

AVOR – Prozess der Bauproduktionsplanung (Teil 1)

G. Girmscheid

Zusammenfassung Die meisten Projekte sollen heutzutage aufgrund der „time to market“ Anforderung des Bauherrn sofort nach der Vertragsunterzeichnung beginnen. Die Bauunternehmen sollten jedoch eine schnelle Projektabwicklung nicht mit einer reduzierten Ausführungsvorbereitung erkaufen. Oft hört man bei mittelständischen Bauunternehmen, dass man gar keine Zeit für eine Arbeitsvorbereitung habe und sofort mit einer improvisierten Ausführung beginnen müsse. Dadurch wird im Regelfall, wenn man nicht nur eine bestimmte Art von Bauwerken erstellt, nur ein Pseudo-Vorteil erreicht, der nicht nachhaltig über die gesamte Bauzeit wirkt. Die zusätzlichen Kosten für nicht optimal gewählte Bauverfahren, unzureichende oder zu große Ressourcen wie z. B. Bauhilfsmaterialien, Fachkräfte und eine fehlende Logistikplanung bezüglich Bereitstellung von Ressourcen „in-time“ und von dazu gehörenden Infrastrukturen lassen die ersten Vorteile bald verschwinden. Zudem fehlen auf vielen Baustellen die Soll-Vorgaben für die einzelnen Bauabschnitte und Bauteile sowie Arbeitsabläufe, die nur durch eine Arbeitskalkulation bereitgestellt werden können. Dieser Beitrag zeigt auf, wie mit einer effizienten Arbeitsplanung die Ausführungskosten und -zeiten gesenkt werden können. Dadurch kann man die Selbstkosten reduzieren, erhebliche Wettbewerbsvorteile erringen und die anvisierten Ergebnisse gezielt erreichen bzw. verbessern. Weitere Erfolge ergeben sich durch Ausschaltung von Leerlauf und Störungen. Ferner wird die Motivation der Mitarbeiter gesteigert, indem sie sich auf die Leistungserbringung konzentrieren können, anstatt permanentes „Troubleshooting“ zu betreiben.

Work preparation – Construction production planning process (part 1)

Abstract Given that most property owners nowadays demand short times to market, most projects commence as soon as the contracts have been signed. Construction enterprises should, however, desist from cutting down the execution preparation process as the price paid for rapid project delivery. Medium-sized construction enterprises often complain they don't have any time for work preparation and have to commence improvised execution immediately. Unless the enterprise only builds one specific type of structure, this approach generally only produces a fleeting benefit that is not sustainable over the entire construction period. The initial benefits quickly dissipate in the face of additional costs for sub-optimal selection of construction methods, provision of insufficient or excessive resources, such as auxiliary materials, skilled labor, and

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

M.ASCE, John O. Bickel Award 2004 und 2005
Professor für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement
Vorsteher Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
ETH Zürich, CH – 8093 Zürich
girmscheid@ibi.baug.ethz.ch
Tel. (+41) 44 633 3787
Fax (+41) 44 633 1452

poor logistics planning for making the resources available just in time and providing the associated infrastructure. Added to which, many construction sites are missing the target specifications for individual construction phases and components, as well as workflows. These can only be furnished by estimating the work execution. This paper shows how efficient work planning can lower execution costs and times, allowing a contractor to reduce its own costs, gain significant competitive advantages, and actually achieve or even surpass the targeted results. Further success can be achieved by eliminating idle times and disruptions. Moreover, the workforce is more motivated when it can focus on its own work performance instead of having to permanently troubleshoot.

1 Einleitung

Ein virulentes Problem stellt der „Projekterfolg“ für die Unternehmen dar. Viel zu viele Projekte, die am Anfang noch vielversprechend kalkuliert wurden, schließen mit Verlusten ab. Diese Projekte werden sogar von den Projektleitern und Baustellenchefs am Anfang noch mit Gewinn prognostiziert. Während der Ausführung nimmt das Minus von Monat zu Monat zu.

Muss das sein, ist dies unabänderlich? Die Fragen, die sich stellen, sind: „Hat die Kalkulation falsch kalkuliert oder hatte der Baustellenchef seine Baustelle nicht im Griff?“ Auch führt in der Regel das sonst so übliche Improvisieren nicht den gewünschten Erfolg herbei.

Eine wirtschaftlich erfolgreiche Bauausführung muss zwei grundsätzliche Bedingungen erfüllen:

- der Kunde muss zufrieden sein
- das Projekt muss mit Gewinn für das Unternehmen abgeschlossen werden.

Um diese Bedingungen zu erfüllen, müssen die Bau- und Ausbaufirmen ihre Herstellungsabläufe als Takt- und Fließprozesse planen, koordinieren, systematisch auf der Baustelle umsetzen und wöchentlich steuern und verbessern. Workflowprozess bzw. Takt- und Fließprozess ist das Wort, das diesen Paradigmawechsel charakterisiert. Das Ziel bestimmt den Weg – ohne klare Leistungsziele kann man auch keine Projekte steuern. Bei vielen KMU, ob Bau-, Fassaden- oder Ausbaufirmen, ist immer noch der Weg das Ziel. Es wird gebaut, man kennt auf einigen Baustellen sogar die Kalkulation, aber man weiß nicht, wie viele Soll-Stunden in der Herstellung für das Fundament, für Schalung, Bewehrung etc. vorgesehen sind. Am Ende kennt man die Stunden und ist überrascht, dass die Stunden um 20 %, bei manchen Ausbaufirmen um 20 – 40 %, überschritten wurden. Die Frage stellt sich, ob man das ändern kann. Ja, man kann! Zu diesem Zweck wird eine Serie erscheinen, die sich mit der AVOR-Planung (top-down) sowie mit der Arbeitssteuerung auf der Baustelle (bottom-up) beschäftigt, die mit Wochen- und Tagesplanung die Soll-Ziele mittels kontinuierlicher Verbesserung auf Polier- und Mannschaftsebene erfolgreich umsetzt.

Der Bauablauf muss als Takt- und Fließprozess zwischen den jeweils beteiligten Unternehmen bei jedem Bauabschnitt, Bauelement sowie auf die einzelnen Arbeitsjobs

mit der jeweiligen Logistik abgestimmt werden. Dieser Takt- und Fließprozess muss auf

- Rohbau
- Ausbau

mit den jeweiligen parallel bzw. hintereinander arbeitenden Unternehmen abgestimmt werden, damit keine Arbeitszeit verloren geht.

In den weiteren Beiträgen werden wir uns mit der folgenden Frage beschäftigen: „Wie machen wir unsere Baustellen erfolgreicher?“ Wir werden das Konzept „Lean Construction“ kennenlernen, das der Verfasser selbst auf großen und kleinen Baustellen angewendet hat. Diese Erfolgsplanung und Erfolgssteuerung der Baustelle wird schon 18 Jahre unter meiner Leitung an der ETH gelehrt. Es ist wichtig, solche Workflowprozesse auf den Baustellen mittlerer und großer Unternehmen systematisch anzuwenden. Ziel muss es sein, wertschöpfend zu arbeiten und keine Verluste – weder in Stunden, noch durch ineffizientes Arbeiten oder ineffiziente Handy-Logistik aufgrund fehlendem Baumaterial, Werkzeugen, Geräten – zu generieren.

Ich höre schon jetzt die nutzlosen Argumente derer, die meinen, sie könnten den Wind des Wettbewerbs aufhalten „das geht bei uns nicht!“ oder „dazu haben wir keine Zeit!“. Manche bauen dann Windmühlen.

2 Arbeitsvorbereitungsprozess

2.1 Grundlagen

Die Arbeitsvorbereitung sollte auf der ausgearbeiteten Arbeitskalkulation basieren. Da zur Durchführung beider Aufgaben nur begrenzte Zeit zur Verfügung steht, müssen sie parallelisiert im „Fast Track“-Verfahren abgewickelt werden. Die Basisdeterminanten zur Gestaltung der Bauproduktionsplanung (Bild 1) sind:

– **die externen Determinanten:**

- der Vertrag
- das Projektkonzept bzw. die Projektart
- das Baufeld und dessen Nutzung für die Errichtung der Produktionsanlagen, der erforderlichen Hilfseinrichtungen und die Bauverfahren und Bauabläufe
- Umfeld- und Umweltbedingungen

– **die internen Determinanten:**

- Arbeitskalkulation
- AVOR (Bauverfahren, Ressourcen, Bauprogramm)
- Kapazität an Personal und Geräten sowie Know-how
- Eigen- und Subunternehmerleistungen

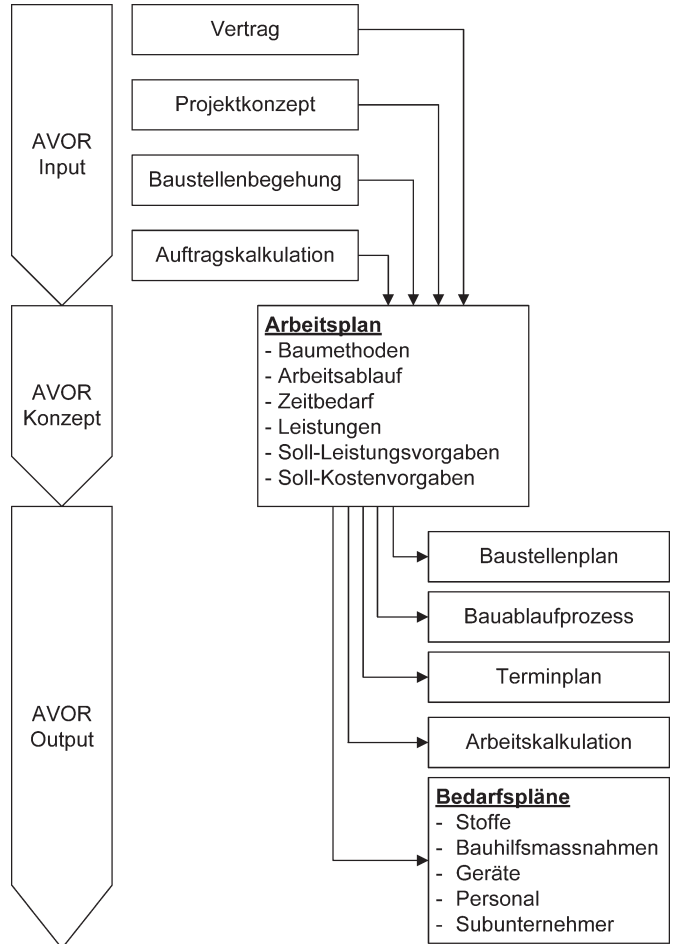


Bild 1. Arbeitsvorbereitungsprozess – Arbeitsplanung
Fig.1. Work preparation planning

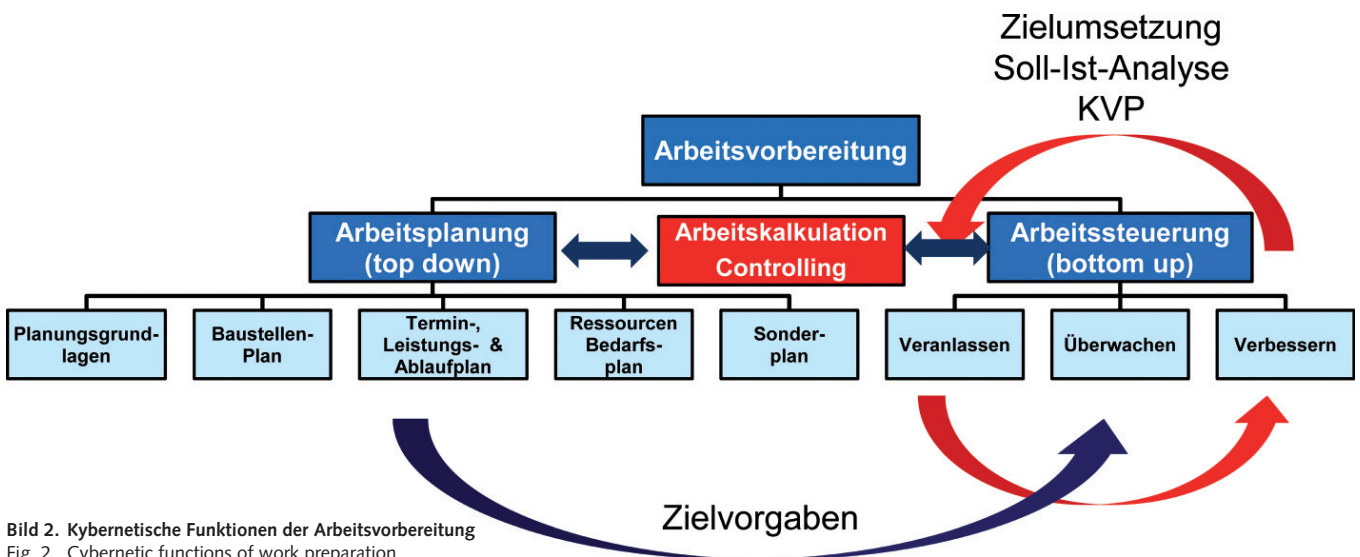


Bild 2. Kybernetische Funktionen der Arbeitsvorbereitung
Fig. 2. Cybernetic functions of work preparation

Die Arbeitsvorbereitung bildet das Bindeglied zwischen Auftragskalkulation bzw. Arbeitskalkulation und Bauausführung. Die Arbeitsvorbereitung hat das Ziel, den Einsatz der Ressourcen für den Baubetrieb mittels einer Arbeitsplanung zu optimieren, damit möglichst das Kostenminimum für die Bauproduktion erzielt wird. Zudem dienen die Soll-Vorgaben aus der Arbeitskalkulation dazu, geeignete Steuerungsmittel für die Baustelle vorzubereiten (Bild 2). Die Arbeitsvorbereitung kann als Modell eines kybernetischen Regelkreises verstanden werden, der aus Planung, Überwachung und Steuerung besteht und aufgrund des Unikatcharakters der Bauwerke immer wieder Störungen unterworfen ist. Dieser kybernetische Regelkreis hat die Aufgabe, das prognostizierte Ziel, das in der Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation dokumentiert ist, in der geforderten Qualität zu den kalkulierten Kosten und Terminen zu erreichen.

Die Aufgabe der Arbeitsvorbereitung ist es, den Bauproduktionsprozess durch Wahl der optimalen Bauverfahren sowie durch mechanisierte Abläufe, Einsatz von rationalisierenden Bauhilfssystemen und Vorfertigung von Bauteilen zu rationalisieren und die Arbeitsvorgänge in einem Takt- und Fließprozess zu integrieren und so zu gestalten, dass möglichst das Kostenminimum der Bauproduktion erzielt wird. Die Rationalisierungen sollen möglichst industrialisierten Charakter aufweisen mit möglichst vielen parallelisierten Fließprozessen unter Verwendung von leistungsfähigen mechanischen Einrichtungen. Dabei sollte geprüft werden, inwieweit eine industrialisierte Vorfertigung von Bauteilen die Bauabläufe beschleunigen kann. Zur Vorfertigung eignen sich Stützen, Treppen, Decken oder Filigranplatten, Fassadenelemente, Tübbinge, Brückenelemente etc., die bereits während des Aushubs und der Gründungsphase hergestellt werden können. Dadurch können Arbeitsabläufe entkoppelt und parallelisiert werden. Solche Projektentwicklungen werden auch als „Fast Track Projects“ bezeichnet.

Der Ausführungsablauf ist nach dem Prinzip der Arbeitszerlegung in Takte zu gliedern und in technologisch und zeitlich unabhängige Arbeitsschritte in einem Fließprozess zu organisieren. Dazu ist es erforderlich, vor der detaillierten Bauproduktionsplanung ein Bauablaufkonzept aufzustellen, in dem die Ausführungsaufgabe in folgende Schritte untergliedert wird (Bild 3):

- **Schritt 1:**
Bauaufgabe in Bauteile, Bauabschnitte und Gewerke zerlegen.
- **Schritt 2:**
Ausführungsfolgen und Bauhauptphasen des Projekts festlegen.
- **Schritt 3:**
Wahl der potenziellen Bauverfahren und Überprüfung der Kompatibilität mit den Randbedingungen des Vertrags, dem Baugelände, der Umgebung und den gesetzlichen Auflagen sowie Feinplanung der Abläufe.

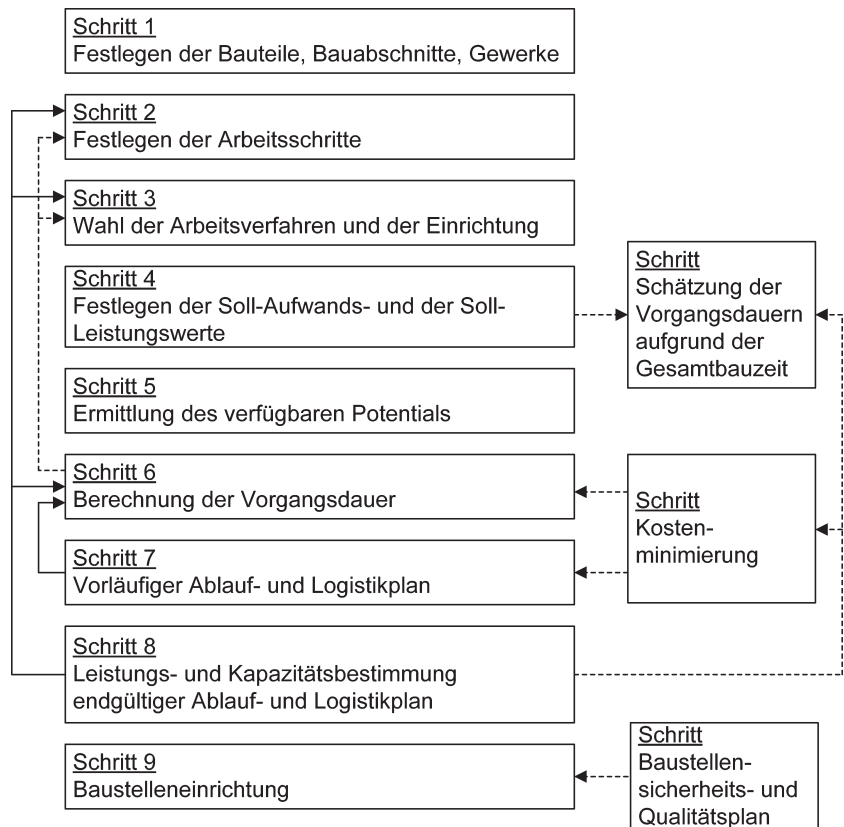


Bild 3. Interaktive Arbeitsschritte der Arbeitsvorbereitung
Fig. 3. Interactive work preparations steps

- **Schritt 4:**
Ansetzen der geschätzten Soll-Leistungs- und Soll-Aufwandswerte der potenziellen Bauverfahren auf der Basis der Leistungsermittlung für Baugeräte / Bauhilfsmittel und Bauprozesse und Prüfung ihrer Auswirkungen im Gesamtterminplan. Kostenauswirkungen müssen mittels der Arbeitskalkulation interaktiv überprüft werden. Dazu muss die Baustelleneinrichtung für die potenziellen Bauverfahren in den Kostenüberlegungen berücksichtigt werden.
- **Schritt 5:**
Verfügbarkeit von Baugeräten, Personal und Know-how im eigenen Unternehmen oder auf dem Markt überprüfen.
- **Schritt 6:**
Vorgangsdauer für die potenziellen Bauverfahren auf ihren wahrscheinlichsten minimalen und maximalen Wert untersuchen. Diese Werte werden auch als unscharfe Größen verstanden und sollten hinsichtlich möglicher Störungen des Bauablaufs (Maximalwerte) auf die Kosten- und Terminstabilität des gesamten Bauablaufs untersucht werden. Dieser Prozess wird bis zur Entwicklung des wirtschaftlichsten Ablaufs des Baubetriebs wiederholt und optimiert. Dabei wird die Kostenminimierung bei der Produktion angestrebt.
- **Schritte 7 und 8:**
Erstellen des vorläufigen Takt- und Fließprozesses mit Ablauf- und Logistikplanung. Nach Abstimmung der Bauverfahren und Abläufe mit den endgültigen Leistungs- und Kapazitätsplänen werden die endgültigen Ablaufpläne und phasen- und terminbezogenen Logistikpläne unter Einbindung aller beauftragten Gewerke erstellt und die Steuerungsmittel entwickelt. Bei großen Bauprojekten – besonders bei GU-Projekten – sollte ein Fließprozess mit

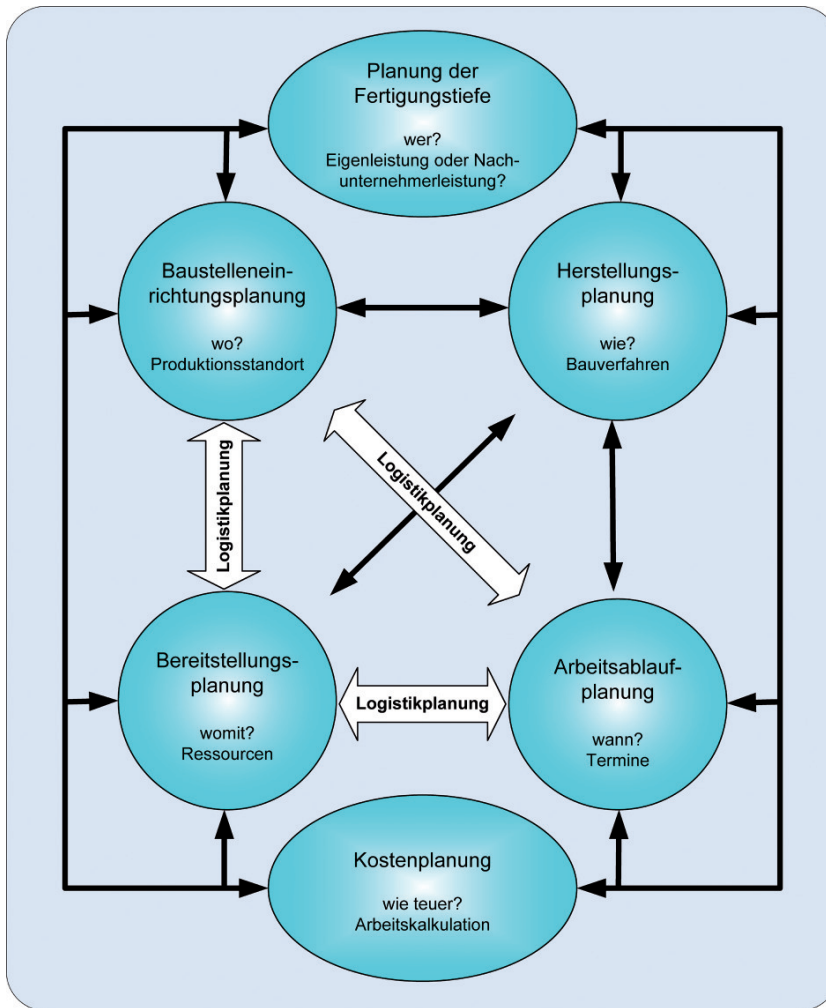


Bild 4. Planung des Ausführungsprozesses
Fig.4. Planning the execution process

Logistikplan entwickelt werden, der alle Roh- und Ausbaugewerke enthält. Der Fließprozess mit Logistikplan soll die Versorgung, die Lagerung und die Abläufe der verschiedenen parallelisierten Aktivitäten und Gewerke ohne gegenseitige Behinderungen koordinieren. Ziel ist es, bei Erfüllung der Leistungs- und Qualitätsvorgaben das ökonomische Minimalprinzip umzusetzen.

– **Schritt 9:**

Nach der Entscheidung für die Bauverfahren erfolgt die Planung des Fließprozesses der Baustelleneinrichtung aufgrund der vertraglichen Pläne und Bedingungen, der Erkenntnisse der Baufeldbesichtigung und der Notwendigkeiten der Logistik und der Bauverfahren. Für komplexere Bauabläufe werden Baubetriebspläne und Kurzbeschreibungen entwickelt, in denen die Takte und Arbeitsschritte der Bauabläufe untergliedert dargestellt werden. Ergänzend zum detaillierten Terminplan und zur Baustelleneinrichtung wird ein Arbeitssicherheits- und Qualitätsplan erstellt, in dem die Sicherheitsmaßnahmen bauphasenabhängig dargestellt werden.

Eine gute, projektspezifisch abgestimmte Ausführungsvorbereitung mit entsprechenden Leistungs- und Kostenvorgaben, Logistik zur Bereitstellung der Ressourcen „just in time“ in der richtigen Menge an die richtige Stelle und mit einhergehenden kontinuierlichen Verbesserungsprozessen

auf der Baustelle sind die Erfolgsgeneratoren eines modern geführten Bauproduktionsprozesses. Erst durch das Planen der Bauproduktion lernt man das Projekt kennen. Dadurch kann man die angemessenen Bauprozesse und Baumethoden sowie den Personalbedarf festlegen, zeit- und mengenmäßig die erforderlichen Maschinen, Hilfs- und Baumaterialien bestellen und den Arbeitsablauf termin- und kostenorientiert durchführen. Mit der Kenntnis des Stunden-Solls lässt sich das Controlling durchführen. Durch die Erstellung der notwendigen Arbeitsablaufplanung werden folgende Vorteile erzielt:

- Die Bauaufgabe wird für die Bauleiter und Poliere, Schachtmeister etc. transparenter; sie kennen das Projekt und den wöchentlichen bzw. monatlichen Leistungsumfang.
- Dispositionen in Bezug auf Personal- und Gerätebereitstellung sowie Subunternehmer- und Lieferantenbeauftragung können rechtzeitig getroffen werden.
- Abschlags- und Abschlussrechnungen können mit allen wirtschaftlichen Vorteilen zeitnah erstellt werden.

Zur Durchführung der Arbeitsvorbereitung werden folgende Aufgaben verteilt:

- Arbeitsablaufplanung durch die verantwortlichen Bauleiter bzw. Bauprozessleiter
- Steuerung der Prozesse nach dem Arbeitsablaufplan durch die Baustellenverantwortlichen, z.B. Bauleiter, Bauführer, Poliere, Schachtmeister

Für die Aufstellung der Arbeitskalkulation, des Controllingkonzepts und der Termin- und Ressourcenplanung ist es erforderlich, einen Projektstrukturplan zur eindeutigen Zuordnung der Aktivitäten zu entwickeln. Dazu muss das Projekt in seine materiellen und erzeugungsorientierten Bestandteile strukturiert werden. Als materielle Bestandteile bezeichnet man die einzelnen Bauwerke, Bauteile und Leistungs- bzw. Ausschreibungspositionen des Projekts. Die materiellen Bestandteile werden dann auf der Basis eines numerischen Systems erzeugungsorientiert in Abläufe und Hilfsprozesse untergliedert. Ein solcher ausführungsorientierter Projektstrukturplan sollte an den Projektstrukturplan des Bauherrn gekoppelt sein, damit eine einfache Kommunikation zwischen den Dokumenten des Bauherrn und dem ausführenden Unternehmen möglich ist. Dies sollte sich möglichst auf die materiellen Bestandteile des Vertrags wie Bauwerke, Bauteile und Leistungspositionen beziehen. In der erzeugungsorientierten Strukturierung ist das Bauunternehmen frei.

2.2 Struktur der Arbeitsplanung

Mit diesen Grundlagen sind die folgenden Stufen der Arbeitsplanung (Bild 4) durchzuführen:

- **Bauablaufplanung:** beschreibende Festlegung der Prozessaktivitäten mit Hinweisen für die Durchführung
- **Bauverfahrensplanung:** Wahl der Bauverfahren für Bauelemente und Bauabschnitte mit Leistungsvorgaben, Ter-

- minen, Material- und Hilfsmittelbereitstellung, Personal-, Maschinen- und Subunternehmereinsätzen
- **Terminplan:** grafische Darstellung der Zeitabläufe unter Berücksichtigung der beschriebenen Aktivitäten und deren Dauer aufgrund der materiellen und erzeugungsorientierten Untergliederung
- **Bedarfsplan:** arbeitsgangspezifische Aufstellungen aus dem Ablauf- und Terminplan für die sichere zeit- und mengenmäßige Disposition von Stoffen, Mitarbeitern, Subunternehmern und Maschineneinsätzen
- **Sonderpläne:** Schalungen, Stahl- und Holzkonstruktionen, Rutschen und Gleitschienen u. ä. zur termingerechten Bereitstellung effizienter Bauhilfsmaterialien
- **Baustelleneinrichtungsplan:** Lageplan mit Baustelleneinrichtung, Kran, Baucontainern, Lagerplätzen, Wegen zur effizienten Gestaltung der in situ Produktionsabläufe
- **Vorbereitung der Arbeitskalkulation und des Controllings**

Diese Planungsaufgaben können nicht losgelöst voneinander ausgeführt werden, da sie sich gegenseitig beeinflussen. So setzt die Planung einer Baustelleneinrichtung die Kenntnis der anzuwendenden Fertigungs- bzw. Bauverfahren voraus, da diese für die maschinelle Ausstattung der Baustelle ebenso wie für den zu erwartenden Personaleinsatz maßgebend sind. Von der Ausstattung der Baustelle hängt dann aber wieder die Ablaufplanung ab.

Somit steht die Bauverfahrenstechnik an zentraler Stelle bei der Planung des Bauproduktions- bzw. Herstellungsprozesses.

Im Bauwesen wird der Bauproduktionsprozess durch das Bauverfahren, in Bezug auf den Einsatz und die Kombination von Produktionsfaktoren (Menschen, Maschinen, Geräte, Werkzeuge, Vorrichtungen), zur Be- und Verarbeitung von Baustoffen festgelegt. Im Rahmen des Bauproduktionsprozesses wird der Input durch einen Transformationsprozess in einen Output umgewandelt. Dabei entsteht der Wert, für den der Kunde einen vereinbarten Preis zahlt. Um die Bauaufgabe zu verwirklichen, ist eine Reihe von Teilaufgaben zu erfüllen, die wiederum in einzelne Prozesse und Einzelschritte (Elementarprozesse) gegliedert sind.

Die Bauproduktionsplanung findet jeweils in drei Stadien des Bauprozesses statt. Bei größeren Projekten muss der Unternehmer bereits in der Angebotsphase eine Produktionsvorplanung für das ausgeschriebene Projekt machen. Diese Angebots-Produktionsplanung dient zur Bestimmung der kalkulatorischen Vorgaben für den Ressourcenverbrauch (Geräteliste / Teamgröße / Gesamtlohnstunden / Gerätestunden / Vorhaltezeiten etc.).

Die Produktionsplanung erfolgt einerseits in einem Top-Down-Prozess zur Gestaltung eines Basisproduktionsplans als Zielvorgabe und andererseits in einem Bottom-up-Prozess, der in einem kybernetischen kontinuierlichen Verbesserungsprozess des Produktionsprozesses zur Erreichung der Zielvorgaben organisiert wird.

Während der Ausführung muss die Produktionsplanung bottom-up in Bauphasen, in Bauetappen, in Bauelementen, in Arbeitstakten, in Wochen- und Tagesabläufen sowie in einem Takt- und Fließprozess auf der Baustelle vom dortigen Team geplant und umgesetzt werden. Die Produktionsplanung muss außerdem an Störungen und eingetretene Unsicherheiten angepasst werden. Dabei handelt es sich um die Organisation der Arbeitsplanung durch Wochenplanung

(Detailplanung) und tägliche Vorgaben auf der Basis des monatlich aktualisierten Basisausführungsprozess- und Ressourcenplans (top-down).

Die Wochenpläne werden von den ausführenden Bauführern mit den Polieren gemacht und mit den zuständigen Baustellenchefs wöchentlich abgestimmt (bottom-up). Sie umfassen mindestens zwei bis vier Wochen im Voraus die Planung der Arbeitsabläufe mit Logistik-, Beschaffungs- und Bereitstellungsplanung von Geräten und Material. Mithilfe des AVOR-Soll-Bauprogramms und der Umsetzung mittels Soll-Wochenplänen lassen sich einerseits selbstverursachte Abweichungen, aber auch gezielt Bauablaufstörungen und vom Bauherrn verursachte indirekte Beststellungsänderungen feststellen. Damit erhält man eine kausale Dokumentation zur Begründung von Nachtragsforderungen.

Der Soll-Basisausführungsprozessplan (BAPP) der AVOR wird jeden Monat mit dem Ist-Bauprogramm verglichen, um Abweichungen zu identifizieren und die Wirkung der Verbesserungsmaßnahmen zu bewerten und um Leistungsdefizite und Abweichungen vom Zielplan aufzufangen. Dabei muss der Bezug immer zum Soll-Basisausführungsprozessplan hergestellt werden. Dadurch werden auch die möglichen Beeinflussungen der vertraglich vereinbarten Meilensteine sowie des Endfertigstellungstermins deutlich. Somit können Unternehmer und Bauherr frühzeitig Maßnahmen planen, um wieder die Zieltermine zu erreichen. Die dazu erforderlichen Beschleunigungsmaßnahmen muss der Vertragspartner einleiten und kostenmäßig tragen, der die Verzögerung verursacht hat. Das Soll- bzw. Ist-Bauprogramm wird auf drei Monate im Voraus bezüglich der Abrufplanung für Geräte, Mannschaften, Material und Subunternehmer detailliert. Auf Basis dieser Vorgaben werden dann die Wochen- und Tagesbauprogramme entwickelt.

Die vernebelnde Unsitte vieler Projektmanager, jeden Monat ein neues Soll-Programm zu erstellen, ist einer der größten Fehler der ordentlichen Projektsteuerung. Denn am Schluss weiß niemand mehr, wann die Basis-Soll-Termine sein sollten und inwieweit bereits Abweichungen eingetreten sind. Dies wird oft bewusst von Projektsteuerern und Bauleitern gemacht, um die Projektentgleisung zu vertuschen.

3 Systematische Basisproduktionsprozessplanung

3.1 Bauproduktionsprozess – Prinzipien und Ablauf

Die Bauproduktion ist aufgrund der zu erstellenden Bauglieder sowie der verschiedenen Herstellmethoden / -verfahren je Bauglied hochgradig variabel. Auch wenn das Bauwerk bereits durch die Bauwerksplanung vorgegeben ist und das Hauptziel minimale Bauproduktionskosten festlegt, ist es nicht einfach, das ökonomische Minimalprinzip zu erreichen. Zudem kennt man in der Regel nur eine begrenzte Anzahl von Bauverfahren. Somit wird es sich auch bei Anwendung analytischer Simulationstools um eine Entscheidung auf Basis begrenzter Rationalität handeln. Diese Feststellung ist keine Entwertung eines systematischen, zielorientierten Vorgehens, sondern eine Grundtatsache des menschlichen Handelns in sozialen und technischen Systemen.

Zur Erzielung eines rationalen Entscheidungsprozesses für die Produktionsmethode ist eine systematische, analytisch-generische Bauproduktionsplanung, die gemäß Bild 3 strukturiert ist, durchzuführen. Diese wird im Folgenden erläutert.

Das analytische, generische „top-down“-Vorgehen zur Gestaltung bzw. Planung von Bauprozessen zur Entwicklung des Basisbauproduktionsprozesses und Ressourcenplans liegt in der Abfolge folgender Analysen:

1. Fragmentierung des Gebäudes in Module, Elementgruppen und Bauelemente
2. Identifikation von Bauproduktionsverfahren für die Bauelemente
3. Abstimmung der Bauproduktionsverfahren der einzelnen Bauelemente auf Elementgruppen (z.B. alle vertikalen Bauelemente eines Gebäudestockwerks bzw. alle horizontalen Bauelemente)
4. Bestimmung der generischen Herstellungsreihenfolge aus konstruktiven, statischen und fertigungstechnischen Anforderungen
5. Vorgabe von zeitlichen Meilensteinen für Gewerkegruppen, die, aufgrund der vorgegebenen Gesamtproduktionsdauer (Rahmenplan des Bauherrn / Investors), in Hauptprozessen hergestellt werden
6. Zerlegung der Hauptprozesse einer Gewerkegruppe in
 - logische Modulprozesse nach Bauelementen zur Bestimmung der Herstellungsreihenfolge aus konstruktiven, statistischen und fertigungstechnischen Gesichtspunkten
 - Auswahl und Zuordnung der Bauverfahren zu den einzelnen Bauteilen und Bauabschnitten
 - Logisch-generische Zuordnung der Elementarprozesse zur Herstellung der Bauelemente, zu den einzelnen Bauteilen und Bauabschnitten für die jeweiligen Bauverfahren z. B. im Zyklus / Takt: Schalen, Berechnen, Betonieren, Aushärte
7. Bestimmung bzw. Festlegung der Leistungskennwerte (hour performance factor) für Geräte und der Aufwandswerte (work performance factors) für die Arbeitsteams gemäß den gewählten Bauverfahren
8. Ermittlung der Anzahl der Teams und Geräteketten zur Erzielung der Meilensteine / Zwischentermine und des Endtermins aufgrund der bauverfahrensspezifischen Leistungs- bzw. Aufwandswert
9. Bestimmung der Ressourcen und Zeitdauer der Elementarprozesse aufgrund der ermittelten Teamgruppen und Teamzusammensetzung bzw. Gerätegruppensammensetzung
10. Erstellung von Risikoübersichten und Identifizieren von Unsicherheiten sowie Abschätzung der Auswirkungen infolge der gewählten Bauverfahren und Leistungs- bzw. Aufwandsannahmen
11. Überprüfung der Hauptprozessdauer unter Berücksichtigung der Herstellungsreihenfolge und der Dauer der Elementarprozesse und Unsicherheiten (probabilistische Puffer) sowie Anpassungen von Ressourcen, falls die Hauptprozessdauer aller Hauptprozesse die Vorgabe der Gesamtbauproduktionszeit überschreitet oder wichtige Meilensteine überschritten werden
12. Iterative wirtschaftliche Optimierung der Bauproduktion nach dem ökonomischen Minimalprinzip
 - durch Verfahrenvergleich verschiedener Produktionsvarianten zur Bestimmung des robusten, optimalen Bauproduktionsverfahrens
 - durch Detailoptimierung des selektierten optimalen Bauproduktionsverfahrens
15. Für das optimale Bauproduktionsverfahren je Hauptprozess unter Berücksichtigung der Interaktionen der

Hauptprozesse des Soll-Bauproduktionsprozessplans werden nun

- Terminprogramm – zeitliche Vorgaben der Elementarprozesse
 - Ressourcenplan – materielle Vorgaben der Ressourcen (Mannschaft, Geräte, Hilfsmittel, Betriebsstoffe) in Bezug auf Quantität und Qualität
 - Logistikplan – zeitliche und räumliche Zuordnung der Ressourcen in Quantität und Qualität
 - Logistikinfrastruktur – Entwicklung der Baustelleneinrichtung mit Büro- und Sozialeinrichtungen sowie logistischer Infrastruktur, definierten Lagerplätzen sowie Baustellentransporteinrichtungen
- erstellt.

3.2 Geräte- und Materialabruf

Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung und Logistikplanung werden der Mannschafts- und Geräteeinsatz, die Subunternehmenssowie Materiallieferungen disponiert. Jede Termin- und Bauablaufplanung beruht auf Leistungsannahmen, die in die Leistungsberechnung und in die Planung der Ressourcenbereitstellung und der Dauer von Aktivitäten eingehen. Die Termin- und Ablaufplanung ist während des Herstellungsprozesses eines Bauwerks verschiedensten Störgrößen wie z. B. schlechtem Wetter oder Lernkurven, die Abweichungen von den Planvorgaben erzeugen, unterworfen.

Nach Vertragsabschluss teilt die Arbeitsvorbereitung der Personal- und Maschinenabteilung und den Subunternehmern die antizipierten Einsatz- und Liefertermine für die ungefähre Disposition der Ressourcen mit. Unter Beachtung der vereinbarten Vorankündigungszeiten ruft die Baustellenleitung gemäß dem Baufortschritt die Ressourcen für die Baustelle ab. Die Bauleitung hat dabei folgende Punkte zu beachten:

- Wann werden diese Geräte, Mannschaften, Materialien benötigt?
- Wie lang sind die minimalen Abrufzeiten für die Beteiligten zur Bereitstellung der Ressourcen auf der Baustelle?
- Sind genügend Lager- und Abstellflächen bzw. Sozialeinrichtungen vorhanden?

Man sollte bei der Abwicklung einer Baustelle eine „just in time delivery“-Strategie anvisieren, d.h. Baustoffe werden nicht auf dem Werkhof zwischengelagert, sondern direkt zum Verbrauchsort, der Baustelle, geliefert. Damit werden das zweifache Anfassen und Transportieren des Materials verhindert und die erforderliche Werkhofzwischenlagerkapazität reduziert, jedoch sind die jeweiligen Vorlaufzeiten entscheidende Vorgaben für den Geräte- und Materialabruf. Vor allem zur Vermeidung von unproduktiven Arbeitsstunden durch Wartezeiten auf Geräte und Material oder durch wiederholtes Umsetzen von Material, weil die Lagerung den Arbeitsablauf stört, ist eine baubegleitende Logistik unumgänglich. Besonders wichtig ist die Baustellenlogistik bei beengten Platzverhältnissen im innerstädtischen Bereich und bei der Abwicklung von TU- und GU-Aufträgen in der Phase, in der mehrere Unternehmer den Ausbau parallel durchführen.

Mit der baubegleitenden Logistik, die wöchentlich im Rahmen der Überprüfung und Überarbeitung der Arbeitsvorbereitung angepasst wird, lassen sich die „heimlichen Stundenfresser“, die in keinem konventionellen Controlling auf-

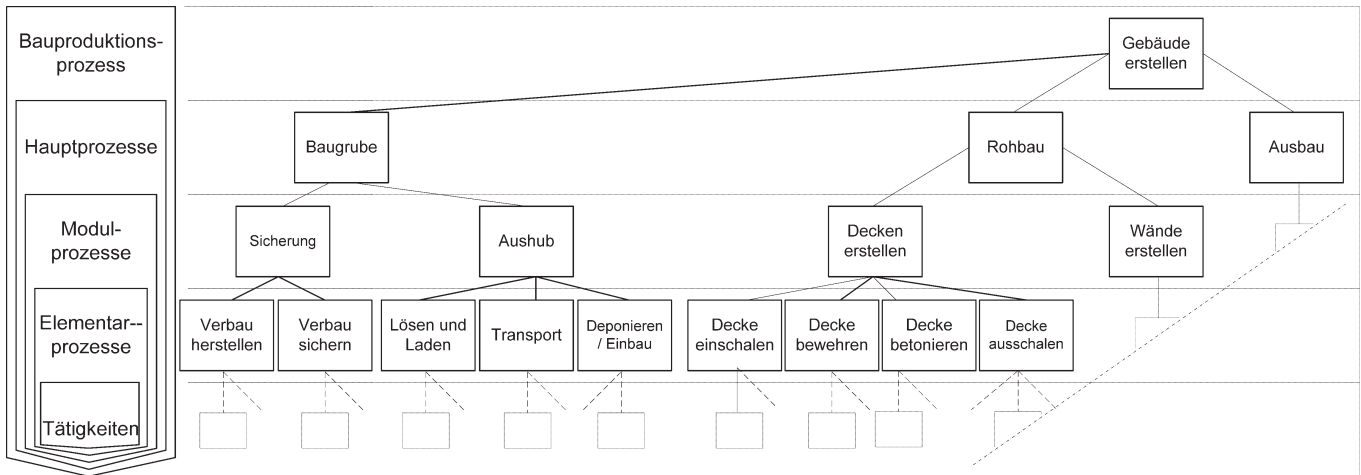


Bild 5. Prozesshierarchie in der Bauproduktion
Fig. 5. Process hierarchy in construction production

gedeckt werden, zu produktiven Leistungen lenken und damit die monetären Erfolgspotenziale der Unternehmen nachhaltig verbessern.

Die Lieferung und Lagerung von Subunternehmermaterial muss, bei mangelnden Lagerkapazitäten auf der Baustelle, mit den Subunternehmern bereits zu Vertragsabschluss geregelt werden. Bei der Subunternehmerbeauftragung während der Bauabwicklung muss unbedingt auf die möglichen Liefertermine des Subunternehmermaterials geachtet werden. Der Subunternehmer wird das Material erst nach Auftragseingang definitiv bestellen; in jedem Fall sollte diese Vorlauffrist zur Bestimmung des spätesten Beauftragungstermins berücksichtigt und im Vertrag geregelt werden.

Beim Materialabruf sind Produktions- und Lieferzeiten zu beachten. Produktionszeiten resultieren aus den Anforderungen an das Produkt, der Leistungsfähigkeit des Unternehmens und der Menge. Hinzu kommen Lieferzeiten, die je nach Produkt oder Herkunft mehrere Wochen in Anspruch nehmen können. Am Tag der Lieferung ist für ausreichende Lagerfläche, Geräte zum Abladen und ggf. zusätzliche Arbeitskräfte zu sorgen.

Beim Abruf von Großgeräten ist die Aufbau- und Installationszeit in die Terminplanung einzukalkulieren. So kann der Aufbau von besonders großen Kranen durchaus eine Woche in Anspruch nehmen; noch schwieriger verhält es sich bei Produktionsanlagen für den Baustellenhilfsbetrieb wie z.B. einer Betonmischanlage oder sogar einer Fertigungsanlage für Betonfertigteile. Für den Tag der Anlieferung ist für eine ausreichende und geräumte Installationsfläche zu sorgen. Dies trifft besonders für Großgeräte wie z.B. Tunnelbohrmaschinen zu, aber auch für Spezialschalungen im Hochbau und für die vorbereitende Installation von selbstkletternen Kernschalungen.

4 Vorgehensweise bei der AVOR-Planung

Zur Planung des Bauablaufs gehört ein systematisches Vorgehen. Das Bauwerk muss von unten nach oben in Bauelemente und Bau-

abschnitte so zerlegt werden, dass eine systematische Takt- und Fließfertigung erreicht wird. Im folgenden Abschnitt wird die Vorgehensweise für eine strukturierte Arbeitsvorbereitung gegliedert.

4.1 Vorgehensweise – Ablauf

Die 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 die folgenden zehn Schritte:

1. **Systemgliederung** – Gliederung des Gesamtsystems (Endprodukt Gebäude) in
 - Teilsysteme: Geschosse, Räume, Fassade
 - Module / Bauelemente: Decken, Wände, Fassadenelemente, Fußboden, Fenster, Türen, Putz
 - Eigenschaften: physikalische, technische, architektonische Eigenschaften

Tabelle 1. Prozessgliederung einer Bauaufgabe
Table 1. Process structure of a construction task

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

2. Prozessgliederung – Gliederung des Bauproduktionsprozesses (der Bauaufgabe) in Modul- und Elementarprozesse sowie Tätigkeiten / Aktivitäten (**Bild 5** und **Tabelle 1**) zur Herstellung der einzelnen Bauelemente

Als Beispiel für die Prozessgliederung dient die Bauaufgabe „Herstellung einer Brücke“. Die Herstellung einer Brücke wird als Bauproduktionsprozess betrachtet (**Tabelle 1**). Dieser Bauproduktionsprozess lässt sich in folgende Hauptprozesse gliedern:

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

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

3. Herstellungsvarianten – Wahl der Bauverfahren

Die Zerlegung der Modulprozesse in Elementarprozesse (**Tabelle 2**) ist die Voraussetzung, um geeignete Verfahrenskombinationen aufzustellen, sie miteinander zu vergleichen und das geeignetste Bauverfahren auszuwählen. Eine Grundforderung in der Verfahrenstechnik ist es, unter Berücksichtigung aller relevanten Einflussfaktoren, mit möglichst einfachen und robusten Mitteln eine praxiserrechte Lösung zu finden. Hierzu muss festgestellt werden, welche Entscheidungsvarianten vorhanden sind, mit welchen Auswirkungen bei 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- bzw. Auftragskalkulation die bauteil- und bauablauforientierte Arbeitskalkulation mit Soll-Vorgaben erstellt. Daher werden parallel zur Untersuchung der Herstellungsvarianten / Bauverfahren die

Stundenansätze, Abschreibung etc. aus der Auftragskalkulation entnommen und für die Arbeitskalkulation und mit den Soll-Stunden und den Soll-Kosten der gewählten Bauverfahren verglichen. Werden die Soll-Kalkulationsstunden bzw. -kosten durch die Soll-Stunden bzw. Soll-Kosten des gewählten Bauverfahrens überschritten, müssen andere Lösungen untersucht werden.

5. Herstellungsreihenfolge – Gliederung der Herstellungsreihenfolge der Bauelemente / Bauteile in physikalisch bedingte und lagenbedingte generische Folgeebenen:

- 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 Schlitz 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 Elektro)

6. Abhängigkeitsbeziehung – Vernetzung der Modul- und Elementarprozesse sowie Tätigkeiten (**Tabelle 2**) in einem Takt- und Fließprozess durch folgende Abhängigkeitsbeziehungen:

- Upstream – Vorgänger- bzw. Überordnungsabhängigkeit
- Downstream – Nachfolger- bzw. 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 (**Bild 6**).

Tabelle 2. Bauverfahren – Varianten der Herstellung
Table 2. Fabrication variants

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	_____

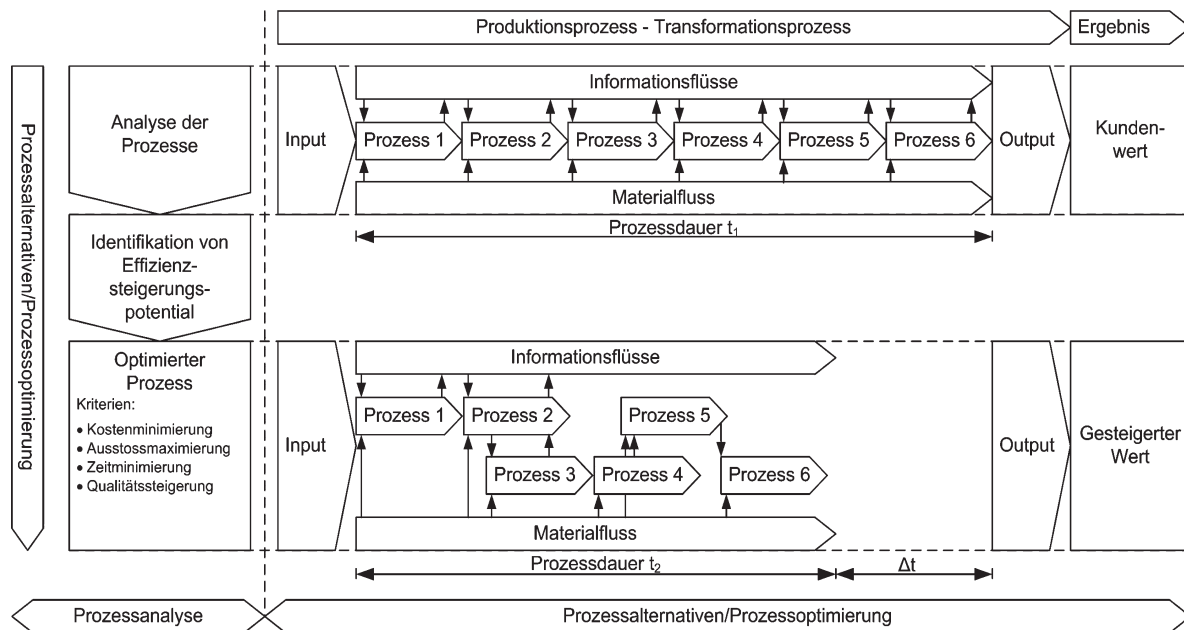


Bild 6. Produktionsprozessanalyse und -optimierung
 Fig. 6. Production process analysis and optimization

Für die Erstellung der Produktionsprozessabhängigkeiten auf Modul- und Elementarprozessebene 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, Kern etc. für die jeweils gewählten Geräte bzw. 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 die Vorgabe der Gesamtproduktionsdauer (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 (Tabelle 1 und Tabelle 2). Die zeitliche Dauer aller Modulprozesse eines Hauptprozesses muss unter Berücksichtigung der sequenziellen und parallelen Abhängigkeiten innerhalb der Hauptprozessmeilensteine erledigt werden können. Ist dies nicht der Fall, müssen leistungsfähigere Bauverfahren oder mehr Ressourcen, d.h. 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 Hauptprozess (Bild 6) und führt zum Basisproduktionsablauf. Zudem müssen paral-

lel die Zielvorgaben der Arbeitskalkulation überprüft werden.

9. Vergleichmäßigung der Ressourcen – Innerhalb der Hauptprozesse wird nun die Auslastung der Ressourcen bzgl. Gleichmäßigkeit untersucht. Bei ungleichmäßiger Auslastung der Teams (slack time) werden die entsprechenden abhängigen Elementarprozesse hinsichtlich Vergleichmäßigung der Ressourcen (Teams / Geräte / 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 Vergleichmäßigung 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 Vergleichmäßigung 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 bzw. der kostenminimalen Bauproduktionsverfahrens aus alternativen Varianten
- b Auswahl des kostenminimalen Bauverfahrens durch Variation der Gesamtdauer bzw. 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 etc.

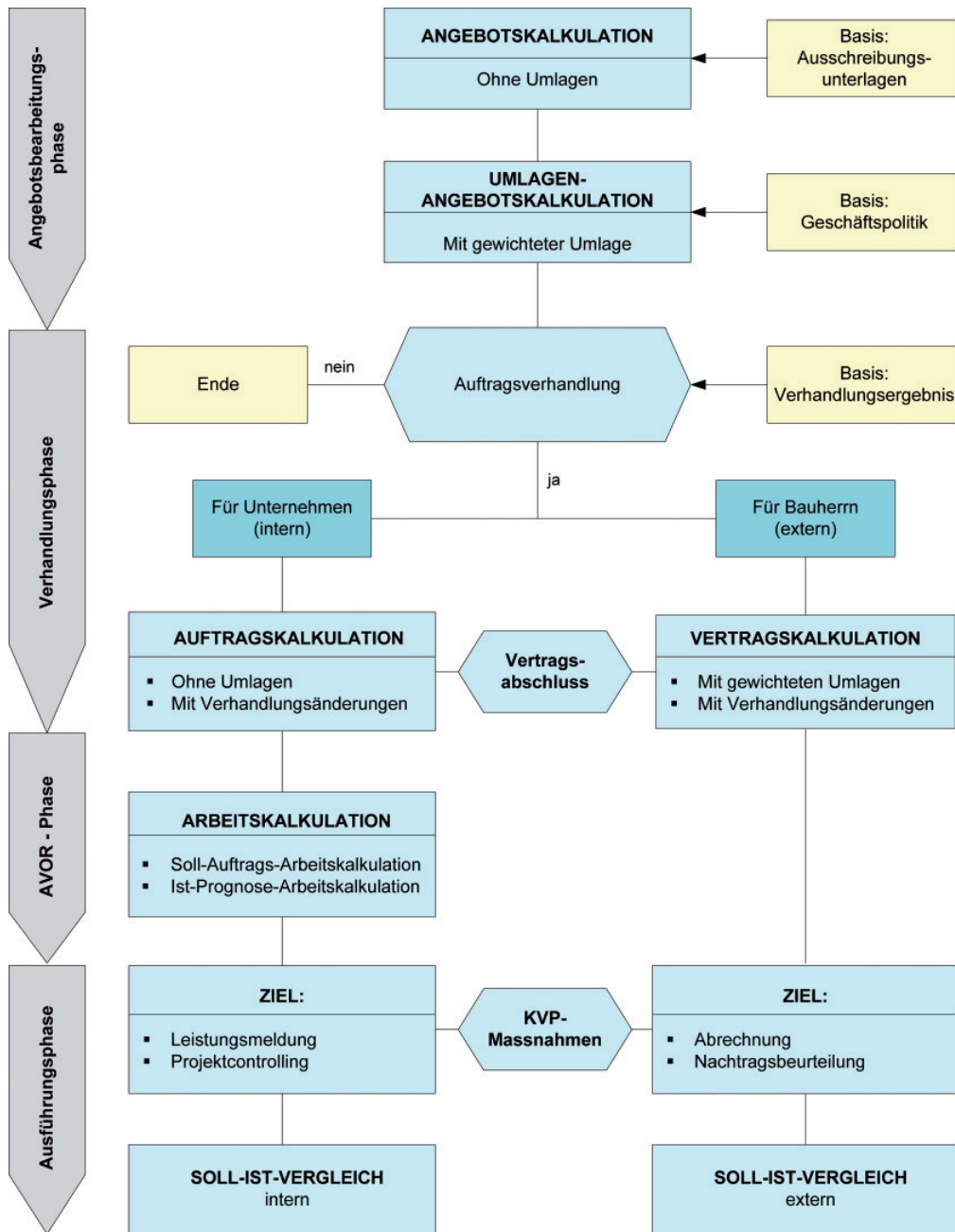


Bild 7. Kalkulationsentwicklungsprozess
Fig. 7. Estimating process

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 zu fällen, d. h. ob man eigene oder fremde Produktionsressourcen einsetzt.

4.2 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 Baustellenchef und Bauführer im Vorfeld das Projekt ge-

meinsam studieren und alle Vorgaben auf die praktische Umsetzung überprüfen. Zur Einhaltung der Vorgaben muss die Interaktion von Planenden und Ausführenden sichergestellt werden.

5 AVOR – Arbeitskalkulation

Ein Bauprogramm ohne Arbeitskalkulation ist wie ein Flugprogramm ohne Koordinaten und Entfernungen. Wollten Sie mit einem solchen Piloten fliegen? In der Bauwirtschaft, ob bei Baufirmen, HKL- oder Elektro-Unternehmen, ist dies fast reiner Alltag. Die Ergebnisse solcher Baustellen sind entsprechend, eben intuitiv. In diesem Beitrag wird aufgezeigt, wie bedeutend die Stunden-Zielvorgaben für einzelne Bauteile und Bauabläufe sind, um die Arbeit zielorientiert durch Baustellenchef und Polier zu steuern. Nach der Selektion der Bauverfahren nach dem Kostenminimumprinzip werden anschließend die Arbeitsabläufe, Ressourcen und Soll-Vorgaben für die Arbeitskalkulation sowie die Terminplanung interaktiv erstellt. Zum Zweck der internen Führung und Steuerung der Baustelle wird dem Bauleiter/Bauführer des Bauunternehmens ein Hilfsmittel in Form einer Arbeitskalkulation zur Verfügung gestellt (Bild 7).

Die Arbeitskalkulation setzt für den Bauleiter verbindliche Soll-Vorgaben zur Führung und Steuerung der Baustelle fest und dient der Budgetierung der Eigen- und Fremdleistungen sowie zur Schaffung eines Kontrollmittels zur begleitenden Wirtschaftlichkeitsanalyse während der Bauausführung. Sie ist somit Arbeitsgrundlage für eine zielorientierte Prognose und Steuerungsinstrument für:

- die Soll-Leistungsvorgaben einzelner Arbeitsabläufe der gewählten Bauverfahren
- die Soll-Kostenvorgaben der einzelnen Leistungs- und Bauhilfspositionen in Bezug auf Lohnstunden und Lohnkosten, Material- und Hilfsmaterialkosten, Gerätestunden und Gerätekosten sowie Fremdkosten
- die Soll-Kosten- und Soll-Zeitvorgaben für Art und Umfang der Baustelleneinrichtung
- die Vergabegrenzwerte für die Beauftragung von Subunternehmern für bestimmte Leistungspositionen

Die zum Zeitpunkt der Vertragsverhandlung bzw. Vergabe aktuelle bzw. modifizierte Angebotskalkulation bzw. Umlagenangebotskalkulation ist Basis für die Auftrags- oder Vertragskalkulation (Bild 7 und Bild 8). Die ursprüngliche Angebotskalkulation bzw. Umlagenangebotskalkulation bleiben unverändert, wenn sich keine Änderungen in den Vertragsverhandlungen / Bietergesprächen ergeben haben. Änderungen können sich unter anderem durch folgende Resultate aus der Auftragsverhandlung ergeben:

- Preisnachlässe
- Zahlungsanpassungen
- Mengenänderungen
- Leistungsänderungen
- Pauschalisierung von Leistungen
- Änderung der Qualitätsstandards
- Verschiebung von Fristen

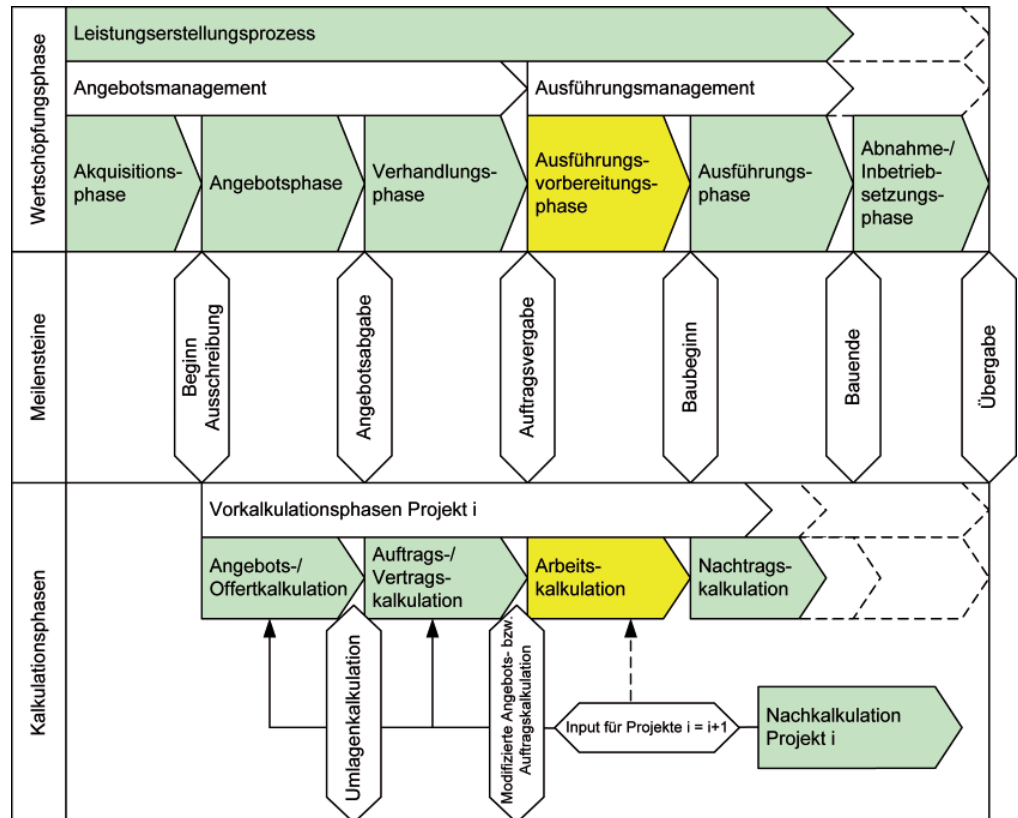


Bild 8. Kalkulationsphasen im Bauunternehmen
 Fig. 8. Estimation phases in construction enterprises

Die Angebotskalkulation ohne Umlagenverteilung und die Umlagenangebotskalkulation mit Umschichtung der Umlagen zur Bildung der Einheitspreise werden durch die Einarbeitung von eventuellen kalkulationsrelevanten Ergebnissen der Auftragsverhandlung bzw. des Bietergesprächs in die Auftrags- und Vertragskalkulation übergeführt. Die Auftragskalkulation dient zu internen Zwecken im Unternehmen und enthält die Planleistungs- und Plan-Kosten-Vorgaben zur ungewichteten Preisbildung (Bild 7).

Die Vertragskalkulation dient im Zuge der Bauausführung als Basis zur Abrechnung mit dem Bauherrn und enthält die gewichteten Leistungs- und Kostenelemente zur potenziellen Erhöhung der Abrechnungssumme (extern). Aufgrund der Auftragserteilung muss der Unternehmer meist seine Vertragskalkulation verschlossen dem Bauherrn / Auftraggeber abgeben. Zudem enthält die Vertragskalkulation alle Änderungen / Korrekturen, die im Verhandlungsprozess erarbeitet bzw. verhandelt wurden.

In der Vertragskalkulation hat der Unternehmer basierend auf der Angebotskalkulation bzw. der modifizierten Angebotskalkulation / Auftragskalkulation die Gewichtungen für die Baustellengemeinkosten sowie für Aufsicht und Führung in den Stundenansätzen und Kostenarten je LV-Positionen vorgenommen. Damit dient die Vertragskalkulation bei Nachträgen nur als externes Informations- und Abrechnungsinstrument für

- den Bauherrn und
- die Baustelle.

Die Vertragskalkulation kann nicht zur internen Steuerung der Baustelle herangezogen werden, da keine Soll-Vorgaben, sondern nur die gewichteten Planvorgaben für externe Zwecke darin enthalten sind.

Zur Steuerung der Baustelle dient die interne Auftragskalkulation, die in die Arbeitskalkulation überführt wird. Dies geschieht während der Arbeitsvorbereitung nach der Auftragserteilung (Bild 7).

Beim Aufstellen der Arbeitskalkulation müssen erkannte Kalkulationsabweichungen bzw. -fehler der Auftragskalkulation korrigiert werden. Die Arbeitskalkulation soll dem Bauausführungsmanagement in der Ausführungsvorbereitung Grundlage für die Planung der Ausführung sein; während der Bauausführung soll sie als Basis zur Erfolgssteuerung dienen.

In der Arbeitskalkulation werden die Leistungs- und Stundenansätze aus den einzelnen Leistungspositionen extrahiert und den Herstellungsabläufen der einzelnen Bauelemente zugeordnet. Die Arbeitskalkulation dient so weit als Vorgabe für die Soll-Stunden der einzelnen Bauelemente und deren jeweiligen Taktabläufen.

Eine wesentliche Aufgabe der Arbeitskalkulation ist die Soll-Vorgabe der Grenzleistungen und Grenzkosten als Benchmark-Größe für die Bewertung der internen und externen Leistungen und der Ist-Kosten eines Projektes. Die Vorgabe des Grenzkosten- und Grenzleistungs-Solls steht dabei im Vordergrund, um ein effektives Baustellencontrolling möglich zu machen. Die Arbeitskalkulation dient nicht nur zur Erstellung, Dokumentation und Analyse des Soll-Ist-Leistungs- und Kostenvergleichs, sondern ermöglicht auch die Prognose des weiteren Baufortschritts und des Erfolges des Bauprojekts.

Vor der Erstellung der Arbeitskalkulation sind folgende Überprüfungen durchzuführen:

- Liegen Kalkulationsabweichungen oder -fehler vor?
- Kontrolle des Auftrags-Leistungsverzeichnisses

- Welche Alternativpositionen hat der Auftraggeber definitiv beauftragt?
- Erstellung eines abschließenden Bauverfahrensvergleichs mit der Arbeitsvorbereitung zur Wahl des optimalen Bauverfahrens
- Welche Leistungspositionen sollen mittels Eigenleistung und welche durch Marktbezug erstellt werden?

Zu diesem Zweck muss die Arbeitskalkulation folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Arbeitskalkulation muss über die gesamte Bauzeit unverändert detailliert dokumentieren, welche Soll-Leistungs- und Soll-Kostenvorgaben bei einzelnen internen und externen Leistungen angesetzt waren. Dies dient dazu, unverändert das Leistungs- und Kosten-Soll der beauftragten vertraglichen Leistungen für das Controlling festzuhalten. Zudem muss sie gegenüber der Angebots- bzw. Auftragskalkulation so aufbereitet werden, dass der Bauleiter die Vorgabegrenzwerte für einzelne Leistungen und Kosten, die Vergabegrenzwerte für Subunternehmervergaben sowie die Gesamtaufwandswerte für die abgrenzbaren Leistungen, die dann als Sollvorgaben in das Controlling einfließen, sofort ablesen kann.
- Die Arbeitskalkulation muss Basis und Raster sein, die Ist-Kosten der vergleichbaren, abgegrenzten Leistungen festzuhalten und mit den Ist-Werten eine Wird-Prognose auf das Bauzeitende durchzuführen. Dies muss im Rahmen des Controllings mit den Soll-Vorgaben zur Steuerung periodisch verglichen werden.

Um diese sich teilweise widersprechenden Anforderungen an eine Arbeitskalkulation zu erfüllen, muss sie aufgeteilt werden in:

- Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation (AK)
- Ist-Prognose-Arbeitskalkulation (PK)

In der **Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation (AK)** werden alle Plan-Vorgaben aus der Auftragskalkulation der Baustelle für die praktisch abgrenzbaren Leistungen als unveränderbare Soll-Vorgaben aufbereitet. Die Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation (AK) enthält Leistungs- und Stundenvorgaben für jedes Bauelement sowie für die einzelnen Takte seiner Herstellung. Diese Leistungs- und Stundenvorgaben werden aus den verschiedenen Leistungspositionen des Leistungsverzeichnisses der Auftragskalkulation extrahiert. Diese bleiben über die Bauzeit eingefroren und werden nur durch beauftragte Nachträge verändert. Sie beinhalten die Soll-Leistungen und Soll-Erlöse. Die **Ist-Prognose-Arbeitskalkulation (PK)** wird ständig nach den Ist-Erkenntnissen von Beginn bis Ende des Projekts angepasst und ermöglicht eine Prognose bezüglich der Wird-Kosten, Wird-Deckungsbeiträge und des Wird-Ergebnisses auf das Ende der Bauzeit.

In der Arbeitskalkulation werden die Leistungspositionen der Ausschreibung „transparent“ gemacht. Dies erfolgt unter Angabe aller Bauhilfsmaßnahmen, die nicht separat ausgeschrieben wurden, aber in der Abrechnungsposition enthalten sein müssen, um den Herstellungsprozess abzubilden. Im Rahmen der Arbeitskalkulation werden die einzelnen Leistungspositionen in Elementarprozesse und deren Tätigkeiten gegliedert. Somit wird der Elementarprozess „Schalen“ in Takte untergliedert:

- Vorbereitung der Schalung auf der Baustelle (abladen / zusammenbauen),

- Einschalen, z. B. pro Stockwerk,
- Ausschalen, z. B. pro Stockwerk,
- Nachbereitung der Schalung (auseinanderbauen / reinigen / aufladen) mit den jeweiligen Soll-Stundenvorgaben.

Die Elementarprozesse (z. B. Schalung, Bewehrung, Beton) mit den dazugehörigen Tätigkeiten können bei einer ausreichend genauen Mengenermittlung und mithilfe von Soll-Aufwandswerten bzw. Soll-Leistungswerten (z. B. aus den Ist-Daten oder der Nachkalkulation ähnlicher Projekte) kalkuliert werden, mit dem Ziel, die Soll-Dauer für die Fertigstellung einzelner Positionen und Bauabschnitte zu ermitteln und die Soll-Kosten der einzelnen Leistungen möglichst genau zu definieren. Die einzelnen Abrechnungspositionen werden nach Soll-Leistungsansätzen sowie den Kostenarten

- Lohn,
- Material,
- Bauhilfsmaterial,
- Geräte,
- Fremdleistungen untergliedert.

Die Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation und die Ist-Prognose-Arbeitskalkulation sind gleich gegliedert und bauen auf der Auftragskalkulation auf.

Die Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation (AK(0)) spiegelt die Auftragskalkulation als eingefrorene Soll-Vorgabe für Aufwands- und Leistungswerte sowie Kosten (Null-Version) wider. Sie soll in ihrem Aufbau leistungs- und kostenmäßig alle Arbeitsabläufe für die Erstellung einer Leistungsposition (auch Bauhilfsaufgaben) enthalten. Umstellungen in den Baumethoden, z. B. Ortsbeton statt Fertigteile oder Fremd- statt Eigenleistungen, müssen als Soll-Vorgabe eingearbeitet werden. Somit fließen in die Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation (AK(0)) bereits alle neuen Erkenntnisse aus der Auftrags-AVOR wie z. B. veränderte Leistungs- und Kostenansätze für veränderte Bauverfahren, Preise für beauftragte Subunternehmerleistungen und Materialeingänge ein. Entdeckte grobe Kalkulationsfehler müssen zudem für die Baustellenvorgabe eliminiert werden. Die Korrektur wirkt sich auf den Unternehmensdeckungsbeitrag aus und ist ergebnisneutral für die Baustelle. Die in der Auftragskalkulation entdeckten Fehler werden leistungs- und kostenmäßig in der Soll-Auftragskalkulation bewertet und die Wirkung auf den Unternehmensdeckungsbeitrag analysiert. Bereits auf diesen Erkenntnissen erfolgt eine erste Null-Prognose des zu erwartenden Projektergebnisses. Die Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation dient als Vorgabe für den Bauleiter / Bauführer und das Controlling über die gesamte Bauzeit bis zur Schlussrechnung. Sie darf grundsätzlich nur durch genehmigte Nachträge auf der Basis der Nachtragskalkulation verändert werden. Die Handhabung ist je nach Unternehmenspolitik unterschiedlich. Die Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation soll spätestens zwei bis drei Wochen nach Vertragsabschluss durch den Bauführer und den Kalkulator erstellt werden. Sie wird der Geschäftsleitung vorgelegt und genehmigt. Erst danach wird sie bei der Geschäfts- und Bauleitung als unveränderbares Vorgabe-Dokument hinterlegt. Die Soll-Auftragsarbeitskalkulation (AK) ist die Grundlage für die Soll-Wochenarbeitsplanung der Baustelle.

Die Ist-Prognose-Arbeitskalkulation wird von der Strukturierung spiegelbildlich zur Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation

(AK(0)) aufgebaut. Die Ist-Prognose-Arbeitskalkulation (PK(i)) wird periodisch während des Bauablaufs fortgeschrieben, um die Wird-Prognose des voraussichtlichen Baustellenergebnisses auf das Bauzeitende durchzuführen und dient dazu, anhand der AK(0) den Soll-Ist-Vergleich durchzuführen. Somit ist es möglich, Abweichungen, die ergebniswirksam werden können, frühzeitig zu entdecken und Steuerungsmaßnahmen einzuleiten. Dadurch lässt sich ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) auf der Baustelle initiieren. Besonders bei sich wiederholenden Leistungen können so größere Einsparungen erzielt werden. Hierzu ist es erforderlich, die gesamte Mannschaft entsprechend zu motivieren.

Dieser somit dokumentierte Stundenbedarf dient später der Soll-Wochenarbeitsplanung und als mögliches Kontrollinstrument auf der Baustelle für die einzelnen Ausführungsschritte (z. B. Vorbereitung der Schalung, Aus- und Abbauen der Schalung in [h/m²], Nachbereiten der Schalung; Verlegen der Bewehrung in [t/h]; Betonieren in [h/m³]). Die ermittelten Kosten werden entsprechend den unternehmenseigenen Vorgaben gegliedert und aufgearbeitet. Die Gliederung nach Gewerken bzw. Kostenarten dient ferner als Budgetplanungsinstrument im eigenen Firmenbereich und als Vergabegrenzbewertung für Subunternehmerleistungen (Bild 9).

Die Kontrollmöglichkeiten, die sich aus dem Stundenbedarf und dem Kostenaufwand ergeben, werden in unterschiedlichen Formen zur Kontrolle auf der Baustelle instrumentalisiert:

- als Soll-Ist-Vergleich Stunden,
- als Soll-Ist-Vergleich Kosten,
- als Soll-Ist-Vergleich Bauablauf / Terminplan.

Die Leistungs- und Kostenermittlung für das Controlling erfolgen zu definierten Stichtagen.

Ein weiteres Produkt der Arbeitskalkulation ist die Bedarfsermittlung für Baustoffe, Bauhilfsmaßnahmen und Geräte.

6 Kontinuierliche Bauprozesssteuerung

Die wichtigste Aufgabe des Ausführungsmanagements ist es, die gewählten Baumethoden zu optimieren und die Bauabläufe dem dynamischen Prozess, der oft verschiedenen internen und externen Störungen unterworfen ist, möglichst flexibel und leistungssteigernd anzupassen.

Die Leistungen auf der Baustelle werden im Rahmen der Arbeitskalkulation zeit- und kostenmäßig bewertet. Die Organisation des Bauablaufs orientiert sich an diesen Ansätzen; Bauabläufe und Baumethoden sind regelmäßig daraufhin zu kontrollieren. Es ist sicherzustellen, dass die geplanten und kalkulierten Leistungsvorgaben der Bauverfahren umgesetzt und die Konzepte verwirklicht werden können, wie es in der Arbeitsvorbereitung und Arbeitskalkulation vorgesehen war.

Da jedes Projekt Unikatcharakter hat, muss man für jedes Bauverfahren eine gewisse Lernphase berücksichtigen. Auch bei Bauverfahren, die der Baustellenmannschaft be-

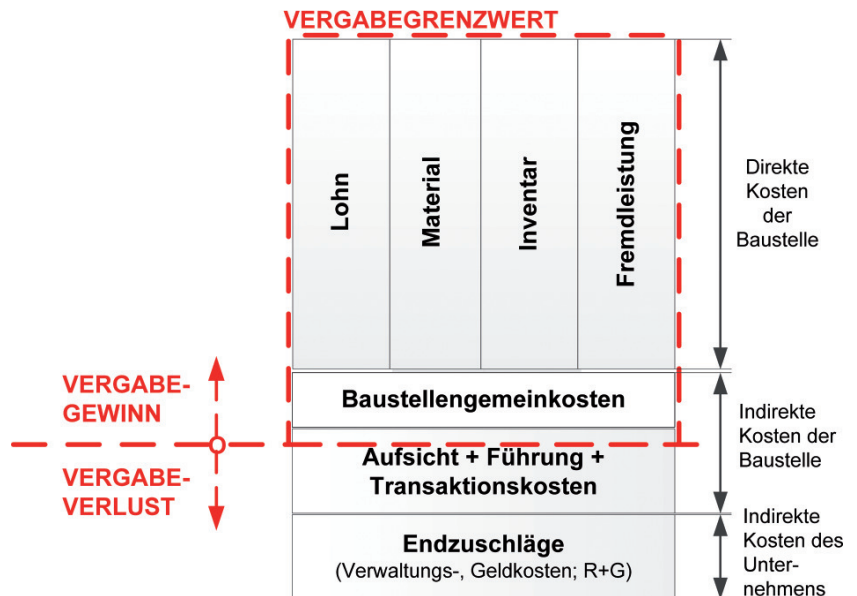


Bild 9. Grenzkosten der Vergabepreise für Fremdleistungen
Fig. 9. Cost limits for awards to subcontractors

kannt sind, muss bei einer neuen Zusammensetzung der Gruppe und neuen Bedingungen vor Ort mit Lernphasen gerechnet werden. Bei neuen Bauverfahren oder Bausystemen (Schalungen etc.) sind Anlaufschwierigkeiten zu erwarten. Die Aufgabe der Baustellenleitung ist es, die Minimierung der Lernphase zu gewährleisten. Regelmäßige Wochenarbeitsbesprechungen können dazu genutzt werden, Probleme technischer Art anzusprechen und zu klären. In Bezug auf Subunternehmer sind diese Besprechungen besonders wichtig, um ihre Integration in den Bauablauf (z. B. bei einer Taktplanung) zu fördern. Nach der Lernphase sind die Bauproduktionsleistungen einem weiteren kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) zu unterziehen. Dazu ist es erforderlich, für routinemäßig wiederkehrende Leistungen Arbeitsstudien durchzuführen, um das Verbesserungspotenzial zu erkennen.

Ist der Bauablauf mit besonderen Anforderungen an die Belastung der Mitarbeiter verbunden, so sind persönliche Anerkennungen, z. B. in Form von Bonuszahlungen, und andere leistungsfördernde Maßnahmen einzusetzen. Eine positive Stimmung auf der Baustelle ist der beste Leistungsgarant. Die Durchsetzung des Sicherheits- und Gesundheitsplans zur Sicherstellung der Arbeitssicherheit gehört auch zu den Hauptaufgaben der Bauführung / -leitung. Schutzkleidungen, Absperrungen, Hinweise und die Einhaltung der Sicherheitsmaßnahmen sind regelmäßig zu kontrollieren. Der Baustellenleiter ist für seine Mitarbeiter verantwortlich und darf nicht in den Glauben verfallen, diese seien von selbst ausreichend sicherheitsbewusst. Das Konzept der Arbeitssicherheit sollte auf präventiven und ausmaßvermindernden Maßnahmen beruhen. Das Ziel dieses abgestuften Vorgehens ist es, das Eintreten von Ereignissen mit möglichst hoher Wahrscheinlichkeit zu vermeiden. Tritt doch ein Ereignis ein, so müssen Maßnahmen zur Bekämpfung bereitstehen, um das Ausmaß der Auswirkungen auf Personen, Bauwerke und Umwelt möglichst gering zu halten. Neben der Beachtung der technischen Arbeitssicherheit am Arbeitsplatz und an den Geräten ist es erforderlich, das Personal für verschiedene Gefahrensituationen zu schulen. Für

größere Ereignisse sollten Rettungspläne ausgearbeitet werden.

Während der Bauproduktion muss in einem kybernetischen, kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) „bottom-up“ durch Arbeitswochenpläne der Produktionsprozess detailliert organisiert werden. Dies wird wie folgt erreicht:

- Aufbauend auf dem Basisbauproduktionsprozessplan und Ressourcenplan sowie den Soll-Leistungsvorgaben (top-down AVOR) müssen die Monats- und Wochenarbeitspläne von den Ausführenden (Operativen) bottom-up erstellt werden.
- Die Monatsarbeitspläne mit den Elementarprozessen, Ressourcenallokationen und Soll-Leistungsvorgaben dienen als Basis für die Wochenarbeitspläne des jeweiligen Teams. Hier werden den aktuell geplanten Tätigkeiten je Tag Personen, Geräte und Bauhilfsmaterialien zugeordnet.
- Die Soll-Wochenarbeitspläne werden wöchentlich fortlaufend mit einem zweiwöchigen Vorlauf bezüglich der Tätigkeiten detailliert, die aufgrund der Soll-Leistungsvorgaben bzw. realen Leistungen mit Stunden hinterlegt werden. Die Wochenarbeitspläne werden für den Tag detailliert. In den Wochenarbeitsplänen wird die Soll-Herstellung der Bauelemente sowie die Taktfolge mit den wichtigen einzelnen Arbeitsschritten erfasst. Die Arbeitsschritte sowie die erforderlichen Ressourcen (Mannschaft, Material, Geräte, Bauhilfsmaterial) werden pro Tag mit den Soll-Arbeitsstunden aus der Arbeitskalkulation ausgewiesen. Zudem müssen die Teams, die den Wochenarbeitsplänen zugeordnet sind, ihre Aktivitäten koordinieren, um nicht wertschöpfende Aktivitäten zu eliminieren.
- Die Soll-Wochen- und Soll-Monatsarbeitspläne werden aufgrund des Bottom-up-Prozesses wöchentlich bzw. monatlich überprüft und fortgeschrieben. Bei Abweichungen werden Korrekturmaßnahmen bzw. Risikoverhinderungs- / Risikoreduzierungsmaßnahmen eingeleitet, um die Meilensteine und die vorgegebene Gesamtdauer sowie das Soll-Kostenziel einzuhalten.
- Die Monatsarbeitspläne haben eine Vorausschau und sind Grundlage für die Bereitstellungsplanung und den koordinierten Abruf von Materialien, Spezialisten, Subunternehmern, Geräten und Bauhilfsmaterial.
- In den Wochenarbeitsplänen werden die Detailtermine für kollaborative Nachfolgeteams und Arbeiten bestimmt. Ferner erfolgt die Abstimmung mit parallel arbeitenden Teams bezüglich gemeinsamer Nutzung der allgemeinen Baustelleneinrichtung sowie die räumliche und zeitliche Abstimmung von Aktivitäten und Tätigkeiten. Ferner wird die Abrufung von Ressourcen im Wochenarbeitsplan bottom-up zum übergeordneten Disponieren von Bestellungen, Subunternehmern, Geräten und Personaleinsatz zeitlich genau festgelegt, um Verlustzeiten, z. B. durch Warten, zu eliminieren.

Die Soll-Wochenarbeitspläne müssen jede Woche erstellt und überarbeitet werden. Die Überarbeitung von den Teams bzw. den Abschnittsbauleitern und Polieren sollte Donners-

tagnachmittag oder Freitagmorgen erfolgen. Die Abstimmung erfolgt dann in der Bauführer- und Polierbesprechung am Freitagnachmittag mit dem Baustellenchef. Die Zielvorgaben sind dann bindend.

Der Bauproduktionsprozess wird auf Grundlage des „top-down“-Basisbauproduktionsplans kybernetisch gestaltet durch

- „bottom-up“-Elementarprozesse und -tätigkeiten und deren Zielerreichungsgrad sowie Vorschläge von Maßnahmen zur Zielerreichung durch KVP.
- „top-down“-Überprüfung der Auswirkung der Wochenzielerreichung auf die Vorgaben des Gesamtbauprozesses bzw. der Rückkopplung auf die „bottom-up“-Vorschläge bezüglich Wirkung auf die Gesamtzielerreichung. Ziel ist es, eine Teamverantwortung für die Zielerreichung sicherzustellen.

7 Fazit

Die Arbeitsplanung umfasst den Baustelleneinrichtungs-, Takt-, Ablauf-, Bedarfs-, Logistik- und Terminplan, des Weiteren die Ausführungspläne sowie Sonderpläne in Verbindung mit der Arbeitskalkulation. Die Arbeitsvorbereitung ist Grundvoraussetzung für die wirtschaftlich effiziente Gestaltung der interdisziplinär abhängigen Bauproduktion und den reibungslosen Erfolg einer Baustelle. Ferner dient sie als Instrument der kontinuierlichen Arbeitssteuerung während der Bauausführung. Dazu ist es erforderlich, aus den Vorgaben der Arbeitskalkulation und den sich daraus ergebenden Soll-Leistungsvorgaben für einzelne Bauabschnitte, deren Bauteile und Arbeitsabläufe ein systematisches Kontrollsystem zu erstellen, um die vereinbarten Soll-Vorgaben umzusetzen, zu steuern und bezüglich der Zielerreichung durch Soll-Ist-Vergleiche wöchentlich und monatlich zu überwachen. Das bedeutet, dass sich die Arbeitsvorbereitung während der Ausführung in einen kybernetischen Regelkreis wandelt. Dies ist notwendig, um auf nicht geplante Ereignisse flexibel reagieren zu können und die erforderlichen Modifikationen des Bauablaufs vorzunehmen.

Literatur

- [1] *Girmscheid, G.*: Strategisches Bauunternehmensmanagement – Prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft, 2., bearbeitete und erweiterte Aufl., Springer, Heidelberg, 2010
- [2] *Girmscheid, G.*: Angebots- und Ausführungsmanagement – Leitfaden für Bauunternehmen, Erfolgsorientierte Unternehmensführung vom Angebot bis zur Ausführung, 2., bearbeitete und erweiterte Aufl., Springer, Heidelberg, 2010
- [3] *Girmscheid, G.; Motzko, C.*: Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft. Produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung. 2. Aufl., Springer, Heidelberg, 2013