
Produktivität im Baubetrieb

Christian Hofstadler

Produktivität im Baubetrieb

Bauablaufstörungen und
Produktivitätsverluste

Christian Hofstadler
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Technische Universität Graz
Graz, Österreich

ISBN 978-3-642-41632-3
DOI 10.1007/978-3-642-41633-0

ISBN 978-3-642-41633-0 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.
www.springer-vieweg.de

I Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|-----|
| I | Inhaltsverzeichnis | V |
| | Vorwort | XIX |
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Einführung | 1 |
| 1.2 | Zielsetzung | 3 |
| 1.3 | Gliederung | 3 |
| 2 | Grundlagen zur Produktivität | 7 |
| 2.1 | Volkswirtschaftslehre | 7 |
| 2.2 | Betriebswirtschaftslehre | 7 |
| 2.3 | Bauwirtschaftslehre | 9 |
| 2.4 | Produktivität und Ergebnisbeteiligung | 10 |
| 2.4.1 | Technische Produktivität | 11 |
| 2.4.2 | Betriebswirtschaftliche Produktivität | 11 |
| 2.4.3 | Marktwirtschaftliche Produktivität | 12 |
| 2.5 | Zusammenfassung | 12 |
| 3 | Produktivität im Bauwesen | 13 |
| 3.1 | Grundlagen zur Produktivität | 13 |
| 3.1.1 | Dispositive und elementare Produktionsfaktoren | 17 |
| 3.1.2 | Einteilung der Produktionsfaktoren nach Gebrauchs- und Verbrauchsfaktoren | 22 |
| 3.1.3 | Zusammensetzung der Produktivität | 24 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2 | Konnex zwischen Aufwandswert, Produktivität und Leistung . . . | 35 |
| 3.3 | Bauzeit und Produktivität | 38 |
| 3.3.1 | Tägliche Arbeitszeit | 41 |
| 3.3.2 | Anzahl der Arbeitskräfte | 41 |
| 3.3.3 | Aufwandswerte | 43 |
| 3.4 | Messgrößen für die Produktivität | 43 |
| 3.4.1 | Leistungswerte | 44 |
| 3.4.2 | Aufwandswerte | 46 |
| 3.4.3 | Qualität | 48 |
| 3.5 | Zusammenfassung | 49 |
| 4 | Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Bedeutung | 51 |
| 4.1 | Betrachtungsspektrum der Produktivität | 51 |
| 4.2 | Vergleichsmaßstab | 52 |
| 4.3 | Dimension der Störungen | 53 |
| 4.3.1 | Reichweite der Störungen | 53 |
| 4.3.2 | Störungstypen | 54 |
| 4.4 | Bedeutung und Berücksichtigung der Produktivität in den verschiedenen Projektphasen | 55 |
| 4.5 | Bedeutung der Bauzeit für den Bauvertrag | 55 |
| 4.5.1 | Festlegungen zur Bauzeit | 56 |
| 4.5.2 | Angebots- und Auftragskalkulation | 58 |
| 4.5.3 | Bauausführung | 58 |
| 4.6 | Berücksichtigung der Produktivitätsverluste | 58 |
| 4.6.1 | Berücksichtigung der Produktivitätsverluste in der Kalkulation | 59 |
| 4.6.2 | Berücksichtigung der Produktivitätsverluste in der Bauausführung | 60 |
| 4.6.3 | Ermittlung der Produktivitätsverluste | 62 |
| 4.7 | Dokumentation zur Produktivität | 62 |
| 4.8 | Zusammenfassung | 63 |
| 5 | Ursachen für Produktivitätsverluste | 65 |
| 5.1 | Arbeitsgruppengröße/Kolonnengröße | 65 |
| 5.2 | Mindestarbeitsraum für Arbeitskräfte | 67 |
| 5.2.1 | Mindestarbeitsfläche | 68 |
| 5.2.2 | Mindestarbeitslänge | 70 |
| 5.3 | Mindestarbeitsraum bei Baugeräten | 71 |
| 5.3.1 | Mindesteinsatzfläche | 73 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.3.2 | Mindesteinsatzlänge | 74 |
| 5.4 | Anzahl der Arbeitskräfte je Kran | 74 |
| 5.5 | Witterung | 76 |
| 5.6 | Tägliche Arbeitszeit | 79 |
| 5.7 | Einarbeitung | 80 |
| 5.8 | Wechsel des Einsatzortes | 85 |
| 5.9 | Planvorlauf und Planungsqualität | 86 |
| 5.9.1 | Planinhalt | 86 |
| 5.9.2 | Planvorlauf | 88 |
| 5.9.3 | Mangelnde Planungsqualität | 90 |
| 5.10 | Einfluss der Form der Deckengrundrisse | 90 |
| 5.10.1 | Regelflächen | 91 |
| 5.10.2 | Passflächen | 91 |
| 5.11 | Zusammenfassung | 92 |
| 6 | Statistische Grundlagen | 93 |
| 6.1 | Datenerhebungsmethoden | 93 |
| 6.2 | Bauexperten als Zielgruppe der Stichprobe | 94 |
| 6.3 | Fragebogenkonstruktion und anschließende Befragung | 96 |
| 6.4 | Auswertung und Auswertungsmethoden | 96 |
| 6.4.1 | Explorative Datenanalyse | 96 |
| 6.4.2 | Ausreißerdiagnostik | 104 |
| 6.4.3 | Robuste Maße | 105 |
| 6.5 | Beispiel zur statistischen Auswertung | 108 |
| 6.5.1 | Arithmetischer Mittelwert | 109 |
| 6.5.2 | Standardabweichung | 109 |
| 6.5.3 | Variationskoeffizient | 110 |
| 6.5.4 | Standardfehler des Mittelwerts | 110 |
| 6.5.5 | Median | 111 |
| 6.5.6 | MAD | 111 |
| 6.5.7 | Robuster Variationskoeffizient | 112 |
| 6.5.8 | Modus | 112 |
| 6.5.9 | Minimum | 112 |
| 6.5.10 | Maximum | 112 |
| 6.5.11 | Spannweite | 112 |
| 6.5.12 | Schiefe | 112 |
| 6.5.13 | M-Schätzer H16 | 113 |
| 6.5.14 | Interpretation des Histogramms | 114 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 6.5.15 | Interpretation des Boxplotdiagramms. | 115 |
| 6.5.16 | Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung. | 117 |
| 6.6 | Zusammenfassung. | 118 |
| 7 | Literaturansätze zur Produktivität und zu Produktivitätsverlusten . . . | 119 |
| 7.1 | Grenzgrößen | 119 |
| 7.1.1 | Arbeitsgruppengröße/Kolonnengröße | 119 |
| 7.1.2 | Mindestarbeitsfläche. | 122 |
| 7.1.3 | Mindestarbeitslänge | 123 |
| 7.1.4 | Anzahl der Arbeitskräfte je Kran. | 124 |
| 7.1.5 | Tagestemperatur | 126 |
| 7.1.6 | Planvorlauf und Planungsqualität. | 126 |
| 7.2 | Produktivitätsverluste, Leistungsminderungen und Aufwandswerterhöhungen | 129 |
| 7.2.1 | Nicht optimale Arbeitsgruppengröße/Kolonnengröße | 129 |
| 7.2.2 | Höhere tägliche Arbeitszeit. | 133 |
| 7.2.3 | Temperatur. | 148 |
| 7.2.4 | Produktivitätsverluste bei zu geringer Krankapazität | 158 |
| 7.2.5 | Einarbeitung | 167 |
| 7.2.6 | Wechsel des Einsatzortes | 180 |
| 7.2.7 | Minderleistungen bei nicht kontinuierlichem Arbeitsfluss | 180 |
| 7.3 | Globale Ansätze | 181 |
| 7.4 | Zusammenfassung. | 188 |
| 8 | Grenzgrößen zur Produktivität – Schalarbeiten. | 189 |
| 8.1 | Mannschaftsstärke | 189 |
| 8.1.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 189 |
| 8.1.2 | Angaben zur Mannschaftsstärke | 191 |
| 8.2 | Mindestarbeitsfläche bei Flachdecken – unabhängig vom Schalungssystem | 191 |
| 8.2.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 191 |
| 8.2.2 | Mindestarbeitsfläche bei Flachdecken | 193 |
| 8.3 | Mindestarbeitsfläche bei Flachdecken – abhängig vom Schalungssystem | 193 |
| 8.3.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 194 |
| 8.3.2 | Mindestarbeitsfläche bei Flachdecken | 195 |
| 8.4 | Mindestarbeitsfläche bei Unterzugdecken – abhängig vom Schalungssystem | 196 |
| 8.4.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 196 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 8.4.2 | Mindestarbeitsfläche bei Unterzugdecken | 197 |
| 8.5 | Mindestarbeitslänge | 198 |
| 8.5.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 198 |
| 8.5.2 | Angaben zu Mindestarbeitslängen. | 200 |
| 8.6 | Unterstellungshöhe bei Decken – Systemwechsel | 200 |
| 8.6.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 200 |
| 8.6.2 | Unterstellungshöhe bei Decken – Systemwechsel. | 202 |
| 8.7 | Fertigungsabschnittsgrenzgröße bei Decken. | 203 |
| 8.7.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 203 |
| 8.7.2 | Fertigungsabschnittsgrenzfläche bei Flachdecken. | 205 |
| 8.8 | Zusammenfassung. | 205 |
| 9 | Grenzgrößen zur Produktivität – Bewehrungsarbeiten | 207 |
| 9.1 | Mannschaftsstärke | 207 |
| 9.1.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 207 |
| 9.1.2 | Angaben zu Arbeitsgruppengrößen | 209 |
| 9.2 | Mindestarbeitsfläche bei Bodenplatten – abhängig von der Bewehrungsart | 209 |
| 9.2.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 210 |
| 9.2.2 | Mindestarbeitsfläche bei Bodenplatten. | 211 |
| 9.3 | Mindestarbeitsfläche bei Flachdecken – abhängig von der Bewehrungsart | 211 |
| 9.3.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 212 |
| 9.3.2 | Mindestarbeitsfläche bei Flachdecken | 213 |
| 9.4 | Mindestarbeitsfläche bei Unterzugdecken – abhängig von der Bewehrungsart | 213 |
| 9.4.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 214 |
| 9.4.2 | Mindestarbeitsfläche bei Unterzugdecken | 215 |
| 9.5 | Mindestarbeitslänge | 215 |
| 9.5.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 216 |
| 9.5.2 | Angaben zu Mindestarbeitslängen. | 217 |
| 9.6 | Zusammenfassung. | 218 |
| 10 | Grenzgrößen zur Produktivität – Betonierarbeiten | 219 |
| 10.1 | Mannschaftsstärke | 219 |
| 10.1.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 219 |
| 10.1.2 | Angaben zu Arbeitsgruppengrößen | 221 |
| 10.2 | Mindestarbeitsfläche bei flächigen horizontalen Bauteilgruppen | 221 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 10.2.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 222 |
| 10.2.2 | Mindestarbeitsfläche bei Bodenplatten, Flach- und Unterzugdecken | 223 |
| 10.3 | Mindestarbeitslänge | 223 |
| 10.3.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 224 |
| 10.3.2 | Angaben zur Mindestarbeitslänge | 225 |
| 10.4 | Zusammenfassung. | 225 |
| 11 | Grenzgrößen zur Produktivität – Stahlbetonarbeiten. | 227 |
| 11.1 | Anzahl der Arbeitskräfte je Kran. | 227 |
| 11.1.1 | Beschreibung der erhobenen Daten – Schnelleinsatzkran | 228 |
| 11.1.2 | Angaben zu den Maximalwerten je Kran – Schnelleinsatzkran | 229 |
| 11.1.3 | Beschreibung der erhobenen Daten – Obendreher | 229 |
| 11.1.4 | Angaben zu den Maximalwerten je Kran – Obendreher. | 231 |
| 11.2 | Tagestemperatur | 231 |
| 11.2.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 232 |
| 11.2.2 | Optimale Tagestemperatur. | 234 |
| 11.3 | Zusammenfassung. | 234 |
| 12 | Produktivitätsverluste bei Schalarbeiten | 235 |
| 12.1 | Veränderung der Mannschaftsstärke | 235 |
| 12.1.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 236 |
| 12.1.2 | Mannschaftsvergrößerung – Erhöhung der Aufwandswerte | 237 |
| 12.1.3 | Mannschaftsvergrößerung – Produktivitätsverluste | 239 |
| 12.1.4 | Mannschaftsverkleinerung – Erhöhung der Aufwandswerte | 240 |
| 12.1.5 | Mannschaftsverkleinerung – Produktivitätsverluste | 241 |
| 12.1.6 | Vergleich zwischen Verkleinerung und Vergrößerung | 242 |
| 12.2 | Überschreitung der Mindestarbeitsfläche – Flachdecken | 243 |
| 12.2.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 243 |
| 12.2.2 | Überschreitung der Mindestarbeitsfläche – Erhöhung der Aufwandswerte. | 244 |
| 12.2.3 | Überschreitung der Mindestarbeitsfläche – Produktivitätsverluste | 246 |
| 12.3 | Überschreitung der Mindestarbeitsfläche – Unterzugdecken | 247 |
| 12.3.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 247 |
| 12.3.2 | Überschreitung der Mindestarbeitsfläche – Erhöhung der Aufwandswerte. | 248 |
| 12.3.3 | Überschreitung der Mindestarbeitsfläche – Produktivitätsverluste | 250 |
| 12.4 | Überschreitung der Mindestarbeitslänge. | 251 |
| 12.4.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 251 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 12.4.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge – Erhöhung der Aufwandswerte. | 255 |
| 12.4.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge – Produktivitätsverluste. | 260 |
| 12.5 | Krankapazität | 262 |
| 12.5.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 263 |
| 12.5.2 | Verringerte Krankapazität – Erhöhung der Aufwandswerte | 264 |
| 12.5.3 | Verringerte Krankapazität – Produktivitätsverluste. | 266 |
| 12.6 | Temperatur. | 267 |
| 12.6.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 267 |
| 12.6.2 | Veränderung der Tagestemperatur – Erhöhung der Aufwandswerte | 269 |
| 12.6.3 | Veränderung der Tagestemperatur – Produktivitätsverluste | 270 |
| 12.7 | Tägliche Arbeitszeit | 271 |
| 12.7.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 271 |
| 12.7.2 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Produktivitätsverluste: längere Arbeitszeit war zu Arbeitsbeginn bekannt | 275 |
| 12.7.3 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Produktivitätsverluste: längere Arbeitszeit wurde kurzfristig bekannt gegeben. | 277 |
| 12.7.4 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Vergleich der Auswirkungen aufgrund der Bekanntgabezeitpunkte | 278 |
| 12.8 | Veränderung der Lichtverhältnisse. | 279 |
| 12.8.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 280 |
| 12.8.2 | Veränderung der Lichtverhältnisse – Erhöhung der Aufwandswerte | 282 |
| 12.8.3 | Veränderung der Lichtverhältnisse – Produktivitätsverluste. | 283 |
| 12.9 | Unterstellungshöhe bei Decken | 284 |
| 12.9.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 284 |
| 12.9.2 | Höhere Unterstellungshöhen – Erhöhung der Aufwandswerte | 285 |
| 12.9.3 | Höhere Unterstellungshöhen – Produktivitätsverluste | 286 |
| 12.10 | Einfluss der Form der Deckengrundrisse. | 287 |
| 12.10.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 288 |
| 12.10.2 | Zum Einfluss der Grundrissform auf die Wahl des Schalungssystems. | 293 |
| 12.11 | Einarbeitungseffekt. | 294 |
| 12.11.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 295 |
| 12.11.2 | Darstellung der Aufwandswertreduktionen. | 298 |
| 12.12 | Zusammenfassung. | 303 |
| 13 | Produktivitätsverluste bei Bewehrungsarbeiten. | 305 |
| 13.1 | Veränderung der Mannschaftsstärke | 305 |
| 13.1.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 306 |
| 13.1.2 | Mannschaftsvergrößerung – Erhöhung der Aufwandswerte | 307 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 13.1.3 | Mannschaftsvergrößerung – Produktivitätsverluste | 309 |
| 13.1.4 | Mannschaftsverkleinerung – Erhöhung der Aufwandswerte | 310 |
| 13.1.5 | Mannschaftsverkleinerung – Produktivitätsverluste | 311 |
| 13.2 | Vergleich zwischen Verkleinerung und Vergrößerung | 312 |
| 13.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Bodenplatten. | 312 |
| 13.3.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 313 |
| 13.3.2 | Mindestarbeitsfläche – Erhöhung der Aufwandswerte. | 314 |
| 13.3.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Produktivitätsverluste | 316 |
| 13.4 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Flachdecken | 317 |
| 13.4.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 317 |
| 13.4.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Erhöhung der Aufwandswerte. | 319 |
| 13.4.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Produktivitätsverluste | 321 |
| 13.5 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Unterzugdecken | 322 |
| 13.5.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 322 |
| 13.5.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Erhöhung der Aufwandswerte. | 324 |
| 13.5.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Produktivitätsverluste | 326 |
| 13.6 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge. | 327 |
| 13.6.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 327 |
| 13.6.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge – Erhöhung der Aufwandswerte. | 333 |
| 13.6.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge – Produktivitätsverluste. | 337 |
| 13.7 | Krankkapazität | 340 |
| 13.7.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 340 |
| 13.7.2 | Verringerte Krankkapazität – Erhöhung der Aufwandswerte | 342 |
| 13.7.3 | Verringerte Krankkapazität – Produktivitätsverluste. | 343 |
| 13.8 | Temperatur. | 344 |
| 13.8.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 344 |
| 13.8.2 | Veränderung der Tagestemperatur – Erhöhung der Aufwandswerte | 346 |
| 13.8.3 | Veränderung der Tagestemperatur – Produktivitätsverluste | 347 |
| 13.9 | Tägliche Arbeitszeit | 348 |
| 13.9.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 349 |
| 13.9.2 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Produktivitätsverluste: längere Arbeitszeit war zu Arbeitsbeginn bekannt | 352 |
| 13.9.3 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Produktivitätsverluste: längere Arbeitszeit wurde kurzfristig bekannt gegeben. | 353 |
| 13.10 | Veränderung der Lichtverhältnisse. | 356 |
| 13.10.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 357 |
| 13.10.2 | Veränderung der Lichtverhältnisse – Erhöhung der Aufwandswerte | 358 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 13.10.3 | Veränderung der Lichtverhältnisse – Produktivitätsverluste. | 360 |
| 13.11 | Zusammenfassung. | 360 |
| 14 | Produktivitätsverluste bei Betonierarbeiten | 363 |
| 14.1 | Veränderung der Mannschaftsstärke | 363 |
| 14.1.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 363 |
| 14.1.2 | Mannschaftsvergrößerung – Erhöhung der Aufwandswerte | 365 |
| 14.1.3 | Mannschaftsvergrößerung – Produktivitätsverluste | 367 |
| 14.1.4 | Mannschaftsverkleinerung – Erhöhung der Aufwandswerte | 367 |
| 14.1.5 | Mannschaftsverkleinerung – Produktivitätsverluste | 369 |
| 14.1.6 | Vergleich zwischen Verkleinerung und Vergrößerung | 369 |
| 14.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Bodenplatten. | 370 |
| 14.2.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 370 |
| 14.2.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Erhöhung der Aufwandswerte. | 372 |
| 14.2.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Produktivitätsverluste | 374 |
| 14.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Flachdecken | 375 |
| 14.3.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 375 |
| 14.3.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Erhöhung der Aufwandswerte. | 377 |
| 14.3.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Produktivitätsverluste | 379 |
| 14.4 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Unterzugdecken | 380 |
| 14.4.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 380 |
| 14.4.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Erhöhung der Aufwandswerte. | 382 |
| 14.4.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Produktivitätsverluste | 384 |
| 14.5 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge. | 385 |
| 14.5.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 385 |
| 14.5.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge – Erhöhung der Aufwandswerte. | 387 |
| 14.5.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge – Produktivitätsverluste. | 389 |
| 14.6 | Temperatur. | 390 |
| 14.6.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 390 |
| 14.6.2 | Veränderung der Tagestemperatur – Erhöhung der Aufwandswerte | 392 |
| 14.6.3 | Veränderung der Tagestemperatur – Produktivitätsverluste | 393 |
| 14.7 | Tägliche Arbeitszeit | 394 |
| 14.7.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 395 |
| 14.7.2 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Produktivitätsverluste: längere Arbeitszeit war zu Arbeitsbeginn bekannt | 398 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 14.7.3 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Produktivitätsverluste: längere Arbeitszeit wurde kurzfristig bekannt gegeben. | 399 |
| 14.7.4 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Vergleich der Auswirkungen aufgrund der Bekanntgabezeitpunkte | 401 |
| 14.8 | Veränderung der Lichtverhältnisse. | 402 |
| 14.8.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 403 |
| 14.8.2 | Veränderung der Lichtverhältnisse – Erhöhung der Aufwandswerte | 404 |
| 14.8.3 | Veränderung der Lichtverhältnisse – Produktivitätsverluste. | 405 |
| 14.9 | Zusammenfassung. | 406 |
| 15 | Produktivitätsverluste bei Stahlbetonarbeiten | 409 |
| 15.1 | Veränderung der Mannschaftsstärke – Vergrößerung. | 410 |
| 15.1.1 | Mannschaftsvergrößerung – Erhöhung der Aufwandswerte | 410 |
| 15.1.2 | Mannschaftsvergrößerung – Produktivitätsverluste | 412 |
| 15.2 | Veränderung der Mannschaftsstärke – Verkleinerung. | 413 |
| 15.2.1 | Mannschaftsverkleinerung – Erhöhung der Aufwandswerte | 413 |
| 15.2.2 | Mannschaftsverkleinerung – Produktivitätsverluste | 414 |
| 15.3 | Veränderung der Mannschaftsstärke – Vergleich zwischen Verkleinerung und Vergrößerung. | 415 |
| 15.3.1 | Erhöhung der Aufwandswerte | 415 |
| 15.3.2 | Produktivitätsverluste | 416 |
| 15.4 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche | 416 |
| 15.4.1 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Bodenplatten. | 417 |
| 15.4.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Flachdecken | 419 |
| 15.4.3 | Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche – Unterzugdecken | 422 |
| 15.4.4 | Vergleich zwischen Bodenplatten, Flachdecken und Unterzugdecken | 424 |
| 15.5 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge. | 426 |
| 15.5.1 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge – Erhöhung der Aufwandswerte. | 426 |
| 15.5.2 | Unterschreitung der Mindestarbeitslänge – Produktivitätsverluste. | 428 |
| 15.5.3 | Vergleich zwischen Schalen, Bewehren und Betonieren. | 429 |
| 15.6 | Vergleich zwischen Mindestarbeitsflächen- und Mindestarbeitslängenunterschreitung | 431 |
| 15.6.1 | Erhöhung der Aufwandswerte | 432 |
| 15.6.2 | Produktivitätsverluste | 432 |
| 15.7 | Temperatur. | 433 |
| 15.7.1 | Veränderung der Tagestemperatur – Erhöhung der Aufwandswerte | 433 |
| 15.7.2 | Veränderung der Tagestemperatur – Produktivitätsverluste | 435 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 15.7.3 | Vergleich zwischen Schalen, Bewehren und Betonieren | 435 |
| 15.8 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit | 437 |
| 15.8.1 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Produktivitätsverluste: längere Arbeitszeit war zu Arbeitsbeginn bekannt | 438 |
| 15.8.2 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Produktivitätsverluste: längere Arbeitszeit wurde kurzfristig bekannt gegeben. | 440 |
| 15.8.3 | Erhöhung der täglichen Arbeitszeit – Vergleich der Auswirkungen aufgrund der Bekanntgabezeitpunkte | 442 |
| 15.9 | Veränderung der Lichtverhältnisse. | 443 |
| 15.9.1 | Veränderung der Lichtverhältnisse – Erhöhung der Aufwandswerte | 443 |
| 15.9.2 | Veränderung der Tagestemperatur – Produktivitätsverluste | 445 |
| 15.9.3 | Vergleich zwischen Schalen, Bewehren und Betonieren | 445 |
| 15.10 | Bauzeit – Verlängerung | 447 |
| 15.10.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 448 |
| 15.10.2 | Darstellung der Produktivitätsverluste | 449 |
| 15.11 | Bauzeit – Verkürzung. | 450 |
| 15.11.1 | Beschreibung der erhobenen Daten. | 451 |
| 15.11.2 | Darstellung der Produktivitätsverluste | 452 |
| 15.12 | Vergleich zwischen Verkürzung und Verlängerung der Bauzeit | 454 |
| 15.12.1 | Produktivitätsverluste | 454 |
| 15.12.2 | Erhöhung der Aufwandswerte | 455 |
| 15.13 | Zusammenfassung. | 455 |
| 16 | Vergleich der Literaturansätze mit den Untersuchungsergebnissen . | 457 |
| 16.1 | Vergleich von Grenzgrößen | 457 |
| 16.1.1 | Arbeitsgruppengröße/Kolonnengröße | 457 |
| 16.1.2 | Mindestarbeitsfläche. | 459 |
| 16.1.3 | Mindestarbeitslänge | 461 |
| 16.1.4 | Arbeitskräfte je Kran. | 461 |
| 16.1.5 | Tagestemperatur | 462 |
| 16.2 | Veränderung der Mannschaftsstärke – Vergrößerung | 463 |
| 16.3 | Veränderung der Mannschaftsstärke – Verkleinerung | 464 |
| 16.4 | Tägliche Arbeitszeit | 465 |
| 16.5 | Tagestemperatur | 468 |
| 16.6 | Krankapazität | 472 |
| 16.7 | Einarbeitungseffekt. | 475 |
| 16.8 | Einfluss der Bauzeit auf die Produktivität. | 476 |
| 16.9 | Zusammenfassung. | 479 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 17 | Interaktionsdiagramme | 481 |
| 17.1 | Interaktionsdiagramm – Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche bei Schalarbeiten – Flachdecken | 482 |
| 17.1.1 | Interaktionsdiagramm für die Aufwandswerterhöhung | 482 |
| 17.1.2 | Interaktionsdiagramm für die Produktivitätsverluste | 487 |
| 17.2 | Interaktionsdiagramm – Unterschreitung der Mindestarbeitsfläche bei Bewehrungsarbeiten – Bodenplatten | 491 |
| 17.2.1 | Interaktionsdiagramm für die Aufwandswerterhöhung | 491 |
| 17.2.2 | Interaktionsdiagramm für die Produktivitätsverluste | 496 |
| 17.3 | Interaktionsdiagramm – Unterschreitung der Krankkapazität bei Bewehrungsarbeiten | 500 |
| 17.3.1 | Interaktionsdiagramm für die Aufwandswerterhöhung | 500 |
| 17.3.2 | Interaktionsdiagramm für die Produktivitätsverluste | 505 |
| 17.4 | Interaktionsdiagramm – Unterschreitung der optimalen Mannschaftsgröße bei Schalarbeiten | 509 |
| 17.4.1 | Interaktionsdiagramm für die Aufwandswerterhöhung | 509 |
| 17.4.2 | Interaktionsdiagramm für die Produktivitätsverluste | 514 |
| 17.5 | Zusammenfassung | 518 |
| II | Begriffe | 521 |
| II.1 | Bauablauf | 521 |
| II.2 | Bauablaufplanung | 521 |
| II.3 | Baubetrieb | 521 |
| II.4 | Bauteil | 522 |
| II.5 | Bauteilgruppe | 522 |
| II.6 | Bauwirtschaft | 522 |
| II.7 | Leistungsverlust | 523 |
| II.8 | Lohnstunde | 523 |
| II.9 | Mindestarbeitslänge | 523 |
| II.10 | Mindestarbeitsfläche | 523 |
| II.11 | Normal-Produktivität | 524 |
| II.12 | Passfläche | 524 |
| II.13 | Produktionsfaktoren | 524 |
| II.14 | Produktivität | 524 |
| II.15 | Produktivitätskennzahlen | 525 |
| II.16 | Produktivitätsverlust | 525 |
| II.17 | Regelfläche | 525 |

| | | |
|--------|---|-----|
| II.18 | Soll-Ist-Vergleich | 525 |
| II.19 | Zeitstunde. | 526 |
| III | Literaturverzeichnis | 527 |
| III.1 | Bücher | 527 |
| III.2 | Bücher und Beiträge zur Statistik. | 529 |
| III.3 | Dissertationen | 530 |
| III.4 | Fachbeiträge | 531 |
| III.5 | Schriftenreihen | 533 |
| III.6 | Interaktionsdiagramme. | 533 |
| III.7 | Internet. | 533 |
| III.8 | Regelwerke | 533 |
| III.9 | Vorlesungsunterlagen | 533 |
| III.10 | Skripten | 533 |
| IV | Abkürzungsverzeichnis | 535 |
| V | Abbildungsverzeichnis. | 551 |
| VI | Sachverzeichnis. | 575 |

Vorwort

Produktivität ist ein häufig verwendeter Begriff in der Volkswirtschaftslehre, der Betriebswirtschaftslehre wie auch in der bauwirtschaftlichen und baubetrieblichen Praxis. Er beschreibt die Ergiebigkeit von Volkswirtschaften, Wirtschaftszweigen, Unternehmen und Prozessen. Auch im Alltagsleben wird oft von Produktivität gesprochen und darüber nachgedacht; in der Literatur und den täglichen Medien ist das Thema Produktivität omnipräsent. In der Bauwirtschaft wird die Produktivität wesentlich von den Bauverfahren, den eingesetzten Geräten, den verwendeten Stoffen, den angewandten Bauweisen und insbesondere von den beschäftigten Menschen determiniert. Zwei wesentliche Fragen für die am Bau Beteiligten sind: Welche Produktivität ist erzielbar bzw. welche Produktivität wurde erzielt? Die erste Frage bezieht sich vornehmlich auf die Projektvorbereitung sowie die Auftragskalkulation, die zweite auf die Bauausführung.

Die Auftragnehmer gehen im Zuge ihrer Angebotskalkulation bzw. der Auftragskalkulation im Rahmen der Auftragserteilung für ein Bauprojekt von einer bestimmten Gesamtproduktivität aus, die sich wiederum aus unterschiedlichen Teilproduktivitäten zusammensetzt. Wird der Betrachtungsbogen vom Groben ins Detail gespannt, kann die Produktivität als Grobproduktivität bis hin zur Detailproduktivität betrachtet werden.

Zu Beginn stellt sich weiters die Frage, was ganz allgemein unter Produktivität verstanden wird. Ausbringungsmenge (Output) durch eingesetzte Ressourcen (Input) lautet die einfach anmutende Berechnungsregel dieser Verhältniszahl. Die Einfachheit geht jedoch schnell in Komplexität über, wenn die zeitlichen, länderspezifischen, tätigkeitsbezogenen, betrieblichen, regionalen und saisonalen Gegebenheiten miteinbezogen werden. In der angloamerikanischen Literatur werden in manchen Betrachtungen bei der Berechnung der Produktivität sogar Zähler und Nenner vertauscht, allerdings bei vorhergehender Vereinbarung, und dennoch wird am Begriff Produktivität festgehalten. Beispielsweise ist bezogen auf die Arbeit von Arbeitsproduktivität die Rede, obwohl hier die Lohnstunden mit der Ausbringungsmenge in Beziehung gesetzt werden (z.B. Std/m², Std/m³, Std/t, Std/Stk, Std/lfm). Diese Relation ist im deutschsprachigen Raum als Aufwandswert bekannt.

Im vorliegenden Buch werden diese komplexen Grundlagen der Produktivität beschrieben, wobei ausgehend von der Volkswirtschaftslehre über die Betriebswirtschaftslehre die Überleitung zur Bauwirtschaft sowie zum Baubetrieb erfolgt. Es wird auf die wesentlichen Bestandteile und Berechnungsarten der Produktivität eingegangen. Die Zusammensetzung der Gesamtproduktivität wird dargestellt und deren Rationalisierungs-

potenziale aufgezeigt. Im Speziellen handelt dieses Buch von der Produktivität bei Stahlbetonarbeiten und fokussiert dabei insbesondere auf die Schalungs-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten. Der Zusammenhang zwischen Produktivität und Aufwandswert wird hergestellt und anhand von Interaktionsdiagrammen grafisch veranschaulicht.

Aufwandswerte haben in der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Welt eine zentrale Bedeutung. Der Arbeitsaufwand für arbeitsintensive Tätigkeiten wird über diese Kennzahl beschrieben. Anhand der Aufwandswerte werden wesentliche Aussagen zu Kosten und Zeit getroffen. Aufwandswerte spielen auch bei der Auswahl von Bauverfahren (Verfahrensvergleich), im Zuge von Soll-Ist-Vergleichen (Baustellencontrolling) und bei Mehrkostenforderungen sowie bei der Berechnung der Arbeitsproduktivität eine große Rolle.

Die Vorgabe der Bauzeit erfolgt i.d.R. durch die Auftraggeber. Von den Auftragnehmern wird von der Bauzeit auf den erforderlichen Einsatz der Produktionsfaktoren geschlossen, um die Vertragsziele zu erfüllen. Als Basiskennzahlen dienen dazu bei allen arbeitsintensiven Tätigkeiten die Aufwandswerte, die in weiterer Folge als substanzielle Eingangsgrößen zur Berechnung von Leistungswerten fungieren. Für die Bieter bilden die Aufwandswerte eine wichtige Grundlage für ihre Kalkulation und die finale Preisbildung.

Veränderungen in der Produktivität werden in der Baupraxis häufig im Zusammenhang mit Bauablaufstörungen genannt. Ausgehend von diesen Störungen werden von den Auftragnehmern Mehrkosten ermittelt und den Auftraggebern in Rechnung gestellt. Dazu werden plausible Angaben über die Produktivitätsverluste benötigt. Der Nachweis der Angemessenheit und Plausibilität der Höhe der Produktivitätsverluste ist grundlegender Bestandteil von Mehrkostenforderungen. Größenordnungen über Produktivitätsverluste können aus der tatsächlichen Bauausführung, aus Versuchen, aus Modellrechnungen und aus der Literatur gewonnen werden.

In diesem Buch werden im Zuge einer Situationsanalyse Ansätze für Grenzgrößen der Produktivität und Ausmaße von Produktivitätsverlusten dargestellt, die in der täglichen Baupraxis und von Gutachtern eingesetzt werden. Da die Produktivität im Allgemeinen und die Produktivitätsverluste im Speziellen eine hohe Bedeutung für den Baubetrieb und die Bauwirtschaft haben, wird besonders auf die Auswirkungen bei Veränderung der Produktivität eingegangen. Es werden für ausgewählte Bereiche der Stahlbetonarbeiten Grenzgrößen ermittelt, bei deren Unter- bzw. Überschreitung die Produktivität verringert wird. Weiters wird gezeigt, wie sich das Ausmaß der Unter- bzw. Überschreitung der Grenzgrößen auf die Produktivität auswirkt. Diese Werte werden größtenteils über den indirekten Weg der Aufwandswerte ermittelt. Als Grundlage für die ermittelten Daten dienen Expertenbefragungen (empirische Erhebungen), die statistischen Analysen unterzogen und deskriptiv dargestellt werden. Zur Überprüfung der Untersuchungsergebnisse werden vorhandene Literaturansätze herangezogen. Die im Buch beschriebenen neuen Ansätze für Produktivitätsgrenzen und für Verläufe der Produktivitätsverluste können in der Baupraxis für die Kalkulation, die Arbeitsvorbereitung, die Bauablaufplanung, die Logistikplanung, die Bauausführung sowie im Zuge des Claimmanagements angewendet werden. In der Abwicklung von Mehrkostenforderungen können damit einerseits die Auftraggeber die Forderungen der Auftragnehmer verifizieren und andererseits die Auftragnehmer ihre Forderungen plausibilisieren. Die hohe Bedeutung der Produktivitätsverluste ist somit nicht nur während und nach der Bauausführung gegeben, sondern zeigt sich bereits in der Projekt- sowie Arbeitsvorbereitung.

Insgesamt soll das Buch dazu beitragen, die wesentliche Bedeutung des Begriffs Produktivität für den Baubetrieb und die Bauwirtschaft darzustellen und die Auswirkungen von Produktivitätsverlusten nachvollziehbar aufzuzeigen.

Danksagung:

Ich bedanke mich herzlich bei Frau Sarah Wirnsberger, B.A. und Herrn MMag. Manfred Hammerl, die mich bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse und Erarbeitung der statistischen Grundlagen äußerst kompetent unterstützt haben. Für die Korrektur des Buches bedanke ich mich bei Herrn Mag. Dipl.-Ing. Anton Schieder und besonders bei Herrn Dipl.-Ing. Markus Kummer. Weiters bedanke ich mich bei den Experten aus Österreich und Deutschland für ihre Mühe, an der Expertenbefragung teilzunehmen.

Der größte Dank gebührt meiner Frau Charlotte, die mir während der gesamten Zeit mit unermüdlicher Unterstützung und stets motivierenden Worten zur Seite stand.