

Ermittlung von Produktivitätsänderungen

Wenn die Leistung vom Ursprung abweicht

Viele Bauvorhaben werden mit Abweichungen bzw. Störungen von den technischen und zeitlichen Vorgaben, die bei Vertragsschluss die Grundlage für die Projektrealisierung darstellten, abgewickelt. Diese sind durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst; eine Folge können Produktivitäts(ver-)änderungen sein. In der Fachliteratur gibt es viele Verfahren, die anhand der Einflussfaktoren die Produktivitätsänderungen ermitteln. Dieser Beitrag gibt einen groben Überblick über die unterschiedlichen Formen der Produktivitätsänderungen sowie eine kurze Erläuterung typischer Berechnungsverfahren. Darauf aufbauend werden die Grenzen dieser Methoden, insbesondere bei komplexen Baumaßnahmen, aufgezeigt – bis hin zu einer Darstellung alternativer Berechnungs- und Nachweismöglichkeiten, welche insbesondere bei komplexen Baumaßnahmen eine Ermittlung der Produktivitätsänderungen ermöglichen. | [Christoph Surmann](#), [Christian Geiger](#)

Bei komplexen Baumaßnahmen sind die in der Fachliteratur gängigen Berechnungsverfahren zu Produktivitätsänderungen praktisch nicht anwendbar, da sich Störungen im Bauablauf aus einer Summe von Ursachen zusammensetzen können.

Der Begriff „Produktivitätsänderung“ lässt sich unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachten. Im baubetrieblichen Zusammenhang stellt eine Veränderung der Produktivität die Leistungsdifferenz zwischen dem ursprünglich geplanten und dem tatsächlichen Herstellungsprozess dar. Die „Produktivität“ ist dabei das Verhältnis von Produktionsergebnis (kurz: Output) zur Einsatzmenge der Produktionsfaktoren (kurz: Input) [1, 2]:

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Produktionsergebnis}}{\text{Einsatzmenge der Produktionsfaktoren}} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

Um festzustellen, ob es zu Produktivitätsveränderungen gekommen ist, muss die Abweichung aus den tatsächlichen Messergebnissen (A-Ist) mit dem geplanten Ergebnis (A-Soll) verglichen werden. Dabei errechnet sich die Produktivitätsänderung.

$$P_{\bar{A}} = 100 - \frac{A_{\text{Soll}} \cdot 100}{A_{\text{Ist}}}$$

Bei der Ermittlung kann es grundsätzlich die folgenden Möglichkeiten geben:

1. Die geplante Produktivität ist geringer als die tatsächliche. Das Ergebnis ist, dass schneller gearbeitet werden konnte, als ursprünglich geplant – also eine Leistungssteigerung erzielt wurde.



pittb./AdobeStock

2. Sofern das Ergebnis gleich ist, wurde die geplante Produktivität erreicht.
3. Liegt die geplante Produktivität über der tatsächlichen, so liegt ein Leistungsverlust (Produktivitätsminderung) vor (Abb. 1).

Der Begriff der „Produktivitätsminderung“ wird auch wie folgt formuliert: „Produktivitätsminderung ist der störungsbedingte Abfall der kalkulierten Soll-Produktivität.“ [2]

Grundsätzlich muss zunächst zwischen einer Ablaufschwankung und einer Ablaufstörung differenziert werden. Gerade im Baubereich unterliegt die Produktion sich permanent verändernden Randbedingungen. Daraus ergeben sich zunächst Schwankungen innerhalb üblicher Toleranzen, welche bereits bei der Kalkulation zu berücksichtigen sind. Üblicherweise stellt der geplante (kalkulierte) Wert bereits einen entsprechenden Durchschnittswert dar, bei welchem Einarbeitungseffekte und Wiederholungseffekte bereits berücksichtigt sind. Diese Toleranzen lassen sich gegenüber Ablaufstörungen in Abhängigkeit zur Dokumentation abgrenzen.

Bei Ablaufstörungen können diese einerseits im Risiko- & Verantwortungsbereich des Auftragnehmers und andererseits in dem des Auftraggebers liegen. So können Unzulänglichkeiten in der Organisation und/oder Kapazitätsbereitstellung durch den Auftragnehmer genauso die Ursache von Produktivitätsänderungen sein, wie eine unplanmäßige Bereitstellung von auftraggeberseitigen Verpflichtungen.

Ablaufstörungen können sowohl durch positive Vertragsstörungen (Mehr- & Minderleistungen, geänderte Leistung oder zusätzliche Leistungen) als auch durch negative Vertragsstörungen (Behinderungen, ggfs. bis zum Stillstand) zustande kommen. Bei einem Stillstand handelt es sich jedoch nicht um einen Produktivitätsverlust, da nicht weniger von einer geplanten Leistung, sondern nichts erzielt wird! Es handelt sich folglich um einen Grenzwert. Jedoch können aus Stillständen Produktivitätsverluste (als Sekundärfolge) resultieren.

Zum Beispiel resultieren aus einer verzögerten Planlieferung in direkter Folge zunächst keine Produktivitätsverluste. Gegebenenfalls können andere (Neben-)Arbeiten (vorgezogen) durchgeführt werden, wodurch der (vermeintliche) Eindruck entsteht, dass die Leistungserbringung nunmehr länger dauert. Als Beispiel seien hier Vorarbeiten wie z. B. Vermessungsleistungen beim

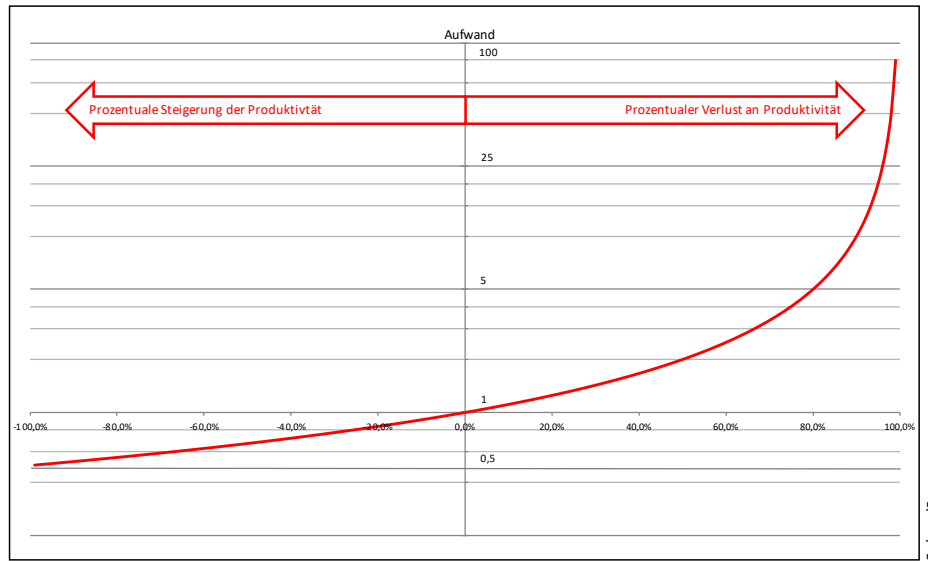


Abb. 1: Aufwand in Relation zur Produktivität

Abstecken einer Spundwandachse in Ermangelung von Berechnungen zur statischen Bemessung von Spundwandprofilen genannt. So ist zwar die Lage der Spundwand bekannt, d. h. die Vermessungsleistung lässt sich erbringen. Das Einpressen der Spundwände ohne die nötigen statischen Berechnungen erfolgt jedoch erst später, wenn diese Berechnungen vorliegen. Zwischenzeitlich wird sich die Presskolonne folglich im Stillstand befinden, sofern nicht an anderer Stelle (in einem ungestörten Bereich) oder mit „angezogener Handbremse“ gearbeitet werden kann. Dies bedingt jedoch einerseits eine Umstellung des Ablaufs oder andererseits eine reduzierte Leistungserbringung an anderer Stelle. Es bedarf daher schon genauer Auswertungen der Dokumentation, um zu erkennen, was einerseits die Ursache für eine Störung ist und andererseits, ob, wie und wo diese sich auswirkte.

Darstellung bisheriger Berechnungsmethoden

Bei den üblichen Formen von Produktivitätsänderungen ergeben sich Abweichungen in der Leistungserbringung durch folgende Faktoren:

- Witterungseinflüsse,
- Verlust des Einarbeitungseffekts,
- häufiges Umsetzen des Arbeitsplatzes,
- Änderung der optimalen Abschnittsgröße,
- nicht optimale Kolonnenbesetzung,
- nicht kontinuierlicher Arbeitsfluss,
- Stilllegung und Wiederaufnahme der Bauarbeiten.

Berechnungsverfahren für Witterungseinflüsse

Verändern sich die kalkulatorisch berücksichtigten Randbedingungen hinsichtlich der Witterung, so können Minderleistungen entstehen. Es liegt auf der Hand, dass Arbeiten im Freien zu unterschiedlichen Jahreszeiten und bei unterschiedlicher Witterung einen direkten Einfluss auf die Arbeitsleistung haben. Um eine Berechnung der Minderleistung wegen Witterungseinflüssen durchführen zu können, müssen Witterungsdaten (z. B. Temperatur, Wind, Regenereignisse, Pegelstände, ...) vorliegen oder abgeschätzt werden. Hierbei sind die zu erwartenden Durchschnittswerte heranzuziehen. Die tatsächlichen Daten während der Ausführung können dann beim zuständigen Wetteramt eingeholt oder auch direkt auf der Baustelle gemessen und protokolliert werden. Das Ausmaß der Störung durch Witterungseinflüsse kann (mit der Methode von Lang [3]) über die Frost- und Eistage ermittelt werden. Dabei ist die Lufttemperatur ausschlaggebend. Die Minderleistung wird anhand von Tafelwerten im Verhältnis zur Normleistung angegeben.

Mit der folgenden Gleichung lassen sich die einzelnen witterungsbedingten Minderleistungen berechnen:

$$w = m \cdot f \cdot a \cdot t_w$$

In die Gleichung fließt die prozentuale witterungsbedingte Minderleistung einer Tätigkeit, der Anteil der Tage mit Witterungserscheinungen, die das Arbeiten erschweren (bezogen

Geiger/Surmann

auf die Gesamtzahl der Wintertage), die Anzahl der Lohnstunden dieser Teilleistung, die Ausführungszeit der Teilleistung, die in den Winter fällt, die Gesamtausführungszeit dieser Teilleistung und die Minderleistung an einer Teilleistung in Lohnstunden mit ein.

Eine Tabelle (Petzschmann [4]) hingegen bezieht sich auf Erfahrungswerte. Bei Verschieben der Arbeiten in eine ungünstigere Jahreszeit entstehe ein Produktionsverlust von 5 % bis 20 %. Es wird schnell deutlich, dass die Tafelwerte von Lang [3] nur für die Ermittlung von witterungsbedingten Verschlechterungen infolge von Frost- und Eistagen geeignet sind. Die anderen Tabellenwerte [4] finden einen äußerst pauschalen Ansatz für die Verschiebung in eine ungünstige Jahreszeit. Beide Ansätze haben Schwächen, aber sie nähern sich dem Problem auf systematische Weise. Insofern sind die Näherungswerte hilfreich, jedoch sind die besonderen Randbedingungen des tatsächlichen Projekts nicht ausreichend berücksichtigt.

Mit diesen Verfahren kann man nicht beurteilen, welchen Einfluss z. B. der Wind bei der Verlegung von Kunststoffdichtungsbahnen bei einer Deponieabdichtung hatte, wenn sich die Arbeiten beispielsweise vom Juli in den September verschoben.

Berechnungsverfahren für den Verlust des Einarbeitungseffekts

Bei jeder Arbeit ist zu Beginn der Tätigkeit eine anfänglich reduzierte Leistungserbringung zu erwarten. Mit jeder Wiederholung nimmt die Produktivität dann zu. Diesen Effekt nennt man Einarbeitungseffekt. Durch Störungen kann dieser Effekt verloren gehen, woraus zeitliche Mehrleistungen (durch die entsprechenden Wiederholungen) entstehen. Um bei der Berechnung nach Lang [3] den Verlust des Einarbeitungseffekts zu ermitteln, müssen der Zeitpunkt und die Länge der Störung, die Zusammensetzung und die Lernfähigkeit der Kolonne sowie die Schwierigkeiten der Tätigkeiten berücksichtigt werden. Bei einer erneuten Einarbeitungszeit entsteht ein Mehraufwand, der sich mittels Tafelwerten aus den folgenden Faktoren zusammensetzt:

$$W_o = W_o \cdot A \cdot f_1 \cdot \sum_1^n [(f_{ei} - 1) \cdot f_{st}]$$

Grundaufwand, Schalfläche oder Mauer- bzw. Betonkubatur eines Abschnitts, Lernfähigkeit der Kolonne, Anzahl der Ausführungen mit Einarbeitung, Einarbeitung des Einsatzes unter Berücksichtigung des Schwierigkeitsgrades, Einfluss der Länge der Störung (in Abhän-

gigkeit der Stärke der Wiedereinarbeitung).

Die andere Tabelle [4] findet wieder Erfahrungswerte. Dabei wird durch Umstellen der Arbeitsabläufe, Veränderung der Arbeitsfolgen oder Wegfall von Takt- und Fließfertigung ein Produktionsverlust von 4 % bis 12 % angesetzt. Weder der Tafel- noch der Erfahrungswert berücksichtigt dabei die konkreten Umstände der Baustelle. Es wird deutlich, dass weder Kennwerte noch Erfahrungswerte mittels der Baustellendokumentation nachvollziehbar ausgewertet und ermittelt werden können. Für eine konkrete Bewertung der Einarbeitungseffekte sind diese Werte aus Sicht der Verfasser lediglich für eine grobe „Orientierung“ geeignet, um ein Gefühl zu erhalten, ob es sich um eine Ablaufschwankung oder eine Ablaufstörung handelt.

Berechnungsverfahren für häufiges Umsetzen des Arbeitsplatzes

Bei einer guten Arbeitsvorbereitung wird ein optimaler Baufortschritt angestrebt. Dabei werden z. B. Transportstrecken oder Lagermöglichkeiten so gewählt, dass eine möglichst hohe Produktivität gewährleistet ist. Ein häufiges Umsetzen des Arbeitsplatzes zieht daher eine Änderung der Randbedingungen und damit eine Änderung der kalkulierten Leistung nach sich. Verändern sich die Randbedingungen gleich mehrfach, ist ohne eine „Neuausrichtung“ der Baustelle ein positiver Ausgang der Baumaßnahme in finanzieller und/oder zeitlicher Hinsicht nicht mehr zu erwarten.

Demnach sind dazu zwei Punkte zu berücksichtigen: Es stellt sich immer die Frage nach dem Zeitbedarf sowie den Kosten jeder Maßnahme. Werden die einzelnen Werte der Einflussgrößen aufaddiert, erhält man die zusätzliche Gesamtauswirkung, welche als Minderleistungen bzw. als Mehrkosten in eine Schadens-/Entschädigungs-/Mehrkostenberechnung eingeht. [3, S. 620 f.]

Zur Ermittlung können berücksichtigt werden: Das Umsetzen von Bauteilen, die Veränderung der Transportentfernung, das Umsetzen von Kleingeräten und Werkzeugen, das Umlagern von Baumaterial, das Umbauen von Gerüsten und Geräten, die Umlagerung des gesamten Baumaterials, der Umbau von Großgeräten (Bagger, Ramme usw.), die Änderung der Arbeitsvorbereitung, die Änderung der Baustelleneinrichtung, der zusätzliche Einsatz von Werkzeugen, Gerüsten oder Geräten, das Umbauen von Vorrichtungen und Lagerplät-

zen und der Umbau von Hebezeug (Kran, Aufzug, Autokran).

Die Tabelle von Petzschmann [4] bezieht sich wieder auf Erfahrungswerte. Danach wird durch Veränderung der Arbeitsabschnitte oder durch Anpassung bzw. Veränderung der Konstruktion ein Produktionsverlust von 8 % bis 16 % entstehen. Zutreffend formuliert Lang [3], dass es hier ggfs. der gesonderten Auswertung der Baustellendokumentation bedarf. Bei der Vielzahl der o.g. Störungsformen und den Möglichkeiten der Kombination von unterschiedlichen gleichzeitigen Einflussfaktoren wird deutlich, dass die von Petzschmann [4] dargestellten Werte auch in diesem Fall als wenig differenziert anzusehen sind.

Berechnungsverfahren für Änderung der optimalen Abschnittsgröße

Gerade bei sich regelmäßig wiederholenden Aufgaben wird, analog zur stationären Industrie, eine Takt- und Fließfertigung angestrebt. Hierfür besteht auf Baustellen die Möglichkeit, entsprechend sinnvolle, möglichst gleichartige, wiederkehrende Produktionsabschnitte zu bilden. Dadurch lässt sich z. B. ein besonders kostenintensives Gerät möglichst optimal in den Taktzyklus einplanen. Darüber hinaus lassen sich die Bauzeiten dadurch reduzieren. Bei Lang [3] ist für den Hochbau eine Tabelle mit „Änderungswerten“ angegeben. Es handelt sich hierbei um eine nicht weiter spezifizierte Tabelle von Krampert.

Die Tabelle von Petzschmann [4] bezieht sich auf Erfahrungswerte. Bei Änderung der Abschnittsgröße oder durch Umplanung infolge der Behinderung sei ein Produktionsverlust von 5 % bis 10 % möglich. Es wird abermals deutlich, dass die Veränderung der Abschnittsgröße lediglich groben Ansätzen und Einschätzungen unterliegt, die im Einzelfall gravierend höher oder auch niedriger ausfallen können. Darüber hinaus gelten die Ansätze bei Lang [3] lediglich für den ausgewiesenen Bereich des Hochbaus.

Berechnungsverfahren für nicht optimale Kolonnenbesetzung

Für den Hochbau gibt es Kennwerte hinsichtlich des Verhältnisses der Anzahl der Arbeitskräfte und der Kranauslastung. Weitere Kennwerte ergeben sich aufgrund der Anzahl an Arbeitskräften, welche durch entsprechendes Aufsichtspersonal betreut werden können. Aber auch durch die räumlichen Möglichkeiten der Baustelle werden Einschränkungen für die Kolonnenbesetzung gegeben. Somit lassen sich nicht beliebig viele Arbeitskräfte auf einer

Baustelle einsetzen. Nur unter Berücksichtigung zahlreicher Randbedingungen ist eine optimale Kolonnenbesetzung möglich. Bei Lang [3] wird gezeigt, wie sich die Leistung der Arbeitskräfte bei nicht optimaler Kolonnenbesetzung verändern kann.

$$\bar{e}_n = \sum t_n \cdot e_n$$

Dabei geht die Gesamtleistung mit nicht optimaler Kolonnenstärke, der prozentuale Stundenaufwand einer Tätigkeit mit nicht optimaler Kolonnenstärke sowie der Leistungsfaktor bei übergroßen Kolonnenstärken mit ein. Die Minderleistung ergibt sich aus der weiteren Formel:

$$\bar{m} = \sum t_n \cdot (1 - e_n)$$

Bei Verdopplung der täglichen Arbeitszeit von acht Stunden entsteht ein Leistungsabfall von 100 % (Nullleistung) für den Fall, dass verlorengangene Bauleistung durch Überstunden aufgeholt werden soll. Die Tabelle von Petzschmann [4] bezieht sich auf Erfahrungswerte, die bei einer Anpassung der Kolonnenbesetzung einen Produktivitätsverlust von 10 % bis 15 % ergeben. Es zeigt sich, dass die Annahmen der beiden Protagonisten bereits zu sehr unterschiedlichen Ausgangswerten führen. Welche der beiden Herangehensweisen für eine bestimmte Baustelle die richtige ist, ist nicht ohne Weiteres zu beantworten.

Berechnungsverfahren für einen nicht kontinuierlichen Arbeitsfluss

Der wirtschaftliche Erfolg einer Baumaßnahme ist dann zu erwarten, wenn diese möglichst frühzeitig geplant und auf eine Improvisation so weit wie möglich verzichtet wird. Dadurch sind die Randbedingungen für ein möglichst kontinuierliches Bauen gegeben. Ziel ist es, einen optimalen Arbeitsfluss und Arbeitsrhythmus zu erreichen. Hierdurch können versteckte Leistungsreserven „mobilisiert“ werden, die zur Leistungssteigerung maßgeblich beitragen. Ein nicht kontinuierlicher Arbeitsfluss führt letztendlich zur Demotivation des Mitarbeiters. Diese wird deutlich, wenn man sich vor Augen führt, dass bei einem nicht kontinuierlichen Arbeitsfluss die Arbeit nur schleppend vorangeht. Das Gefühl ist bekannt, dass die Zeit wie im Flug vergeht, wenn etwas Spaß macht, wo hingegen sich die Zeit bis zum Ende einer Tätigkeit ewig hinzieht, wenn diese keine Freude bereitet. Wie wird also die Minderleistung bei einem nicht kontinuierlichen Arbeitsfluss ermittelt? Die Ausführungszeit je Einheit gliedert sich in die Grundzeit, die Erholungszeit und die Verteil-

zeit. [3] Nach langjährigen Messungen hat sich ergeben, dass die Erholungszeit etwa 10 % und die Verteilzeit etwa 25 % der Grundzeit betragen. In der folgenden Gleichung wird dies noch einmal dargestellt.

$$t_e = 100\% t_g + 10\% t_g + 25\% t_g = 135\% t_g$$

Die Berechnung erfolgt nach der Reichweite der vorhandenen Unterlagen, z. B. wenn nur Pläne für die Leistungen vorhanden sind, die in den nächsten zwei bis drei Tagen ausgeführt werden sollen. Danach sind weitere Pläne und Unterlagen erforderlich, um die Arbeiten fortzusetzen. „Je kürzer die Reichweite der vorhandenen Unterlagen und der notwendigen Anweisungen ist, desto größer sind die zu erwartenden Folgen.“ [3] Die Tabelle [4] bezieht sich auf Erfahrungswerte, die bei einer fehlenden oder verspäteten Entscheidung bzw. der verspäteten Vorlage von Dokumenten einen Produktivitätsverlust von 10 % bis 15 % verursachen. Auch hier stellt sich die Frage, wie „aussagekräftig“ die beiden Herangehensweisen sind.

Berechnungsverfahren für Stilllegung und Wiederaufnahme der Bauarbeiten

Oftmals lässt sich das Ausmaß einer Behinderung nicht sofort einschätzen. Dies liegt regelmäßig daran, dass z. B. bei verspäteten Planlieferungen durch eine Vertragspartei der anderen Partei nicht bekannt ist, wann die Lieferung tatsächlich erfolgen wird. Der Bauablauf gerät bei vereinzelt Planlieferverzögerungen ins Stocken und kann sogar vollständig zum Erliegen kommen. Auch andere Ursachen wirken sich ähnlich aus. Sind die Arbeiten erst einmal zum Stillstand gekommen, können bereits erste Mehrleistungen (z. B. Sicherungsleistungen, Beseitigung von Gefahren, ...) entstanden sein. Nachdem die Störung beendet ist, sind ggfs. Maßnahmen zur Neuordnung der Baustelle erforderlich. Dabei sind zeitliche Verluste durch Warte- oder Leerlaufzeiten kaum zu vermeiden. Hinzu kommen Anlaufschwierigkeiten ohne direkte Behinderungen, wenn Arbeitskräfte, -geräte und -material unter den veränderten Randbedingungen heranzuführen sind. Nach Lang [3] gehören zu den erforderlichen Leistungen für die Stilllegung einer Baustelle zum Beispiel die Aufräumarbeiten, das Beseitigen von Bauschutt, das Herstellen von Schutzmaßnahmen gegen Witterungseinflüsse, das Herstellen von Schutzvorkehrungen gegen Diebstahl und mutwillige Zerstörung, die Absi-



VIELSEITIGE ELEKTRONISCHE ZUTRITTLÖSUNGEN

SYSTEMARCHITEKTUR je nach Anforderung online, offline, funk- vernetzt, Cloud-basiert und mobil.

SYSTEMPLATTFORM mit Türbeschlägen und -zylindern, Wandlesern, Spindschlössern, Software, Apps u. v. m.

SYSTEMKOMPONENTEN für Innen- und Außentüren, Feuer-/Rauchschutz-, Flucht- und Paniktüren, automatische Türsysteme, Aufzüge, Möbel u. v. m.

SICHERHEITSEXPO
26./27.6.2019, MÜNCHEN
HALLE 3, STAND B15

cherung der Baustelle gegen Unfallgefahren unbeteiligter Dritter, zusätzliche Lade- und Transportarbeiten, z. B. für Baumaschinen, Geräte, Werkzeuge, Gerüste, Schalungen oder Betonpumpen, zusätzliche Lade- und Transportarbeiten für Personaleinrichtungen wie Tagesunterkünfte oder sanitäre Einrichtungen, Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Baustelle bautechnischer Art, z. B. Grundwasserabsenkungen, die Heizung oder Lüftung bestimmter Bauteile, das Abdecken von Betonflächen oder Baumaterialien, die Lagerung von sehr empfindlichen Baustoffen, wie z. B. Spannstahl oder Einbauteile, die Entsorgung vorhandener Rohrleitungen, die Wartung und Pflege von Geräten, die Wartung von Baustraßen und Lagerflächen, der Abbau von außerordentlichen Verkehrseinrichtungen und die tägliche Kontrolle aller Sicherheitsvorkehrungen.

Für die Wiederaufnahme der Bauarbeiten müssen Leistungen berücksichtigt werden, wie zusätzlicher Aufwand für Neuorganisation oder Neueinweisung, Lade- und Transportarbeiten, zusätzliche Wegstunden für Beschaffungen aller Art, Ablauf- und störungsbedingte Warte- und Leerlaufzeit durch z. B. notwendige Vorlaufzeiten, fehlende Arbeitsvoraussetzungen (z. B. fehlendes Gerät), Nachschachtungen bei Erdarbeiten (zerstörte Böschungen, Gräben), Wiederaufbau von außerordentlichen Verkehrseinrichtungen. Ebenso müssen sonstige besondere Anlaufschwierigkeiten (bezüglich Personal, Anlieferung der Baustoffe, Auslastung der Geräte usw.) berücksichtigt werden. Hierfür sind bei

Lang [3] keine Formelwerte hinterlegt, sondern diese Auflistung versteht sich als Checkliste. Die Berechnung ergibt sich anhand von Zeitaufwandstafeln.

Bei der Tabelle von Petzschmann [4] handelt es sich bei den Erfahrungswerten nach Wegfall der hindernden Umstände um einen Produktivitätsverlust von 6 % bis 12 %.

Zwischenfazit

Die verschiedenen Berechnungsverfahren aus der Fachliteratur lassen sich bei komplexen Baumaßnahmen, insbesondere bei einer Überlagerung von mehreren Themenkomplexen, praktisch nicht anwenden. Der Grund dafür ist, dass eine Differenzierung der Ursachen für Produktivitätsänderungen sowie deren getrennte Bewertung nicht möglich ist, da sie sich aus einer Summe von Ursachen zusammensetzen können. Im Zusammenhang mit Störungen im Bauablauf ist jedoch das Vorhandensein von Produktivitätsänderungen zum einen unumstritten, zum anderen lassen sich Störungen im Bauablauf in der Regel nur unter Berücksichtigung dieser Thematik vollständig erfassen. Anhand der Kurzdarstellung lassen sich folgende Schwachpunkte bei der Ermittlung von Produktivitätsänderungen erkennen: Die genannten Methoden basieren im Wesentlichen auf Kennwerten, deren Grundlagen aus Sicht der Verfasser nicht ausreichend nachvollziehbar sind. Sie können daher zwar der Orientierung dienen, sind jedoch für eine konkrete baustellenbezogene Bewertung zu allgemein. Dennoch werden diese oder ähnliche Methoden gerne ange-

wendet. Aus Sicht der Verfasser stellen diese jedoch einen Anachronismus dar. Betrachtet man die aktuellen Forderungen zu bauablaufbezogenen Darstellungen sowie zu den Anforderungen, die an eine baustellenbezogene Dokumentation gerichtet werden, so stellen sich zwangsläufig die folgenden Fragen:

- Welche auf der Baustelle vorhandenen Unterlagen sind geeignet, um konkret darzustellen, welchen zeitlichen Einfluss unterschiedliche veränderte Randbedingungen auf die tatsächliche Leistungserbringung haben?
- Werden durch den Vergleich zwischen der kalkulierten (geplanten) Ausführung und der tatsächlichen Ausführung nicht „Äpfel“ mit „Birnen“ verglichen?
- War die bisherige geplante Produktivität überhaupt unter den vertraglich vereinbarten Randbedingungen zu erreichen?
- Wer trägt für die Produktivitätsveränderung die Verantwortung?
- Handelt es sich bei der eingetretenen Produktivitätsänderung um eine Primärstörung oder um Sekundärfolgen einer anderen Störung?

Darstellung von alternativen Berechnungsmethoden

Anhand der bisherigen Ausführungen wurde deutlich, dass ein konkreter Bezug zum tatsächlichen Bauablauf mittels Kennwerten bzw. Erfahrungswerten nicht zielführend ist. Um den ggfs. auch juristischen Anforderungen zu genügen, bedarf es der Auswertung der baustellenbezogenen Dokumentation.

Hierzu stehen üblicherweise folgende Unterlagen zur Verfügung:

Angebotskalkulation

Spundwandarbeiten										Währung in EUR	
OZ.	Menge	ME	K Kurztext/Positionsart				Stunden	Kosten			
1.11.180	872,000 m ²		Stahlpundbohlen einbringen Pressen				pro Menge	0,427	57,26		
							372,053	49.930,49			
	Menge	ME	K Bezeichnung	VS	WE /	Faktor	Stunden	Kosten			
U1	1,000 m ²		Stahlpundbohlen einbringen				0,427	57,26	0,427	57,26	
U11	1,000 m ²		Pressen				0,427	57,26	0,427	57,26	
	1,000 Tag	B1	Gerätesatz Presskolonne	4.294,48 EUR	/	75,000	0,427	57,26	0,427	57,26	
		LOHN	Mittellohn	Geräte	Betriebsstoffe						
			21,19	33,21	2,86						
pro ME			18.474,28	28.959,68	2.496,52						

Abb. 2: Ausschnitt Urkalkulation Geiger/Surmann

Bausteinkatalog

Spundwandarbeiten, Presskolonne										Währung in EUR	
OZ.	Menge	ME	Text	VS	WE	Faktor	Std/ME	Kosten/ME	Stunden	Kosten	
1	1 Tag		Gerätesatz Presskolonne				32,000	4.294,48	32,000	4.294,48 €	
	8,000 h		Spundwandpresse je Stunde	182,60 EUR		1,000		182,60		1.460,80 €	
	163,440		Betriebsstoffe	1,00 EUR		1,000		1,00		163,44 €	
	8,000 h		Schwimmkran	133,12 EUR		1,000		133,12		1.064,96 €	
			Mengenansatz: 8								
	8,000 h		Ponton	27,90 EUR		1,000		27,90		223,20 €	
			Mengenansatz: 8								
	32,000 h		Mittellohn	41,00 EUR		1,000	32,000	41,00	32,000	1.312,00 €	
			Mengenansatz: 4*8								
	8,000 h		Schute	8,76 EUR		1,000		8,76		70,08 €	
			Mengenansatz: 8								

Abb. 3: Ausschnitt Urkalkulation Baustein „Gerätesatz Presskolonne“ Geiger/Surmann

Nr.	Vorgangsname	Dauer	23. Jun'14					30. Jun'14					07. Jul'14					14. Jul'14					21. Jul'14																
			S	M	D	M	D	F	S	S	M	D	M	D	F	S	S	M	D	M	D	F	S	S	M	D	M	D	F	S	S	M	D	M	D	F	S	S	
1	(SOLL) Einbau Spundbohlen	12 Tage						30.06.																															

Abb. 4: Ausschnitt Soll-Terminplan Geiger/Surmann

SOLL:

																1 GE		
72	72	72	72	72	0	72	72	72	72	74	0	75	75	0	0	0	872	m ²
8	8	8	8	8	0	8	8	8	8	8	0	8	8	0	0	0	96	h

Abb. 5: Analyse des Soll Geiger/Surmann

1) Die Kalkulationsgrundlagen des Auftragnehmers (Ur- bzw. Vertragskalkulation).

Anhand derer lässt sich projektspezifisch erkennen, welche Leistungsansätze bzw. Aufwandswerte bei der Angebotserstellung bzw. zum Vertragschluss geplant waren (Abb. 2 und 3).

Anhand dieser Urkalkulation lassen sich folgende Kennwerte erkennen: Bei den exemplarisch betrachteten Arbeiten handelt es sich gemäß Kurztext um das Einbringen von Stahlspundbohlen durch den Einsatz einer (Spundwand-)Presse. Es ist eine Gesamtmenge von 872 m² vorgesehen. Der Aufwandswert beträgt 0,427 h/m² (= 4 AK x 8h/Tag/ 75 m²/Tag). Maßgeblich ist hierbei der „Faktor“ von 75,000 m²/Tag, da es sich in diesem Fall um den kalkulierten Leistungswert (eine Geräteeinheit, mit vier Arbeitskräften als Bedienung) handelt. Die Kosten pro Menge betragen 52,26 EUR/m² und resultieren aus einem Kalkulationsbaustein (B1 „Gerätesatz Presskolonne“). Die Kosten des Bausteins betragen 4.294,48 EUR pro (Arbeits-)Tag, wobei je Tag 8 h als Regelarbeitszeit vorgesehen wurden. Es ist erkennbar, dass u. a. eine Geräteeinheit (GE) „Spundwandpresse“ sowie vier Arbeitskräfte kalkuliert wurden.

2) Die Terminpläne mit der Darstellung der Vertragsleistung (Soll-Terminplan), welche die ursprünglichen zeitlichen Randbedingungen beschreiben.

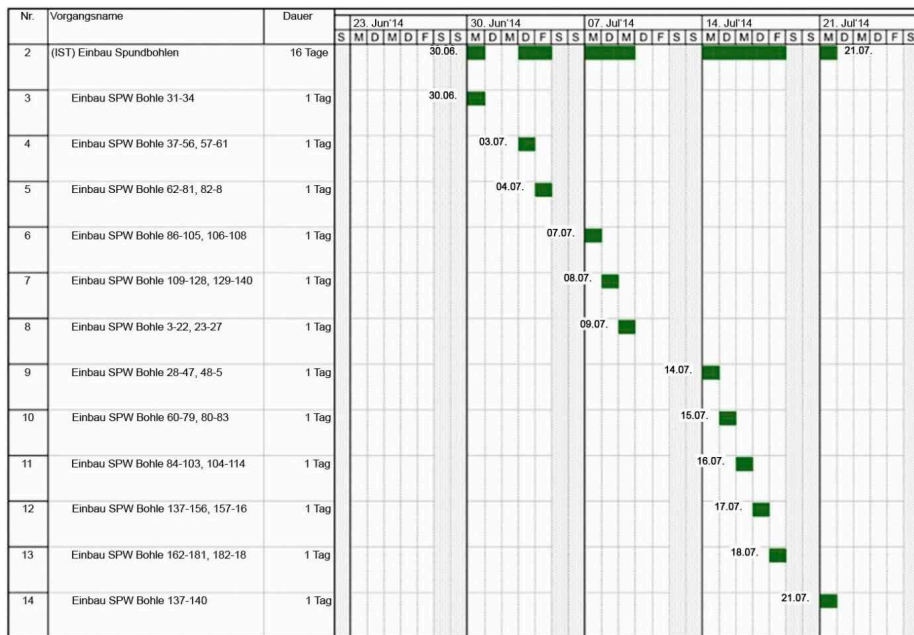


Abb. 6: Auswertung der Bautagesberichte Geiger/Surmann

Anhand der Terminpläne lässt sich erkennen, inwieweit der kalkulierte Leistungsansatz im Bauablauf zeitlich realisiert werden sollte. Durch Abgleich mit dem Leistungsverzeichnis und den kalkulierten Ressourcen ergibt sich ein deutliches Bild über den geplanten Bauablauf (Abb. 4).

Anhand des Soll-Terminplans lässt sich erkennen, dass für die Leistungen der Zeitraum vom 30.06.2014 bis zum 15.07.2014 vorgesehen war. In Summe sind dies zwölf

Arbeitstage – bei einer Leistung von maximal möglichen 75m²/Tag. Terminplan und Kalkulation sind zunächst als schlüssig und plausibel zu bezeichnen, sofern die 75 m²/T erreicht werden (s. u.). Alternativ lassen sich die bisherigen Erkenntnisse in Abbildung 5 darstellen.

Dargestellt sind in Grau die einzelnen Arbeitstage je Geräteeinheit (1 GE), die Pressfläche im Mittel je Arbeitstag (72 bis 75 m²) sowie die Arbeitszeit je Tag (8h).

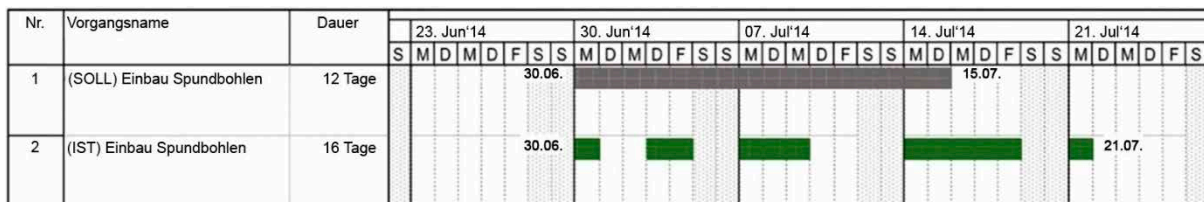


Abb. 7: Ausschnitt Soll-/Ist-Terminplan Geiger/Surmann

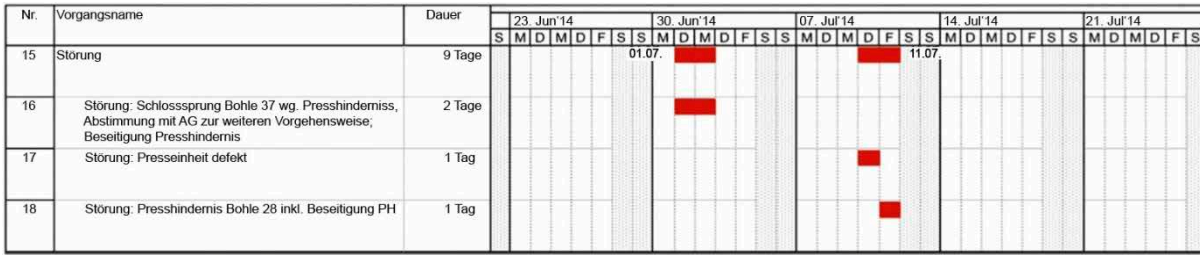


Abb. 8: Ausschnitt Soll-/Ist-Terminplan Geiger/Surmann

Leistung Pressprotokoll	Presse 1	Presse 2	PTK-Nr.	Fläche	Beginn BTB. Fa.	Ende BTB. Fa.	IST-Dauer [h]	IST-Lstg. [m²/h]	SOLL-Dauer [h]	Mehrzeit [h]
Einbau SPW Bohle 31-34	30.06.2014		1	65,00	07:00	19:00	12,00	5,42	6,93	5,07
Einbau SPW Bohle 37-56, 57-61	03.07.2014		2	65,00	07:00	19:00	12,00	5,42	6,93	5,07
Einbau SPW Bohle 62-81, 82-85	04.07.2014		3	70,00	07:00	19:00	12,00	5,83	7,46	4,54
Einbau SPW Bohle 86-105, 106-108	07.07.2014		4	72,00	07:00	15:00	8,00	9,00	7,68	0,32
Einbau SPW Bohle 109-128, 129-140	08.07.2014		5	76,00	07:00	15:00	8,00	9,50	8,10	0,00
Einbau SPW Bohle 1-2, 141-160, 161-164	09.07.2014		6	76,00	07:00	15:00	8,00	9,50	8,10	0,00
Einbau SPW Bohle 3-22, 23-27	14.07.2014		7	36,50	07:00	19:00	12,00	3,04	3,89	8,11
Einbau SPW Bohle 28-47, 48-59	15.07.2014	15.07.2014	8+9	98,50	07:00	19:00	24,00	4,10	10,50	13,50
Einbau SPW Bohle 60-79, 80-83	16.07.2014	16.07.2014	10+11	108,50	07:00	19:00	24,00	4,52	11,57	12,43
Einbau SPW Bohle 84-103, 104-114	17.07.2014	17.07.2014	12+13	111,50	07:00	19:00	24,00	4,65	11,89	12,11
Einbau SPW Bohle 115-136	18.07.2014	18.07.2014	14+15	122,50	07:00	19:00	24,00	5,10	13,06	10,94
Einbau SPW Bohle 137 - 140	21.07.2014	21.07.2014	16+17	120,50	07:00	19:00	24,00	5,02	12,85	11,15

Abb. 9: Auswertung der Pressprotokolle und der Bautagesberichte Geiger/Surmann

42

3) Die Bautagesberichte (BTB) dienen der Nachvollziehbarkeit, wann welche Leistungen tatsächlich ausgeführt wurden (Abb. 6).

Bei der taggenauen Gegenüberstellung des Ist-Bauablaufs mit dem Soll-Bauablauf lässt sich der tatsächliche Ausführungszeitraum erkennen. Der obere Balken stellt dabei die einzelnen taggenauen Tätigkeiten in Summe dar (Abb. 7).

Bei einer taggenauen Auswertung lassen sich einerseits die Unterbrechungen sowie andererseits die Verlängerungen der Ausführung erkennen (Abb. 8).

Diese resultieren zum Beispiel aus dem Vorhandensein von Presshindernissen im Boden (Risiko- und Verantwortungsbereich AG) sowie einem Defekt der Presseinheit (Risiko- und Verantwortungsbereich des AN).

4) Sofern gewerkespezifische weitere Unterlagen (Messprotokolle oder Messur-

kunden) vorliegen, lassen sich durch den taggenauen Abgleich der Leistung mit den Bautagesberichten weitere Informationen gewinnen.

So lässt sich z. B. mittels Pressprotokollen die tägliche Leistung genau feststellen und präzisieren. Hierbei gilt es insbesondere abzugrenzen, ob es sich bei der längeren Leistungsdauer tatsächlich um eine Mehrleistung infolge von Produktivitätsverlusten handelt oder schlicht um eine verlängerte Ausführung infolge einer erhöhten Ausführungsmenge (Abb. 9).

Anhand der Auswertung der Pressprotokolle lassen sich weitere Erkenntnisse gewinnen. Es wird deutlich, dass sich die tägliche Arbeitszeit von 8,0 h auf 12,0 h erhöhte. Weiterhin fällt auf, dass zum Ende der Leistung eine zweite Presseinheit zum Einsatz gekommen ist. Auch ist erkennbar, dass sich die Gesamtmenge von geplanten 872 m² auf tatsächlich ausgeführte 1.022 m² erhöhte. Der ursprüngliche Leistungsansatz von 75 m²

je 8 h konnte mehrfach erreicht werden und ist somit als realistisch zu bewerten (Abb. 10).

5) Zur Abgrenzung von Mengenveränderungen dienen auch die Abrechnungsunterlagen (Aufmäße und Rechnungen), aus denen sich z. B. Mehr- und Minderleistungen erkennen lassen.

Hierbei gilt es, den Leistungsstand zu einem bestimmten Zeitpunkt zu berücksichtigen. Weiterhin bedarf es der Abgrenzung zu möglichen Nachtragsleistungen durch geänderte oder zusätzliche Leistungen. So kann eine technische Änderung bereits durch entsprechende Nachträge eingeplant sein.

Auch der entsprechende Schriftverkehr sowie die übliche Baustellendokumentation (Besprechungsprotokolle) liefern weitere Informationen. So lassen sich hieraus insbesondere bauzeitliche Veränderungen sowie ggfs. deren Verursacher erkennen.

Wird z. B. die Reihenfolge der Arbeiten oder die ursprüngliche Abschnittsgröße ei-

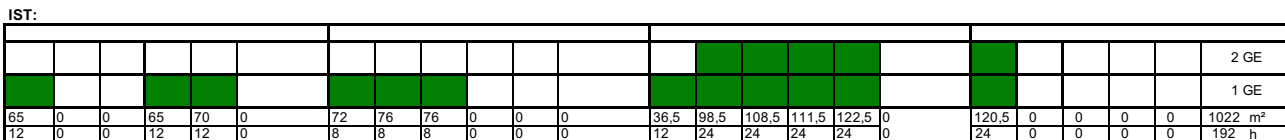


Abb. 10: Analyse des Ist Geiger/Surmann

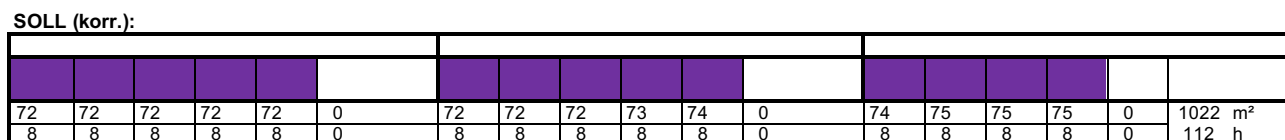


Abb. 11: Analyse des Soll (korrigiert) Geiger/Surmann

SOLL (korr. mit PV):

																								2 GE
																								1 GE
72	0	0	72	72	0	72	70	70	0	0	0	37	111,5	111,5	111,5	111,5	0	111,5	0	0	0	0	1022	m²
12	0	0	12	12	0	8	8	8	0	0	0	12	24	24	24	24	0	24	0	0	0	0	192	h

Abb. 12: Analyse des Soll (korrigiert mit PV) Geiger/Surmann

nes Bauabschnitts verändert, so lässt sich dies i. d. R. anhand des Schriftverkehrs oder der Besprechungsprotokolle erkennen und belegen. Dies ist insbesondere dann zu erwarten, wenn erforderliche Pläne nicht vorliegen und dann „improvisiert“ wird, damit die Arbeiten nicht vollständig zum Erliegen kommen. Auch andere Themen, wie die Baufreiheit durch fehlende Vorleistungen Dritter, spielen hierbei eine Rolle. Unzureichende Leistungsfähigkeit lässt sich ebenfalls erkennen, sofern dies entsprechend dargelegt wurde. Demzufolge lässt sich der Verursacher regelmäßig feststellen (Abb. 11).

Im Fall des Beispiels wird angenommen, dass der Grund für die Mengenveränderung aus einer geänderten Einbindetiefe sowie geänderten Geometrie resultiert, die durch den Auftraggeber angeordnet wurden.

Folglich ergibt sich die anschließende Sichtweise in Abbildung 12.

Bedingt durch die oben beschriebenen Darstellungen zeigt sich, dass sich die Ausführung durch

- die geänderte Leistungen,
- die Presshindernisse im Baugrund und
- den Gerätedefekt

einerseits verlängerte. Andererseits kam es infolge dieser Störungen darüber hinaus zu Produktivitätsänderungen. In Summe ergibt sich ein rechnerischer Verlust in Höhe von rund 42 %.

Der Wert lässt sich anhand der Formel projektspezifisch errechnen.

$$P_{\tilde{A}} = 100 - \frac{A_{Soll} \cdot 100}{A_{Ist}} = 100 - \frac{112h \cdot 100}{192h} = 41,67\% \cong 42\%$$

Fazit

Die Überprüfung der Plausibilität der zum Vertragsabschluss vorliegenden Unterlagen (Kalkulation und Terminplanung) sollte zwingend vorgenommen werden. Es gilt abzugrenzen, ob der ursprüngliche Kalkulationsansatz als Basis für eine später zu ermittelnde Produktivitätsveränderung überhaupt geeignet ist. So kann ein ursprünglich zu gering gewählter Leistungsansatz nur als ungeeignet für eine entsprechende Beurteilung angesehen werden. Um den ursprünglichen Ansatz zu verifizieren, besteht die Möglichkeit, diesen mit dem tatsächlichen Ist zu überprüfen. Existieren

z. B. ungestörte Bereiche im tatsächlichen Bauablauf, so lassen sich diese entsprechend zur Plausibilisierung heranziehen. Hier gibt es Parallelen zu neueren Methoden („measured mile“ [5]) der Bewertung.

Bestehen solche ungestörten Bereiche nicht, sind weitergehende Vergleiche bzw. Untersuchungen erforderlich. Unter Umständen sind zur ersten Bewertung des kalkulativen Ansatzes Tafelwerte wie die ARH-Tabellen [6], „Plümecke“ [7] oder „Ollesen“ [8] eine Orientierungshilfe. Es ist jedoch viel zielführender, die tatsächliche Leistungserbringung noch genauer zu analysieren. Oft zeigt sich, dass nach Auftragserteilung eine Vielzahl von veränderten Randbedingungen zu einer Veränderung der Ausführung und der Ausführungszeit führt. Dies lässt sich jedoch mit etwas Übung durchaus nachvollziehen und auch nachweisen. Dabei kommt es maßgeblich auf eine entsprechende Abgrenzung an.

1) Bei der Überprüfung des ursprünglichen Leistungsansatzes im tatsächlichen Bauablauf gilt es einerseits, die tatsächlichen Mengen mit den geplanten Mengen in Verhältnis zu setzen. Andererseits sind durch geänderte oder zusätzliche Leistungen mögliche Nachtragsleistungen zu untersuchen und, sofern vorhanden, zu berücksichtigen. Auch den Entfall von Leistungen gilt es ggfs. zu bewerten.

2) Weiterhin gilt es, eine Abgrenzung zwischen vollständigem Stillstand, Zeiten ohne Leistung (z. B. durch Ablaufumstellung) und Produktivitätsveränderungen zu differenzieren.

Es ist erschreckend, wie häufig es durch unzureichende Differenzierung zwischen Stillstandszeiten und sogar produktionsbedingten Wartezeiten zu völlig falschen Interpretationen kommt.

Es wird deutlich, dass zur Darlegung von Produktivitätsänderungen ein erhebliches Maß an Analyse und Auswertung zu betreiben ist. Die Berechnung der daraus resultierenden Mehrkosten ist dagegen eher ein „Kinderspiel“. Hierbei sind die Mehrkosten hinsichtlich der betroffenen Kostenart(en) (i. d. R. Lohn- und/oder Gerätekosten) sowie die Differenz zwischen der geplanten und der tatsächlichen



CHRISTOPH SURMANN

➤ Dipl.-Ing.; Vorstand, Gesellschafter MCE-Consult AG; Tätigkeiten: Gerichtsgutachter bei verschiedenen Amts- und Landgerichten, QM Lead Auditor, Erstellen baubetrieblicher gutachterlicher Stellungnahmen, Prüfen baubetrieblicher Ansprüche dem Grund und der Höhe nach, Durchführung von Schulungsmaßnahmen, Veröffentlichung von baubetrieblicher Fachliteratur. Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baupreisermittlung und Abrechnung im Hoch- und Ingenieurbau bei der Ingenieurkammer Bau NRW. Mitglied IK-Bau NRW, Sachverständigen-Ausschuss



CHRISTIAN GEIGER

➤ Dipl.-Ing. (FH); Fachbereichsleitung Baubetrieb, Prokurist, Gesellschafter MCE-Consult AG; Tätigkeiten: Erstellen baubetrieblicher gutachterlicher Stellungnahmen, Prüfen baubetrieblicher Ansprüche dem Grunde und der Höhe nach, Durchführung von Schulungsmaßnahmen, Veröffentlichung von baubetrieblicher Fachliteratur. Sachverständiger für Bauablaufstörungen und Terminplanung im Bundesverband Deutscher Sachverständiger und Fachgutachter e.V.

chen Leistung, die ausgeführten Mengen, Leistungsänderungen sowie nachweisbares Eigenverschulden zu berücksichtigen. ⬅ Die Quellenangaben stehen als **WEBINFO 193** zur Verfügung.