

Inhaltsverzeichnis

SÜNKEL	
Vorwort des Rektors der TU Graz.....	5
FELLENDORF	
Vorwort des Dekans der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften	6
LECHNER	
Vorwort des Institutsvorstandes für Baubetrieb und Bauwirtschaft	7
RAABER	
Festvortrag Rückblick.....	9
STADLER	
Festvortrag Seitenblicke – Innovation statt Preiskampf.....	13
HECK	
Festvortrag Ausblick.....	19
KAPPELLMANN	
Festvortrag Bau-Soll bei funktionaler Leistungsbeschreibung Oder: Die Pyramiden wurden auch ohne Juristen gebaut	25
A Baubetrieb	35
FECHTIG	
60 Jahre Entwicklung im Bau	37
MAIDL / MAIDL	
Prozesscontrolling mit Datenmanagement beim maschinellen Vortrieb.....	45
JODL	
Verwertung von Tunnelausbruchsmaterial – Chancen und Risiken	55
HOFSTADLER	
Beschaffungslogistik für die Phase Bauwerk-Rohbau	65
BUSCH	
Kontrolle des Bauablaufes mit neuen Medien	79
MOTZKO / PFLUG	
Informationsgewinnung aus Bildern im Baubetrieb.....	87
WERKL	
Nachhaltigkeitsbewertung im Spezialtiefbau?	95
PANKOKE	
Entwicklungen der Schalungs- und Gerüsttechnik – 40 Jahre PERI	105
BOCK	
Urban Mining – der nachhaltige Baubetrieb.....	121

B	Bauwirtschaft	131
	SCHÖPFER	
	Zur Bedeutung der Bauwirtschaft für Wohlstand und Beschäftigung ...	133
	STRECK	
	Leitbild Bau – Die Zukunft des Planens und Bauens in Deutschland ...	145
	TOFFEL	
	Von Claim-Brutstätten und Baukosten-Raketen	155
	GANSTER	
	Partnerschaft am Bau	165
	WANNINGER	
	Formblätter der öffentlichen Auftraggeber	175
	SCHUBERT	
	Das Problem des Nachweises von Leistungsstörungen bei der Bauabwicklung	189
	KROPIK / HEEGEMANN	
	Ein Modell für die monetäre Vertragsanpassung an einen geänderten Bauablauf	199
	SCHLAGBAUER	
	Bauwirtschaftliche Überlegungen zur täglichen Arbeitszeit	213
	BURTSCHER / TAUTSCHNIG	
	Änderungsmanagement beim Maximalpreis	229
	ELLMER	
	Die Bedeutung der Mengen im Bauvertrag zu Einheitspreisen	241
C	Baurecht	249
	HUSSIAN	
	Die Behauptungs- und Beweislast bei Mehrkostenforderungen	251
	DUVE	
	Gibt es Mehrkostenforderungen für die beschriebene Leistung?	263
	KARASEK	
	Die Geltendmachung von Nachtragsforderung nach der ÖNORM B 2110 Ausgabe 2009	277
	NÖSTLTHALLER	
	Zur Verfristung und Verjährung von Vergütungs- bzw. Schaden- ersatzforderungen bei Leistungsstörungen	291
	SEEBACHER	
	Die Rolle der örtlichen Bauaufsicht	307
	FISCHER	
	Projektkostensenkung bei der Vertragsabwicklung im Zusammenhang mit dem Leistungsänderungsrecht	325
	KURBOS	
	Schlechtwetter oder Baugrundrisiko?	339

PURRER	
Der „flexible“ Bauvertrag im Untertagebau	355
SCHIEDER	
Grundsätze zur Normenbindung für öffentliche und private Auftraggeber – noch nie gehört?.....	381
WACH	
Der Auftraggeberclaim	391
BODNER	
Kritische Betrachtung ausgewählter Submissions-Bestimmungen.....	403
HUBER	
Baustreitigkeiten und Lösungsmöglichkeiten.....	413
GRALLA / SUNDERMEIER / LEMBKE	
Bewältigung von Baustreitigkeiten im Adjudikations-Verfahren.....	425
GRUBER	
Das System des FIDIC Red Book im Hinblick auf die Geltend- machung von Bauzeitverlängerung und Mehrkosten.....	437
D Projektmanagement.....	457
PFARR	
Schadet es, wenn Architekten- und Ingenieurbüros kalkulieren können?.....	459
DIEDERICHS	
Construction Management (CM)	471
THALLER	
Was erwarten Bauherren von ihren Planern?.....	487
SCHOFER	
Generalunternehmer- oder Einzelvergabe.....	495
SANDER / SPIEGL / SCHNEIDER	
Probabilistische Kosten- und Risiko-Analyse für große Bauprojekte.....	507
WIGGERT	
Risikomanagement von Betreiber- und Konzessionsprojekten	519
SANDOVAL-WONG / SCHWARZ	
Risikomanagement: Realität und Herausforderungen in der Bauindustrie	533
GREINER	
Kybernetisches Bauprojektmanagement	547
SPANG / NOLTE	
Verbesserung der Bau-Projektkultur in Deutschland durch die Einführung einer verbindlichen Leitlinie	553
SCHICK / HÜTTER	
Der Prozess der Kostenschätzung innerhalb der Projektabwicklung der Öl- und Gasindustrie	563

ZUNK	Forderung nach einem neuen Marketingfokus in Unternehmen der Baubranche	577
BENQUE	Know-how-Transfer eines Dienstleisters im Gesundheitsbereich	595
E	Nachhaltig Bauen	609
ALFEN / KIESEWETTER / SCHWANCK	Lebenszyklusorientiertes Liegenschaftsmanagement deutscher Hochschulen	611
KALUSCHE	Grundstück, Finanzierung und Wohnungsmarkt	623
STOY	Investitions- und Nutzungskostenplanung mit dem europäischen Standard	639
BLÄSCHE	Instandhaltung von Industriebauten	649
MECKMANN	Entwicklung eines Modells zur Systematisierung von Betreiberrisiken im Facility Management	661
HASEWEND	Kann „Nachhaltig Bauen“ in Österreich jemals nachhaltige Wirklichkeit werden?	677
BERNER / HIRSCHNER	Green Building	691
F	Lehre und Forschung	703
GIRMSCHIED	Anforderungen an die Bauingenieurausbildung im 21. Jahrhundert	705
RIEDER	Ein interdisziplinärer Raum	721
KOCHENDÖRFER	Systemtechnik baulicher Anlagen	731
FRITSCH	Aufgaben und Herausforderungen für Bauingenieure im Rahmen der Liegenschaftsverwaltung in Graz	749
LANG / GREINER	Absolvent/innenumfrage 2009	759
	Diplom- und Masterarbeiten 1970 - 2009	775
	Dissertationen 1970 - 2009	794

B 8 Bauwirtschaftliche Überlegungen zur täglichen Arbeitszeit

Die „optimale“ Arbeitsdauer für Bauleistungen

Bmstr. Dipl.-Ing. Dieter Schlagbauer

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Technische Universität Graz

Lessingstraße 25/II

8010 Graz

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung und Problemstellung.....	214
2.	Die Mittellohnkosten	214
2.1	Die Ermittlung der Mittellohnkosten mit Hilfe des K3-Blattes	214
2.2	Berücksichtigung des Einflusses der Anzahl der Arbeitskräfteanzahl auf die Mittellohnkosten	214
2.3	Berücksichtigung des Einflusses der täglichen Arbeitszeit auf die Mittellohnkosten.....	215
3.	Der Leistungsverlauf bei körperlicher Beanspruchung	216
3.1	Arbeitsleistungskurven nach Lehmann	216
3.2	Burkhardt bzw. Winter	217
4.	Berechnungsbeispiel	218
4.1	Ausgangssituation	218
4.2	Beschreibung der Szenarien	219
4.3	Szenarienauswertung	220
4.4	Vergleich der unterschiedlichen Szenarien.....	225
5.	Ergebnis, Zusammenfassung	227

1. Einführung und Problemstellung

Die **Bauausführung** ist trotz intensiver Planung und Arbeitsvorbereitung als ein durchaus **dynamischer Prozess** zu verstehen. Aufgrund vielfältiger Ursachen stehen die Entscheidungsträger, also der Bauleiter oder die Unternehmensführung, vor der Entscheidung, **Änderungen** von dem **geplanten Bauablauf** vorzunehmen.

Ein nicht unerheblicher Anteil solcher Abweichungen geschieht nicht aus eigenem Antrieb, sondern wird aus **externen Zwängen**, wie zum Beispiel Änderung der terminlicher Vorgaben, Verzögerung beim bisherigen Bauablauf oder zu spät erbrachten Vorleistungen, verursacht. Andererseits können aber auch Entscheidungen aus **unternehmenspolitischer Sicht** getroffen werden, so dass beispielsweise eine Baustelle schneller abzuschließen ist, um einen weiteren Auftrag durchzuführen.

In dem vorliegenden Beitrag wird die Entscheidungsfindung mit Hilfe der Erkenntnis von zwei wesentlichen Parametern, nämlich der Anzahl der Arbeitskräfte und der täglichen Arbeitszeit, betrachtet.

Einführend werden die Auswirkungen dieser Parameter auf die Mittellohncosten und in weiterer Folge die aus der Literatur bekannten Bewertungsmöglichkeiten des **Einflusses der täglichen Arbeitszeit** dargestellt. Zur Verdeutlichung der Abhängigkeit werden ausgewählte Szenarien vorgestellt, um die Auswirkungen der Veränderung der einzelnen Parameter zu zeigen.

2. Die Mittellohncosten

2.1 Die Ermittlung der Mittellohncosten mit Hilfe des K3-Blattes

Entsprechend der ÖNORM B 2061 erfolgt die **Ermittlung der Mittellohncosten** mit den darin enthaltenen **Kalkulationsformblättern K3, H1, H2A, H2B und H3**. Die Verwendung dieser Formblätter soll die Vergleichbarkeit und Kontrollierbarkeit der Berechnung erleichtern. Auf eine grundlegende Erklärung der Vorgehensweise zur Handhabung wird hier verzichtet, es wird im Folgenden der Schwerpunkt auf die Einflüsse der später zu verändernden Parameter „eingesetzte Arbeitskräfte“ und „tägliche Arbeitszeit“ gelegt und die daraus resultierenden Auswirkungen aufgezeigt.

2.2 Berücksichtigung des Einflusses der Anzahl der Arbeitskräfteanzahl auf die Mittellohncosten

Die **Verteilung der Arbeitskräfte** entsprechend den Überlegungen der Arbeitsvorbereitung wird im **Hilfsblatt H1** eingetragen. Dazu wird die

Qualifikation der Arbeitskraft (z. B. Polier, Hilfspolier, angelernter Arbeiter, Hilfsarbeiter, ...), deren Anzahl, der kollektivvertragsgemäße Lohn sowie Aufzahlungen auf den Kollektivvertrag erfasst.

Zusätzlich kann auch unproduktives Personal (nicht mitarbeitender Polier, Lehrlinge,...) berücksichtigt werden, wobei auch hier die Anzahl, der kollektivvertragliche Lohn und Aufzahlungen einzutragen sind.

Aus diesen verschiedenen Annahmen des Kalkulanten zur Zusammenstellung der Arbeitspartie, die in Absprache mit der Arbeitsvorbereitung erfolgen sollte, lassen sich der kollektivvertragliche Mittelohn, die Umlage für unproduktives Personal und die überkollektivvertraglichen Mehrlohne ermitteln und können so in weiterer Folge im K3-Blatt übernommen werden.

Somit ist die Basis für die Mittelohnkostenermittlung im K3-Blatt geschaffen und die Berücksichtigung der Arbeitskräfteanzahl abgeschlossen.

2.3 Berücksichtigung des Einflusses der täglichen Arbeitszeit auf die Mittelohnkosten

Die **tägliche Arbeitszeit** findet in der Kalkulation nach ÖNORM B 2061 in drei unterschiedlichen Hilfsblättern Eingang. Vorwiegend erfolgt die Berücksichtigung im **Hilfsblatt H2B** durch die **Eingabe der täglichen Arbeitszeit** entsprechend der verschiedenen möglichen Arbeitszeitmodelle. Danach werden in diesem Blatt die Trennungsgelder entsprechend der Arbeitszeit eingetragen. Diese und weitere Aufzahlungen werden im Hilfsblatt berechnet und in weiterer Folge im K3-Blatt übernommen.

Aufbauend auf die Arbeitszeitüberlegungen wird im **Hilfsblatt H2A** die **Aufzahlung für Mehrarbeit** errechnet. Im Rahmen dieses Beitrages wurde ein Berechnungsbeispiel mit einem Arbeitszeitmodell mit Überstunden gewählt.

Basierend auf einer Grundarbeitszeit von 39 Stunden werden entsprechend der im H2B-Blatt ermittelten Wochenarbeitszeit Mehrarbeit bzw. Überstunden berücksichtigt. Aus dem Kollektivvertrag ergeben sich hierfür folgende Regelungen:

- die erste Stunde, die die 39 Stunden überschreitet, wird als Mehrarbeit mit einer Aufzahlung von 50 % und dem Faktor 1,3 berücksichtigt,
- alle weiteren zusätzlichen Stunden werden als Überstunden mit 50 %iger Aufzahlung und dem Faktor 1,3 eingetragen.

Ergebnis dieser Berechnungen im Hilfsblatt H2A ist die Aufzahlung für Mehrarbeit, welche in das K3-Blatt übernommen wird.

Eine abschließende Auswirkung der täglichen Arbeitszeit findet sich im **Hilfsblatt H3** bei der Ermittlung der Faktoren für die **umgelegten Sozialnebenkosten**, dem Mehrarbeitsfaktor (MAF = Normalarbeitszeit/ Gesamtstunden pro Woche), dem Fortzahlungsfaktor (FZF = Normalarbeitszeit/kollektivvertragliche Arbeitszeit), und dem Mehrlohnfaktor (MLF = KV-Mittelohn + Umlage unproduktives Personal/Mittelohn).

Mit Hilfe der Hochmaier-Formel können aus diesen Faktoren und den Angaben der WKÖ die umgelegten Sozialnebenkosten ermittelt und im K3-Blatt berücksichtigt werden.

3. Der Leistungsverlauf bei körperlicher Beanspruchung

Zum Thema „Arbeitsleistung“ im Zusammenhang mit der Arbeitszeit finden sich in der Literatur zwei Varianten zur Bewertungsmöglichkeiten aus den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts. Diese Bewertungsvarianten sind einerseits die Arbeitsleistungskurve nach Lehmann¹ und die Arbeitsleistungskurven nach Burkhardt² bzw. Winter³, welche in weiterer Folge auch von Lang⁴ in seinen Überlegungen zur Bauverzögerung und Leistungsänderung herangezogen wurden.

Auch die aktuelle Literatur zieht diese Berechnungsmethoden bei Baustreitigkeiten in Bezug auf die Abrechnung von Bauzeitverzögerungen und Kosten zur Berechnung der Mehr- oder Minderaufwendungen heran.⁵

Es zeigt sich in den beiden zitierten Überlegungen zum Leistungsverlauf, dass die Arbeitsleistung zu Beginn auf einem hohen Niveau liegt und mit zunehmender Arbeitsdauer abnimmt. Dieser Effekt lässt sich mit körperlicher und geistiger Ermüdung erklären. Nachfolgend werden kurz die beiden, in der bauwirtschaftlichen Literatur vorhandenen, Arbeitsleistungskurven beschrieben.

3.1 Arbeitsleistungskurven nach Lehmann

Lehmann⁶ beschreibt die physiologischen Effekte (Einarbeitung, Ermüdung) und Veränderungen (Lerneffekte und Einübung sowie Training), die ein Körper während der täglich zu bewältigenden Arbeitszeit durchlebt und skizziert in Ableitung daraus seine „Arbeitsleistungskurven“.

¹ Lehmann: Praktische Arbeitsphysiologie, Dissertation, Dortmund, 1962.

² Burkhardt: Kostenprobleme der Bauproduktion, Berlin: Bauverlag, 1963.

³ Winter: Die lohnintensive Auftragsfertigung in der Bauindustrie, Dissertation, Aachen, 1966.

⁴ Vygen/Schubert/Lang: Bauverzögerung und Leistungsänderung, Köln: Werner Verlag, 2008, 5. Auflage.

⁵ Vgl. Kropik/Krammer: Mehrkostenforderungen beim Bauvertrag, Wien: Wirtschaftsverlag, 1999.

⁶ Vgl. Lehmann: Praktische Arbeitsphysiologie, Dissertation, Dortmund, 1962.

Lehmann teilt dabei die Arbeitsbelastung in mäßig anstrengende und hoch körperlich belastende Arbeit ein und stellt hier die unterschiedlichen Verläufe dar.

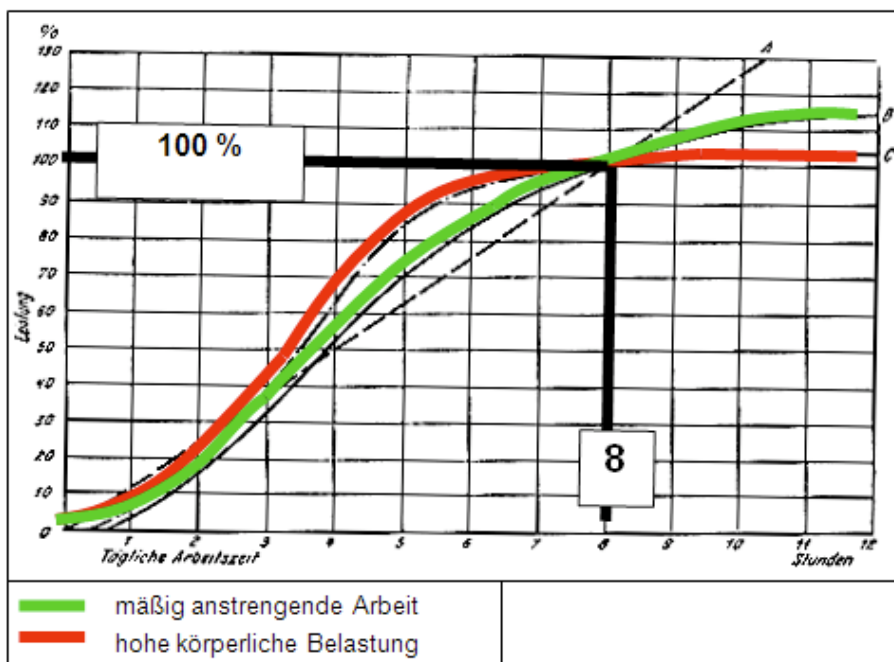


Bild 1: Leistungskurve nach Lehmann⁷

Die Darstellung von Lehmann geht dabei von einer Arbeitsleistung von 100 % nach 8 Stunden Arbeit aus und gibt für die jeweiligen darüber und darunter liegenden Arbeitsdauern den Prozentwert der möglichen zu erbringenden Arbeitsleistung dar.

Lehmann beschreibt den Verlauf der Arbeit bis zur zwölften Arbeitsstunde, wobei hier nach Lehmann nur mehr eine zusätzliche Arbeitsleistung von 15 bzw. 5 % gegenüber der Arbeitsleistung nach 8 Stunden.

3.2 Burkhardt bzw. Winter

Burkhardt⁸ und in weiterer Folge Winter⁹, der Burkhardt's Leistungskurven für mathematische Berechnungen modifiziert hat, stützen ihre Überlegungen auf Untersuchungen von Burkhardt, der eine Leistungsstudie bei geräteintensiven Bagger- und Scaperarbeiten durchgeführt hat. Burkhardt führt dabei aus, dass in der Bauwirtschaft die körperliche

⁷ Vgl. Lehmann: Praktische Arbeitsphysiologie, Dissertation, Dortmund, 1962.

⁸ Vgl. Burkhardt: Kostenprobleme der Bauproduktion, Berlin: Bauverlag, 1963.

⁹ Vgl. Winter: Die lohnintensive Auftragsfertigung in der Bauindustrie, Dissertation, Aachen, 1966.

Arbeitsleistung der Bauarbeiter durch den Geräteeinsatz verstärkt wird und die Verwendung, der bei Gerätearbeiten erhobenen Daten, daher auch für andere Tätigkeiten verwendet werden kann.

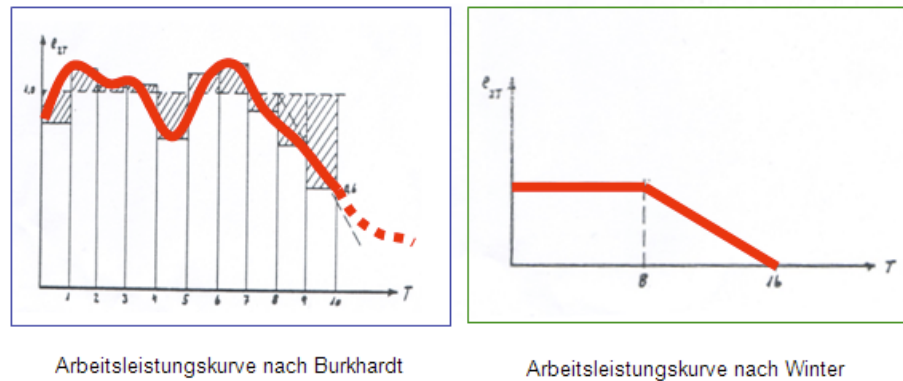


Bild 2: Leistungskurven nach Burkhardt und Winter

Burkhardt und Winter stellen die jeweilige stündliche Arbeitsleistung im Verhältnis zur durchschnittlichen täglichen Arbeitszeit dar. Erkennbar ist auch in diesen beiden Darstellungen ein starker Leistungsabfall in der achten Arbeitsstunde bzw. nach 8 Stunden.

Burkhardt's Darstellung endet bei 10 Arbeitsstunden bei einem Wert von ca. 0,5, was bedeutet, dass ein Arbeiter in der zehnten Arbeitsstunde noch die Hälfte der durchschnittlichen stündlichen Arbeitsleistung erbringen kann.

Winter extrapoliert den Leistungsverlauf bis zur sechzehnten Stunde und prognostiziert, dass in der sechzehnten Arbeitsstunde keine zusätzliche Arbeitsleistung erbracht wird.

4. Berechnungsbeispiel

Nachdem in den vorhergehenden Kapiteln die aus der Literatur bekannten Einflussfaktoren auf die tägliche Arbeitszeit vorgestellt wurden, soll im Folgenden anhand unterschiedlicher Szenarien verdeutlicht werden, wie sich Entscheidungen der Firmen- bzw. Bauleitung auf die Kosten im Bereich der Lohnleistung des gewerblichen Personals auswirken können.

4.1 Ausgangssituation

Nachfolgend werden für die Tätigkeit Mauerwerksbau fünf Szenarien behandelt und es erfolgt jeweils die Ermittlung des BMLP der Arbeitspartie sowie der Vergleich der Kosten für die zu erbringende Leistung für einen Arbeitsabschnitt, wobei wesentlich ist, dass sich zwischen den

Szenarien nur eine Variation der folgenden Parameter vorgenommen wird:

- tägliche Arbeitszeit
- Anzahl der Arbeitskräfte

Für die Ermittlung der Leistung im Mauerwerksbau wurde entsprechend der vorhandenen Literaturwerte aus der ARH ein Grundaufwandswert mit **0,35 Std/m²** für die weitere Berechnung festgelegt. Weiters wird der Einarbeitungseffekt¹⁰ nach Blecken bei der Berechnung berücksichtigt.

Alle weiteren auftretenden Einflussfaktoren, wie zum Beispiel Arbeitsplatzgröße, Motivation der Bauarbeiter, Temperatur bei der Leistungserbringung und die Baustellenlogistik, werden hingegen ausgeklammert. Diese Abgrenzung ist notwendig, da schon durch die Variation der oben genannten Parameter eine Vielzahl an Veränderungen ergeben und eine umfangreichere Bearbeitung weiterer Einflussfaktoren den Rahmen dieses Beitrags sprengen würden.

4.2 Beschreibung der Szenarien

Aufbauend auf einem Grundszenario (Szenario 1) werden im Rahmen dieses Beitrags durch die Parametervariation die zu vergleichenden Szenarien beschrieben und die wesentlichen Variablen sowie die Überlegung, warum diese Szenario in der Praxis zum Einsatz kommen kann vorgestellt.

4.2.1 Szenario 1 (4 AK, 8h tägliche Arbeitszeit)

Das Szenario 1 entspricht der Ausgangssituation, welche die Überlegungen der Arbeitsvorbereitung¹¹ zu Grunde legt. Darin ist geplant, dass 4 Arbeitskräfte bei einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden den Mauerwerksarbeiten zugeteilt werden.

Diese Arbeitspartie besteht aus einen mitarbeitenden Vorarbeiter, einem Maurer sowie zwei Helfern.

¹⁰ Einarbeitungseffekt siehe Reichl: Studie zum Einarbeitungseffekt im Bauwesen - Am Beispiel der Herstellung von Stahlbeton, Diplomarbeit TU Graz, 2003.

¹¹ Arbeitsvorbereitung siehe Baierl: Die Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb mit den Schwerpunkten Planungsmaßnahmen und Baustellenanalyse, Masterarbeit, TU Graz, 2009.

4.2.2 Szenario 2 (4 AK, 12h tägliche Arbeitszeit)

Um die Ausführungsdauer zu verkürzen, wurde in Szenario 2 von der Bauleitung die tägliche Arbeitszeit von 8 auf 12 Stunden für die Zeit der Mauerwerksarbeiten erhöht, um dem Wunsch der Verkürzung der Bauzeit durch den AG gerecht zu werden.

Die Partiezusammenstellung bleibt gleich wie in Szenario 1.

4.2.3 Szenario 3 (6 AK, 9h tägliche Arbeitszeit)

Auch Szenario 3 trägt den veränderten Rahmenbedingungen Rechnung, allerdings wurde im Wesentlichen die Anzahl der Arbeitskräfte erhöht. Dadurch ergibt sich folgende neue Arbeitskräftezusammenstellung: ein mitarbeitender Vorarbeiter und zwei Maurer sowie 3 Helfer.

Die Arbeitszeit wurde noch geringfügig von 8 auf 9 Stunden erhöht, um eine verkürzte Ausführungszeit der Mauerwerksarbeiten zu erreichen.

4.2.4 Szenario 4 (5 AK, 10h tägliche Arbeitszeit)

Im Szenario 4 wurde die tägliche Arbeitszeit nochmals um eine Stunde ausgeweitet, dafür jedoch die Arbeitspartiestärke um einen Mann (Helfer) reduziert. Somit ergibt sich in diesem Fall eine tägliche Arbeitszeit von 10 Stunden bei einem Einsatz von 5 Arbeitskräften.

4.2.5 Szenario 5 (5 AK, 12h tägliche Arbeitszeit)

Anknüpfend auf das vorhergehende Szenario mit der Überlegung, weitere Arbeitstage einzusparen, wurde die tägliche Arbeitszeit von 10 auf 12 Stunden erhöht. Die Anzahl und Verteilung der Arbeitskräfte wurde gegenüber dem Szenario 4 beibehalten.

4.3 Szenarienauswertung

Um die Szenarien zu vergleichen und auszuwerten, wurden die Mittel-lohnkosten und die Aufwandswerte unter Berücksichtigung des Einarbeitungseffektes ermittelt und in weiterer Folge die Arbeitszeiteffekte nach Lehmann bzw. Winter berücksichtigt.

Der Ansatz von Burkhardt wurde nicht dargestellt, da die Ansätze von Burkhardt in die Überlegungen von Winter eingeflossen sind und hier ein mathematisches Berechnungsmodell in der Literatur vorliegt.

4.3.1 Mittellohnkostenermittlung

Die Ermittlung der Mittellohnkosten erfolgte mit Hilfe der EXCEL-Kalkulationsformblätter K3_NEU, H1_NEU, H2A_NEU, H2B_NEU und H3_NEU, die dem Heft 16¹² der Schriftenreihe des Instituts entnommen wurden. Auf eine genaue Erklärung der Vorgangsweise wird hier verzichtet, da eine ausführliche Anleitung zur Verwendung der Kalkulationsformblätter ebenfalls im Heft 16 der Schriftenreihe zu finden ist.

4.3.2 Ermittlung des Aufwandswertes unter Berücksichtigung des Einarbeitungseffektes

Bei der Ermittlung des resultierenden Aufwandswertes wurde das Verfahren nach Blecken¹³ herangezogen, da es für die hier vorliegende Tätigkeiten mit der einzigen Abhängigkeit von der Wiederholungsanzahl als praktikabel angesehen wird. Weitere Verfahren, die durch die Kenntnis der Einflussparameter unterschiedliche Ergebnisse liefern, wurden bereits in der Diplomarbeit von Reichel¹⁴ dargestellt und verglichen.

Im Zuge des vorliegenden Beitrags wird der Einarbeitungseffekt berücksichtigt, da sich mit jedem zusätzlichen Bauarbeiter, auch mit der Menge der auszuführenden Leistung, der Einfluss der Einarbeitung verändert und sich somit Auswirkungen auf die Ausführungsdauer ergeben.

Den Fehler, den Einarbeitungseffekt gänzlich zu vernachlässigen und nur mit dem Grundaufwandswert in die Kalkulation einzusteigen, sollte jedoch nicht gemacht werden, da die Aufwandswerte bereits in diesem Beispiel bei einer geringen Ausführungsmenge von 400 m², durch die Einarbeitung um 0,75 bis 1,06 % ansteigen.

4.3.3 Berücksichtigung der täglichen Arbeitszeit

Nach Behandlung des Einarbeitungseffekts wird im nächsten Berechnungsschritt der Einfluss der täglichen Arbeitszeit anhand der bestehenden Literaturquellen bewertet. Aus dem Diagrammen von Lehmann¹⁵ bzw. Winter¹⁶ wird die tägliche Arbeitsleistung entsprechend der täglichen Arbeitszeit abgelesen.

¹² Nöstthaller: Schriftenreihe des Instituts für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Heft 16 ,2. Auflage 2008.

¹³ Blecken: Bauzeit und Baukosten im Stahlbetonbau, Zeitschriftenartikel BMT 2, Februar 1984.

¹⁴ Reichel: Studie zum Einarbeitungseffekt im Bauwesen- Am Beispiel der Herstellung von Stahlbeton, Diplomarbeit TU Graz, 2003.

¹⁵ Lehmann: Praktische Arbeitsphysiologie, Dissertation, Dortmund, 1962.

¹⁶ Winter: Die lohnintensive Auftragsfertigung in der Bauindustrie, Dissertation, Aachen, 1966.

Somit kann die tägliche Arbeitsleistung der Partie aufgrund des durchschnittlichen Aufwandswertes unter Berücksichtigung des Einarbeitungseffektes ermittelt und so jene Anzahl von Arbeitstagen bzw. Arbeitsstunden ermittelt, um die vorgegebenen Arbeitsmenge von 400 m^2 zu erreichen. Abschließend werden diese Arbeitsstunden mit der Anzahl der Arbeitskräfte multipliziert und durch die zu erbringende Gesamtleistung (400 m^2) dividiert. Somit ergibt sich der Aufwandswert unter Berücksichtigung der täglichen Arbeitszeit und der Einarbeitung.

Im hier vorgestellten Berechnungsbeispiel wurden Aufwandswerte im Bereich von $0,3537$ bis $0,4675 \text{ Std/m}^2$ ermittelt. Dies bedeutet eine weitere Steigerung des Aufwandswertes von $0,0 \%$ bis $32,6 \%$ zusätzlich zur Berücksichtigung des Einarbeitungseffektes.

4.3.4 Ergebnisse der Berechnungen der einzelnen Szenarien

Nachfolgend werden die einzelnen Ergebnisse der Szenarioberechnungen aufgelistet und mit kurzen Kommentaren versehen. Eine Gegenüberstellung der Szenarioergebnisse findet sich im nächsten Abschnitt nach der Szenarioeinzelergebnisse.

4.3.4.1 Szenario 1 (4 AK, 8h tägliche Arbeitszeit)

Bei der Berücksichtigung des Einarbeitungseffektes errechnet sich ein durchschnittlicher Gesamtaufwandswert $AW_{E1} = 0,3537 \text{ Std/m}^2$ und eine Arbeitsstundensumme $S_{A, E1} = 141,49 \text{ Std/m}^2$ auf Grundlage der Überlegungen der Arbeitsvorbereitung. Dies stellt die Vergleichsbasis für die weiteren untersuchten Szenarien dar.

Berücksichtigt man in weiterer Folge die Arbeitszeiteffekte ergibt dies folgende neue Werte:

- nach Lehmann
 - $AW_{E1,L} = 0,3550 \text{ Std/m}^2$ und
 - $S_{A, E1,L} = 142,00 \text{ Std/m}^2$
- nach Winter-Standarddiagramm
 - $AW_{E1,W} = 0,3537 \text{ Std/m}^2$ und
 - $S_{A, E1,W} = 141,49 \text{ Std/m}^2$

Im Vergleich der Berücksichtigungsmodelle zeigt sich hier nur eine geringe Abweichung im Aufwandswert und in den Gesamtlohnstunden. Dieser Unterschied hängt lediglich von der Arbeitsdauer am letzten Arbeitstag ab und ist bei Lehmann geringfügig niedriger als bei Winter, da der Grenzwert für Einflüsse nach Winter die 8 Arbeitsstunden sind.

4.3.4.2 Szenario 2 (4 AK, 12h tägliche Arbeitszeit)

Durch die Veränderung der Randbedingungen mit einer verlängerten Arbeitszeit errechnet sich bei der Berücksichtigung des Einarbeitungseffektes ein durchschnittlicher Gesamtaufwandswert $AW_{E2} = 0,3531 \text{ Std/m}^2$ und eine Arbeitsstundensumme $S_{A, E2} = 141,23 \text{ Std/m}^2$. Berücksichtigt man in weiterer Folge die Arbeitszeiteffekte, resultieren folgende neue Werte:

- nach Lehmann:
 - $AW_{E2,L} = 0,4395 \text{ Std/m}^2$ und
 - $S_{A, E2,L} = 175,80 \text{ Std/m}^2$
- nach Winter-Standarddiagramm:
 - $AW_{E2,W} = 0,3908 \text{ Std/m}^2$ und
 - $S_{A, E2,W} = 156,32 \text{ Std/m}^2$

Im Vergleich der beiden Bewertungsmodelle zeigt sich hier eine hohe Abweichung im Aufwandswert und in den Gesamtlohnstunden beim Verfahren nach Lehmann. Dies ist auf die stark abfallende Leistung im Bereich der 10. bis 12. Stunde zurück zu führen.

4.3.4.3 Szenario 3 (6 AK, 9h tägliche Arbeitszeit)

Durch die Erhöhung der Arbeitskräfte und der Verringerung der täglichen Arbeitszeit errechnet sich bei der Berücksichtigung des Einarbeitungseffektes ein durchschnittlicher Gesamtaufwandswert $AW_{E3} = 0,3530 \text{ Std/m}^2$ und eine Arbeitsstundensumme $S_{A, E3} = 141,20 \text{ Std/m}^2$. Berücksichtigt man in weiterer Folge die Arbeitszeiteffekte ergibt dies folgende neue Werte:

- nach Lehmann
 - $AW_{E3,L} = 0,3570 \text{ Std/m}^2$ und
 - $S_{A, E3,L} = 142,80 \text{ Std/m}^2$
- nach Winter-Standarddiagramm
 - $AW_{E3,W} = 0,3570 \text{ Std/m}^2$ und
 - $S_{A, E3,W} = 142,80 \text{ Std/m}^2$

Im Vergleich der beiden Bewertungsmodelle zeigt sich hier fast keine Abweichung im Aufwandswert und in den Gesamtlohnstunden bei der Anwendung der unterschiedlichen Verfahren. Dies ist auf die nur geringfügigen Unterschiede im Leistungsrückgang in der 9. Stunde zurück zu führen.

4.3.4.4 Szenario 4 (5 AK, 10h tägliche Arbeitszeit)

Durch Verringerung der Arbeitskräfte und der Erhöhung der täglichen Arbeitszeit auf 10 Stunden errechnet sich bei der Berücksichtigung des Einarbeitungseffektes ein durchschnittlicher Gesamtaufandswert $AW_{E4} = 0,3531 \text{ Std/m}^2$ und eine Arbeitsstundensumme $S_{A, E4} = 141,24 \text{ Std/m}^2$.

Berücksichtigt man in weiterer Folge die Arbeitszeiteffekte, ergibt dies folgende neue Werte:

- nach Lehmann:
 - $AW_{E4,L} = 0,4038 \text{ Std/m}^2$ und
 - $S_{A, E4,L} = 161,50 \text{ Std/m}^2$
- nach Winter-Standarddiagramm
 - $AW_{E4,W} = 0,3650 \text{ Std/m}^2$ und
 - $S_{A, E4,W} = 146,00 \text{ Std/m}^2$

Im Vergleich der beiden Bewertungsmodelle ergibt sich wieder eine größere Abweichung im Aufwandswert und in den Gesamtlohnstunden bei der Anwendung der unterschiedlichen Verfahren. Dies ist auf die Unterschiede im Leistungsrückgang in der 10. Stunde zurück zu führen und zeigt, dass die Lehmannschen Annahmen gerade im Bereich ab 10 Arbeitsstunden stärker von Winter abzuweichen beginnen.

4.3.4.5 Szenario 5 (5 AK, 12h tägliche Arbeitszeit)

Durch Erhöhung der täglichen Arbeitszeit auf 12 Stunden errechnet sich bei der Berücksichtigung des Einarbeitungseffektes ein durchschnittlicher Gesamtaufandswert $AW_{E5} = 0,3526 \text{ Std/m}^2$ und eine Arbeitsstundensumme $S_{A, E5} = 141,06 \text{ Std/m}^2$.

Berücksichtigt man in weiterer Folge die Arbeitszeiteffekte, ergibt dies folgende neue Werte:

- nach Lehmann
 - $AW_{E5,L} = 0,4675 \text{ Std/m}^2$ und
 - $S_{A, E5,L} = 187,00 \text{ Std/m}^2$
- nach Winter-Standarddiagramm
 - $AW_{E5,W} = 0,3840 \text{ Std/m}^2$ und
 - $S_{A, E5,W} = 153,60 \text{ Std/m}^2$

Im Vergleich der Berücksichtigungsmodelle entsteht bei diesen Überlegungen eine noch größere Abweichung im Aufwandswert und in den Gesamtlohnstunden bei der Anwendung der unterschiedlichen Verfahren als im vorhergehenden Szenario. Dies ist auf die größer

werdenden Unterschiede im Leistungsrückgang nach der 10. Stunde zurück zu führen.

4.4 Vergleich der unterschiedlichen Szenarien

Im Vergleich der unterschiedlichen Szenarien zeigt sich, dass die Berücksichtigung des **Einarbeitungseffektes** nur geringe Auswirkungen bei unterschiedlicher Anzahl der Arbeitstage und täglicher Arbeitszeit hat und der Aufwandswert nur im Bereich von **0,3526 Std/m² und 0,3537 Std/m²** schwankt.

Erheblich stärkere Auswirkungen hat die Berücksichtigung des Effekts der täglichen Arbeitszeit, wobei die beiden in der Literatur vorhandenen Berechnungsverfahren zur Leistungsfähigkeit größere Abweichungen ergeben.

Bei **Lehmann** ergeben sich Aufwandswerte im Bereich von **0,3550 Std/m² bis 0,4675 Std/m²**. Der hohe Aufwandswert mit einer Steigerung um 24,47 % ergibt sich im Szenario mit einer täglichen Arbeitszeit von 12 Stunden. Bleibt die tägliche Arbeitszeit im Bereich bis zu 9 Stunden, erfolgt bei Lehmann, wie auch bei Winter, ein gleichartiger Anstieg auf 0,3570 Std/m², was eine Steigerung zum Aufwandswert mit Einarbeitungseffekt in Höhe von 1,13 % bedeutet.

Bei der Berücksichtigung der Arbeitszeit bei der Berechnung nach Winter ergeben sich Aufwandswerte von 0,3537 Std/m² bis 0,3908 Std/m² bzw. prozentuellen Steigerungen von 1,13 bis 10,68 %, wobei auch hier der Maximalwert bei einer täglichen Arbeitszeit von 12 Stunden erzielt wird.

Diese unterschiedlichen Steigerungen bei den beiden bekannten Verfahren begründen sich vor allem in den zuvor erklärtem unterschiedlichen Grundlagen der Kurven, denn Lehmann geht von einer gleichmäßigen körperlichen Belastung aus, die z. B. im Hochbau bei Mauerwerksarbeiten oder Betonierarbeiten erreicht wird. Andererseits basiert das Diagramm von Winter auf Beobachtungen von Burkhardt, der maschinelle Arbeitsvorgänge auf Baustellen beobachtete. Dies erklärt auch die niedriger angesetzten Verluste bei längerer Tätigkeit, da er nie eine gleichmäßige Vollbelastung während des Arbeitstages zugrunde legt.

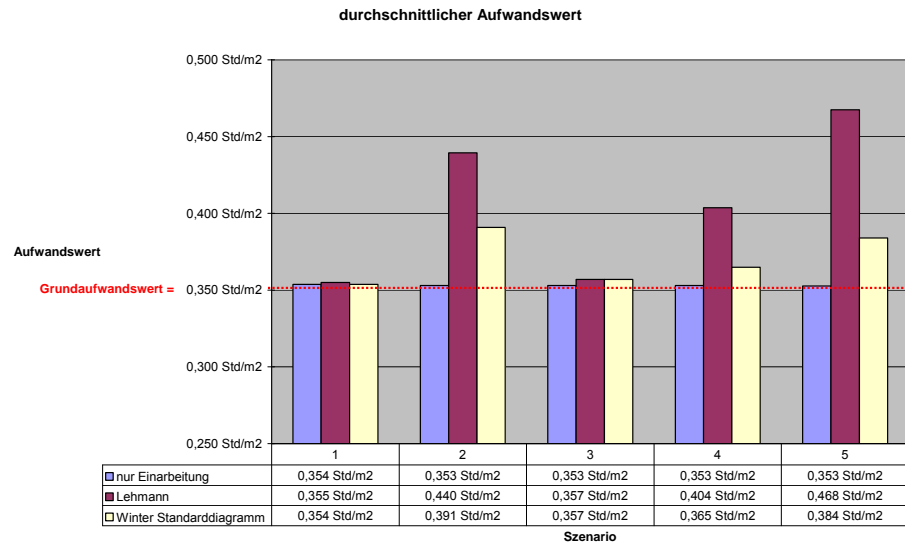


Bild 3: Szenarienvergleich – durchschnittlicher Aufwandswert

Betrachtet man nun die wirtschaftlichen Auswirkungen der unterschiedlichen Szenarien, zeigt sich als erstes nur eine geringfügige Schwankung in den **Mittellohnkosten von EUR 29,20 bis EUR 30,06**. Nimmt man Szenario 1 mit Mittellohnkosten von EUR 29,32 als Grundlage, ergibt dies Veränderungen von - 0,38 % bis + 2,55 %.

Um die **Gesamtkosten** der Leistung zu ermitteln, wurden die jeweiligen zuvor ermittelten Gesamtlohnstunden der einzelnen Szenarien mit den Mittellohnkosten multipliziert. Dadurch ergaben sich Kosten für die Errichtung von **400 m² Mauerwerk** in Höhe von **EUR 4147,89 bis EUR 5576,17** (also eine Steigerung von 34,43 %) im Szenario 5. Diese Steigerung setzt sich aus einer Steigerung der Mittellohnkosten und des Aufwandswertes zusammen, wobei die Mittellohnkosten-Steigerung 1,72 % beträgt.

Lohnkosten		
Szenario	Lehmann	Winter-Standarddiagramm
1	4.162,82 EUR	4.147,89 EUR
2	5.134,01 EUR	4.565,12 EUR
3	4.250,33 EUR	4.250,33 EUR
4	4.855,09 EUR	4.389,12 EUR
5	5.576,17 EUR	4.580,21 EUR

Tabelle 1: Gesamtlohnkosten

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, ergeben sich für Szenarien mit längerer täglicher Arbeitszeit (2 und 5) entsprechend der Berechnung von Lehmann deutlich höhere und nach Winter erhöhte Kosten.

Aus Sicht des Unternehmers wesentlich sind aber nicht nur die Gesamtkosten, sondern auch die Gesamtdauer der Arbeiten, ausgedrückt in Arbeitstagen.

Arbeitstagedifferenz zu Variante 1			Mehrkosten für einen Arbeitstag	
Szenario	Lehmann	Winter-Standarddiagramm	Lehmann	Winter-Standarddiagramm
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,78	-1,16	1545,50	394,19
3	-1,79	-1,78	49,83	59,07
4	-1,21	-1,50	668,65	170,00
5	-1,32	-1,86	1433,34	256,44

Tabelle 2: Arbeitstage und Mehrkosten je Arbeitstag

Daher erfolgte in Tabelle 2 eine Aufstellung über die möglichen Einsparungszeiten im Vergleich zum Grundszenario 1. Dabei ist ersichtlich, dass das größte Zeitsparpotential in Szenario 3 mit einer Einsparung von 1,79 bzw. 1,78 Arbeitstagen vorhanden ist und die größte Abweichung zwischen der Berechnung von Lehmann und Winter bei jenen beiden Szenarien vorherrscht, bei denen die Arbeitszeit mit 12 Stunden festgelegt wurde.

Um die wirtschaftliche Betrachtung abzuschließen, wurde ermittelt, welche Mehrkosten bei der Einsparung eines Arbeitstages entstehen, denn dies ist vermutlich die wesentlichste Kenngröße im Hinblick auf die Überlegung der Veränderung von Partiestärke und täglicher Arbeitszeit.

Dabei stellt sich heraus, dass infolge dieser Überlegungen das Szenario 3 mit 6 Arbeitskräften und einer täglichen Arbeitszeit von 9 Stunden ausgewählt werden sollte, da hier für die Einsparung eines Arbeitstages nur Mehrkosten in Höhe von EUR 49,83 bzw. EUR 59,07 entstehen.

5. Ergebnis, Zusammenfassung

Der Vergleich der unterschiedlichen Szenarien zeigt, dass der Einarbeitungseffekt ebenso wie die Mittellohnenkosten nur einen geringen, aber nicht vernachlässigbaren Einfluss auf die Kostenentwicklung hat.

Die **tägliche Arbeitszeit** hat vor allem bei einer Arbeitszeit von **mehr als 9 Stunden enormen Einfluss** auf die Aufwandswerte und somit auf die Kosten der zu erbringenden Leistung.

Die Entscheidung, welche der beiden vorhandenen Literaturquellen für die Ermittlung des Arbeitszeiteffektes heranzuziehen ist, sollte durch einen Vergleich der jeweiligen Arbeitsbelastung mit den Überlegungen auf denen die Arbeitsleistungskurven beruhen, getroffen werden.

Bei einem **überwiegendem** Anteil von hoher **körperlicher Belastung** bzw. gleichbleibender Belastung über den gesamten Arbeitstag, wie z. B. bei Betonier- oder Mauerwerksarbeiten, sollte die Leistungskurve nach **Lehmann** herangezogen werden.

Bei **intervallartigen Tätigkeiten** mit wiederkehrenden **Pausen** bzw. bei Maschinenführertätigkeiten bildet die Arbeitsleistungskurve von **Winter** die tatsächlich vorherrschenden Baustellenbedingungen besser ab.

Somit ist es nicht möglich, eine generelle Aussage zur Anwendung der Arbeitsleistungskurven zu machen. Wesentlich für die hier dargestellte Entscheidungsfindung ist es jedoch, die jeweilige Baustellensituation mit etwaigen Besonderheiten und speziellen Einflußgrößen zu berücksichtigen und somit einer **bestmöglichen Annäherung** den tatsächlichen **Baustellenablauf abstrahiert abzubilden** und ein **Bewertungsmodell** für den **Mehraufwand** aufzustellen.