinbauen
		Betonieren	...	...
	Überbau	Entwässerung	Drainage einbauen	...
		...	...	...
		Hohlkasten	Schalen	...
		Entwässerung	Bewehren	Rüstung aufbauen
		Fahrbahn-belag	Betonieren	...
		E + M	...	Schalung vorbereiten
		...	Drainage einbauen	...
		...	...	Bewehrung verlegen
		...	...	...
		...	...	Ausschalen

Tabelle 1: Prozessgliederung einer Bauaufgabe

Elementarprozesse	Möglichkeiten der Fertigung			
	1	2	3	4
Bewehren	örtlich bewehren	vorgefertigte Bewehrung einbauen	teils örtlich, teils vorgefertigt	_____
Schalen	Brett, Bohle, Kantholz (konventionell)	Grosstafelschalung auf Umhängearbeitsbühnen	Kletterschalung	Gleitschalung
Betonieren	mit Kübel	mit Betonpumpe	_____	_____
Transportlogistik	Turmdrehkran auf Gleis	Kletterkran am Siloschacht	Mobilkran	_____

Tabelle 2: Bauverfahren – Varianten der Herstellung

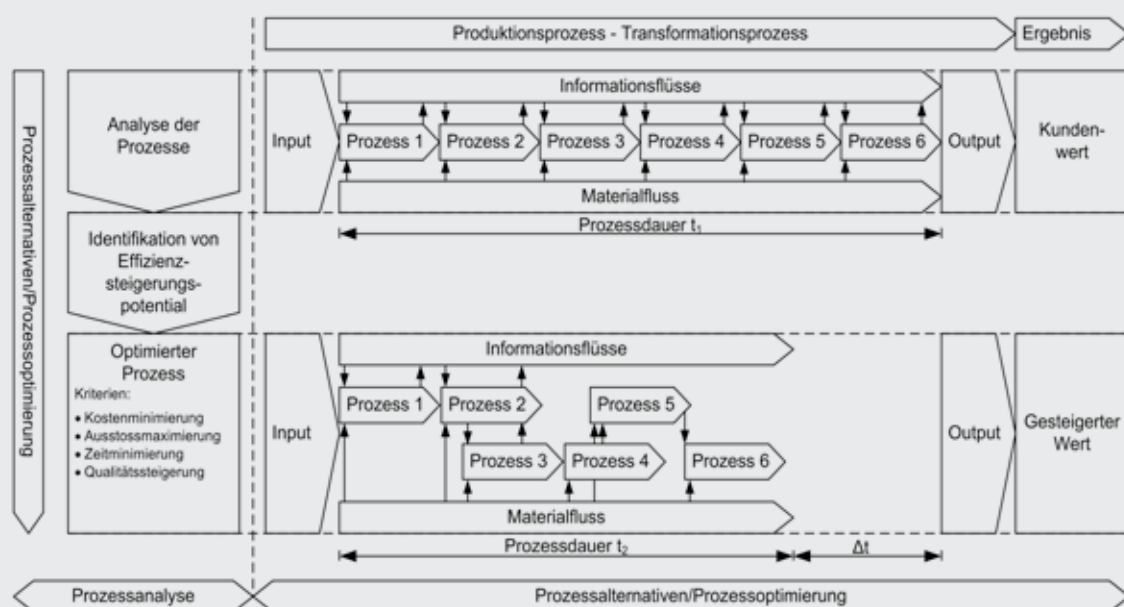


Bild 2: Produktionsprozessanalyse und -optimierung

zu fällen, das heisst, ob man eigene oder fremde Produktionsressourcen einsetzt.

### Aufgabenverteilung/Verantwortung

Die Aufgaben der AVOR sollten wie folgt verteilt werden:

► Baustellenchef und AVOR-Mitarbeiter: Arbeitsplanung der AVOR mit Vorgabe von Soll-Leistungen, Kostenlimits und Ressourcen sowie Bauprogramm

► Baustellenführer oder Polier: Arbeitssteuerung durch Veranlassen und Überwachen der Arbeitsaktivitäten auf der Baustelle auf der Basis der AVOR-Planung

Um diese Arbeitsteilung zielorientiert durchzuführen, müssen der Baustellenchef und Bauführer im Vorfeld das Projekt gemeinsam studieren und alle Vorgaben auf die praktische Umsetzung

hin überprüfen. Zur Einhaltung der Vorgaben muss die Interaktion von Planenden und Ausführenden sichergestellt werden. ■

Literaturhinweise:

Girmscheid, Gerhard: Strategisches Bauunternehmensmanagement – Prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft. 2. bearbeitete und erweiterte Auflage. Heidelberg: Springer, 2010.

Derselbe: Angebots- und Ausführungsmanagement – Leitfaden für Bauunternehmen: Erfolgsorientierte Unternehmensführung vom Angebot bis zur Ausführung. 2. bearbeitete und erweiterte Auflage. Heidelberg: Springer, 2010.

Girmscheid, Gerhard/Motzko, Christoph: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft: Produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung. 2. Auflage. Heidelberg: Springer, 2013.

## ARTIKELSERIE ZUM KONZEPT «LEAN CONSTRUCTION»

Bauunternehmen wollen ihre Projekte mit Gewinn abschliessen. Doch meistens ist das Gegenteil der Fall. Gerhard Girmscheid zeigt in einer fünfzehnteiligen Serie den strukturierten und effizienten Weg zum erfolgreichen Ziel auf und erklärt gleichzeitig die Prinzipien der Methode, der sogenannten «Lean Construction», die sich in der Branche bisher kaum durchgesetzt hat. Die Beiträge erscheinen jeweils monatlich.

(cet)