



Christian Hofstadler

Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn.,  
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

# PRODUKTIVITÄT IN DER BAUWIRTSCHAFT - Zusammensetzung, Merkmale und Potenziale

## I. EINFÜHRUNG

**D**IE Produktivität hat eine zentrale Bedeutung für wirtschaftliches Handeln, sie ist die wesentliche Kennzahl zur Beurteilung der Ergiebigkeit von einzelnen Arbeiten oder des gesamten Produktions- bzw. Wirtschaftsprozesses. Unabhängig von der Disziplin (z.B. Maschinenbau, Anlagenbau, Bauwesen, etc.) tragen Produktivitätsvorteile entscheidend zum Erfolg von Projekten und Unternehmen bei. Im folgenden Beitrag wird die Produktivität auf die Bauwirtschaft fokussiert.

Die Bauwirtschaft ist gekennzeichnet durch wechselnde Produktionsstandorte, durch den Unikat-Charakter der Bauwerke und insbesondere durch das Arbeiten im Freien. Diese Merkmale haben natürlich großen Einfluss auf die Produktivität. Mögliches Störpotenzial ist in der Preisermittlung und in der Planung der Ausführung der Arbeiten zu berücksichtigen. Risikobetrachtungen können hier zur Lösungsfindung beitragen.

Die Produktivität ist maßgebend für den wirtschaftlichen Erfolg einer Baustelle und längerfristig betrachtet für das Bestehen der ganzen Unternehmung. Produktivitätsvorteile sind meist auch entscheidend für die Akquisition (außer z.B. bei der Beziehungsakquisition) von Bauaufträgen und in weiterer Folge für die effektive Abwicklung eines Bauvorhabens.

Kosten - und in weiterer Konsequenz Preise - werden maßgeblich von der Produktivität beeinflusst.

## II. ZUSAMMENSETZUNG DER PRODUKTIVITÄT

Die Gesamtproduktivität setzt sich aus Arbeits-,

Betriebsmittel- und Stoffproduktivität zusammen. Der Einfluss der einzelnen Teilproduktivitäten ändert sich beispielsweise mit dem Lohnniveau. Im mitteleuropäischen Raum spielt die Arbeitsproduktivität eine bedeutende Rolle. In Billiglohnländern sind die Betriebsmittelproduktivität und Stoffproduktivität dominant. Generell steht bei maschinenintensiven Bauverfahren die Betriebsmittelproduktivität und bei arbeitsintensiven Bauverfahren die Arbeitsproduktivität im Vordergrund.

Im Hochbau hat die Anzahl und Größe der Krane entscheidenden Einfluss auf die Produktivität, im Erdbau die Anzahl und technische Ausrüstung der eingesetzten Baugeräte (z.B. GPS-gesteuerte Raupen, Grader usw.).

Zur Ermittlung der Arbeitsproduktivität dient (als Größe für den Arbeitseinsatz) die Anzahl der Beschäftigten oder die Anzahl der geleisteten Arbeitsstunden. Die Anzahl - z.B. der eingesetzten Geräte bezogen auf die Ausbringungsmenge (Output) - dient als Bestimmungsgröße für die Betriebsmittelproduktivität. Bei der Stoffproduktivität wird die verbrauchte Stoffmenge mit der Produktionsmenge ins Verhältnis gesetzt.

Die Zusammensetzung der Gesamtproduktivität samt Einflüsse sind in Abb. 1 dargestellt. Auf die Arbeitsproduktivität wird in weiterer Folge näher eingegangen.

Die Arbeitsproduktivität ergibt sich aus dem Quotienten des Produktionsergebnisses (z.B. in  $m^3$  eingebauter Beton oder  $m^2$  geschalte Deckenfläche, etc.) und der Anzahl der eingesetzten Ressourcen.

Für das gesamte Bauwerk wird beispielsweise die gesamte Betonmenge als Produktionsergebnis angesetzt. Bei der Anzahl der Arbeitskräfte ist auf die betriebliche und zeitliche

Abgrenzung zu achten. Werden die Abgrenzungen für Vergleiche nicht einheitlich vorgenommen, sind diese nicht aussagekräftig bzw. nicht sinnvoll.

Es wird folgende Unterscheidung vorgenommen:

- Arbeitsproduktivität bezogen auf die Arbeitskraft
- Arbeitsproduktivität bezogen auf den Aufwandswert.

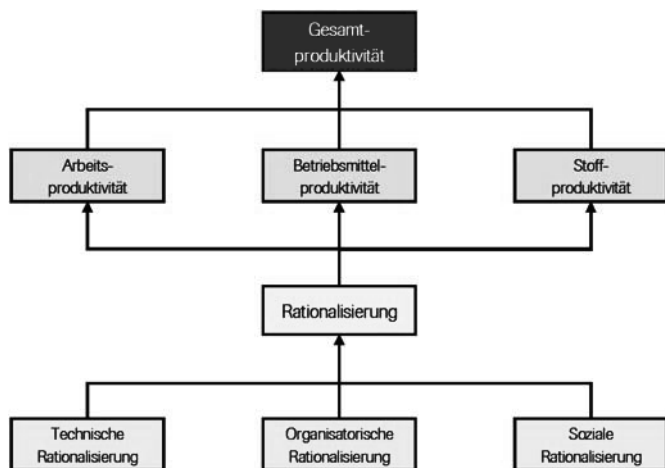


Abb. 1. [2] Zusammensetzung der Gesamtproduktivität

**A. Arbeitsproduktivität bezogen auf die Arbeitskraft**

Die Arbeitsproduktivität wird auf die Arbeitskraft bezogen, ohne bzw. mit zeitlichem Bezug.

*1) Arbeitsproduktivität bezogen auf die Arbeitskraft – ohne direkten zeitlichen Bezug*

Bezieht man die Arbeitsproduktivität auf die Anzahl der eingesetzten Arbeitskräfte, wird sie aus dem Quotienten der betrachteten Produktionsmenge und der Anzahl der dafür eingesetzten Arbeitskräfte berechnet. Zieht man als Bezugsgröße beispielsweise den Bruttorauminhalt (in m<sup>3</sup>) heran, wird die Produktivität  $P_{AK,BRI}$  (in m<sup>3</sup>BRI/AK) nach Glg. 1 aus dem Quotienten der Produktionsmenge  $M_{BRI}$  (in m<sup>3</sup>BRI) und der Anzahl der dafür eingesetzten Arbeitskräfte  $AK_{RB}$  berechnet:

$$P_{AK,BRI} = \frac{M_{BRI}}{AK_{RB}} \quad (1)$$

Wird die Arbeitsproduktivität auf die Betonmenge bezogen, ist sinngemäß vorzugehen.

**Beispiel:** Eine Baufirma hat in einem Jahr (Anzahl der „Arbeitsmonate“ ändert sich auftrags- und witterungsbedingt) ca. 90.000 m<sup>3</sup> Stahlbeton auf ihren verschiedenen Baustellen mit insgesamt ca. 300 Arbeitskräften eingebaut (damit verbundene Arbeiten:

Schalen, Bewehren, Betonieren, Ausschalen). Der durchschnittliche Gesamt-Aufwandswert liegt dafür bei ca. 4,5 Std/m<sup>3</sup>. Auf die Arbeitsproduktivität bezogen bedeutet das, dass jeder Arbeiter im Durchschnitt ca. 300 m<sup>3</sup> Beton eingebaut hat. In diesem Fall beträgt die Arbeitsproduktivität 300 m<sup>3</sup>/AK. Die damit ermittelten Werte für die Arbeitsproduktivität können mit jenen aus vorangegangenen Jahren verglichen werden. Anhand der Daten kann der Verlauf der Arbeitsproduktivität über mehrere Jahre dargestellt und bei Differenzen die Ursachen dafür analysiert werden.

*2) Arbeitsproduktivität bezogen auf die Arbeitskraft – mit zeitlichem Bezug*

Bei Aufnahme der Dauer in die Berechnung, wird die Arbeitsproduktivität nach Glg. 2 berechnet:

$$P_{AK,BRI} = \frac{M_{BRI}}{D_{RB} AK_{RB}} \quad (2)$$

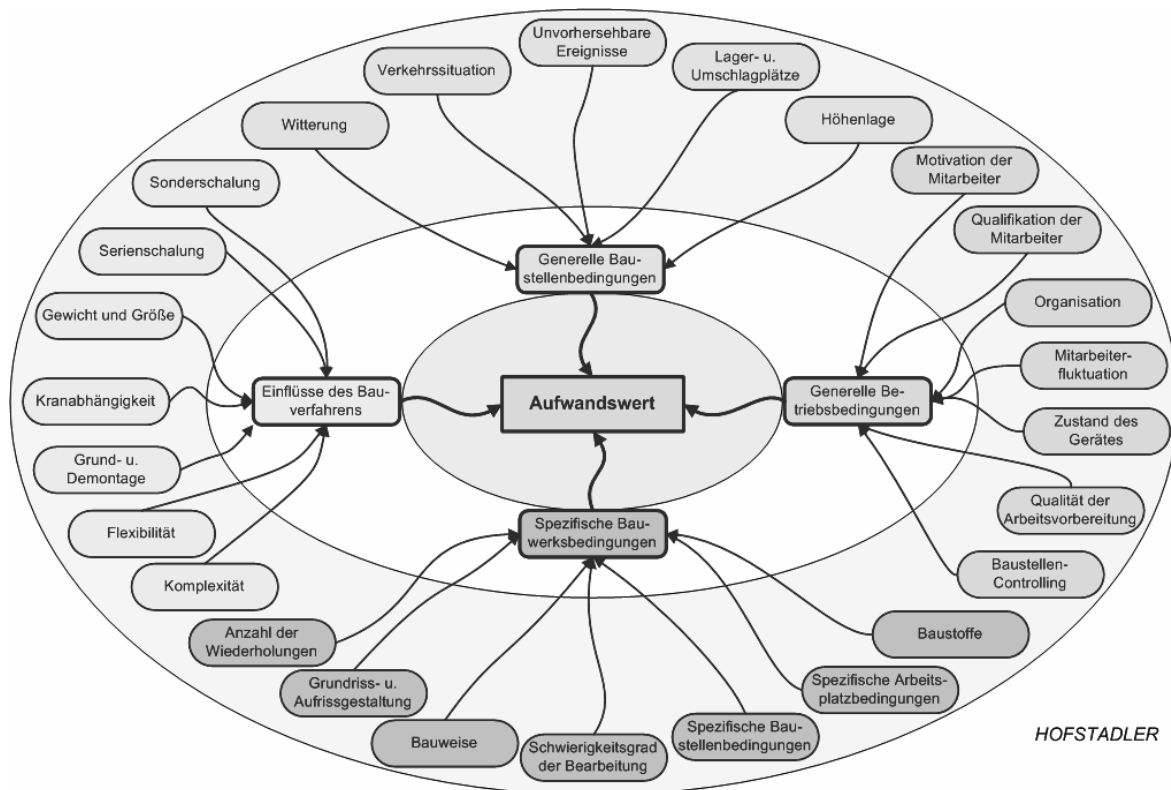
Im Gegensatz zu Glg. 1 wird in Glg. 2 im Nenner die Dauer der Rohbauarbeiten berücksichtigt.

**Beispiel:** Nimmt man z.B. die gesamte Betonmenge als Bezugsgröße für die Auswertung eines abgeschlossenen Projektes, ergibt sich der Wert für die Produktivität mit 150 m<sup>3</sup>/AK, d.h. eine Arbeitskraft hat durchschnittlich 150 m<sup>3</sup> auf der Baustelle eingebaut. Wurde im Angebot mit einer Produktivität von 160 m<sup>3</sup>/AK gerechnet ergibt sich ein Produktivitätsdefizit von 10 m<sup>3</sup>/AK oder ca. 7 %. Eine Erklärung dafür wäre - um bei obigem Beispiel zu bleiben - ein höherer Arbeitskräftebedarf oder höhere Aufwandswerte für die Stahlbetonarbeiten als im ursprünglichen Angebot angenommen. Wird der Zeitfaktor in die Berechnung mitaufgenommen, steigt die Aussagekraft der Arbeitsproduktivität. Bei einer Dauer von 4 Monaten wäre beispielsweise die Arbeitsproduktivität 37,5 m<sup>3</sup>/(AK Mo).

Werte von verschiedenen Baustellen sind nur dann sinnvoll vergleichbar, wenn sie unter annähernd gleichen Bedingungen zustande gekommen sind. Beispielsweise sind Aufwandswerte für Schalarbeiten, die im Winter gemessen wurden, kaum mit jenen aus der warmen Jahreszeit vergleichbar. Deswegen sind Angaben zu den Umständen, unter denen die Arbeiten durchgeführt wurden, wichtig für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

**B. Arbeitsproduktivität bezogen auf den Aufwandswert**

Der Aufwandswert ist der Quotient aus der Summe der Lohnstunden  $\sum L_{Std,a,v,i}$  und der Produktionsmenge  $M_{a,v,i}$  und wird nach Glg. 3 berechnet:



HOFSTADLER

Abb. 2. Vielfalt der Einflüsse auf den Aufwandswert - Beispiel: Schalarbeiten [3]

$$AW_{a,v,i} = \frac{\sum L_{Std,a,v,i}}{M_{a,v,i}} \quad (3)$$

Einflüsse auf den Aufwandswert - und damit auch direkt auf die Arbeitsproduktivität - sind in Abb. 2 dargestellt.

$$P_{a,v,i} = \frac{1}{AW_{a,v,i}} \quad (3)$$

Für die Angebotsphase werden Aufwandswerte geschätzt oder berechnet. Während und nach der Ausführung der Bauarbeiten werden die tatsächlichen Aufwandswerte anhand der Aufzeichnungen ermittelt.

In Abb. 2 sind einige Einflüsse auf die Größenordnung von Aufwandswerten dargestellt. Diese Darstellung zeigt die komplexe Zusammensetzung von Aufwandswerten (exemplarische Darstellung). Die Gliederungstiefe und -breite können beliebig erweitert und verändert werden. Für eine solide Aufwandswertermittlung sind die Leistungen in zeitlicher und tätigkeitsbezogener Hinsicht klar abzugrenzen (z.B. keine Umlagerungen in andere Leistungen und keine doppelte Erfassung).

Für die systematische Darstellung der Daten sind Angaben zu den Bauwerks-, Baustellen- und Betriebsbedingungen unumgänglich. Anhand dieser zusätzlichen Informationen soll für die Verwendung der vergangenheitsbezogenen Aufzeichnungen eine Verbesserung in der Genauigkeit bei der Ermittlung (Berechnung) der Aufwandswerte für zukünftige Projekte erzielt werden.

Aus dem Reziprokwert des Aufwandswertes wird die Arbeitsproduktivität  $P_{a,v,i}$  (in EH/(ZEH AK)) bezogen auf den Aufwandswert berechnet (siehe Glg. 4). Wesentliche

### III. MESSGRÖßEN FÜR DIE PRODUKTIVITÄT

Aufwands- und Leistungswerte stellen die Messgrößen der Produktivität dar. Bei reduzierter Produktivität steigen im Vergleich zum ungestörten Sollablauf die Aufwandswerte an, die Leistungswerte von Maschinen fallen ab. Die Folgen sind verlängerte Vorgangsdauern, höhere Herstellkosten pro Mengeneinheit und insgesamt höhere Fertigungskosten für den gestörten Bauablauf [1].

Aufwands- und Leistungswerte besitzen jedoch nur eine begrenzte Genauigkeit. Ihr praktisches Eintreten kann nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit vorausgesagt werden. Das Risiko dabei ist umso kleiner, je exakter sich die Arbeitsbedingungen (z.B. Baustellen- und Bauwerksbedingungen) auf der Baustelle voraussehen lassen und je umfangreicher innerbetriebliche Erfahrungen mit dem vorgesehenen Verfahren sind.

Trotz aller Bemühungen bleibt stets eine „Risikospanne“, welche die Unsicherheit bezüglich des Eintreffens des erwarteten Ansatzes aufgrund subjektiver Einschätzung des zu bewertenden Bauverfahrens oder der betrachteten Tätigkeit ausdrückt.

Die systematische Berücksichtigung von Variationsbreiten



Abb. 3: Stahlbetonarbeiten – Wissensturm in Linz [Foto: Hofstadler]

bei Berechnung des Gesamt-Aufwandwertes, der Leistung und Dauer (jeweils die Wahrscheinlichkeitsverteilung) wird beispielsweise durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung ermöglicht. Die damit berechneten Werte oder Bandbreiten (untere und obere Grenzwerte) können z.B. als Eingangsparameter für die Kalkulation und Planung des Bauablaufs und der Logistik verwendet werden.

#### IV. POTENZIALE DER PRODUKTIVITÄT

Hohes Potenzial besitzen jene Baufirmen, die ihre Produktionsfaktoren (Arbeit, Betriebsmittel, Stoffe) wirtschaftlich optimal miteinander kombinieren (dispositiver Faktor) und einsetzen.

Für die Arbeitsvorbereitung von Bauarbeiten liegt mögliches Einsparungspotenzial in folgenden Bereichen:

- Auswahl des wirtschaftlichsten Bauverfahrens (Verfahrensvergleich)
- Planung des Bauablaufs (Bauablaufplanung)
- Planung des Ressourceneinsatzes von Arbeitskräften, Maschinen und Baustoffen

(Logistik)

- Planung der Baustelleneinrichtung

Werden diese Planungsmaßnahmen gezielt eingesetzt, steigt die Produktivität und damit ergeben sich Einsparungen bei den Kosten und in der Zeit.

Um die mögliche Dimension einer Kosteneinsparung aufzuzeigen, wird der Ansatz von Hoffmann [4] gewählt. Er gibt für Schalarbeiten, bei „qualifizierter“ Arbeitsvorbereitung, ein Einsparungspotenzial (Steigerung der Produktivität) von mindestens 0,1 Std/m<sup>2</sup> an. Bezogen wird dieses auf die Schalfläche bei den Stahlbetonarbeiten (Beispielfoto siehe Abb. 3).

Welche Auswirkungen die Nutzung dieses Potenzials für die österreichische Bauwirtschaft haben könnte, wird im Folgenden gezeigt. Zur Darstellung eines möglichen Einsparungspotenzials werden die Daten aus dem Jahr 2004 herangezogen. 2004 wurden ca. 8,8 Mio. m<sup>3</sup> Beton in Schalungen eingebaut. Die dazu erforderliche geschalte Fläche wurde mit insgesamt etwa 42 Mio. m<sup>2</sup> ermittelt. Nach Berechnung der Einzelkosten für die Stahlbetonarbeiten ergaben sich insgesamt rund ca. 2,6 Mrd. €



Im Diagramm in Abb. 4 sind die Anteile der einzelnen Teilprozesse der jährlichen Einzelkosten für die Stahlbetonarbeiten von 2,6 Mrd. € dargestellt. Mit 44 % hat die Schalung (ca. 1,14 Mrd. €) den größten Anteil, gefolgt von den Betonarbeiten (ca. 0,91 Mrd. €) mit 35 % und den Bewehrungsarbeiten (ca. 0,54 Mrd. €) mit 21 %.

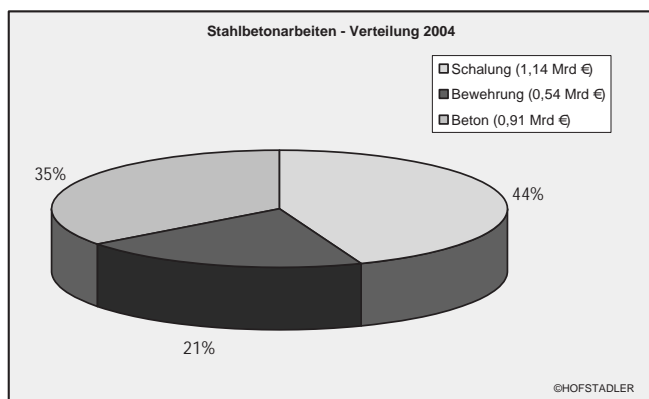


Abb. 4. Kostenanteile der Schal-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten für 2004 [4]

Die Berechnungen zeigen, dass die Schalarbeiten mit ca. 1,14 Mrd. € den größten Kostenanteil an den Stahlbetonarbeiten erreichen. Davon beträgt der Lohnanteil ca. 82 % und bedeutet Jahresarbeitsplätze (in den Baufirmen) für ca. 21.000 Arbeitnehmer. Der Anteil für Material und Gerät beläuft sich auf ca. 18 %.

Wird das Einsparungspotenzial auf die ermittelte Gesamtschalfläche übertragen, führt dies zu einer möglichen Reduktion der Kosten von ca. 118 Mio. € ( $0,1 \text{ Std/m}^2 * 28 \text{ €/Std} * 42 \text{ Mio. m}^2$ ). Umgerechnet auf die Einheit bedeutet das für die Schalung ca. 2,8 € je  $\text{m}^2$  oder ca. 10 % Einsparung. Diese Kostenreduktion stellt aber keineswegs eine obere Grenze in den Rationalisierungsbestrebungen dar.

## V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Produktivität ist entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg einer Baustelle und in weiterer Folge für das Unternehmen. Kosten und Zeit werden maßgeblich von der Produktivität beeinflusst. Bei gleichem Ressourceneinsatz wirkt sich eine unterschiedliche Arbeitsproduktivität auf die Leistung und in der Folge auf die Dauer aus. Wenn bei arbeitsintensiven Arbeiten die Möglichkeiten der Ressourcensteigerung oder der Steigerung der täglichen Arbeitszeit nicht gegeben sind, kann die Leistungssteigerung nur über die Steigerung der Arbeitsproduktivität gelingen.

Rationalisierungsmaßnahmen in der Bauwirtschaft hängen stark von der richtigen Auswahl der Bauverfahren, Geräte und Baustoffe sowie vom Abstimmungsprozess ab.

Ein weiteres Steigerungspotenzial der Produktivität - und gleichzeitig der Qualität - liegt in der Koppelung von Produktentwicklung und Produktion. Auf das Bauwesen übertragen bedeutet das eine Koppelung von planerischen und bemessenden Elementen mit den Bereichen Ausführung und Betrieb eines Bauwerks.

Hinsichtlich der Steigerung der Produktivität ist es sinnvoll, fertigungstechnische und konstruktive Kosteneinflüsse bereits in der Tragwerksplanung zu berücksichtigen.

## REFERENCES

- [1] Bauer, Hermann (1992 u 1994). Baubetrieb 2. Bauablauf, Kosten, Störungen. 2. Auflage, Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 684
- [2] Gaede, Winfrid/Toffel, Rolf F. (1985). Zur Dynamik der Baupreise. Bauwirtschaft. 12, 390ff
- [3] Hofstadler, Christian (2005). Schwierigkeitsgrad von Schalarbeiten - Darstellung der Auswirkungen im Interaktionsdiagramm (IAD). Österreichische Bauzeitung, 14, 33ff
- [4] Hofstadler, Christian (2005). Kostenaufstellung für 2004 - Einzelkosten für die Stahlbetonarbeiten in Österreich. Österreichische Bauzeitung, Teil 1: Heft 49/50, Teil 2: Heft 51/52