

Bauzeitschätzung in den frühen Planungsphasen anhand projektspezifischer Referenzgebäude

A. Händler

DOI: <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201805141054-0>

M. Eng. Andreas Händler
Institut für Baubetrieb
Universität der Bundeswehr, München
andreas.haendler@unibw.de

Inhalt

1	Einleitung	100
2	Stand der Wissenschaft und Technik	100
2.1	Gliederung: Direkte und Indirekte Verfahren	101
2.2	Zusammenfassung und kritische Würdigung der untersuchten Ansätze	103
2.2.1	Indirekte Verfahren	103
2.2.2	Direkte Verfahren.....	103
2.2.3	Schlussfolgerung	105
3	Forschungsansatz	106
3.1	Ermittlung des projektspezifischen Referenzgebäudes	107
3.1.1	Ermittlung der Grundfläche des Referenzgebäudes.....	107
3.1.2	Ermittlung möglicher Gebäudegrundrissformen und des Gebäudeumfangs	110
3.1.3	Ermittlung des dreidimensionalen Referenzgebäudes	110
3.2	Ermittlung der Bauzeit auf Grundlage des Referenzgebäudes	110
4	Zusammenfassung	111

1 Einleitung

Neben den Kosten und der Qualität stellt die Bauzeit einen der drei wichtigsten Parameter zur Bestimmung des Projekterfolgs dar. Die Einhaltung vertraglich fixierter Termine in der achten HOAI-Leistungsphase (LPH) ist dabei grundsätzlich auch von der auftraggeberseitigen Vorgabe realistischer und angemessener Bauzeiten abhängig, die in LPH 1 und 2 festgelegt werden.

Die Ermittlung der Bauzeit kann nach der Erstellung der ersten Bauentwürfe (LPH 2) anhand von Ablaufplänen erfolgen, deren Prozessdauern auf der Grundlage von Fertigungsmengen und Aufwands- bzw. Leistungswerten¹ bestimmt werden können. Jedoch sind die hierfür notwendigen Informationen vor der Erstellung des ersten Bauentwurfs (LPH 1) noch unzureichend, insbesondere aufgrund der noch nicht bekannten Fertigungsmengen. Deshalb wurden mehrere Ansätze entwickelt, die eine Bauzeitschätzung auf der Grundlage „einfacher“ Bezugsgrößen, wie z. B. der geschätzten Baukosten, dem BRI und/oder der Gebäudegrundfläche ermöglichen sollen. Aber auch bei vorliegendem Bauentwurf werden auftraggeberseitig häufig vereinfachte Ansätze bevorzugt. Die Betrachtung des eigentlichen Bauprozesses, der zur Bestimmung realistischer Bauzeiten von fundamentaler Bedeutung ist, findet dabei erst durch den Auftragnehmer statt.

Eine Untersuchung des Verfassers hat ergeben, dass die entwickelten Regressionsmodelle, die auf empirischen Auswertungen abgeschlossener Bauprojekte beruhen, zur Bauzeitschätzung ungeeignet sind, da diese zum Teil baubetrieblichen Grundsätzen widersprechen (vgl. Kapitel 2.2).

Deshalb wird ein neues Verfahren zur Ermittlung realistischer und angemessener Bauzeiten entwickelt, das anhand der Vorgaben zur Objektplanung in LPH 1 zunächst ein für die Typologie wahrscheinliches Referenzgebäude generiert und dieses als Grundlage zur Erstellung eines Ablaufplans in Form eines Netzplans verwendet. In LPH 2 und 3 kann die ermittelte Bauzeit anhand des tatsächlichen Gebäudeaufbaus überprüft und bei Bedarf mit Hilfe des Verfahrens angepasst werden. Obwohl zunächst auf die Rohbauphase von Büro- und Verwaltungsgebäuden beschränkt, kann die Methodik auch auf weitere Bauwerksarten und/oder Gewerke übertragen werden.

Der vorliegende Beitrag stellt eine Weiterentwicklung des Beitrags von Händler/Schwarz (2017) dar.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

Die nachfolgende Darstellung beschränkt sich auf die Zusammenfassung und kritische Würdigung der gesichteten Verfahren. Für die ausführliche Darstellung des Stands der Wissenschaft und Technik sei an dieser Stelle auf Händler/Schwarz (2017) verwiesen.

¹ Eine Vielzahl von Veröffentlichungen, wie z.B. Institut für Zeitwirtschaft und Betriebsberatung Bau (2016), enthalten Aufwands- und Leistungswerte zu verschiedensten Bauprozessen.

Die gesichteten Verfahren dienen der Ermittlung der Rohbauzeit, Gesamtbauzeit oder Gesamtprojektdauer einschließlich Planung. Zur generellen Bewertung der entwickelten Ansätze ist diese Tatsache jedoch unerheblich.

2.1 Gliederung: Direkte und Indirekte Verfahren

Zunächst können ressourcenabhängige Indirekte Verfahren und ressourcenunabhängige Direkte Verfahren unterschieden werden. Indirekte Verfahren können in rechnerische und graphische Methoden und Direkte Verfahren in Abhängigkeit von der jeweils zugrundeliegenden Bezugsgröße gegliedert werden (vgl. Abbildung 1).

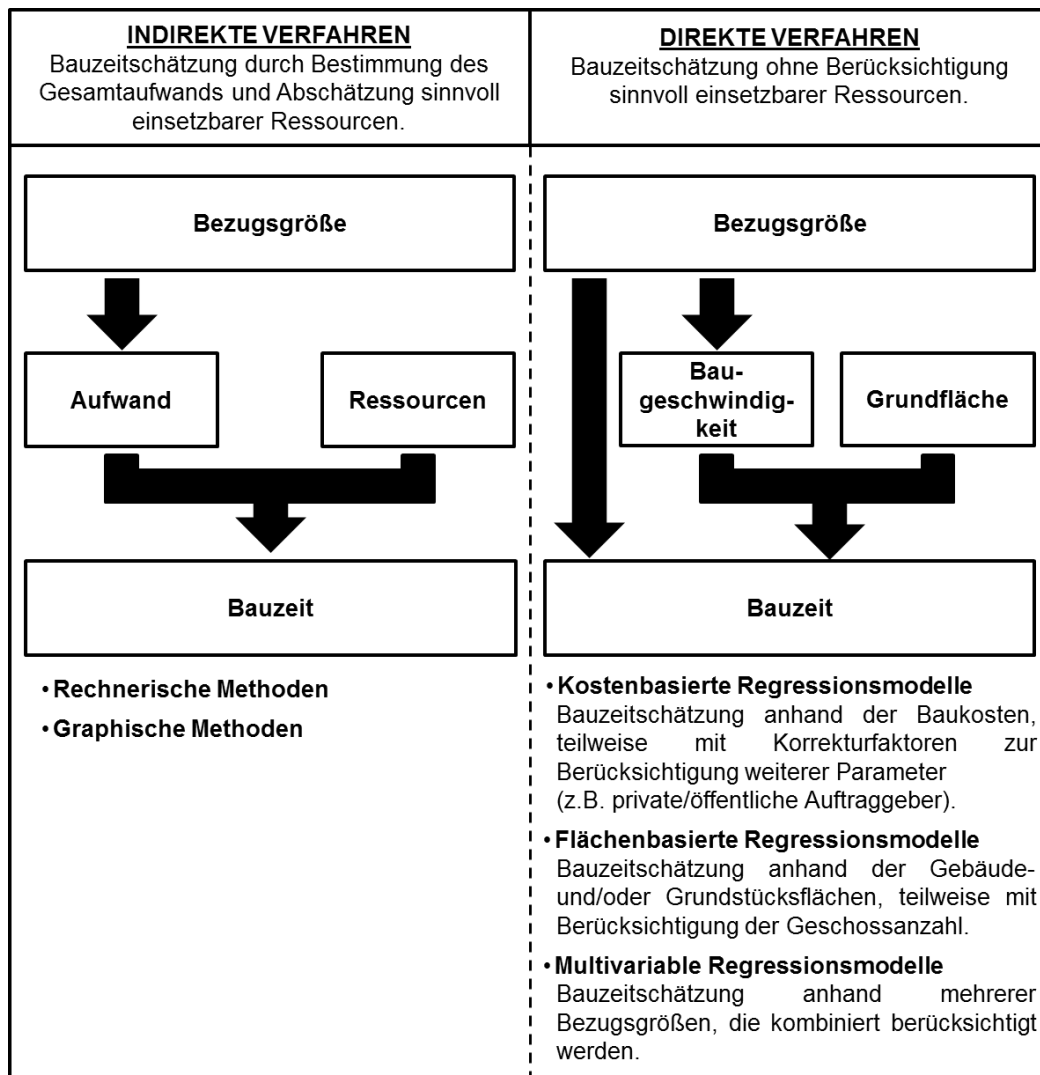


Abbildung 1: Indirekte und Direkte Verfahren zur Bauzeitschätzung (Definition und Gliederung)²

Während in der deutschsprachigen Literatur die ressourcenabhängigen Indirekten Verfahren überwiegen, stellen in der englischsprachigen Literatur die Direkten Verfahren den Regelfall dar. Einige Ansätze sind exemplarisch in Tabelle 2 dargestellt.

² Vgl. Händler/Schwarz (2017), S. 233 ff.; die angegebene Gliederung beschreibt die gesichtete Literatur.

Tabelle 1: Direkte und Indirekte Verfahren zur Bauzeitschätzung (Exemplarische Auszüge)³

Quelle	Aufwandfunktion/Zeitbedarfsfunktion	Erläuterungen	INDIREKTE VERFAHREN		DIREKTE VERFAHREN		
			RECHNERISCHE METHODEN	KOSTENBASIERTE MODELLE	FLÄCHENBASIERTE MODELLE	MULTIVARIABLE MODELLE	
Hruschka (1969), Abschnitt 3.32	$w_{Rb} = 0,68 + 3,88 \cdot g$	w_{Rb} – Stundenaufwand (Rohbau) [Ah/(m³BR)] g – verbautes Baustoffgewicht [Mp/m³BR]					
Platz (1982), S. 97 f	Allgemein: $w_{Stb} = f \cdot (s \cdot w_{Sch} + 0,001 \cdot f_e \cdot w_{Bew} + w_{Bet}) \cdot z$ Vereinfacht durch Ansatz durchschn. Verhältnisse für Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten: $w_{Stb} = f \cdot (1,50 \cdot s + 4,0) \cdot z$	w_{Stb} – Stundenaufwand (Stahlbetonarbeiten) [Ah/m³BR] s – Schalungsanteil [m²Schalung/m³Beton] w_{Sch} , w_{Bew} , w_{Bet} – Aufwandswerte f. Schalen (Sch) [h/m²], Bewehren (Bew) [h/to] und Betonieren (Bet) [h/m³Beton] z – Zuschlag für Einrichten und Räumen BE sowie sonstige Arbeiten [-] f_e – Bewehrungsanteil [kg/m³Beton] f – Feststoffanteil [m³Baustoff/m³BR]					
Greiner/Mayer/Stark (2009), S. 155 ff	Vereinfacht durch Ansatz durchschn. Verhältnisse für Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten: $w_{Stb} = 0,12 \cdot (s + 3,40)$						
Bromilow (1969), S. 73 f	Allgemein: $T = K \cdot C^B$ Hochbau in Australien (C in Mio. AUD): $T = 350 \cdot C^{0,30}$	T – Bauzeit [AT] K – generelle Leistung in AT zur Abwicklung eines Bauprojekts mit Baukosten von 1,0 Mio. Währungseinheiten C – Baukosten [Mio. AUD bzw. NGN] B – Verhältnis zwischen genereller Leistung und Projektgröße gemessen an den Kosten					
Ogunsemi/Jagboro (2006), S. 257	Hochbau in Nigeria; Alle Projekte (C in NGN): $T = 118,563 - 0,401 \cdot C$ (für $C \leq 408$) $T = 603,427 + 0,610 \cdot C$ (für $C > 408$)						
Kumaraswamy/Chan (1995), S. 212, 215	Allgemein: $T = L \cdot A^M$ Alle öffentlichen Projekte: $T = 89,8 \cdot A^{0,203}$	T – Bauzeit [AT] L – generelle Leistung in AT zur Fertigstellung einer Grundfläche von 1,0 m² A – Grundfläche [m²] M – Verhältnis zwischen genereller Leistung und Projektgröße gemessen an der Grundfläche					
Jarkas (2016), S. 4, 6	Bürogebäude: $T = 453,97 + 0,0103 \cdot CA + 1,92 \cdot NFAG + 58,54 \cdot NFBG$	CA – Baufläche einschließlich Arbeits- und Lagerflächen [m²] $NFAG$ – Anzahl oberirdischer Geschosse [-] $NFBG$ – Anzahl unterirdischer Geschosse [-]					
Guerrero/Villacampa/Montoyo (2014), S. 865, 872	$T' = 0,474 \cdot GFA^{0,148} \cdot Floors^{0,120} \cdot \left(\frac{C}{GFA}\right)^{0,359} \cdot Type$	T' – Baugeschwindigkeit [m³BGF/Monat] GFA – "Gross Floor Area" [m²] $Floors$ – Geschossanzahl [-] C – Baukosten [EUR] $Type$ – Korrekturfaktor für Gebäudeart (1,313 für Einfamilienhäuser; 0,687 für Gewerbauden; 1,0 für alle übrigen Hochbauten) $GEFA$ – "Gross External Floor Area" [m²]					
Stoy/Dreier/Schalcher (2007), S. 60	$\ln(T') = 4,753 + 0,0002 \cdot GEFA - 0,001 \cdot \frac{C}{GEFA}$						

³ Eigene Darstellung.

2.2 Zusammenfassung und kritische Würdigung der untersuchten Ansätze

2.2.1 Indirekte Verfahren

Zusammenfassend ist erkennbar, dass die gesichteten deutschsprachigen Veröffentlichungen häufig auf „Erfahrungswerten“ beruhen, deren Herkunft und Genauigkeit nicht weiter belegt wurden oder aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl des Datenmaterials nicht aussagekräftig sind.⁴

Bei den rechnerischen Methoden ergeben sich z. B. bei der Aufwandsfunktion für die Bewehrungsarbeiten nach Greiner/Mayer/Stark (2009) eindeutige Widersprüche.⁵ Diese führt für alle in der Baupraxis gängigen Stabdurchmesser zu negativen Aufwandswerten.

Die Anwendung der graphischen Methode von Sommer (2009) ist, aufgrund der hierin nicht näher spezifizierten Schwierigkeitsgrade „einfach“, „mittel“, „schwierig“ und „sehr schwierig“ und dem nicht definierten Anwendungsbereich (Stahlbeton- und/oder Mauerwerksbau),⁶ nicht zweifelsfrei möglich. Die Ergebnisse sind deshalb unmittelbar von der subjektiven Einschätzung der Eingangsdaten durch den Anwender abhängig. Bei der Entwicklung des neuen Verfahrens zur Bauzeitschätzung ist zwingend auf eine eindeutige und objektive Anwendbarkeit zu achten.

2.2.2 Direkte Verfahren

Im Gegensatz zu den Indirekten Verfahren, erfolgt die Bauzeitschätzung bei den Direkten Verfahren ohne die Berücksichtigung der Ressourcenanzahl. Weitere Parameter, die neben der Ressourcenanzahl einen unbestreitbaren Einfluss auf die Bauzeit haben können, sind z. B. die eingesetzten Fertigungsverfahren, der Bauablauf, die Gebäudegrundfläche, die Geschossanzahl, die Qualität der Planung, etc.

Die gesichteten Direkten Verfahren beruhen auf statistischen Auswertungen abgeschlossener Bauprojekte, ohne jedoch Ressourcenanzahl, Fertigungsverfahren und weitere zuvor genannte Parameter bei der Datenanalyse näher zu berücksichtigen. Da bei der Entwicklung der Regressionsmodelle die jeweiligen Bezugsgrößen lediglich auf die tatsächliche Bauzeit bezogen wurden, werden auch lediglich die tatsächlich eingesetzten Ressourcen und nicht die Ressourcenanzahl zugrunde gelegt, die zur wirtschaftlichen Umsetzung der Bauaufgabe zweckmäßig wäre. Dementsprechend kann nicht davon ausgegangen werden, dass die entwickelten Regressionsmodelle grundsätzlich dazu geeignet sind, um angemessene oder wirtschaftliche Bauzeiten zu ermitteln.

Kostenbasierte Regressionsmodelle

Mit Ausnahme des Ansatzes von Ogunsemi/Jagboro (2006), führen steigende Baukosten bei allen gesichteten Regressionsmodellen zu höheren Bauzeiten (vgl. Tabelle 1).⁷ Da je nach

⁴ Vgl. z.B. Sommer (2009), S. 110; Drees/Spranz (1976), S. 86 f.

⁵ Vgl. Greiner/Mayer/Stark (2009), S. 158.

⁶ Vgl. Sommer (2009), S. 110.

⁷ Vgl. Ogunsemi/Jagboro (2006), S. 257.

Fertigungsverfahren allerdings kürzere Bauzeiten bei höheren Baukosten realisiert werden können (z. B. Einsatz von Fertigteilen), führt dies zu Widersprüchen bei der baubetrieblichen Analyse der Regressionsmodelle. Gleiches gilt für Änderungen des Bauentwurfs zur Kostenreduzierung, aus denen keine Änderung der Bauzeit resultiert (z. B. Material a statt Material b).

Wenn die Baukosten überhaupt als sinnvolle Bezugsgröße verwendet werden können, so sind diese nach Ansicht des Verfassers differenzierter zu betrachten. Einzig Dursun/Stoy (2012) nehmen bei ihrer Untersuchung eine differenzierte Betrachtung der Kosten vor.⁸ In den übrigen Veröffentlichungen sind die in den Baukosten enthaltenen Kostenanteile nicht näher spezifiziert.

Grundsätzlich gilt, dass die Ermittlung der (tatsächlichen) Bauzeit auf der Grundlage statistischer Auswertungen abgeschlossener Projekte, zwingend auf der Grundlage der tatsächlichen Baukosten und nicht der geplanten Baukosten erfolgen muss. Andernfalls würden zusätzliche Leistungen, Nachträge, Störungen usw. zwar die Bauzeit, nicht aber die Baukosten beeinflussen, die bei der Modellbildung zugrunde gelegt werden. Dennoch wird z. B. von Czarnigowska/Sobotka (2013) und Sousa et al. (2014) die Auffassung vertreten, dass die geplanten Kosten bei der Modellentwicklung die geeignete Bezugsgröße darstellen.⁹

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass kostenbasierte Regressionsmodelle währungsabhängig und damit landesspezifisch anzupassen sind. Aufgrund der genannten Widersprüche, scheinen sie zur Bauzeitschätzung ungeeignet. Zwar wurden von vielen Autoren bereits vielversprechende Ergebnisse vorgestellt, die jedoch nach Ansicht des Verfassers nicht abschließend auf Stringenz geprüft wurden. Hier wird beispielhaft auf das Regressionsmodell von Ogunsemi/Jagboro (2006) in Tabelle 1 verwiesen, das zur weiteren Anwendung in der Baupraxis vorgeschlagen wurde, allerdings für den Kostenbereich von ca. 296 bis 408 Mio. NGN¹⁰ negative Bauzeiten liefert.

Flächenbasierte Regressionsmodelle

Obwohl der Begriff „Floor Area“ in der englischsprachigen Literatur als Sammelbegriff¹¹ verwendet wird, verwenden Kumaraswamy/Chan (1995) diesen als Bezugsgröße ihres flächenbasierten Regressionsmodells (vgl. Tabelle 1) ohne diesen näher zu definieren.¹² Da weiterhin die Geschossanzahl unberücksichtigt bleibt, kann daraus geschlossen werden, dass von einer Baugeschwindigkeit ausgegangen wird, die unabhängig von der Geschossanzahl ist. Da die Gebäudegrundfläche und Geschossanzahl allerdings maßgeblichen Einfluss auf die Anzahl der einsetzbaren Ressourcen und damit auf die

⁸ Kostengliederung gemäß DIN 276-1 (2008) nach Kostengruppen (vgl. Dursun/Stoy (2012), S. 449).

⁹ Vgl. Czarnigowska/Sobotka (2013), S. 522 ff.; Sousa et al. (2014), S. 2.

¹⁰ NGN = Nigerianische Naira.

¹¹ Z. B. für „Gross Floor Area“, „Gross Internal Area“ und „Net Internal Area“ usw. (vgl. ANSI/ASHRAE 105-2007 (2012); Valuation Office Agency (2012)).

¹² Vgl. Kumaraswamy/Chan (1995), S. 212.

A. Händler

Bauzeit haben, widerspricht das entwickelte Regressionsmodell baubetrieblichen Grundsätzen (vgl. Abbildung 2).

$$BGF_1 = BGF_2 = BGF_3$$

$$BRI_1 = BRI_2 = BRI_3 \text{ (für } h_G = \text{const.)}$$

Max. einsetzbare Ressourcen: $R_1 > R_2 > R_3$

Min. Bauzeit: $T_1 < T_2 < T_3$

(für identische Fertigungsverfahren)

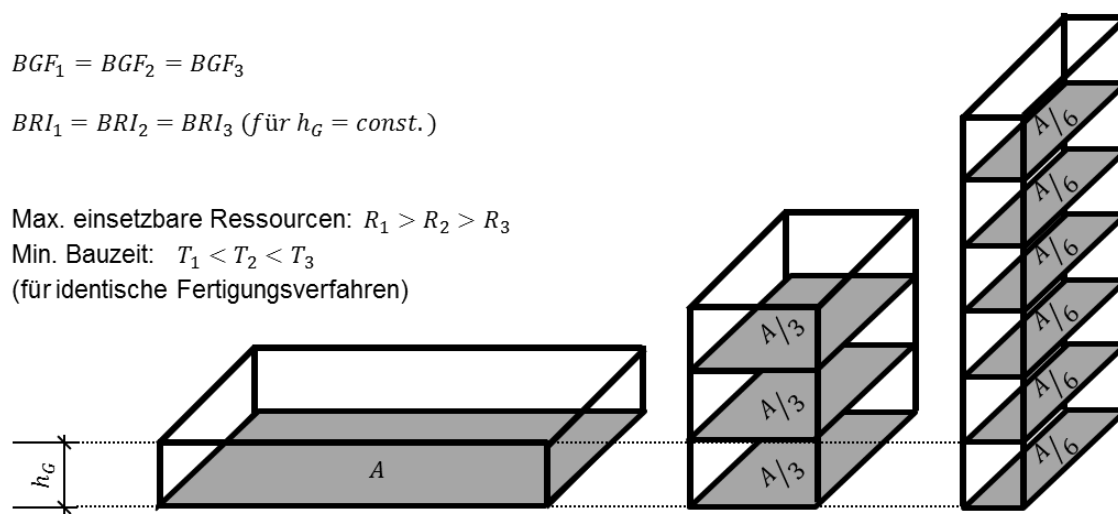


Abbildung 2: Schema unterschiedlicher Verteilung der BGF und Auswirkung auf die maximale Anzahl einsetzbarer Ressourcen und die Bauzeit¹³

Das von Jarkas (2016) entwickelte Regressionsmodell (vgl. Tabelle 1) berücksichtigt die Anzahl ober- und unterirdischer Geschosse, die allerdings nicht auf die Gebäudegrundfläche bezogen wurden.¹⁴ Vielmehr führen zusätzliche ober- bzw. unterirdische Geschosse zu einer linearen Steigerung der Bauzeit um ca. 2 bzw. ca. 59 Arbeitstage (AT). Weiterhin wird die Baufläche einschließlich Arbeits- und Lagerflächen in Ansatz gebracht, nicht aber die eigentliche Gebäudegrundfläche. Abschließend ist ersichtlich, dass das Regressionsmodell, aufgrund der enthaltenen Konstante, keine Bauzeiten unter 454 AT abbilden kann.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass flächenbasierte Regressionsmodelle, wenn überhaupt, nur bei Berücksichtigung der Gebäudegrundfläche, unter Bezug auf die Geschossanzahl, sinnvolle Ergebnisse liefern können.

Multivariable Regressionsmodelle

Eine analoge Plausibilitätsprüfung multivariabler Regressionsmodelle ist, aufgrund ihrer Komplexität, nicht zweifelsfrei möglich. Da diese jedoch, neben weiteren Bezugsgrößen, insbesondere die Baukosten und Gebäudegrundflächen berücksichtigen, ist auch deren Anwendbarkeit aus Sicht des Verfassers anzuzweifeln.

2.2.3 Schlussfolgerung

Aufgrund der vorangegangenen Betrachtung sind die ressourcenabhängigen Indirekten Verfahren nach Ansicht des Verfassers grundsätzlich ein besser geeignetes Instrument, um eine adäquate Bauzeitschätzung in den frühen Planungsphasen durchführen zu können.

¹³ Händler/Schwarz (2017), S. 241.

¹⁴ Vgl. Jarkas (2016), S. 4, 6.

Hierzu muss allerdings eine Darstellung der zugrunde liegenden Daten sowie die zweifelsfreie und objektive Anwendung der Verfahren ermöglicht werden. Da bei der Entwicklung der gesichteten Regressionsmodelle eine Vielzahl möglicher bauzeitbestimmender Randbedingungen nicht oder nicht eindeutig beachtet wurden und diese teilweise baubetrieblichen Grundzusammenhängen widersprechen, ist deren Anwendbarkeit grundsätzlich in Frage zu stellen.

3 Forschungsansatz

In Abbildung 3 ist der grundsätzliche Ablauf des neu entwickelten Bauzeitschätzungsverfahrens dargestellt.

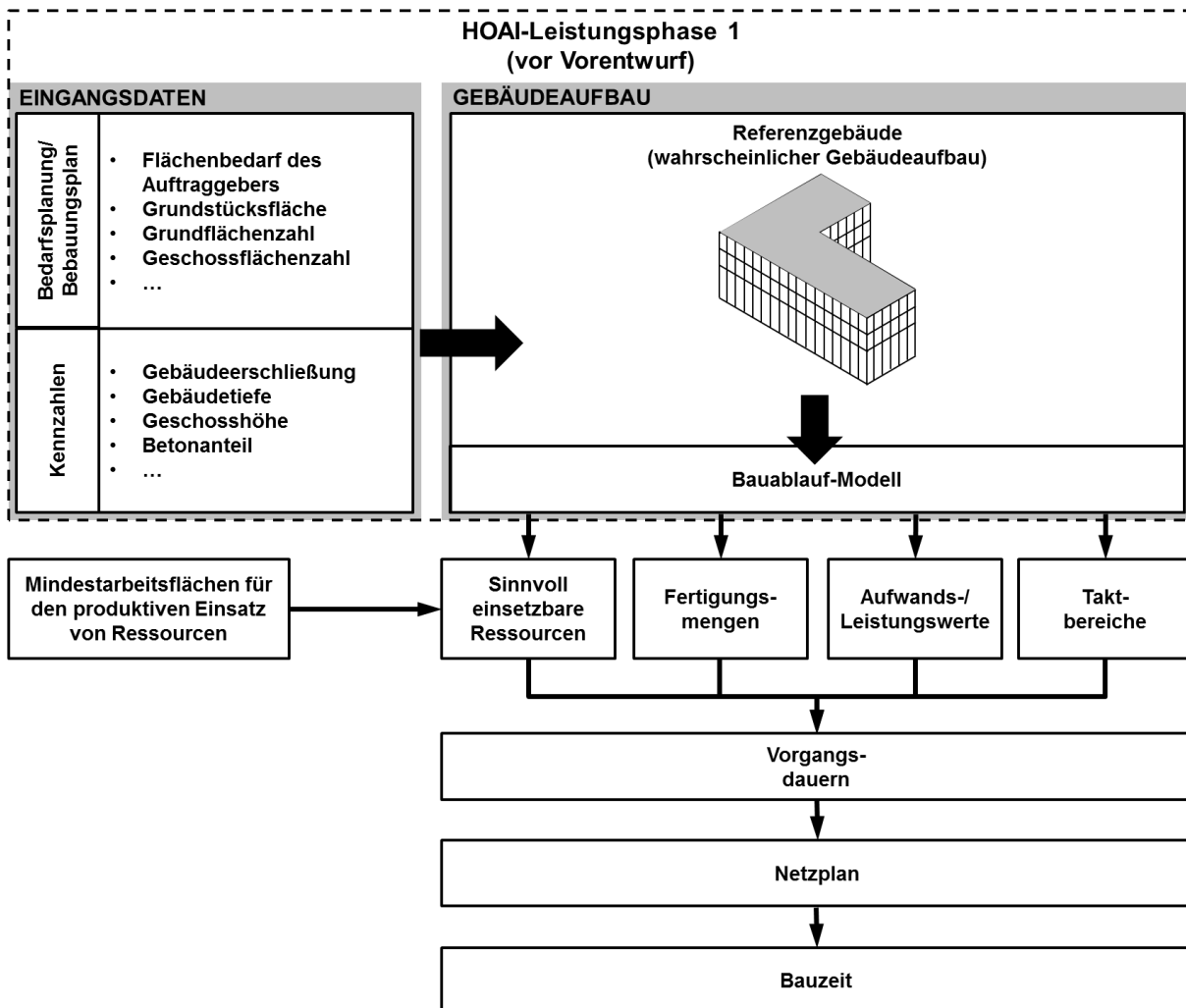


Abbildung 3: Ablauf des neuen Bauzeitschätzungsverfahrens¹⁵

Bei vorliegendem Bauentwurf kann die Bauzeit anhand von Aufwands- bzw. Leistungswerten, Fertigungsmengen und Ressourcenanzahl, den daraus resultierenden Vorgangsdauern und Anordnungsbeziehungen, aus einem Netzplan ermittelt werden. Da in LPH 1 allerdings noch kein Bauentwurf vorliegt, erfolgt die Entwicklung des Netzplans auf

¹⁵ In Anlehnung an Händler/Schwarz (2017), S. 242.

Grundlage eines projektspezifischen Referenzgebäudes, das anhand der Projekt-Eingangsdaten entwickelt wird, und eines Bauablauf-Modells, das zuvor festgelegte potentiell bauzeitbestimmende Vorgänge enthält.

3.1 Ermittlung des projektspezifischen Referenzgebäudes

Als Grundlage des Referenzgebäudes dienen die Bedarfsplanung des Auftraggebers¹⁶, die Vorgaben des Bebauungsplans und Kennzahlen, die sich aus den Projekt-Eingangsdaten ergeben. Die Entwicklung des Referenzgebäudes erfolgt grundsätzlich in drei Schritten, deren jeweilige Abläufe einschließlich Berechnungen, in Abbildung 4 bis Abbildung 6 dargestellt sind und nachfolgend erläutert werden.

3.1.1 Ermittlung der Grundfläche des Referenzgebäudes

Im ersten Schritt erfolgt die Ermittlung der Grundfläche des Referenzgebäudes (vgl. Abbildung 4), anhand der Bedarfsplanung, der Vorgaben des Bebauungsplans und einer projektspezifischen Kennzahlen zur Festlegung der zweckmäßigen Geschosshöhe¹⁷, in Abhängigkeit vom vorgesehenen Bürotyp (z. B. Einzel- oder Großraumbüros) und Installationsgrad (z. B. Unterdecke mit oder ohne Lüftungstechnik).

Aus der zulässigen Anzahl von Vollgeschossen, der Grund- und Geschossflächenzahl sowie der zulässigen Gebäudehöhe, in Kombination mit der zweckmäßigen Geschosshöhe, lässt sich die zulässige Geschossanzahl ermitteln. Die minimale Geschossanzahl ergibt sich aus dem Flächenbedarf des Auftraggebers und der zulässigen bebauten Grundstücksfläche, die aus dem Minimalwert des Produkts der Grundstücksfläche und Grundflächenzahl oder der zulässigen Grundfläche gemäß Bebauungsplan resultiert. Die festgelegte Geschossanzahl muss zwischen der minimalen und zulässigen Geschossanzahl liegen, sofern das Baugrundstück zur Deckung des Flächenbedarfs des Auftraggebers geeignet ist. Die minimale bebaute Grundstücksfläche resultiert aus dem Flächenbedarf des Auftraggebers und der zulässigen Geschossanzahl.

Die Grundfläche des Referenzgebäudes ergibt sich aus dem Flächenbedarf des Auftraggebers und der Geschossanzahl, wobei eine einfache kubische Gebäudeform¹⁸ zugrunde gelegt wird. Diese muss innerhalb der berechneten minimalen und zulässigen bebauten Grundstücksfläche liegen.

¹⁶ Hierbei kann auch die Ausschöpfung des maximal zulässigen Maßes der baulichen Nutzung zugrunde gelegt werden (z. B. Investorenvorgabe).

¹⁷ Wenn nachfolgend nicht explizit angegeben, bezieht sich der Begriff „Geschosshöhe“ auf die Höhe der Regelgeschosse.

¹⁸ D. h. Flachdächer und senkrecht verlaufende Fassaden. Unter Umständen kann sich bei der Entwicklung des Referenzgebäudes auch ein Staffelgeschoss ergeben.

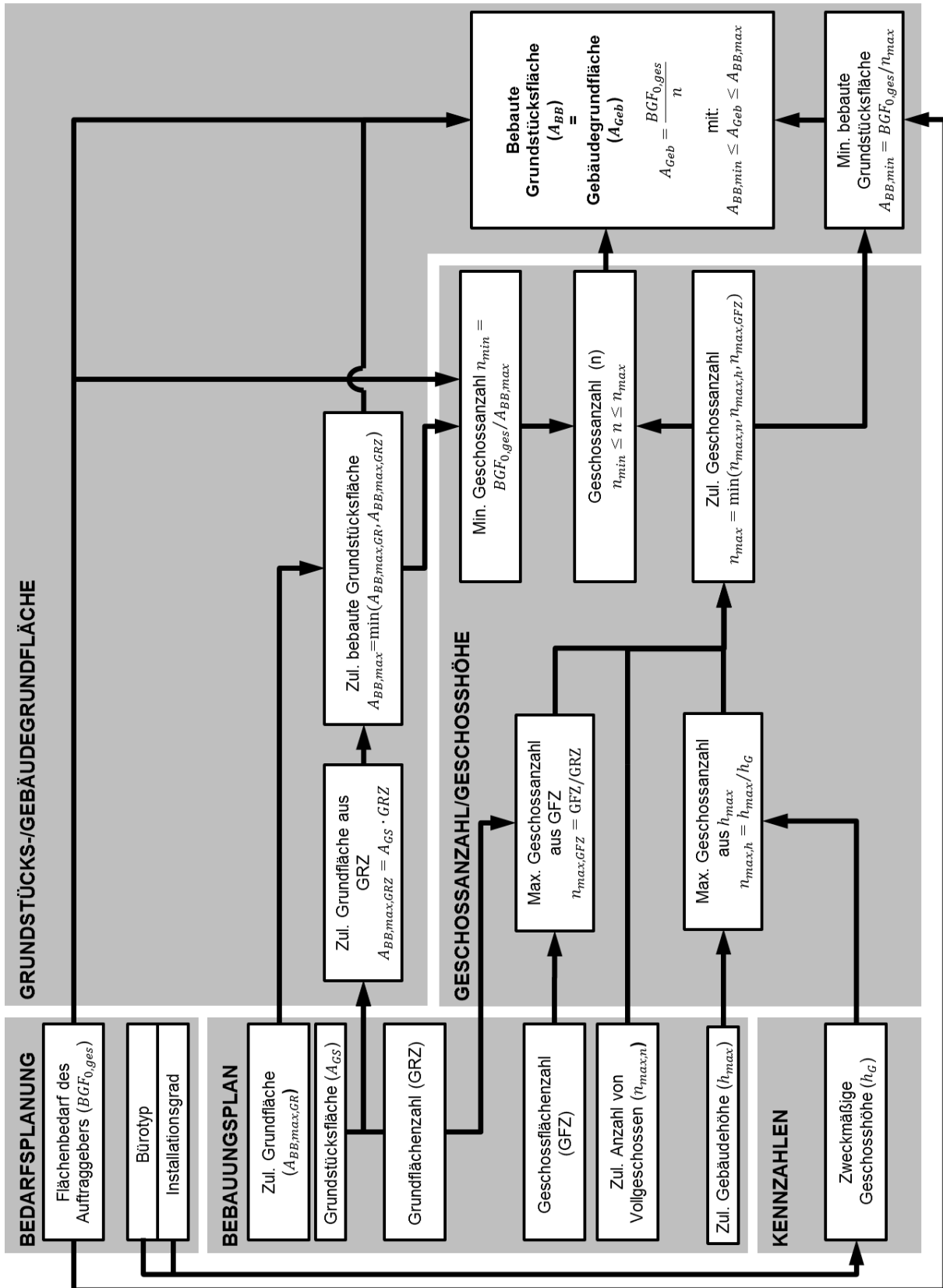


Abbildung 4: Schritt 1 – Ablaufschema zur Ermittlung der Grundfläche des Referenzgebäudes¹⁹

¹⁹ Eigene Darstellung.

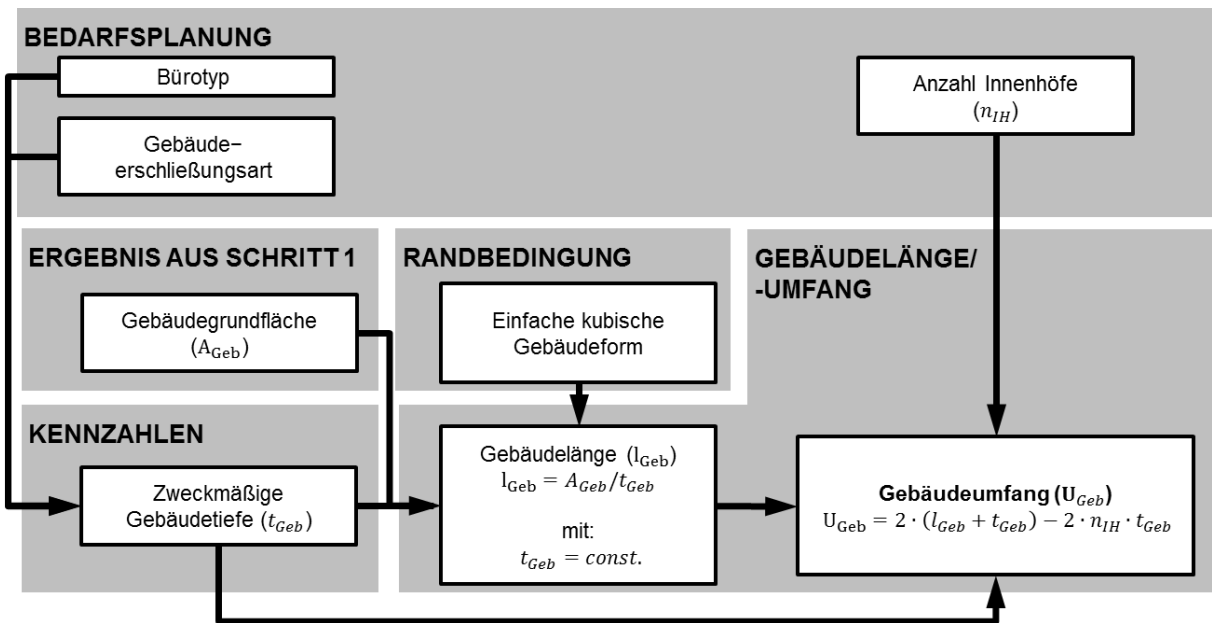


Abbildung 5: Schritt 2 – Ermittlung möglicher Gebäudegrundrissformen und des Gebäudeumfangs²⁰

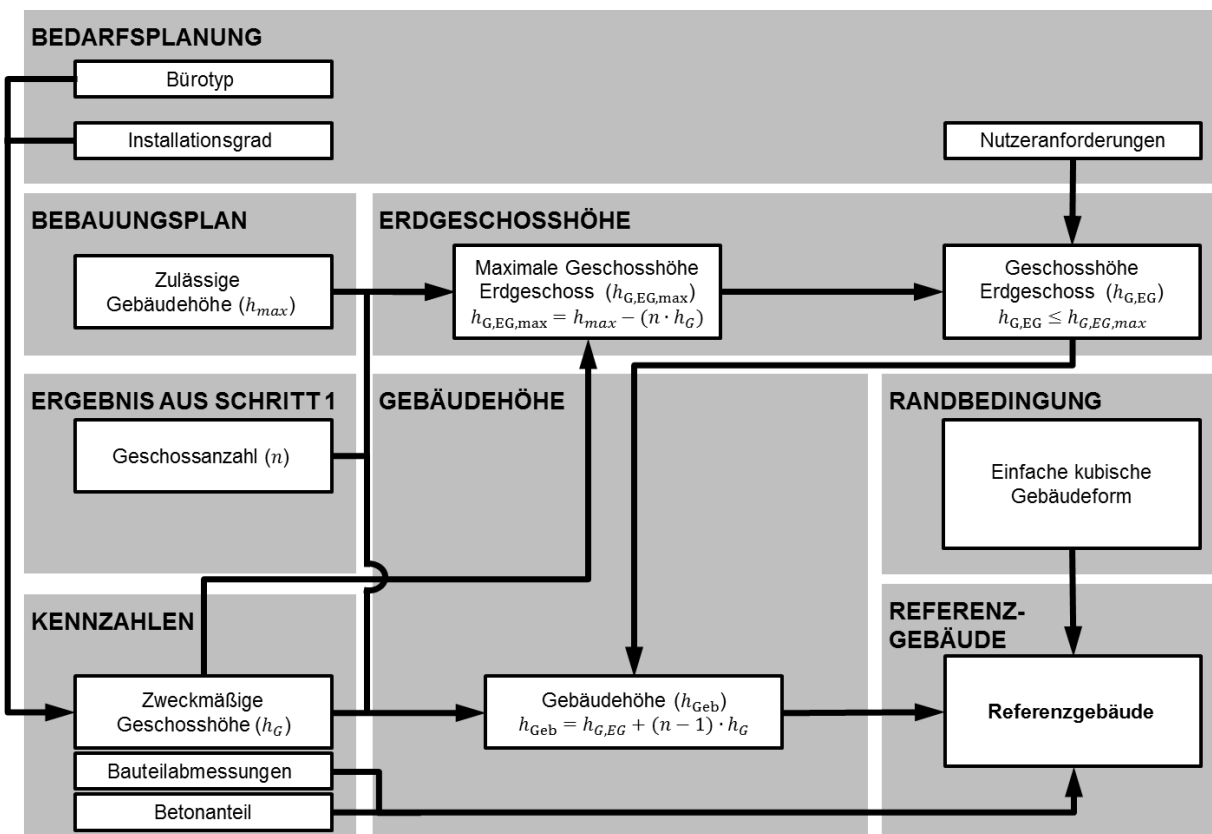


Abbildung 6: Schritt 3 – Ermittlung des dreidimensionalen Referenzgebäudes²¹

²⁰ Eigene Darstellung.
²¹ Eigene Darstellung.

3.1.2 Ermittlung möglicher Gebäudegrundrissformen und des Gebäudeumfangs

Im zweiten Schritt erfolgt die Ermittlung möglicher Gebäudegrundrissformen und des Gebäudeumfangs (vgl. Abbildung 5), anhand der Bedarfsplanung, zuvor berechneter Ergebnisse und einer projektspezifischen Kennzahl zur Festlegung einer zweckmäßigen Gebäudetiefe, in Abhängigkeit vom vorgesehenen Bürotyp und der Erschließungsart (z. B. ein- oder zweibündig).

Da eine einfache kubische Gebäudeform zugrunde gelegt wird, kann die Gebäudelänge anhand der zuvor ermittelten Gebäudegrundfläche und der zweckmäßigen Gebäudetiefe bestimmt werden. Der Gebäudeumfang, der sich unter anderem auf die Fertigungsmengen der Fassadenflächen auswirkt, ist unter der genannten Randbedingung von der tatsächlichen Gebäudeform unabhängig und ergibt sich aus der Gebäudetiefe und -länge sowie der Anzahl der baulich vollumfänglich umschlossenen Innenhöfe. Die Notwendigkeit von Innenhöfen, beispielsweise aufgrund beengter Platzverhältnisse auf dem Baugrundstück, ist bei der Festlegung der Gebäudeform zu prüfen.

3.1.3 Ermittlung des dreidimensionalen Referenzgebäudes

Im dritten Schritt erfolgt die Ermittlung des dreidimensionalen Referenzgebäudes (vgl. Abbildung 6), anhand der Bedarfsplanung, der Vorgaben des Bebauungsplans, zuvor berechneter Ergebnisse und projektspezifischer Kennzahlen zur Festlegung der Geschosshöhe, Bauteilabmessungen und des Betonanteils²².

Bei der Berechnung der Geschossanzahl wurde zuvor davon ausgegangen, dass alle Geschosse als Regelgeschosse vorgesehen sind, weshalb sich Reserven bei der Festlegung der Geschosshöhe des Erdgeschosses ergeben können. Die maximale Geschosshöhe des Erdgeschosses ergibt sich aus der zulässigen Gebäudehöhe, Geschossanzahl und Geschosshöhe der Regelgeschosse und dient als Grenzwert. Anhand der daraus resultierenden Gebäudehöhe und den angegebenen Kennzahlen können das Referenzgebäude entwickelt und die Fertigungsmengen bestimmt werden.

3.2 Ermittlung der Bauzeit auf Grundlage des Referenzgebäudes

Auf Grundlage des Referenzgebäudes kann die Bauzeitermittlung, wie in Abbildung 3 dargestellt, durchgeführt werden.

Die Anzahl der sinnvoll einsetzbaren Ressourcen ergibt sich anhand des Referenzgebäudes und aus Kennzahlen zu Mindestarbeitsflächen.²³ Gleichzeitig sind für die potentiell bauzeitbestimmenden Vorgänge des Bauablauf-Modells sinnvolle Taktbereiche festzulegen, um z. B. zweckmäßige Schalungs-Vorhaltemenge zu berücksichtigen. Zur Ermittlung der Taktbereichanzahl pro Geschoss kann z. B. die Gesamtbetonmenge einzelner Bauabschnitte, die i. d. R. in einem Abschnitt betoniert werden (z. B. Wände und Stützen), durch die erreichbare

²² Anteil des Stahlbeton-Volumens im Verhältnis zum BRI.

²³ Die Mindestarbeitsfläche ist als diejenige Fläche definiert, die eine Arbeitskraft zur Erreichung der „Normal-Produktivität“ durchschnittlich benötigt (vgl. Hofstadler (2014), S. 68). Eine Zusammenfassung zur Ermittlung von Mindestarbeitsflächen findet sich z.B. in Hofstadler (2014), S. 459 ff.).

Einbaumenge pro Kolonne dividiert werden. Die daraus resultierende Taktung wird dann auch auf die Schalungs- und Bewehrungsarbeiten übertragen. Eine Erhöhung der zugrunde gelegten Kolonnenanzahl kann insbesondere bei einer hohen Taktbereichanzahl sinnvoll sein.

Aus den festgelegten Taktbereichen, der Anzahl der sinnvoll einsetzbaren Ressourcen, den entsprechenden Aufwands- und Leistungswerten sowie den Fertigungsmengen können die Dauern der Vorgänge berechnet werden, die im Bauablauf-Modell als potentiell bauzeitbestimmend angegeben sind. Daraus lässt sich anschließend der Netzplan entwickeln, aus dem die Bauzeit resultiert.

4 Zusammenfassung

Das Ergebnis ist ein Verfahren, das bereits in LPH 1 eine nachvollziehbare, eindeutig anwendbare, realistische und dokumentierte Bauzeitschätzung bei einem wirtschaftlichen Ressourceneinsatz ermöglicht. Weiterhin werden baubetriebliche Widersprüche, anders als bei einer Vielzahl der gesichteten Literatur (vgl. Kapitel 2.2), aufgrund der baupraktischen Orientierung des Verfahrens ausgeschlossen.

Die Verifizierung des Verfahrens kann nach Abschluss der Entwicklung mit Hilfe abgeschlossener Bauprojekte in zwei Stufen erfolgen. Nach Entwicklung des projektspezifischen Referenzgebäudes, kann zunächst ein Vergleich zwischen dem Referenzgebäude und dem tatsächlichen Bauobjekt erfolgen (z. B. Geschosshöhen, Fertigungsmengen, usw.). Anschließend können die aus dem ursprünglichen und gegebenenfalls angepassten Referenzgebäude resultierenden Bauzeiten der tatsächlichen Bauzeit gegenübergestellt werden.

Das entwickelte Verfahren kann, obwohl zunächst auf die Rohbauarbeiten von Büro- und Verwaltungsgebäuden beschränkt, auch auf andere Bauwerksarten übertragen und/oder um zusätzliche Gewerke erweitert werden.

Literaturverzeichnis

ANSI/ASHRAE 105-2007 (2012)

American National Standard Institute; American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: ANSI/ASHRAE Addenda a and b to ANSI/ASHRAE Standard 105-2007 – Standard Methods of Measuring, Expressing and Comparing Building Energy Performance. 2012.

Bromilow (1969)

Bromilow, F.J.: Contract Time Performance Expectations and the Reality. In: Building Forum, September 1969, S. 70-80.

Czarnigowska/Sobotka (2013)

Czarnigowska, A.; Sobotka, A.: Time-Cost Relationship for Predicting Construction Duration. In: Archives of Civil and Mechanical Engineering, 19, 2013, S. 518-526.

Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1016/j.acme.2013.05.004>, Zugriff: 09.03.2016.

DIN 276-1 (2008)

DIN 276-1: Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau. Deutsches Institut für Normung. Berlin: Beuth Verlag, Dezember 2008.

Dursun/Stoy (2012)

Dursun, O.; Stoy, C.: Determinants of Construction Duration for Building Projects in Germany [Elektronische Version]. In: Engineering, Construction and Architectural Management, 19 (4), 2012, S. 444-468.

Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1108/09699981211237139>, Zugriff: 28.09.2015.

Drees/Spranz (1976)

Drees, G.; Spranz, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. Wiesbaden, Berlin: Bauverlag, 1976.

Greiner/Mayer/Stark (2009)

Greiner, P.; Mayer, P.E.; Stark, K: Baubetriebslehre – Projektmanagement. 4. Auflage. Wiesbaden: Vieweg & Teubner Verlag, 2009.

Guerrero/Villacampa/Montoyo (2014)

Guerrero, M.A.; Villacampa, Y.; Montoyo, A.: Modeling Construction Time in Spanish Building Projects [Elektronische Version]. In: International Journal of Project Management, 32, 2014, S. 861-873.

Händler/Schwarz (2017)

Händler, A.; Schwarz, J.: Verfahren zur Bauzeitschätzung und -ermittlung am Beispiel von Rohbauarbeiten von Bürogebäuden in den frühen Planungsphasen. In: Fenner, J. (Hrsg.): Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko. Darmstadt: Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt, 2017, S. 231-248.

A. Händler

Hofstadler (2014)

Hofstadler, C.: Produktivität im Baubetrieb – Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg Verlag, 2014.

Hruschka (1969)

Hruschka, H.: Richtwerte für die Betriebsplanung der Rohbauarbeiten im Hochbau – Verfahren für die Bemessung von Vorgängen bei der Makroplanung der Rohbauarbeiten. In: Die Bauwirtschaft – Zentralblatt für das gesamte Bauwesen (Sonderdruck), 23 (12/16/20), 22.03.1969/19.04.1969/15.05.1969.

Institut für Zeitwirtschaft und Betriebsberatung Bau (2016)

Institut für Zeitwirtschaft und Betriebsberatung Bau (Hrsg.): Handbuch Arbeitsorganisation Bau – Schalarbeiten, Rahmenschalung, Wände, Stützen – Richtzeiten. Neu-Isenburg: Zeittechnik-Verlag, 2016.

Jarkas (2016)

Jarkas, A.M.: Predicting Contract Duration for Building Construction – Is Bromilow's Time-Cost Model a Panacea? [Elektronische Version]. In: Journal of Management in Engineering, 32 (1), Januar 2016 [Online-Veröffentlichung: 27.05.2015].

Verfügbar unter: [http://ascelibrary.org/doi/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000394](http://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000394), Zugriff: 28.09.2015.

Kumaraswamy/Chan (1995)

Kumaraswamy, M.M.; Chan, D.W.M.: Determinants of Construction Duration [Elektronische Version]. In: Construction Management and Economics, 1995 (13), S. 209-217.

Verfügbar unter: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446199500000025>, Zugriff: 29.09.2015.

Ogunsemi/Jagboro (2006)

Ogunsemi, D.R.; Jagboro, G.O.: Time-Cost Model for Building Projects in Nigeria [Elektronische Version]. In: Construction Management and Economics, März 2006 (24), S. 253-258.

Verfügbar unter: <http://doi.org/10.1080/01446190500521041>, Zugriff: 29.09.2015.

Platz (1982)

Platz, H.: Aufwandswerte und Aufwandsfunktionen für Rohbauarbeiten im Hochbau. In: Schub, A.; Meyran, G. (Hrsg.): Praxis-Kompodium Baubetrieb – Leitfaden, Arbeitsunterlage und Nachschlagewerk für Praktiker und Studenten. Band 1. Wiesbaden, Berlin: Bauverlag, Auflage, 1982, S. 62-102.

Sommer (2009)

Sommer, H.: Projektmanagement im Hochbau – 35 Jahre Innovationen bei Drees & Sommer. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2009.

Sousa et al. (2014)

Sousa, V; Almeida, N.M.; Dias, L.A.; Branco, F.A.: Risk-Informed Time-Cost Relationship Models for Sanitation Projects [Elektronische Version]. In: Journal of Construction Engineering and Management, 140 (5), Mai 2014.

Verfügbar unter: [http://ascelibrary.org/doi/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000848](http://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000848),
Zugriff: 28.09.2015.

Stoy/Dreier/Schalcher (2007)

Stoy, C.; Dreier, F.; Schalcher, H.-R.: Construction Duration of Residential Building Projects in Germany [Elektronische Version]. In: Engineering, Construction and Architectural Management, 14 (1), 2007.

Verfügbar unter:

<http://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/09699980710716972>, *Zugriff:*
28.09.2015.

Valuation Office Agency (2012)

Valuation Office Agency (Hrsg.): Code of Measuring Practice – Definition for Rating Purposes [Elektronische Version]. Großbritannien, Oktober 2012.

Verfügbar unter: <http://www.gov.uk/government/publications/measuring-practice-for-voa-property-valuations/code-of-measuring-practice-definitions-for-rating-purposes>,
Zugriff: 29.05.2017.