



Lean Construction (7/14)

Termin- und Ressourcenplanung

Im Bauprogramm werden zeitliche, räumliche und strukturelle Abhängigkeiten sichtbar. Die Terminplanung bringt Ordnung in die einzelnen Arbeitsschritte des Bauablaufs. Die Ressourcenplanung dient als Grundlage für das Logistikkonzept der Baustelle.

Von Gerhard Girmscheid

Die Ergebnisse der Bauverfahrensauswahl, der Leistungsberechnung, der Ressourcenbestimmung sowie der Arbeitskalkulation werden im Bauprogramm mit einzelnen Herstellungsvorgängen in einem PERT-Balkenplan mit den zeitlichen und räumlichen sowie strukturellen Abhängigkeiten verdichtet dargestellt.

Die Grundlagen

Die Soll-Auftrags-Arbeitskalkulation liefert den Soll-Stundenaufwand und die Kostenerwartung

für die einzelnen Leistungen beziehungsweise Bauelemente sowie deren Herstellungstakte. Im Rahmen der Prozess- und Verfahrensoptimierung werden diese als Vorgaben genutzt, um schließlich die wirtschaftlich optimalen und gegenüber Störeinflüssen robusten Bauverfahren auszuwählen. Der erwartete Stundenaufwand und die Kosten werden dann in detaillierterer Form wieder in der Arbeitskalkulation als Vorgabe für diese Bauverfahren angepasst.

Das Bauprogramm

Zur Erstellung der Termin- und Ressourcenpläne für den Fliessprozess der Herstellung während der Prozess- und Verfahrensoptimierung müssen die Leitprozesse der Bauproduktion identifiziert werden. Diese besonders wichtigen, als Leitprozesse definierten Tätigkeiten, sind charakterisiert durch:

► Die zeitliche Lage auf dem kritischen Weg – jede zeitliche Veränderung des Leitprozesses in seiner Dauer, Start- und/oder Endzeit beeinflusst die Folgeaktivitäten.

Ohne vorgängige Planung
ist kein effizientes Arbeiten
auf der Baustelle möglich.



Bild: Michael Staub

► Den meist beträchtlichen Anteil der zur Abwicklung der Vorgänge aufzuwendenden Kosten an den Gesamtkosten. Werden Leitprozesse verzögert, so müssen zur Korrektur beziehungsweise zur Beibehaltung der Projektziele die Leistungen in den Folgeprozessen durch Kapazitätserhöhung gesteigert werden – wenn dies aus räumlichen Gründen möglich ist – oder die «Qualität» muss geändert werden. Diese Korrekturen sind im Regelfall nicht ohne Kostensteigerungen oder Wertminderungen erreichbar.

► Die Vorgangsdauer der Leitprozesse sollte ab einer gewissen Objektgrösse und Komplexität eines Bauvorhabens im Netzplan als stochastische Grösse mit drei Ereignisgrössen – kürzeste, wahrscheinlichste und längste Dauer – und den zugehörigen geschätzten Wahrscheinlichkeiten beschrieben werden. Dabei wird die Vorgangs-

dauer der Leitprozesse als gewichteter statistischer Mittelwert errechnet beziehungsweise vorgegeben.

Mittels der Critical-Path-Methode, der Meta-Potential-Methode oder der PERT-Methode wird dann die Gesamtprojektdauer simuliert. Als Ergebnis erhält man somit die Gesamtdauer mit der stochastischen Verteilung. Damit kann die Sensitivität auf Störungen des untersuchten beziehungsweise gewählten Bauverfahrens bezüglich des Bauprogramms und des Endtermins erkannt werden.

Die Ergebnisse werden meist im Balkenplan dargestellt, der die gebräuchlichste Form der Terminplanung ist. Unter einer Zeitachse (x-Achse) und einer Ordinate für Arbeitsschritte (y-Achse) wird der Bauablauf dargestellt. Die Dauer eines Vorgangs wird durch einen Balken (siehe Bild 1 auf Seite 6) angegeben und durch den Anfangs- oder Endtermin zeitlich definiert. Abhängigkeiten innerhalb dieses Balkenplans lassen sich durch Netzplantechniken verdeutlichen.

Die Ressourcenplanung dient als Grundlage des Logistikkonzepts der Baustelle, das heisst für die zeitlich richtige Bereitstellung von Ressourcen und Informationen, in der richtigen Menge, der erforderlichen Qualität und am richtigen Ort ohne gegenseitige Behinderung. Im Rahmen der Ressourcenplanung sind sowohl Materiallieferungen als auch Personal- und Geräteeinsatz zu organisieren. Ferner gilt es die Lieferung der genehmigten Ausführungs- und Werkpläne sowie der auf vertraglicher Grundlage bereitgestellten Materialien oder Bauflächen, besondere Genehmigungen, die die Ausführung betreffen, die Finanzierungsplanung und so weiter sicherzustellen. Mittels Netzplanprogrammen lässt sich der Personal- und Geräteeinsatz durch Gewichtung der Vorgänge relativ einfach planen.

Der Ressourcenplan

Der **Personaleinsatz** ist so zu planen, dass es keine Warte- oder Fehlzeiten gibt. Ferner sollte über die möglichen Pufferzeiten ein Ausgleich von extremen, kurzfristigen Personal- und



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.

ARTIKELSERIE ZUM KONZEPT «LEAN CONSTRUCTION»

Bauunternehmen wollen ihre Projekte mit Gewinn abschliessen. Doch meistens ist das Gegenteil der Fall. Gerhard Girmscheid zeigt in einer vierzehnteiligen 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. (bb)

Gerätebedarfsspitzen erfolgen. Kolonnen sollten in ihren Arbeitszyklen kapazitätsmässig optimal aufeinander abgestimmt werden beziehungsweise auf andere, nahe gelegene Baustellen ausweichen können. Zudem sollten der Arbeitsablauf und der Kolonneneinsatz so geplant werden, dass sie den Platzverhältnissen entsprechen, um ihren Arbeitsablauf optimal und ohne gegenseitige Behinderung zu gestalten.

Die **Geräte** sollten, soweit möglich, keine Warte- oder Stillstandzeiten erfahren, wobei sich das bei vielen Geräten nicht ausnahmslos verwirklichen lässt. In jedem Fall sind Geräte nach Beendigung ihres Einsatzes umgehend von der Baustelle freizumelden und zurückzugeben, um Mietkosten zu reduzieren, das Gerät möglicherweise an anderen Baustellen wieder einzusetzen und weitere Lagerflächen oder Arbeitsräume auf der Baustelle zu schaffen.

Bei der Planung der **Materiallieferung** ist die Bereitstellungszeit zwischen den Terminen für die Beauftragung und die Lieferung beziehungsweise die Einsatzbereitschaft auf der Baustelle zu unterscheiden. Bei Materialien oder Sondergeräten wie Tunnelbohrmaschinen müssen folgende Bereitstellungszeiten zwischen Bestellung und Einsatz auf der Baustelle berücksichtigt werden:

- Auftragsbearbeitungszeit,
- Planungs- und Genehmigungszeit bei Fertigteilen und Sonderbaumaschinen oder Einbauaggregaten,
- Produktionsvorbereitungs- und Produktionszeit,
- Transportzeit,
- Montage- oder Aufbauzeit auf der Baustelle bei Grossaggregaten und Sondermaschinen, die nicht zusammengebaut geliefert werden können.

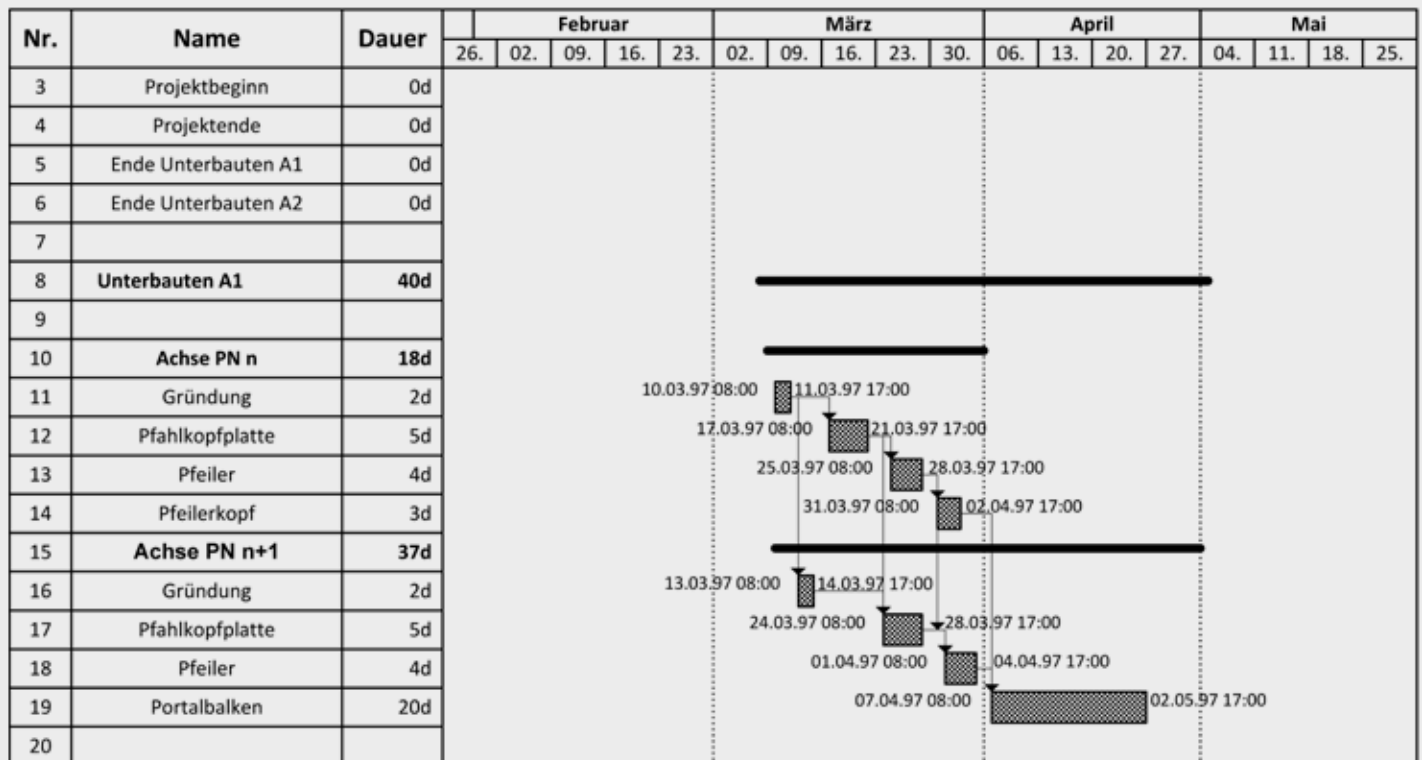


Bild 1: Projektbalkenplan

Die «Just-in-time»-Lieferung zur Vermeidung von Zwischenlagern und möglicherweise kostspieligem Umsetzen der Materialien ist bei beengten Baustellenverhältnissen unumgänglich. Diese Lieferform setzt jedoch eine sehr detaillierte und fehlerfreie Ausführungsvorbereitung und Logistikplanung voraus. Sie sollte deshalb für die Materiallieferungen vorgesehen werden, bei denen eine derartige Planungstiefe garantiert werden kann.

Bestandteil der Terminplanung ist auch die Planung der Lieferungen der Ausführungsbeziehungswise Werkpläne (siehe Tabelle 1 auf Seite 7). Basis hierfür ist die Produktionsplanung der Bauteile. Für die Liefertermine der Ausführungsbeziehungswise Werkplanung werden die Terminpläne der Bauproduktionsplanung als Meilensteine übernommen. Für die Ausführungsplanung sollten folgende Abläufe zwischen Planer und Baustelle festgelegt werden:

- ▶ Ablauf des Planungs- und Genehmigungsverfahrens mit Zeitangaben
- ▶ Ablauf des Änderungsverfahrens, gegliedert in:
 - ohne erneute Prüfung im Fall von kleinen Änderungen, die nicht die Nutzung oder das genehmigte (geprüfte) statische Konzept berühren,
 - erneute Prüfung im Fall von Änderungen, die eine erhebliche Abweichung vom



Die Ressourcenplanung stellt sicher, dass jeder Arbeitsschritt auf der Baustelle mit genügend Personal, den richtigen Geräten und den notwendigen Materialien ausgeführt werden kann.

- geprüften Konzept darstellen. In diesem Zusammenhang ist es sinnvoll, besonders bei konstruktiven Änderungen der Bewehrung auf der Baustelle, dies mit dem Prüfeningenieur vorher anhand definierter Fälle festzulegen.
- ▶ Terminverfolgungskonzept der Planung
 - ▶ Planverteilung (an wen, wie viele Exemplare?)
 - ▶ Planstatuskennzeichnung
 - zur Information
 - zum Bauen geprüft / freigegeben
 - ▶ Planreferenzhinweise:
 - Welche Pläne gehören noch zu einem Bauteil?
 - Welche Pläne gehören zum Anschlussbauwerk?
 - ▶ Interner Prüfungsablauf
 - Statik: formale Prüfung/Vergleichsrechnung
 - Pläne: Querprüfung/Massprüfung
 - ▶ Änderungskennzeichnung
 - Indexänderungsfeld

Die Organisation der Ausführungsplanung bei Totalunternehmer-Aufträgen und Fast-Track-Projekten stellt besondere Herausforderungen an die Planer und den zuständigen Koordinator auf Bauunternehmerseite.

Ferner sollten besondere **Genehmigungen**, die zur Bauausführung notwendig sind, berücksichtigt werden. Zu diesen gehören unter anderem:

- ▶ Verkehrstechnische Sperrungen,
- ▶ Sondertransporte,

- ▶ Aufstellen besonders hoher Krane, zum Beispiel in Flugschneisen,
 - ▶ Anschluss an Ent- und Versorgungssysteme.
- Eine weitere Aufgabe der Ressourcenplanung ist die Ermittlung des ungefähren **Finanzierungsbedarfs** der Baustelle. Der Finanzierungsbedarf ergibt sich aus dem Cashflow des Projekts. Zu diesem Zweck werden die Vorgänge des Balkenplans, unter Berücksichtigung der gewichteten Mittelwerte der Vorgangsdauer, mit den Kostenarten (Lohn, Material, Geräte, Fremdleistungen) und deren zeitlicher Verteilung einzeln gewichtet. Dann werden die monatlichen Summen gebildet (durch Addieren der Kosten über alle Vorgänge des jeweiligen Monats) und in einem Histogramm zusammengestellt. Die Summation des Kostenhistogramms führt dann zur Kostensummenlinie des Projekts. Das Kostenhistogramm und die Kostensummenlinie dienen auch gleichzeitig zur Leistungs- beziehungsweise Kostenbudgetierung des Projekts für Controllingzwecke. In diesem Cashflow-Diagramm werden nun die Zahlungseingänge in einer Treppenlinie dargestellt. Diese Zahlungseingangstreppe ergibt sich aus der monatlichen Rechnungsstellung der erbrachten Leistung unter Beachtung der Zeitverzögerung aus
- ▶ dem zeitlichen Aufwand zur fundierten monatlichen Rechnungsstellung mit den Aufmassunterlagen,
 - ▶ der Zeit für die Prüfung der Richtigkeit der Rechnung durch den Bauherrn,

- ▶ dem Zahlungszeitraum nach Anerkennung durch den Bauherrn.

Daraus ergibt sich meist eine Verzögerung zwischen kostenwirksamer Leistungserbringung und Zahlungseingang von circa eineinhalb Monaten. Aus der Summation der Differenzfläche zwischen Kostensummenlinie und Zahlungseingangskurve ergibt sich der Gesamtfinanzierungsbedarf. Der monatliche Finanzierungsbedarf ergibt sich aus der Differenz der Histogramme Kosten und Zahlungen. ■

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.

Derselbe: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse. 4. Auflage. Heidelberg: Springer, 2010.

LINKTIPP

Auf baublatt.ch/leanconstruction finden Sie alle Artikel der Serie.



Tabelle 1: Workflow und terminliche Planungskontrolle

Nr.	Achse	Aktivität	Bautermin FS	Plan an PM Soll	Ist	Plan an Prüfer Soll	Ist	Plan von Prüfer Soll	Ist	Plan an Baustelle Soll	Ist
	PN n	Gründung	10.03.97								
		Statik Gründung		16.12.96		23.12.96		20.01.97			
		Pfahlgründungstiefe		30.12.96		06.01.97		03.02.97		03.03.97	
	PN n	Pfahlkopfübersicht		30.12.96		06.01.97		03.02.97		03.03.97	
		Pfahlkopfschalplan		30.12.96		06.01.97		03.02.97		03.03.97	
		Vermessungskoordinaten		30.12.96		06.01.97		03.02.97		03.03.97	
		Pfahlkopfplatte	17.03.97	23.12.96		30.12.96		27.01.97			
		Statik Pfeiler + Gründung		06.01.97		13.01.97		10.02.97		10.03.97	
		Baugrubenaussteifung		06.01.97		13.01.97		10.02.97		10.03.97	
		Pfahlkopfbewehrung		06.01.97		13.01.97		10.02.97		10.03.97	
		Pfeilerschalplan		06.01.97		13.01.97		10.02.97		10.03.97	
	PN n	Pfeilerbewehrung		06.01.97		13.01.97		10.02.97		10.03.97	
		Pfeilerentwässerung		06.01.97		13.01.97		10.02.97		10.03.97	
		E+M Leerrohre									
		Pfeiler	25.03.97	14.01.97		21.01.97		18.02.97		18.03.97	
		Pfeilerkopfschalplan		14.01.97		21.01.97		18.02.97		18.03.97	
		Pfeilerkopfbewehrung									