

Diploma Thesis

# Development of productivity of the Austrian construction industry from 1960 until today

submitted in satisfaction of the requirements for the degree of  
Diplom-Ingenieur  
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

---

Diplomarbeit

## Entwicklung der Produktivität der österreichischen Bauwirtschaft von 1960 bis heute

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines  
Diplom-Ingenieurs  
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Danijel Maksic, BSc**

Matr.Nr.: 01229012

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Gerald Goger**

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. **Marco Huymajer**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement  
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13, 1040 Wien, Österreich

Wien, im April 2019

---



# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen, welche mich während meines Studiums und bei der Durchführung meiner Diplomarbeit großzügig unterstützt haben, meinen tiefsten Dank aussprechen.

Ein herzliches Dankeschön geht an Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger, der mir das Vertrauen entgegengebracht hat, mich mit dem Thema „*Entwicklung der Produktivität der österreichischen Bauwirtschaft von 1960 bis heute*“ zu beschäftigen. Ein besonderer Dank geht an Herrn Univ. Ass. Dipl.-Ing. Marco Huymajer für seine unermüdliche Unterstützung während der gesamten Zeit der Diplomarbeitserstellung und für seine unerschöpfliche Toleranz, welche dafür gesorgt hat, dass ich mein Ziel nicht aus den Augen verliere. Bei Herrn Univ.Ass. Dipl.-Ing. Leopold Winkler bedanke ich mich für die Gelegenheit und Möglichkeit, das Diplomarbeitsthema am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement zu bekommen.

Meinen Freunden und Studienkollegen gebührt ein großes Dankeschön für die Unterstützung, Motivation und Ermutigung am Ball zu bleiben. Für das Korrekturlesen bin ich meinen Cousinen Milica und Milena zu großem Dank verpflichtet.

Abschließend gilt mein größter Dank meiner Familie, vor allem meiner Mutter, die nicht mehr unter uns weilt, jedoch mich zu dem Menschen gemacht hat, der ich heute bin. Ihr möchte ich diese Diplomarbeit widmen.



# Kurzfassung

Die Produktivität ist in der Bauwirtschaft, genauso wie in anderen Branchen, von zentraler Bedeutung. Aussagen über die Produktivität werden auf unterschiedliche Weise gemacht. Sie kann auf volkswirtschaftlicher oder betriebswirtschaftlicher Ebene betrachtet werden. Dies erschwert einen branchenübergreifenden Vergleich. Auf einer volkswirtschaftlichen Ebene attestieren unterschiedliche Studien der Bauwirtschaft im Branchenvergleich einen niedrigen Wert der Produktivität oder eine ungünstige zeitliche Entwicklung. Es stellt sich die Frage, ob sich dieser Sachverhalt auf baubetrieblicher Ebene widerspiegelt.

Derzeit gibt es nur wenige Untersuchungen über die zeitliche Entwicklung der Produktivität auf baubetrieblicher Ebene. Ziel der Arbeit ist es, die zeitliche Entwicklung der technischen Produktivität innerhalb der letzten 40 Jahre im deutschsprachigen Raum zu untersuchen. Der Fokus wird dabei exemplarisch auf Stahlbetonarbeiten gelegt.

Als Messgröße der technischen Produktivität wird in dieser Arbeit der Aufwandswert herangezogen. Mithilfe einer umfangreichen Recherche werden der Fachliteratur Aufwandswerte der letzten 40 Jahre entnommen. Stahlbetonarbeiten werden aus den drei Teiltätigkeiten Schalen, Bewehren und Betonieren zusammengesetzt angenommen. Anhand der Analyse von Leistungsverzeichnissen wird von den mittleren Aufwandswerten einzelner Bauteile auf Aufwandswerte für die drei Teiltätigkeiten geschlossen. Durch Berücksichtigung des Schalungs- und Bewehrungsgrades wird schließlich ein Gesamtaufwandswert für Stahlbetonarbeiten ermittelt. Unter Annahme eines linearen Modells werden für Stahlbetonarbeiten und deren Teiltätigkeiten Reduktionsraten der Aufwandswerte abgeleitet. Die Ergebnisse werden grafisch dargestellt und eingehend analysiert.

Unter Anwendung der beschriebenen Methodik zeigen sich im Großen und Ganzen sinkende Aufwandswerte der drei Teiltätigkeiten Schalen, Bewehren und Betonieren bestimmter Bauteile. Damit geht die Tendenz zur Reduktion der Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten einher. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aus baubetrieblicher Sicht von einer steigenden Produktivität in den letzten 40 Jahren gesprochen werden kann.

Die auf volkswirtschaftlicher Ebene festgestellte Stagnation der bauwirtschaftlichen Produktivität oder sogar deren Rückgang kann aus baubetrieblicher Sicht nicht bestätigt werden. Es bedarf weiterer Untersuchungen, um die Gründe für die Diskrepanz zwischen volkswirtschaftlichen und betrieblichen Betrachtungen zu klären. In der vorliegenden Arbeit stehen Stahlbetonarbeiten im Mittelpunkt der Betrachtung, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass bei anderen Bauprozessen ähnliche Fortschritte erzielt werden konnten. Digitalisierung und zunehmende Automatisierung des Baubetriebs versprechen großes Potential für weitere Produktivitätssteigerungen.



# Abstract

Productivity is essential to the construction industry as well as to other industries. Statements about productivity are made in different ways. Productivity can be considered at the economic or business level. In an industry comparison different studies attest the construction industry a low value of productivity or an unfavorable temporal development on an economic level. This makes a cross-industry comparison difficult. The question arises whether this situation is reflected at an operational level.

Little research currently exists on the temporal evolution of productivity at the operational level. The aim of this work is to examine the temporal evolution of technical productivity within German-speaking countries in the last 40 years. This work will focus on steel reinforced concrete.

Performance factors are used in this work as a measure of technical productivity. By means of a comprehensive literature review performance factors are determined for the last 40 years. Reinforced concrete works are assumed to be composed of the three sub-activities formwork, reinforcement and pouring. Based on the analysis of bills of quantities, the average performance factors of individual components are used to calculate performance factors for the three subactivities. By taking into account the formwork and reinforcement degree, a total performance factor for reinforced concrete work is finally determined. Assuming a linear model, reduction rates of the performance factor are obtained for reinforced concrete work and its subactivities. The results are graphically displayed and analyzed in detail.

By applying the described methodology, general decreasing performance factors of the three subactivities formwork, reinforcement and pouring of certain components are observed. This goes hand in hand with the trend toward a reduction of performance factors of reinforced concrete work. In summary, from a operational point of view, there is the indication of an increase of productivity over the last 40 years.

The economic stagnation of construction productivity or even its decline cannot be confirmed from a construction management point of view. Further investigation is needed to clarify the reasons for the discrepancy between economic and operational considerations. In the present thesis, reinforced concrete work is the focus of attention, but it can be assumed that similar progress could be made in other construction processes. Digitalization and increasing automation of the construction business promise great potential for further productivity increases.





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstellung und Motivation . . . . .	1
1.2	Forschungsfragen und Zielsetzung . . . . .	1
1.3	Methodik . . . . .	2
1.4	Aufbau der Arbeit . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Überblick zur Produktivität</b>	<b>3</b>
2.1	Allgemein zur Produktivität . . . . .	3
2.1.1	Technische Produktivität . . . . .	4
2.1.2	Betriebs- und marktwirtschaftliche Produktivität . . . . .	4
2.2	Faktor- und Multifaktorproduktivität . . . . .	4
2.3	Zusammensetzung der Produktivität in der Bauwirtschaft . . . . .	6
2.3.1	Die Gesamtproduktivität . . . . .	6
2.3.2	Arbeitsproduktivität . . . . .	8
2.3.3	Rationalisierung der Produktivität . . . . .	9
2.4	Messgrößen der Produktivität . . . . .	9
2.4.1	Aufwandswerte . . . . .	9
2.4.2	Leistungswerte . . . . .	11
2.4.3	Beziehung zwischen Aufwandswert, Produktivität und Leistung . . . . .	11
2.5	Einflüsse auf die Produktivität . . . . .	13
2.5.1	Bauzeit . . . . .	14
2.5.2	Anzahl der Arbeitskräfte je Kran . . . . .	14
2.5.3	Lohn- und Sozialdumping . . . . .	16
2.6	Zusammenfassung . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Zeitliche Entwicklung der volkswirtschaftlichen Produktivität</b>	<b>19</b>
3.1	Produktivität im Zeitraum von 1960 bis 1980 . . . . .	19
3.2	Produktivität im Zeitraum von 1980 bis 2015 . . . . .	22
3.3	Zusammenfassung . . . . .	28
<b>4</b>	<b>Entwicklung der Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten in den letzten 40 Jahren</b>	<b>29</b>
4.1	Methode zur Ermittlung des Gesamtaufwandswertes für Stahlbetonarbeiten . . . . .	29
4.2	Literatur . . . . .	31
4.3	Grundlagen zu Schalarbeiten . . . . .	33
4.4	Aufwandswerte für Schalarbeiten anhand der Literatur . . . . .	33
4.4.1	Aufwandswerte aus ARH-Tabellen (1977) . . . . .	35
4.4.2	Aufwandswerte nach Schub und Meyran (1982) . . . . .	39
4.4.3	Aufwandswerte nach Olesen (1988) . . . . .	41
4.4.4	Aufwandswerte nach Hoffmann und Kremer (1996) . . . . .	48
4.4.5	Aufwandswerte nach Hoffmann (2002) . . . . .	52
4.4.6	Aufwandswerte nach Plümecke und Kuhne (2008) . . . . .	57

4.4.7	Aufwandswerte nach Krause und Ulke (2016)	62
4.4.8	Aufwandswerte nach Plümecke und Kuhne (2017)	62
4.4.9	Aufwandswerte für Schalarbeiten im Überblick	66
4.5	Grundlagen zu Bewehrungsarbeiten	69
4.6	Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten anhand der Literatur	69
4.6.1	Aufwandswerte aus ARH-Tabellen (1977)	71
4.6.2	Aufwandswerte nach Schub und Meyran (1982)	74
4.6.3	Aufwandswerte nach Olesen (1988)	77
4.6.4	Aufwandswerte nach Hoffmann und Kremer (1996)	81
4.6.5	Aufwandswerte nach Hoffmann (2002)	84
4.6.6	Aufwandswerte nach Plümecke und Kuhne (2008)	87
4.6.7	Aufwandswerte nach Krause und Ulke (2016)	91
4.6.8	Aufwandswerte nach Plümecke (2017)	91
4.6.9	Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten im Überblick	94
4.7	Grundlagen zu Betonarbeiten	96
4.8	Aufwandswerte für Betonarbeiten anhand der Literatur	97
4.8.1	Aufwandswerte aus ARH-Tabellen (1977)	97
4.8.2	Aufwandswerte nach Schub und Meyran (1982)	102
4.8.3	Aufwandswerte nach Olesen (1988)	104
4.8.4	Aufwandswerte nach Hoffmann und Kremer (1996)	107
4.8.5	Aufwandswerte nach Hoffmann (2002)	111
4.8.6	Aufwandswerte nach Plümecke und Kuhne (2008)	111
4.8.7	Aufwandswerte nach Krause und Ulke (2016)	115
4.8.8	Aufwandswerte nach Plümecke (2017)	115
4.8.9	Aufwandswerte für Betonarbeiten im Überblick	118
4.9	Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten	121
4.9.1	Gewichtung untersuchter Bauteile	121
4.9.2	Ermittlung und Analyse des Gesamtaufwandswertes für Stahlbetonarbeiten	127
4.10	Zusammenfassung	129
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>131</b>
5.1	Beantwortung der Forschungsfragen	131
5.2	Zusammenfassung und Ausblick	132

# Kapitel 1

## Einleitung

Produktivität ist ein wichtiger Aspekt der Bauwirtschaft, der als Index der Produktionseffizienz verwendet werden kann. Seit Jahrzehnten ist sie ein wunder Punkt der Bauwirtschaft. Verschiedene Statistiken zeigen, dass die Bauwirtschaft heute nur wenig produktiver ist als noch vor vielen Jahren. Die Wichtigkeit dieses Themas ist unumstritten. Die Bauwirtschaft ist ein arbeitsintensiver Wirtschaftszweig [20], weshalb Arbeitsproduktivität eine zentrale Rolle spielt. Wesentlich ist, dass bei der Betrachtung der Produktivität der Bauwirtschaft nicht ausschließlich die Bauausführung, sondern auch Planungs- und Vorbereitungsarbeiten betrachtet werden.

### 1.1 Problemstellung und Motivation

Laut verschiedenen Studien zeigt sich eine schwierige Zeit für die Bauwirtschaft, besonders nach der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009. Die heutige Realität weist auf verschiedene Probleme hin, wie beispielsweise Terminverschiebungen und Kostensteigerungen. Unterschiedliche Veröffentlichungen attestieren der österreichischen und deutschen Bauwirtschaft eine stagnierend niedrige Produktivität. Erst seit Kurzem zeigen sich Zeichen der Erholung und ein Fortschritt ist erkennbar [30].

Diese Arbeit soll die Produktivität der Bauwirtschaft aus baubetrieblicher Sicht beleuchten. In Hinblick auf die Komplexität für alle Sparten Produktivitätsindikatoren abzuleiten, beschränkt sich die Analyse in dieser Arbeit beispielhaft auf Stahlbetonarbeiten im Hochbau.

### 1.2 Forschungsfragen und Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über die zeitliche Entwicklung der Produktivität zu geben. Im Speziellen soll die Entwicklung von Aufwandswerten für Stahlbetonarbeiten als repräsentative Kennzahl der Produktivität untersucht werden. Es soll angenommen werden, dass sich Stahlbetonarbeiten aus den Teiltätigkeiten Schalen, Bewehren und Betonieren zusammensetzen.

Der Arbeit werden folgende Forschungsfragen zugrunde gelegt:

- Welche Kenngrößen können prinzipiell als Indikator für Produktivität im Baubetrieb herangezogen werden und wie haben sie sich zeitlich entwickelt?
- Mit welcher Methodik kann ein Gesamtaufwandswert für Stahlbetonarbeiten ermittelt werden?
- Wie hat sich der Gesamtaufwandswert für Stahlbetonarbeiten in den letzten 40 Jahren entwickelt?

## 1.3 Methodik

Für die Erstellung dieser Arbeit wurde eine umfangreiche Recherche facheinschlägiger Literatur vorgenommen. Im ersten Schritt werden wichtige Messgrößen der Produktivität und ihre zeitliche Entwicklung untersucht. Im zweiten Schritt werden aggregierte Aufwandswerte für Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten aus facheinschlägiger Literatur und daraus ein aggregierter Wert für Stahlbetonarbeiten gewonnen. Schlussendlich werden diese Ergebnisse grafisch dargestellt und eingehend analysiert.

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in 5 Kapitel. In der *Einleitung* werden Forschungsfragen formuliert, die in den anschließenden Kapiteln beantwortet werden. Zusätzlich werden Problemstellung und Motivation, Zielsetzung sowie Methodik der Arbeit erläutert.

Das *zweite Kapitel* dieser Arbeit befasst sich allgemein mit dem Thema Produktivität in der Bauwirtschaft. Es wird auf die Zusammensetzung und Messgrößen der Produktivität sowie deren Einflüsse eingegangen.

Das *dritte Kapitel* behandelt die zeitliche Entwicklung der Produktivität. Darüber hinaus wird ein branchenübergreifender Vergleich der Produktivität angestellt.

Aufwandswerte dienen als wichtige Kennzahl arbeitsintensiver Tätigkeiten in der Bauwirtschaft. Im *vierten Kapitel* werden der Literatur entnommene Aufwandswerte für Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten diskutiert. Um eine zeitliche Vergleichbarkeit zu ermöglichen, werden die Aufwandswerte durch Aggregation und Gewichtung zu einem für das Jahre repräsentativen Gesamtaufandswert für Stahlbetonarbeiten verdichtet. Die Ergebnisse werden grafisch dargestellt und analysiert.

Abschließend werden im *fünften Kapitel* die gestellten Forschungsfragen beantwortet, die Erkenntnisse zusammengefasst. Ferner wird der zukünftige Forschungs- und Entwicklungsbedarf diskutiert.

# Kapitel 2

## Überblick zur Produktivität

Produktivität ist ein in jüngster Vergangenheit heiß diskutiertes Thema in der Bauwirtschaft. Eine Vielzahl an Artikel, Studien und andere Veröffentlichungen befasst sich mit diesem Thema.

In diesem Abschnitt sollen folgende Fragestellungen behandelt werden:

- Was wird als Produktivität betrachtet und verstanden?
- Wie wird die Produktivität gemessen und erfasst?
- Welche Faktoren beeinflussen die Produktivität?

### 2.1 Allgemein zur Produktivität

Produktivität kann in der Volkswirtschafts-, Betriebswirtschafts- und Bauwirtschaftslehre als Kenngröße herangezogen werden. In der Bauwirtschaftslehre definiert Hofstadler [17, S. 9] Produktivität wie folgt: „*Die Produktivität ist die wesentliche Kennzahl zur Beurteilung der Ergiebigkeit von einzelnen Arbeiten oder des gesamten Produktions- bzw. Wirtschaftsprozesses im Bauwesen.*“

In der Bauwirtschaftslehre wird Produktivität als das Verhältnis

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (2.1)$$

zwischen der Ausbringungsmenge (Output) und elementaren und dispositiven Produktionsfaktoren (Input) definiert. Diese werden in den kommenden Abschnitten näher erläutert. Eine gründliche Planung und Arbeitsvorbereitung von Bauprojekten sind die Grundlage für eine hohe Produktivität. Der in Praxis häufig auftretende gestörte Bauablauf stellt die Abweichungen gegenüber der Urkalkulation dar und zieht eine verminderte Produktivität nach sich [17, S. 9].

In der Volkswirtschaftslehre stellt die Produktivität ein Verhältnis zwischen Produktionsergebnis (Wertschöpfung) und Faktoreinsatz (Arbeit) dar. Auf betrieblicher Ebene lassen sich drei Arten von Produktivität unterscheiden [17, S. 10]:

- Technische Produktivität
- Betriebswirtschaftliche Produktivität
- Marktwirtschaftliche Produktivität

### 2.1.1 Technische Produktivität

Die technische Produktivität bezieht erbrachte Leistung auf die für die Erbringung notwendige Zeit [17, S. 11]:

$$\text{Technische Produktivität} = \frac{\text{Leistung}}{\text{Zeiteinheit}} \quad (2.2)$$

Höhere Leistungen bei gleichbleibendem Zeitaufwand führen zu einer höheren Produktivität. Dies kann beispielsweise durch

- Lohnanreize (z. B. Einführung von Akkord),
- Mechanisierung der Handarbeit (Ersatz durch Maschinen),
- den Einsatz von Vorrichtungen oder
- arbeitstechnische Maßnahmen (z. B. bessere Arbeitsbedingungen)

erreicht werden [17, S. 11].

### 2.1.2 Betriebs- und marktwirtschaftliche Produktivität

Im Gegensatz zur *technischen Produktivität* werden bei der betriebswirtschaftlichen Betrachtung der Produktivität die Kosten für die Leistungssteigerung mitberücksichtigt. Eine Steigerung der technischen Produktivität kann durch steigende Stückkosten bei den Produktionsfaktoren eine sinkende betriebswirtschaftliche Produktivität mit sich bringen. Deswegen sind neben den technischen Betrachtungen bei der Auswahl von Herstellungsverfahren zusätzlich betriebswirtschaftliche Untersuchungen auszuführen. Die *marktwirtschaftliche Produktivität* stellt das Verhältnis zwischen dem Ertrag und dem Aufwand dar [17, S. 12].

## 2.2 Faktor- und Multifaktorproduktivität

Es gibt grundsätzlich zwei Arten von Produktivitätsmessung [41, S. 2]:

- Single Faktorproduktivität und
- Multifaktorproduktivität (MFP) oder die totale Faktorproduktivität (TFP).

*Single Faktorproduktivität* oder nur *Faktorproduktivität* drückt die Ausgabe (Output) als eine Funktion von nur einer Eingabe (Input) aus, beispielsweise der Arbeit oder des Kapitals [41, S. 2]. Die gebräuchlichste Faktorproduktivität ist die Arbeitsproduktivität. Sie ist als Verhältnis von Produktion zu Arbeitsstunden oder Erwerbstätigen definiert. Gemäß [44] ist Arbeitsproduktivität eine faktorbezogene Teilproduktivität, bei der die gesamte Ausbringungsmenge nur dem Produktionsfaktor Arbeit gegenübergestellt wird. Auf die Arbeitsproduktivität wird in den folgenden Abschnitten näher eingegangen.

*MFP oder totale Faktorproduktivität* drückt die Ausgabe (Output) als eine Funktion von mehreren Eingaben (Inputs) aus, wie Arbeit, Ausrüstung und Materialien [41, S. 2]. Streissler [40, S. 48]

	AUT	BEL	CAN	CZE	DEU	DNK	ESP	FIN	FRA	GBR	GRC	ITA	KOR	NLD	NOR	POL	SWE	USA
TOTAL (excluding real estate activities)	1.2		1.0	4.1	1.2	0.7	0.3	1.8	1.2		2.0		4.0	1.6	1.9		2.2	1.2
AGRICULTURE, HUNTING, Forestry and FISHING	2.1	-1.9	2.3	2.8	3.0	0.0	2.4	3.2	2.3	0.2	0.0	2.3	4.0	0.6	5.3	4.2	4.3	2.7
MINING AND QUARRYING	2.8	2.2	-1.7	0.1	-3.3	1.8	1.5	1.0			0.8	-0.6	5.9	0.3	0.6	-3.3	-3.6	-1.1
MANUFACTURING	2.3	1.8	1.8	6.3	1.2	2.1	0.7	4.3	2.8	3.5	1.4	0.7	6.9	2.6	1.4	5.3	4.8	3.5
Machinery and equipment	1.8	2.0	2.6	8.4	3.9	3.0	1.0	7.1		4.8	0.0	0.9		3.3	2.7		10.8	10.1
Transport equipment	3.1	0.9	2.1	9.9	2.1	0.0	1.2	0.6	0.9	3.1	0.7	-1.4		3.5	0.1		2.8	1.5
ELECTRICITY GAS AND, WATER supply	3.3	1.3	-0.4	5.0	2.8	-0.2	0.3	2.0	3.0	1.0	1.7	0.5	2.9	3.2	3.3	2.9	0.4	0.0
CONSTRUCTION	0.3	0.6	0.3	-2.0	-0.8	-1.6	-1.5	-0.3	0.3	-0.1	-2.0	-1.4	2.1	-0.1	-1.2	0.1	-1.2	-1.6
WHOLE SALE AND RETAIL TRADE - RESTAURANTS AND HOTELS	0.9	-1.4	1.3	4.3	1.0	0.9	-0.3	0.5	1.2	2.4	1.7	0.4	2.7	3.0	5.3	0.7	2.9	2.4
Wholesale and retail trade - repairs	1.2	-1.4	1.6	5.8	1.4	1.3	0.6	0.5	1.6	2.8	2.1	0.7		3.6	5.9	0.8	3.1	3.1
Hotels and restaurants	0.1	-1.3	-0.1	-5.9	-0.5	-2.2	-1.8	0.7	-0.1	0.9	0.6	-0.5		-1.1	1.4	-0.7	1.2	0.0
FINANCE, INSURANCE AND BUSINESS SERVICES	0.6		0.2	1.4	0.7	0.5	2.3	-0.4	-0.6	6.3	-1.2		3.2	0.7	1.0		0.2	0.4
INDUSTRY INCLUDING ENERGY	2.5	1.8	1.0	6.1	1.3	1.7	0.8	4.2	2.8		1.5	0.7	6.6	2.4	1.4	4.3	4.3	3.0
BUSINESS SECTOR SERVICES (excluding real estate activities)	0.9		1.3	3.4	1.1	1.4	0.4	1.1	0.9	3.7	2.8			1.9	3.7		2.2	1.5

Abb. 2.1: MFP, durchschnittliche jährliche prozentuelle Veränderung, 1990-2009 [1, S. 5]

definiert MFP als „jenen Teil der Produktivität, der nicht eindeutig einem einzigen Produktionsfaktor zugeordnet werden kann“. Die MFP wird oft als Maß für den technischen Fortschritt verwendet [43, S. 25].

Es ist schwierig zu beurteilen, ob sich die Produktivität in der Bauindustrie verbessert oder verringert hat. Die MFP ist ein gängiges Maß der Produktivität, das zur Überwachung der Wirtschaftslage oder Beurteilung auf Branchenebene verwendet wird. Die MFP wird jedoch von vielen Autoren für das Bauwesen als ungeeignet angesehen, da die vollständigen Eingaben eines bestimmten Projekts schwierig zu messen sind [28, S. 597]. Die Schätzungen der Ausrüstungskosten hängen zum Beispiel von vielen Faktoren ab, wie die verwendete Abschreibungsmethode. In vielen Branchen bedeutet Produktivität oft eine Steigerung des Umsatzes oder der Produktion pro Arbeiter<sup>1</sup> [28, S. 597]. Für eine bestimmte Industrie kann die MFP als Differenz zwischen der Wachstumsrate der Produktion und dem gewichteten Durchschnitt von Arbeit und Kapitaleinsatz errechnet werden [1, S. 3].

Die Abb. 2.1 veranschaulicht die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der Produktivität im Zeitraum von 1990 bis 2009 für verschiedene Branchen und Länder. Mit einem Wert von 0,3 in der Bauwirtschaft ist die Steigerung der Produktivität im Branchenvergleich nur in der Hotellerie und Gastronomie geringer. Österreich belegt gemeinsam mit Kanada und Frankreich den dritten Platz. Korea und Belgien zeigen sich mit der größten Wachstumsrate der MFP [1, S. 4-5]. Auffallend ist schließlich eine in der Bauwirtschaft vieler Länder stattfindende Degression der MFP.

<sup>1</sup>Der Verfasser legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Im Sinne einer besseren Lesbarkeit wurde jedoch oftmals entweder die maskuline oder feminine Form gewählt. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts.

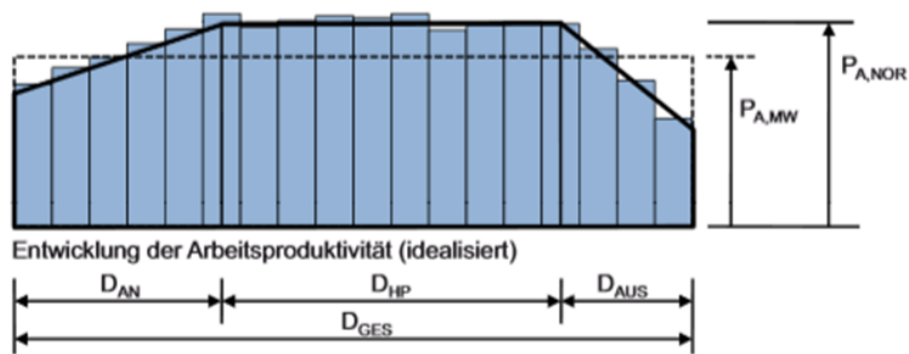


Abb. 2.2: Zeitliche Entwicklung der Arbeitsproduktivität [17, S. 14]

## 2.3 Zusammensetzung der Produktivität in der Bauwirtschaft

Die Produktivität kann in den unterschiedlichen Phasen eines Bauprojektes getrennt von einander betrachtet werden. Es wird unterschieden zwischen [17, S. 14]:

- Produktivität in der Anlaufphase  $D_{AN}$
- Produktivität in der Hauptbauphase  $D_{HP}$
- Produktivität in der Auslaufphase  $D_{AUS}$

Die Gesamtdauer eines Bauprojektes  $D_{GES}$  entspricht der Gesamtproduktivität im Zuge aller Bauprojektphasen. Abb. 2.2 zeigt beispielhaft die zeitliche Entwicklung der Arbeitsproduktivität während eines Bauprojektes. Die Arbeitsproduktivität im Bauwesen wird in Abschnitt 2.3.2 beschrieben. Diese Abbildung zeigt eine in der Anlauf- und Auslaufphase verminderte Produktivität gegenüber der Hauptbauphase. Die strichlierte Linie entspricht der sogenannten durchschnittlichen Normal-Produktivität  $P_{A,MW}$ . Im Falle von Bauablaufstörungen ist zu untersuchen, ob lediglich die Teilproduktivität oder die Gesamtproduktivität davon betroffen ist [17, S. 15].

### 2.3.1 Die Gesamtproduktivität

Die Gesamtproduktivität wird durch das effiziente Zusammenwirken der dispositiven und elementaren Produktionsfaktoren bestimmt (Abb. 2.3). Die elementaren Produktionsfaktoren setzen sich wiederum aus der Arbeit, den Betriebsmitteln und den Stoffen zusammen, welche von den dispositiven Produktionsfaktoren beeinflusst werden. Diese Beeinflussung erfolgt durch Planung, Steuerung, Kontrolle, Auswahl, Organisation, Dokumentation, Kommunikation und Wissensarbeit. Die Produktivität kann zusätzlich durch Rationalisierung beeinflusst werden. Dies wird in Abschnitt 2.3.3 näher beschrieben. In Ländern mit niedrigem Lohnniveau sind die Betriebsmittelproduktivität und Stoffproduktivität dominant. In Abb. 2.4 werden Einflüsse auf die Gesamtproduktivität dargestellt. Dabei werden Einwirkungen auf die Arbeitsproduktivität, wie zum Beispiel Arbeitsanweisung oder spezifische Baustellenbedingungen beschrieben. Bei Betriebsmittelproduktivität spielen Einflüsse, wie die quantitative Verfügbarkeit, eine große Rolle. Bei der Materialproduktivität sind beispielsweise die Bearbeitbarkeit und Transportfähigkeit von flüssigen Materialien wie Frischbeton von zentraler Bedeutung [17, S. 9, 24].



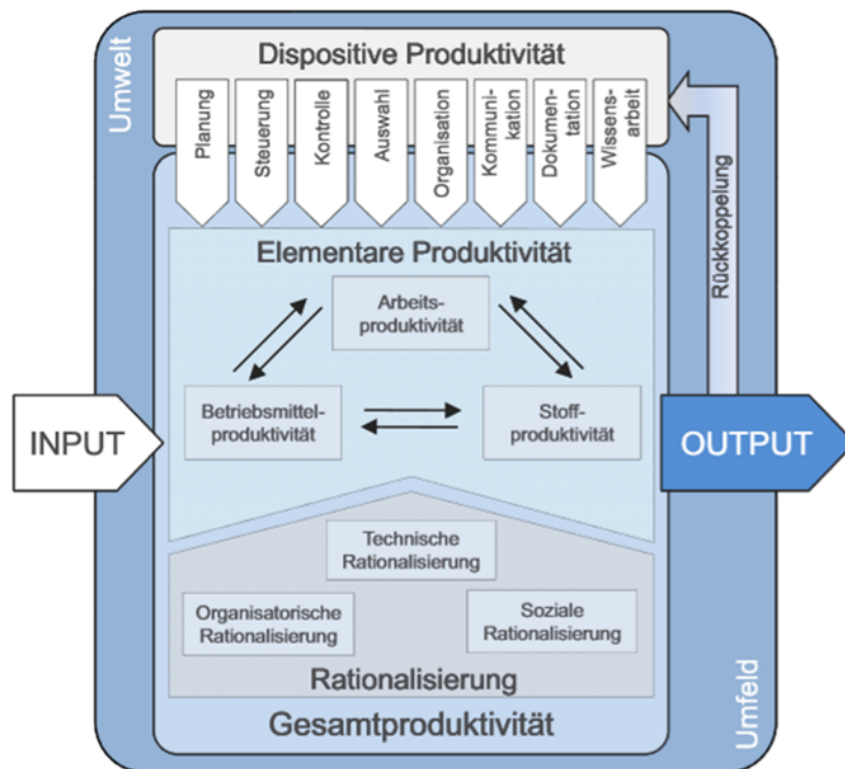


Abb. 2.3: Zusammensetzung der Gesamtproduktivität [17, S. 31]

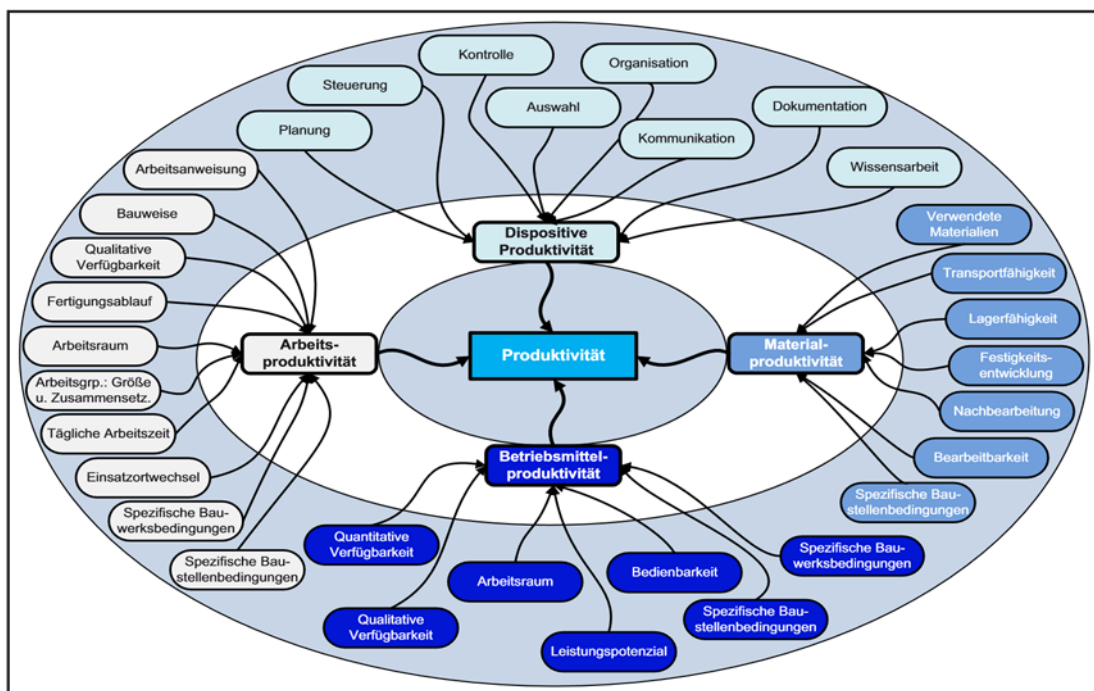


Abb. 2.4: Einflüsse auf die Gesamtproduktivität [17, S. 18]

### 2.3.2 Arbeitsproduktivität

Das Wachstum der Arbeitsproduktivität ist in den letzten Jahren abgeflaut [36]. Die Wichtigkeit der Arbeitsproduktivität ist jedoch als ökonomische Kennzahl für die Gesamtwirtschaft gegeben, da diese sowohl als Wertschöpfung je Erwerbstätigen (Mann-Produktivität) als auch je Erwerbstätigenstunde (Stundenproduktivität) gemessen werden kann [45]. Durch eine Zunahme der Arbeitsproduktivität kommt es demnach zu einer positiven Entwicklung des Wirtschaftswachstums. Dies ist mit dem MFP in Verbindung zu setzen [43, S. 21].

#### Arbeitsproduktivität nach Hofstadler

Die Arbeitsproduktivität stellt das Verhältnis zwischen dem Produktionsergebnis und den eingesetzten Ressourcen dar. Folgende Unterscheidung wird vorgenommen [17, S. 26-30]:

1. Arbeitsproduktivität bezogen auf die Arbeitskraft (AK) (mit und ohne zeitlichen Aspekt)
2. Arbeitsproduktivität bezogen auf den Aufwandswert

#### Arbeitsproduktivität bezogen auf die Arbeitskraft ohne direkten zeitlichen Aspekt

Die Arbeitsproduktivität, die auf die Anzahl der eingesetzten Arbeitskräfte bezogen wird, wird sich aus dem Quotienten der betrachteten Produktionsmenge und der Anzahl der dafür eingesetzten Arbeitskräfte ergeben. Wenn für die Bezugsgröße beispielsweise den Bruttorauminhalt (BRI) (in  $\text{m}^3$ ) herangezogen wird, wird die Produktivität  $P_{\text{AK,BRI}}$  aus dem Quotienten der Produktionsmenge  $M_{\text{BRI}}$  und der Anzahl der dafür eingesetzten Arbeitskräfte für Rohbau  $AK_{\text{RB}}$  berechnet

$$P_{\text{AK,BRI}} = \frac{M_{\text{BRI}}}{AK_{\text{RB}}}. \quad (2.3)$$

#### Arbeitsproduktivität bezogen auf die Arbeitskraft mit zeitlichem Aspekt

In diesem Fall wird sich die Arbeitsproduktivität aus dem Quotienten der Produktionsmenge  $M_{\text{BRI}}$  und dem Produkt der Anzahl der dafür eingesetzten Arbeitskräfte für Rohbau  $AK_{\text{RB}}$  und der Dauer der Rohbauarbeiten  $D_{\text{RB}}$  ergeben

$$P_{\text{AK,BRI}} = \frac{M_{\text{BRI}}}{AK_{\text{RB}} \cdot D_{\text{RB}}}. \quad (2.4)$$

#### Arbeitsproduktivität bezogen auf den Aufwandswert

In diesem Fall errechnet sich die Arbeitsproduktivität als Reziprokwert des Aufwandswertes, steigt Aufwandswert, sinkt die Produktivität und umgekehrt. Es muss aber betont werden, dass eine Steigerung oder Verringerung von Aufwandswerten z. B. um 50 %, nicht bedeutet, dass sich die Produktivität um das gleiche Ausmaß verringert bzw. erhöht. Darüber wird in Abschnitt 2.4 näher diskutiert. Die Arbeitsproduktivität  $P_{a,v,i}$  ergibt sich als ein Reziprokwert eines Aufwandswertes  $AW_{a,v,i}$

$$P_{a,v,i} = \frac{1}{AW_{a,v,i}}. \quad (2.5)$$

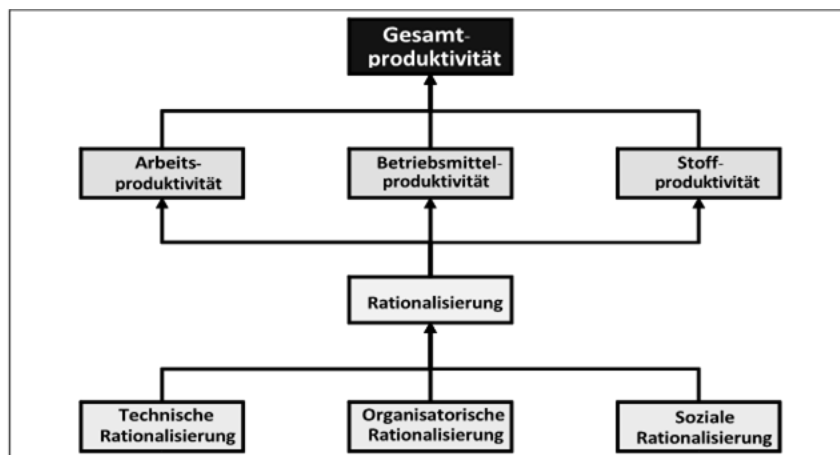


Abb. 2.5: Rationalisierungspotenzial der Gesamtproduktivität [16, S. 22]

### 2.3.3 Rationalisierung der Produktivität

Durch Rationalisierungsmaßnahmen, die einzeln in Kombination wirken, kann die Produktivität gesteigert werden [17, S. 30-33]. Es kann zwischen

- technischer (z. B. Mechanisierung statt Handarbeit, kürzere Kranspielzeiten),
- organisatorischer (z. B. Verbesserung im Bauabläufe) und
- sozialer Rationalisierung (z. B. Hebung der Arbeitsmoral durch soziale Anreize)

unterschieden werden. Der Zusammenhang ist in Abb. 2.5 grafisch dargestellt.

## 2.4 Messgrößen der Produktivität

Aufwandswerte (AW) und Leistungswerte (LW) sind Messgrößen der Produktivität des Potenzial-einsatzes [17, S. 44]. Bei ungestörtem Sollablauf sind die AW niedriger und die LW höher als im problematischen Fall. Verlängerte Vorgangsdauern, höhere Herstellungskosten pro Mengeneinheit und insgesamt höhere Fertigungskosten für den gestörten Bauablauf führen zu höheren Aufwandswerten oder niedrigeren Leistungswerten [17, S. 44]. Nach Schmidt [34, S. 95] ist das Risiko umso kleiner, je exakter sich die Arbeitsbedingungen (z. B. Baustellen- und Bauwerksbedingungen) auf der Baustelle vorhersehen lassen und je umfangreicher die innerbetrieblichen Erfahrungen mit dem vorgesehen Verfahren sind. Trotzdem besteht eine Risikospanne für die genaue Einschätzung des Wertes.

### 2.4.1 Aufwandswerte

Hofstadler [16, S. 19] definiert: „Die Größenordnung der Aufwandswerte beeinflusst die Arbeitsproduktivität und damit erheblich die Leistung in den Ablaufabschnitten.“ In der Angebotsphase spielen die Aufwandswerte eine große Rolle zur Kosten- und Zeitermittlung. Die Größenordnung der Aufwandswerte kann durch Erfahrung (Schätzung), Kalkulationshandbücher, Berechnungen

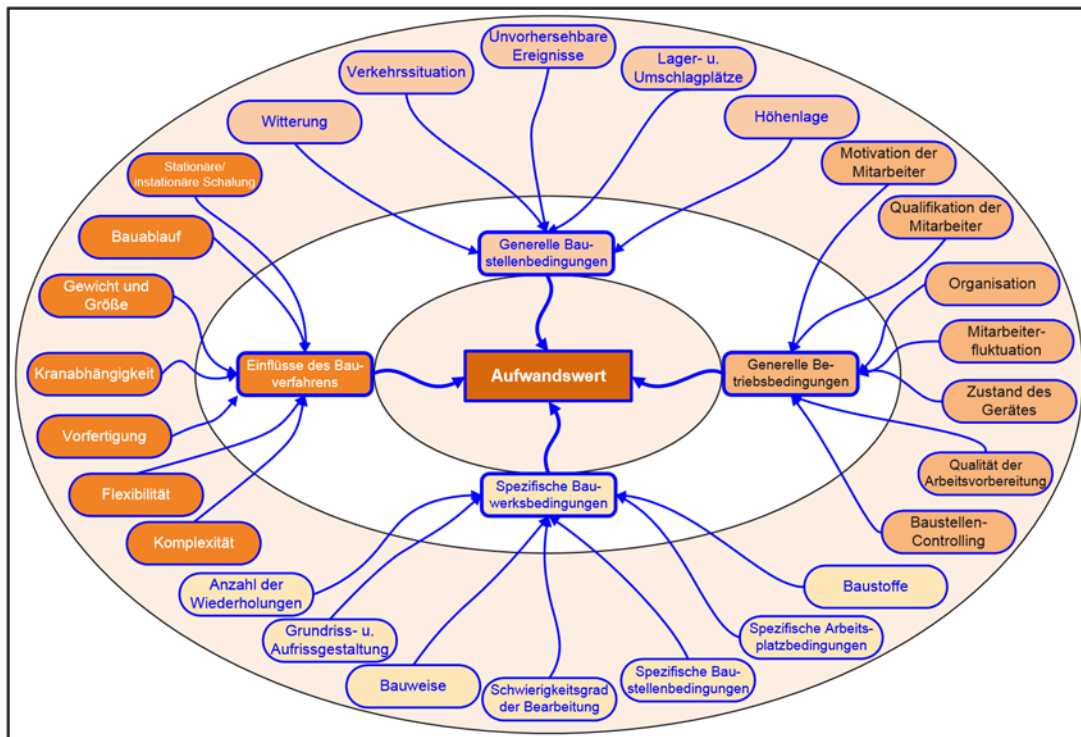


Abb. 2.6: Einflüsse auf den Aufwandswert [17, S. 46]

(Nomogramme), Berichtswesen (Nachkalkulation), Arbeitsstudien (Richtwerte-Tabellen), Herstellerangaben und Simulation des Arbeitsablaufs für ein beliebiges Bauprojekt bestimmt werden. In der Arbeitsvorbereitungsphase sind die Aufwandswerte für die Berechnung der Dauer der einzelnen Vorgänge von Bedeutung. Durch die Nachkalkulation werden die tatsächlich erzielten Aufwandswerte ermittelt und den Werten aus der Arbeitskalkulation gegenübergestellt. Dabei ist es wichtig, dass die Gesamtstunden und die spezifische Produktionsmenge für eine Leistung erfasst sind. Damit kann der Aufwandswert für eine Tätigkeit, einen Vorgang oder zusammengefasste Gruppen von Vorgängen berechnet werden. Die ermittelten Aufwandswerte der erbrachten Leistung dienen als Basis für künftige Vorkalkulationen.

Der Aufwandswert  $AW_{a,v,i}$  einer Ablaufstufe  $a$ , eines Vorgangs  $v$  und eines Bauteils  $i$  ergibt sich aus dem Quotienten der Summe der Lohnstunden  $\sum L_{Std,a,v,i}$  und der Produktionsmenge  $M_{a,v,i}$  [17, S. 46-47, 16, S. 19-20]

$$AW_{a,v,i} = \frac{\sum L_{Std,a,v,i}}{M_{a,v,i}}. \quad (2.6)$$

Abb. 2.6 zeigt Einflussfaktoren des Aufwandswertes.

Zur Ermittlung der Aufwandswerte können interne oder externe Quellen herangezogen werden (Abb. 2.7). Werte aus internen Quellen können beispielsweise aus der Nachkalkulation oder von Zeitaufnahmen stammen. Aufwandswerte aus externen Quellen sind z. B. Richtzeiten aus der Literatur oder Baustellenberichte von Bauunternehmen. Diese Werte sind auf Plausibilität und Anwendbarkeit zu prüfen [18, S. 308].

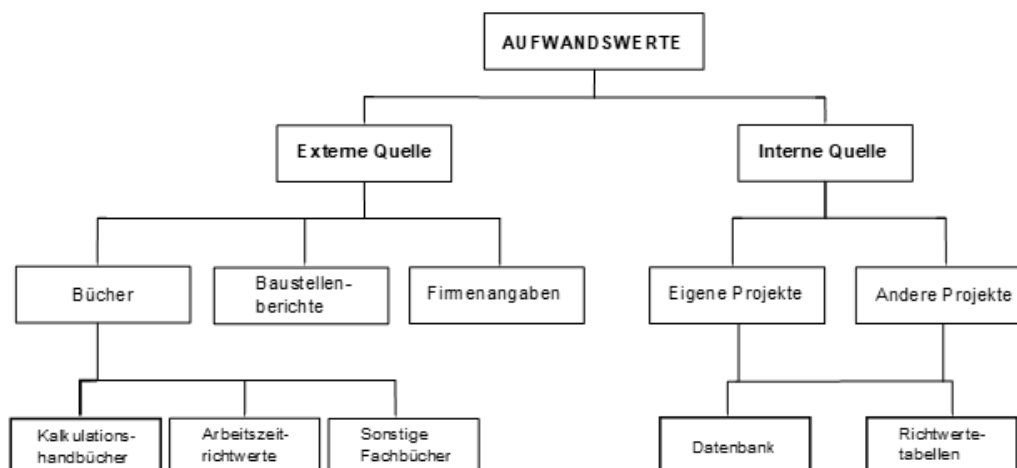


Abb. 2.7: Quellen für die Aufwandswerte [18, S. 309]

### 2.4.2 Leistungswerte

*Leistungswerte* geben an, welche Produktionsmenge (z. B. Bruttorauminhalt [m<sup>3</sup>]) in einer gewissen Zeiteinheit (z. B. Stunde) erzeugt wird [17, S. 44]. Leistungswerte dienen vor allem der Ermittlung der für die Ausführung geräteintensiver Arbeiten benötigten Maschinen- und Lohnstunden. Normalerweise werden diese während des technischen Controllings dokumentiert. Identische Leistungswerte bedeuten in der Regel nicht gleichzeitig eine Übereinstimmung der Produktivität. Ein Grund dafür kann die unterschiedliche Arbeitsproduktivität sein [17, S. 44].

Die *Leistung*  $L_{a,v,i}$  errechnet sich als Quotient

$$L_{a,v,i} = \frac{AK_{a,v,i} \cdot AZ_{a,v,i}}{AW_{a,v,i}}, \quad (2.7)$$

mit der Anzahl der Arbeitskräfte  $AK_{a,v,i}$ , der Arbeitszeit  $AZ_{a,v,i}$  und dem Aufwandswert  $AW_{a,v,i}$  [17, S. 45]. Leistungswerte für Baugeräte können mithilfe von Daten abgeschlossener Projekte, Maschinenhandbüchern, analytische Methoden und Probeläufen abgeschätzt werden.

In Abb. 2.8 sind Einflussfaktoren des Leistungswertes grafisch dargestellt.

### 2.4.3 Beziehung zwischen Aufwandswert, Produktivität und Leistung

Diese Beziehung wird durch Abb. 2.9 veranschaulicht. Hier ist dargestellt, dass die Aufwandswerte und Produktivität in einer Wechselbeziehung stehen. Wenn der Aufwandswert größer wird, verringert sich demnach die Produktivität und umgekehrt.

Hierfür wurde ein Aufwandswert (Soll-Wert) in der Urkalkulation mit 5,00 h/m<sup>3</sup> angegeben. Dieser Wert wurde in der Bauausführung geändert und mit 7,5 h/m<sup>3</sup> gemessen (Abb. 2.9 links). Dadurch ergibt sich eine Erhöhung des Aufwandswertes um 50 % in Bezug auf die Urkalkulation. Gleichzeitig kommt es zu einer Verringerung der Arbeitsproduktivität (Reziprokwert des Aufwandswertes) von ursprünglichen 0,2 h/m<sup>3</sup> auf ca. 0,13 h/m<sup>3</sup> (Abb. 2.9 rechts). Dadurch ergibt sich der Produktivitätsverlust ( $\Delta$  PV) von 33,33 % [17, S. 35].

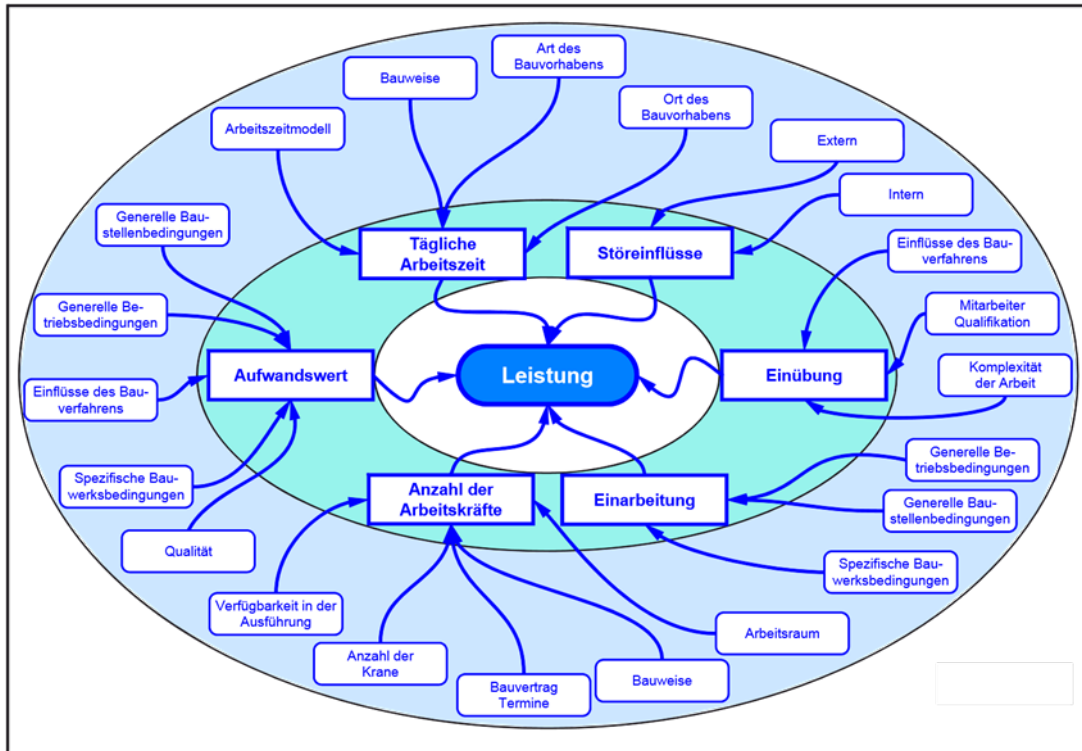


Abb. 2.8: Einflüsse auf die Leistung (Leistungswert) [17, S. 45]

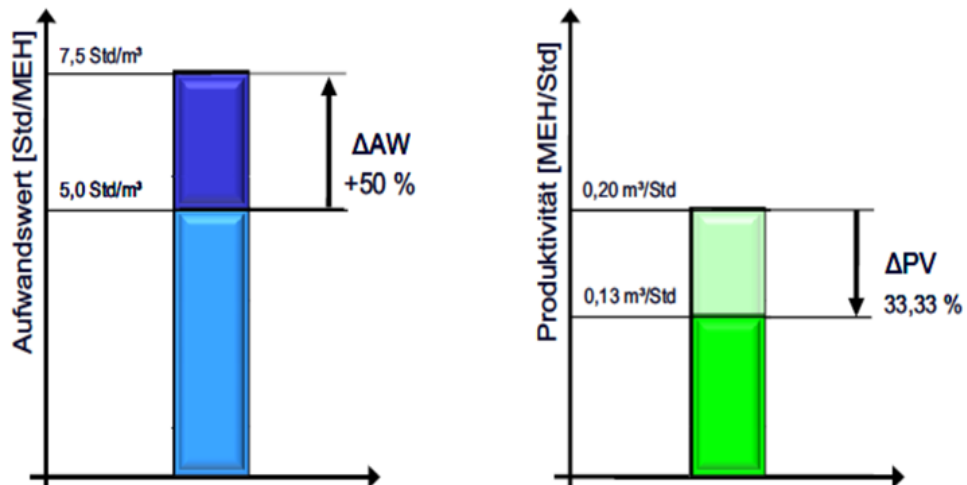


Abb. 2.9: Beziehung zwischen Aufwandswert und Produktivität [17, S. 36]

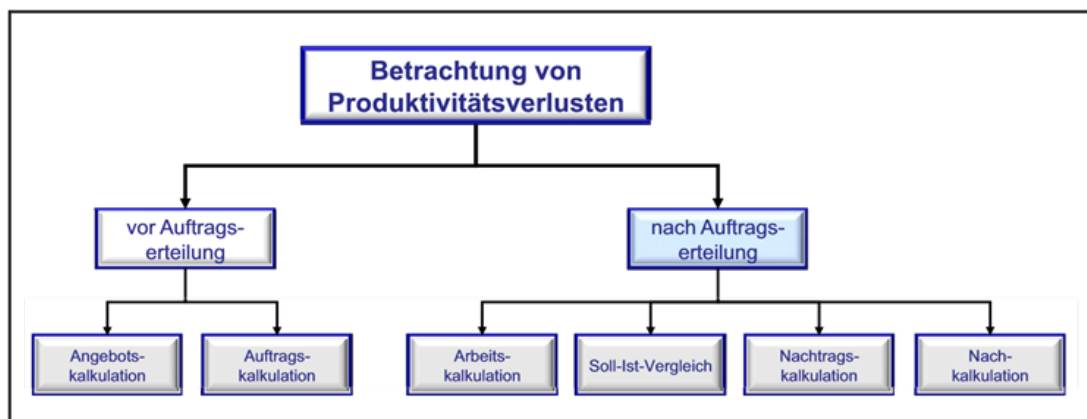


Abb. 2.10: Produktivitätsverluste in Bezug auf Projektphase [17, S. 55]

Wenn z. B. zur Steigerung der Aufwandswerte bei einer unveränderten täglichen Arbeitszeit und unveränderten Anzahl an Arbeitskräften vorkommt, bedeutet das, dass die Arbeitsleistung und die Produktivität sinken. Daher ist der Leistungsverlust gleich wie der Produktivitätsverlust [17, S. 36].

Da Produktivitätsverluste bei der Arbeitsproduktivität entstanden sind, sollten die Betriebsmittelproduktivität und Stoffproduktivität sowie die dispositive Produktivität untersucht werden [17, S. 37].

## 2.5 Einflüsse auf die Produktivität

Diese Produktivitätsverluste sind vor der Auftragserteilung (in Angebots- und Auftragskalkulation) und nach der Auftragserteilung (in Arbeits-, Nachtrags- und Nachkalkulation, Soll-Ist-Vergleich) heranzuziehen, um zu sehen, welche Produktivität erzielbar ist und welche erzielt wurde (Abb. 2.10). Die erste Frage betrifft die Auftragskalkulation, die zweite die Bauausführung. Wenn zwischen der erzielbaren und der erzielten Produktivität eine Differenz besteht, sind die Ursachen dafür zu ergründen [17, S. 63].

Bei jedem Bauprojekt kommt es zu Störungen, die schwierig zu vermeiden sind und den Ablauf des Projektes verlangsamen. Kosten und Zeit werden maßgeblich von der Produktivität beeinflusst. Deswegen ist es nicht nur für Auftragnehmer, sondern für alle Beteiligten am Bauprojekt wichtig, dass Termine und Kosten nicht überschritten werden und die Qualität erreicht wird.

Folgende Faktoren beeinflussen die Produktivität [17, S. 55-91]:

- Bauzeit
- Arbeitsgruppengröße
- Mindestarbeitsraum für Arbeitskräfte (AK)
- Baugeräte
- Anzahl der Arbeitskräfte (je Kran)
- Witterung

- tägliche Arbeitszeit (AZ)
- Einarbeitung
- Wechsel des Einsatzortes
- Planvorlauf
- Form der Deckengrundrisse
- Lohndumping und Sozialdumping

Alle angegebene Einflüsse sind wichtig für das Erreichen der Produktivität, aber aufgrund des begrenzten Inhalts und weil die Auswirkungen selbst nicht das Hauptthema dieser Arbeit sind, wird nur kurz auf die Einflüsse Bauzeit, Anzahl der Arbeitskräfte je Kran sowie Lohndumping und Sozialdumping eingegangen. Durch diese drei Einflüsse wird gezeigt, wie sich die Produktivität über die Bauzeit verändert, beziehungsweise wie die Arbeitskräfte pro Turmdrehkran im Laufe der Zeit effektiver geworden sind, und ob die Produktivität richtig gemessen wird (Lohn- und Sozialdumping).

### 2.5.1 Bauzeit

Die Bauzeit ist ein wichtiger Parameter, welcher einen großen Einfluss auf die Produktivität hat. Eine große Rolle spielen jene Arbeiten, die kritisch zu beurteilen sind. Die Dauer der z. B. Stahlbetonarbeiten  $D_{\text{STB,PU}}$  errechnet sich aus dem Quotienten der Betonmenge  $BT_M$  und der Leistung  $L_{\text{STB}}$ . Zur Berücksichtigung von Störungen sollte ein Puffer von 5 % bis 15 % mitberücksichtigt werden [17, S. 38]

$$D_{\text{STB,PU}} = \frac{BT_M}{L_{\text{STB}}} \text{Puffer}. \quad (2.8)$$

Die Größe des Puffers hängt von der Komplexität des Bauprojektes ab.

Die Art der Leistung, die Umstände der Leistungserbringung, Menge, Qualität und die Bauzeit sind Faktoren, welche sich auf die Höhe der Kosten auswirken und damit die Preise bestimmen. Der Auftragnehmer wird versuchen, die normale Bauzeit (Abb. 2.11) zu erreichen, um Produktivitätsverluste zu vermeiden oder zu verringern. Das Ziel ist, mit dem zur Verfügung gestellten Budget die geschuldete Leistung mit den geringsten Kosten zu erbringen. Falls die normale Bauzeit nicht erreicht werden konnte, werden die Herstellkosten entsprechend höher und die Produktivität niedriger [17, S. 39].

### 2.5.2 Anzahl der Arbeitskräfte je Kran

Kräne gehören zu den Schlüsselgeräten im Hochbau, die die vertikale und horizontale Verteilung der Materialien und Bauteile auf der Baustelle abwickeln. Die Krankapazität sollte richtig (optimal) dimensioniert werden, sodass keine ungeplante Kranwartezeiten für Arbeitskräfte entstehen. Wie sich die Anzahl produktiver Arbeitskräfte pro Turmdrehkran zeitlich entwickelt hat, zeigt Abb. 2.12. Vor 60 Jahren gab es einen Kran pro ca. 30 AK. Heute beträgt die Anzahl nur noch etwa 15 AK pro Kran.



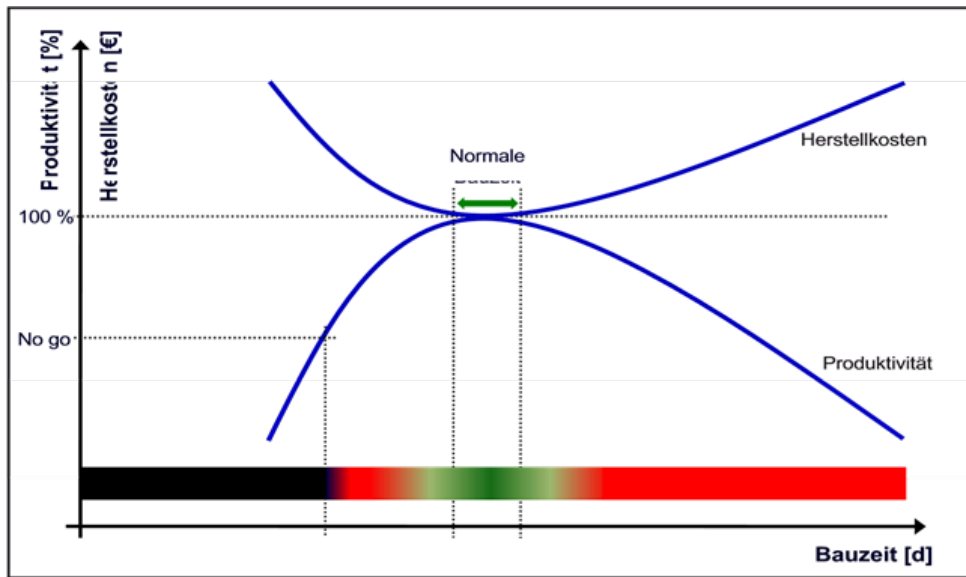


Abb. 2.11: Beziehung zwischen Bauzeit/Produktivität/Herstellkosten [17, S. 39]

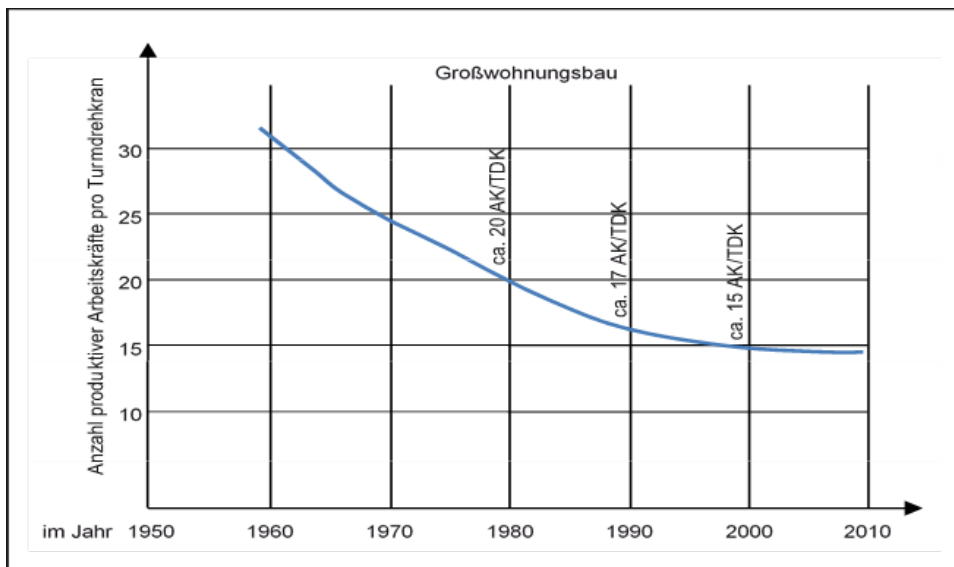


Abb. 2.12: Zeitliche Entwicklung der Anzahl produktiver Arbeitskräfte pro Turmdrehkran [17, S. 125]

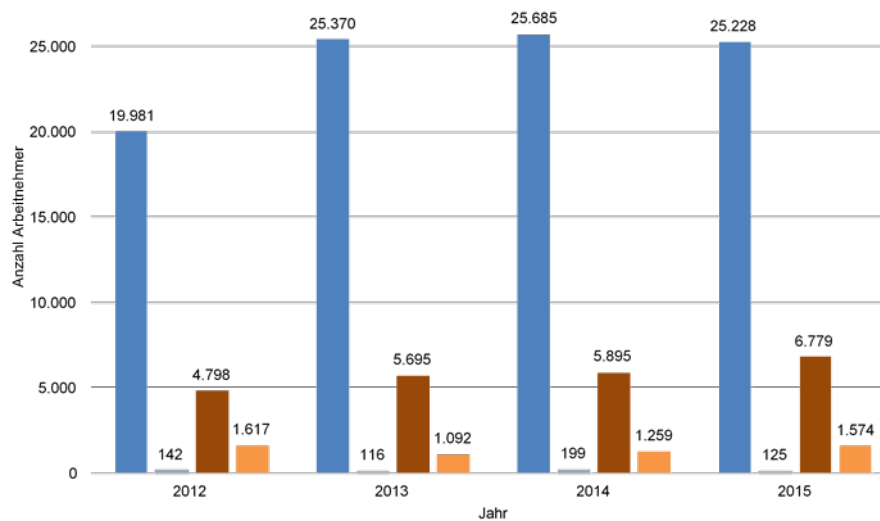


Abb. 2.13: Kontrollierte AN auf Unterentlohnung in Österreich [19, S. 6]

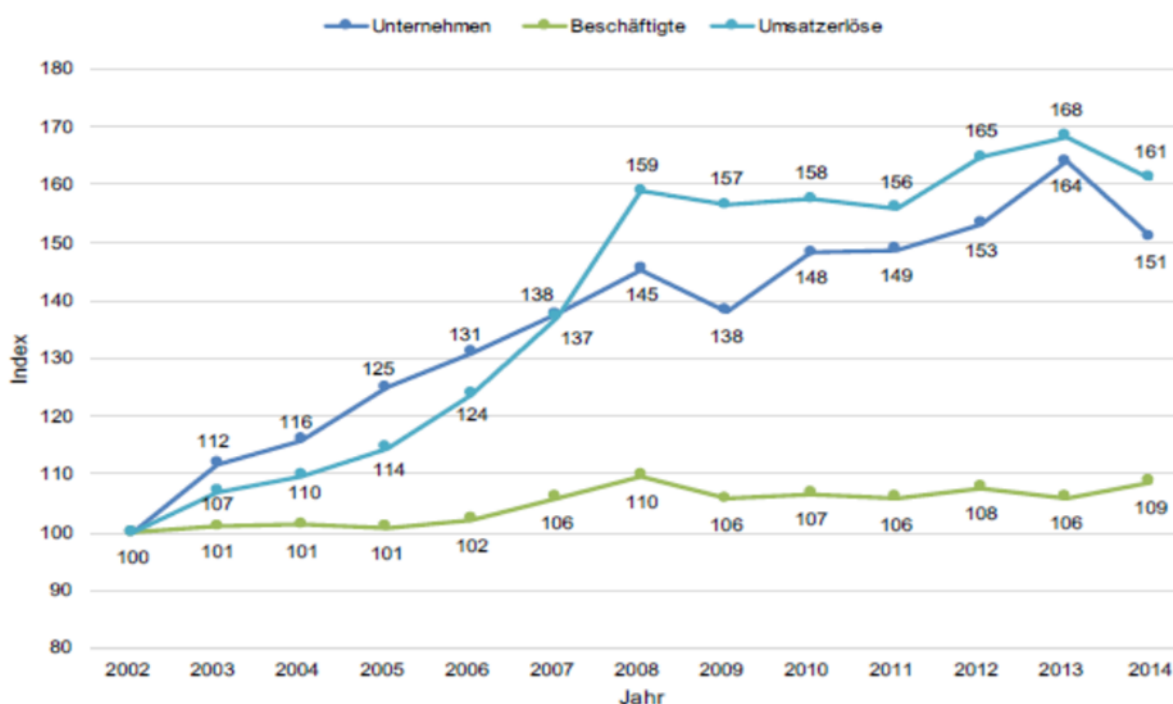
### 2.5.3 Lohn- und Sozialdumping

Unter *Lohndumping* versteht sich eine Entlohnung, welche das zustehende Entgelt unterschreitet. Lohndumping wird durch hohe Arbeitslosenquoten in den Herkunftsländern der entsandten Arbeitnehmer AN und das bestehende Lohngefälle im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) begünstigt. *Sozialdumping* oder Sozialbetrug stellt den Tatbestand keiner oder zu geringer Abführung von Sozialversicherungsbeiträgen seitens der Arbeitgeber (AG)/Selbständigen dar.

Einem Bruttoarbeitslohn im Baubereich in Österreich von 2184 Euro steht zum Beispiel einem Bruttoarbeitslohn von 275 Euro in Bulgarien gegenüber (Stand 2010). Demnach müsste ein bulgarischer AG seinem nach Österreich entsandten AN einen im Verhältnis zum Herkunftsland bis zu 8-fach höheren Arbeitslohn bezahlen als im Staat des Firmensitzes des AGs. Die Entsendungen von Arbeitnehmern nach Österreich sind gewachsen, besonders bei Unternehmen aus Ungarn, Slowenien, der Slowakei und Polen [19, S. 2-4].

Abb. 2.13 zeigt die von der Bauarbeiter-Urlaubs- und Abfertigungskasse (BUAK) durchgeführten Kontrollen auf Österreichs Baustellen. Die blauen Balken stellen die Anzahl der kontrollierten AN inländischer Unternehmen dar und rechts daneben werden die Verdachtsfälle auf Lohndumping gezeigt. Die braunen Balken stellen die kontrollierten AN ausländischer Unternehmen dar und deren Verdachtsfälle. Auffallend ist der hohe Anteil an Verdachtsfällen bei entsandten Arbeitnehmern. Im Jahr 2015 bestand nahezu bei jedem vierten kontrollierten Arbeitnehmer eines ausländischen Unternehmens der Verdacht auf Lohndumping.

Abb. 2.14 zeigt, dass die Anzahl der Unternehmen und die Umsatzerlöse mit der Zeit gestiegen ist und die Anzahl von Beschäftigten mehr oder weniger stagnierte. Daraus folgt, dass die Produktivität drastisch steigt. Die Frage ist, ob die Verbesserung von Maschinen und Arbeitsabläufen sowie der Einsatz von neuen zeitsparenden Stoffen so einen großen Einfluss haben oder ob die Beschäftigten plötzlich so rasch und effektiv arbeiten. Illegalen Aktivitäten wie Schwarzarbeit, Lohn- und/oder Sozialdumping oder vermehrte Subvergaben von Leistungen im In- und ins Ausland wird eine Mitverantwortung der Zahlen zugeschrieben [19, S. 7].



**Abb. 2.14:** Zeitliche Entwicklung von Umsatzerlösen, Beschäftigtenzahlen und den Unternehmen im Hochbau [19, S. 7]

## 2.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde der Begriff der Produktivität definiert. Damit wurden die verschiedenen Arten von Produktivität aufgeführt und beschrieben. Dazu zählen eine volks- und eine bauwirtschaftliche sowie eine betriebliche Betrachtung (Abschnitt 2.1). Anhand einer umfangreichen Literaturrecherche werden in Kapitel 3 und 4 die Entwicklungen der Produktivität auf der volkswirtschaftlichen und der betrieblichen Ebene dargestellt. Zusätzlich wurde auf die Faktor- und Multifaktorproduktivität kurz eingegangen (Abschnitt 2.2). Eine Beschreibung der Gesamtproduktivität, welche sich aus elementarer (Arbeits-, Betriebsmittel- und Materialproduktivität) und dispositiver (wie Planung, Steuerung, etc.) Produktivität zusammensetzt, wurde illustriert und kurz erläutert (Abschnitt 2.3.1). Eine besondere Aufmerksamkeit wurde auf die Arbeitsproduktivität, gerichtet. Damit wird auf die Arbeitsproduktivität bezogen auf zwischen der Arbeitskraft (mit oder ohne direkten zeitlichen Einfluss) und auf dem Aufwandswert unterschieden (Abschnitt 2.3.2). Danach wurden die Begriffe Aufwands- und Leistungswerte definiert und ihre Beziehung dargestellt. Eine Beziehung zwischen dem Aufwandswert und der Produktivität wurde durch ein Beispiel grafisch und numerisch gezeigt. Als Schlussfolgerung ergibt sich, dass der Aufwandswert und die Produktivität in einer Wechselbeziehung stehen. Einer stellt den Reziprokwert von einem anderen. Es bestehen viele Faktoren, die einen Einfluss auf die Produktivität auswirken können (Abschnitt 2.4). Diese Einflüsse sind in Abschnitt 2.5 aufgelistet und es wurde auf Bauzeit, Anzahl der Arbeitskräfte je Kran und Lohn- und Sozialdumping näher eingegangen.

Anhand dieses Kapitels, das eine Basis für die Kapitel 3 und 4 darstellt, wird über die Entwicklung der Produktivität in der Bauwirtschaft diskutiert. Im Kapitel 3 wird Produktivität aus einer

volkswirtschaftlichen Perspektive betrachtet und abgebildet. Die betriebliche Ebene (technische Produktivität) wird dann im Kapitel 4 untersucht und die Ergebnisse der Entwicklung der Aufwandswerte gegeben.

# Kapitel 3

## Zeitliche Entwicklung der volkswirtschaftlichen Produktivität

Die Produktivität in der Bauwirtschaft wird in den Medien intensiv und gleichzeitig kontrovers diskutiert. In diesem Kapitel wird eine zeitliche Entwicklung der Produktivität in der Bauwirtschaft anhand verschiedener Quellen dargestellt (Tabelle 3.1).

### 3.1 Produktivität im Zeitraum von 1960 bis 1980

Tabelle 3.2 stellt eine Entwicklung der Bauproduktion und Beschäftigung dar. Die Daten aus dieser Tabelle stammen aus dem Österreichischen Statistischen Zentralamt. Diese Entwicklung umfasst den Zeitraum von 1964 bis 1981. Die Bauproduktion wuchs bis 1975 stetig und von 1975 bis 1981 befand sie sich in einer Phase der Stagnation. Die Zahl der Beschäftigten (Erwerbstätige und unselbständig Beschäftigte) wurde sich über die betrachtete Periode geringfügig verändert. Diese Veränderung zeigt jedoch eine stagnierende Entwicklung. Es ist weiters ersichtlich, dass die Zahl der Beschäftigten im Jahre 1981 um 3,4 % gegenüber dem Vorjahr sank. Der rasche Beschäftigungsabbau im Laufe des Jahres 1981 ist eine Reaktion auf eine langfristige Entwicklung [3, S. 87].

Diese Entwicklung wird in Abb. 3.1 grafisch dargestellt. Auf der Abszisse sind die Jahre und auf der Ordinate die Veränderung zum Bezugsjahr 1964 aufgetragen. Es ist ersichtlich, dass die Bauproduktion im Zeitraum von 1964 bis 1981 stark anstieg, obwohl die Anzahl der Beschäftigten konstant blieb. Dies lässt sich durch eine Steigerung der Produktivität erklären.

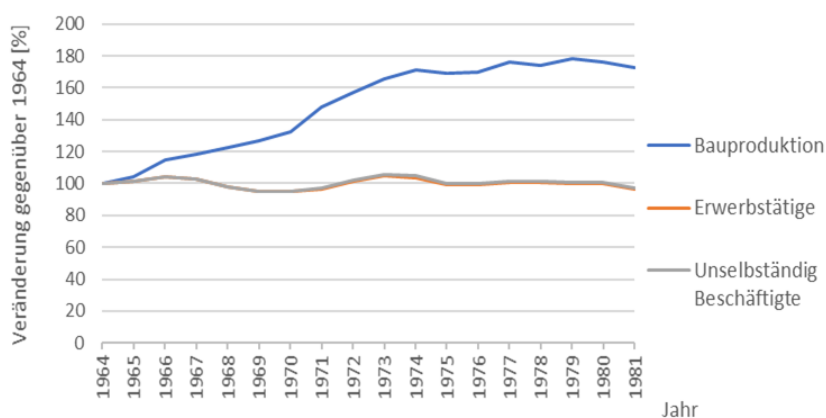
Quelle	Produktivitätsmaß	Zeitraum	Abschnitt	Fazit
Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung [3]	Wertschöpfung/Beschäftigte	1964–1974	3.1	steigt stark
		1975–1981		stagniert
Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung [3]	Wertschöpfung/geleistete Arbeitsstunde	1964–1974		steigt stark
		1975–1981		stagniert
Delapina [5]	BIP-Beitrag/Erwerbstätigenzahl	1980–1990	3.2	sinkt geringfügig
McKinsey and Company [26]	Wertschöpfung/geleistete Arbeitsstunde	1995–2015	3.2	sinkt geringfügig

**Tab. 3.1:** Eine Übersicht über die in diesem Abschnitt behandelten Untersuchungen der Produktivität in der Bauwirtschaft

Jahr	Bauproduktion (reale Wertschöpfung)		Beschäftigte			
	Mill S	in % 1)	Erwerbstätige		Unselbständig Beschäftigte	
			in 1000	in % 1)	in 1000	in % 1)
1964	34.874		274,5		255,9	
1965	36.256	4,0	278,1	1,3	259,6	1,4
1966	39.956	10,2	285,3	2,6	267	2,9
1967	41.356	3,5	281,3	-1,4	263,2	-1,4
1968	42.820	3,5	267,8	-4,8	249,9	-5,1
1969	44.155	3,1	260,2	-2,8	242,5	-3,0
1970	46.098	4,4	260	-0,1	242,5	0,0
1971	51.495	11,7	265,5	2,1	248,2	2,4
1972	54.903	6,6	278,1	4,7	260,8	5,1
1973	57.859	5,4	287,1	3,2	270,6	3,8
1974	59.833	3,4	284,4	-0,9	268,2	-0,9
1975	59.025	-1,4	272,3	-4,3	256,1	-4,5
1976	59.179	0,3	272,2	0,0	256	0,0
1977	61.405	3,8	276,1	1,4	259,9	1,5
1978	60.749	-1,1	276	0,0	259,8	0,0
1979	62.160	2,3	274,8	-0,4	258,5	-0,5
1980	61.421	-1,2	273,7	-0,4	257,4	-0,4
1981	60.192	-2,0	264,4	-3,4	248,5	-3,4

% 1) - Veränderung gegen das Vorjahr

**Tab. 3.2:** Entwicklung der Bauproduktion und Beschäftigung von 1964 bis 1981 [3, S. 87]



**Abb. 3.1:** Grafische Darstellung der Entwicklung von Bauproduktion und Beschäftigung im Vergleich zum Bezugsjahr

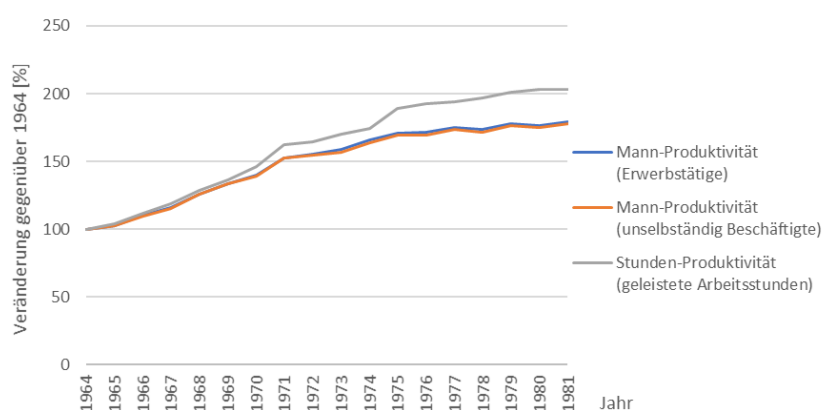
Jahr	Mann-Produktivität		Stunden-Produktivität		
	Wertschöpfung je:				geleistete Arbeitsstunden in % 1)
	Erwerbstätige		Unselbständig Beschäftigte		
in 1000 S	in % 1)	in 1000 S	in % 1)		
1964	127,0		136,3		
1965	130,4	2,6	139,7	2,5	4,3
1966	140,0	7,4	149,6	7,2	7,3
1967	147,0	5,0	157,1	5,0	6,1
1968	159,9	8,8	171,3	9,1	8,1
1969	169,7	6,1	182,1	6,3	6,3
1970	177,3	4,5	190,1	4,4	7,3
1971	194,0	9,4	207,5	9,1	11
1972	197,4	1,8	210,5	1,5	1,3
1973	201,5	2,1	213,8	1,6	3,3
1974	210,4	4,4	223,1	4,3	2,4
1975	216,8	3,0	230,5	3,3	8,5
1976	217,4	0,3	231,2	0,3	2,1
1977	222,4	2,3	236,3	2,2	0,7
1978	220,1	-1,0	233,8	-1,0	1,3
1979	226,2	2,8	240,5	2,8	2,2
1980	224,4	-0,8	238,6	-0,8	1,1
1981	227,7	1,5	242,2	1,5	
% 1) - Veränderung gegen das Vorjahr					

**Tab. 3.3:** Entwicklung der Produktivität in der Bauwirtschaft von 1964 bis 1981 [3, S. 89]

In Tabelle 3.3 sind die Werte der Mann- und Stundenproduktivität (Arbeitsproduktivität) zwischen 1964 und 1981 aufgelistet. Für die Berechnung der Mann-Produktivität wurde der reale Output (reale Wertschöpfung zu den Preisen 1976) je Erwerbstätigen oder unselbständig Beschäftigten herangezogen und zusätzlich als prozentuelle Veränderung zum Vorjahr angegeben. Für die Berechnung der Stundenproduktivität wurden die Daten über die geleisteten Arbeitsstunden der gesamten Bauwirtschaft verwendet, welche von Mitter (1981) erstellt wurden.

Von 1964 bis 1971 hat sowohl die Mann-Produktivität als auch die Stundenproduktivität überdurchschnittlich rasch zugenommen. Der Produktivitätsfortschritt im Hochbau hat sich von 1969 bis 1972 durch eine starke Ausweitung der Maschinenkapazitäten, zunehmende Inanspruchnahme von Vorleistungen (verstärkter Trend zu mehr vorgefertigten Bauteilen) und durch die fortschreitende Ausweitung des Fertigteilbaus fast verdoppelt. In den siebziger Jahren kam es zu einer starken Abschwächung. Seit 1973 hat sich das Produktivitätswachstum stetig verlangsamt. Wegen der Rezession hat sich diese Entwicklung beschleunigt und bis 1980 herrschte Stagnation vor. Die Mannproduktivität stagnierte in diesem Zeitraum (+ 0,7%) und die Stundenproduktivität erhöhte sich im Durchschnitt der letzten Jahre nur geringfügig (+ 1,6%).

Als einer der Gründe für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums kann das Nachlass der Investitionstätigkeit genannt werden. Eine schlechte Finanzierungslage und hohe Kreditkosten führten dazu, dass Investitionsbudgets und damit die Maschinen- und Geräteinvestitionen deutlich



**Abb. 3.2:** Mann- und Stundenproduktivität von 1964 bis 1981

zurückgingen. Die Entwicklung der Wertschöpfung je Beschäftigten wurde durch die Verkürzung der Arbeitszeit (1975) sowie durch die Ausweitung des Urlaubsanspruchs gedämpft.

Die Abb. 3.2 stellt diese zeitliche Entwicklung mit den jeweiligen Indizes für Mann-Produktivität für Erwerbstätige (blaue Linie), Mann-Produktivität für unselbständig Beschäftigte (orange Linie) und Stunden-Produktivität für geleistete Arbeitsstunden (graue Linie) dar [3, S. 89-90].

## 3.2 Produktivität im Zeitraum von 1980 bis 2015

Abb. 3.3 veranschaulicht die Veränderung der Produktivität in der Bauwirtschaft in verschiedenen Ländern auf der Grundlage von Daten der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) sowie des Instituts für Wirtschaftsforschung (WIFO). Als Analyseperiode wurde das Jahrzehnt von 1980 bis 1990 betrachtet. In den skandinavischen Ländern kam es zur Steigerung der Produktivität, in Deutschland und Österreich jedoch zu einem Rückgang [5, S. 46-49].

Tabelle 3.4 zeigt, dass sich die Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität in den einzelnen Ländern zwischen 1979 und 2003 sehr unterschiedlich entwickelt hat. Mit einer jährlichen Reduktionsrate von 0,84% zeigten die USA den größten Rückgang, während in der Republik Korea mit 2,56% die größte Steigerung erzielt wurde. Japan und Deutschland wiesen in diesen Jahren ein negatives Wachstum in der Bauarbeitsproduktivität auf, während Großbritannien, Österreich und Portugal die Spitzenreiter nach Korea waren. In vielen Ländern betrug die Zuwachsrates der Bauarbeitsproduktivität im Zeitraum von 1979 bis 2003 jährlich über 1,5% [28, S. 597].

Abb. 3.4 zeigt Tabelle 3.4 in grafischer Form. Damit ist ein Überblick über die jährlichen Wachstumsraten der internationalen Arbeitsproduktivität deutlich zu erkennen.

### Produktivität im Zeitraum von 1995 bis 2015

Nach McKinsey and Company hat das globale Wachstum der Arbeitsproduktivität in der Bauwirtschaft den letzten zwei Jahrzehnten durchschnittlich nur 1% pro Jahr betragen (Abb. 3.5). Im Gegensatz zu dem Wachstum von 2,8% in der Weltwirtschaft und 3,6% in der Produktion



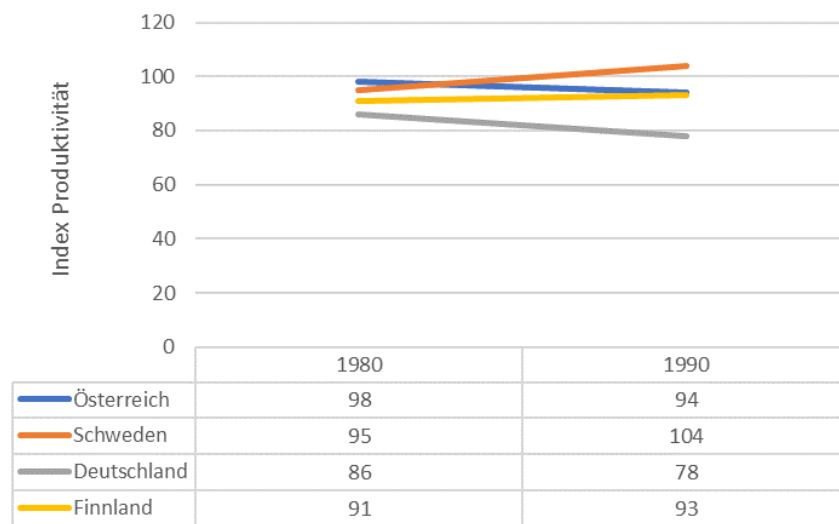


Abb. 3.3: Die Entwicklung der Produktivität in der Bauwirtschaft von 1980 bis 1990

Country	Relative productivity in the construction sector from the Swedish Construction Federation (US is 100)	International labour productivity compound annual growth rates in construction industry, 1979–2003 Groningen Centre Data (Harrison, 2007)
Belgium	62	1.63
Finland	39	0.71
France	41	1.68
Greece	19	0.68
Ireland	48	1.64
Italy	38	0.95
Norway	56	1.40
Spain	44	1.54
Sweden	76	0.79
UK	20	1.92
USA	100	-0.84
Canada	120 <sup>a</sup>	0.40
Rep. of Korea		2.56
Austria		2.43
Portugal		1.78
Australia		1.33
Denmark		1.24
Netherlands		1.21
Japan		-0.06
Germany		-0.06

Tab. 3.4: Vergleich der Arbeitsproduktivität zwischen Ländern [28, S. 598]

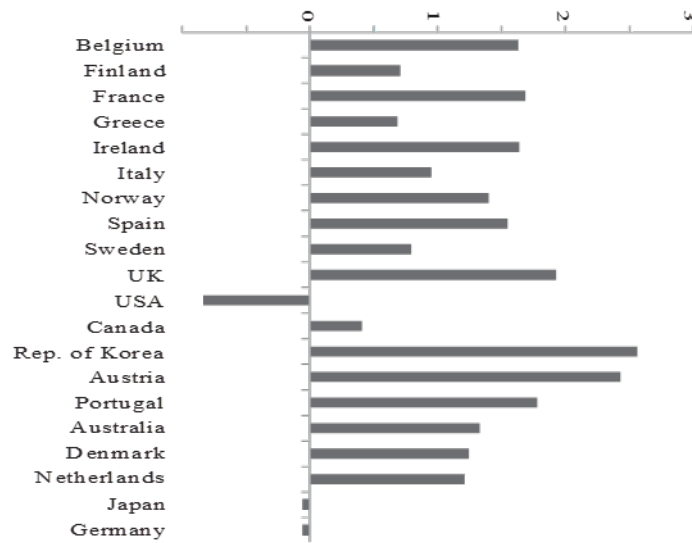
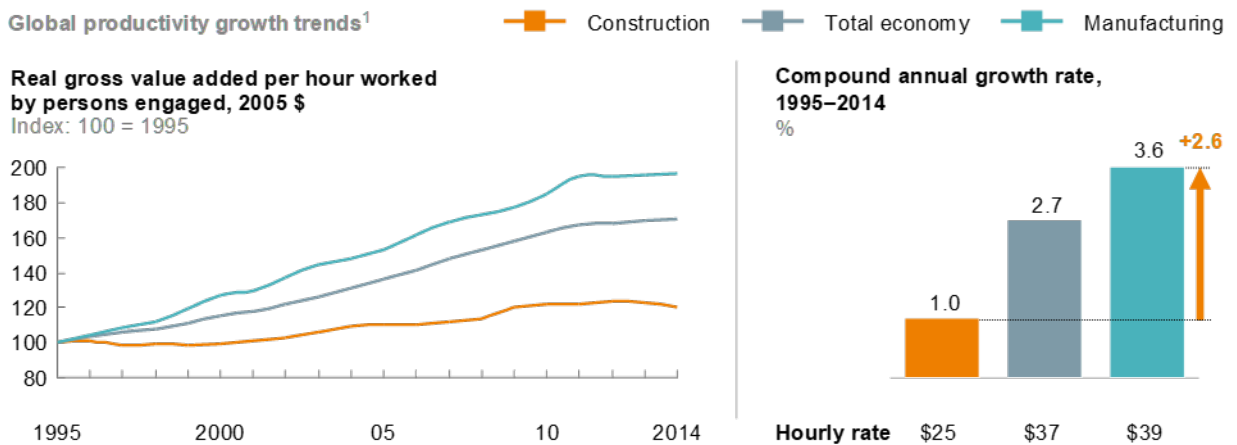
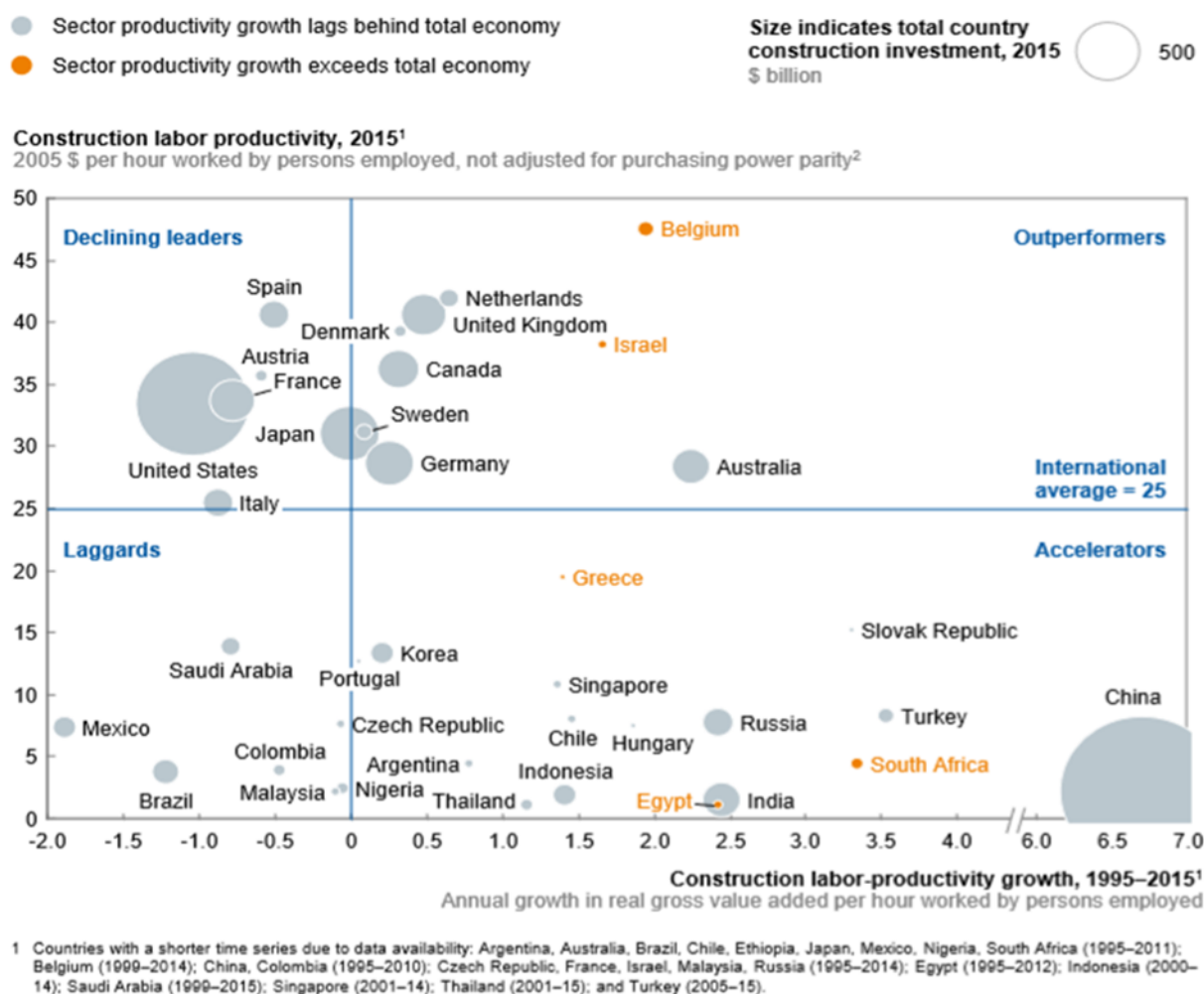


Abb. 3.4: Jährliche Wachstumsraten der internationalen Arbeitsproduktivität (1979-2003) [28]



<sup>1</sup> Based on a sample of 41 countries that generate 96% of global GDP.

Abb. 3.5: Globale Produktivitätswachstumstrends [26, S. 2]



**Abb. 3.6:** Wachstum der Bauarbeitsproduktivität („orange“ Länder - positives Produktivitätswachstum) nach McKinsey, 1995-2015 [26, S. 26]

zeigt dies deutlich, dass der Bausektor zurückbleibt. In einer Stichprobe der analysierten Länder haben weniger als ein Viertel der Bauunternehmen in den vergangenen zehn Jahren das Produktivitätswachstum der Gesamtwirtschaft erreicht und es gibt eine große Anzahl von meist kleineren Akteuren mit einer sehr schlechten Produktivität. Viele Bauprojekte leiden außerdem unter der Kosten- und Zeitüberschreitungen [26, S. 2].

Im linken Teilbild von Abb. 3.5 wird die reale Bruttowertschöpfung je geleisteter Arbeitsstunde, relativ zum Bezugsjahr 1995 über den Zeitraum von 1995 bis 2014 dargestellt. Im rechten Teilbild ist die jährliche Wachstumsrate des Stundensatzes abgebildet. Die Daten basieren auf einer Stichprobe von 41 Ländern, die zusammen 96 % des globalen BIP erwirtschaften. Wenn die Produktivität des Bausektors mit der Gesamtwirtschaft Schritt halten könnte, würde dies die Wertschöpfung des Sektors um geschätzte 1,6 Billionen Dollar oder 2 % steigen. Das entspricht einem Anstieg der Bauwertschöpfung bei gleichen Ressourcen von fast 50 % [26, S. 1-2]. Die genannten Zahlen verdeutlichen die Relevanz der Arbeitsproduktivität der Bauwirtschaft.

Es gibt große regionale Unterschiede was die Produktivität in der Bauwirtschaft anlangt (siehe Abb. 3.6). In den Vereinigten Staaten zum Beispiel ist die Arbeitsproduktivität des Sektors

heute niedriger als 1968. China und Südafrika erhöhen ihre Produktivität schnell, während Länder wie Brasilien und Saudi-Arabien weiter zurückfallen. Nur wenige Länder, wie Australien, Belgien, Ägypten, Griechenland, Israel und Südafrika, haben es geschafft, hohe Produktivität und positives Produktivitätswachstum zu erzielen, weil hier das Wachstum der Sektorproduktivität die Gesamtwirtschaft übersteigt. Bei allen anderen Ländern liegt das Wachstum der Sektorproduktivität hinter der Gesamtwirtschaft. Die Größe der Kreise gibt die Gesamtlandbauinvestition an. Auf der Abszisse steht jährliches Wachstum der realen Bruttowertschöpfung je geleistete Arbeitsstunde und auf der Ordinate die Dollar pro Arbeitsstunde [\$/h] pro Beschäftigte, nicht kaufkraftbereinigt.

Es wird unterschieden zwischen [26, S. 27]:

- Rückläufige Führer (Declining leaders) = hohe Produktivität, aber negatives Produktivitätswachstum
- Outperformer = hohe Produktivität und positives Produktivitätswachstum
- Nachzügler (Laggards) = geringe Produktivität und negatives Produktivitätswachstum
- Beschleuniger (Accelerators) = geringe Produktivität, aber starkes positives Produktivitätswachstum

Aus Abb. 3.6 kann abgelesen werden, dass *Österreich* zu den „rückläufigen Führern“ gehört. Das heißt, dass Österreich eine hohe Produktivität genießt, welche jedoch in den letzten zwei Jahrzehnten sank. Die Arbeitsproduktivität betrug in diesem Zeitraum - 0,6 % mit circa 36,00 \$/h pro Beschäftigten. Dieser Bericht zeigt die Zusammenfassungen von Ergebnissen, welche auf Expertenmeinungen beruhen [26, S. 26].

Die Produktivität war in den letzten 20 Jahren im Vergleich zur Gesamtwirtschaft in den verschiedenen Regionen gering. Viele Länder, die als führend in der wirtschaftlichen Entwicklung und im technologischen Fortschritt gelten, haben in diesem Zeitraum darum gekämpft, die Produktivität der Bauarbeit zu verbessern. Die meisten fortgeschrittenen Volkswirtschaften mit einer hohen absoluten Produktivität haben in ihren Bausektoren ein negatives oder stagnierendes Produktivitätswachstum verzeichnet.

In Abb. 3.7 werden zwei Zeiträume (1995 bis 2015 und 2005 bis 2015) mit Differenzen zwischen Arbeitsproduktivität im Baugewerbe und in Gesamtwirtschaft der einzelnen Länder dargestellt. Bei Ländern wie Belgien, Griechenland, Israel und Südafrika besteht eine schnellere Entwicklung der Arbeitsproduktivität des Baugewerbes als bei der Gesamtwirtschaft. Bei Ländern wie Deutschland, Türkei, China oder *Österreich* steht die Gesamtwirtschaft vorne. Die Bausektoren von Chile, Malaysia, Litauens oder der Slowakischen Republik haben in den letzten zehn Jahren im Vergleich zu anderen Sektoren eine rasche Beschleunigung des Wachstums der Arbeitsproduktivität erreicht [26, S. 23-25].

### Produktivität im Zeitraum von 2005 bis 2012

In Abb. 3.8 werden die Wirtschaftsbereiche (Bergbau, Herstellung von Waren, Energieversorgung, Wasserversorgung und -entsorgung, Abfallentsorgung sowie Bauwirtschaft) nach der österreichischen Klassifikation der wirtschaftlichen Tätigkeiten (ÖNACE 2008) betrachtet. Für den Produktivitätsindex wurde das Jahr 2005 mit 100 % festgelegt. Im Bergbau und bei der Herstellung von Waren ist eine hohe Übereinstimmung mit der gesamtwirtschaftlichen Produktivität

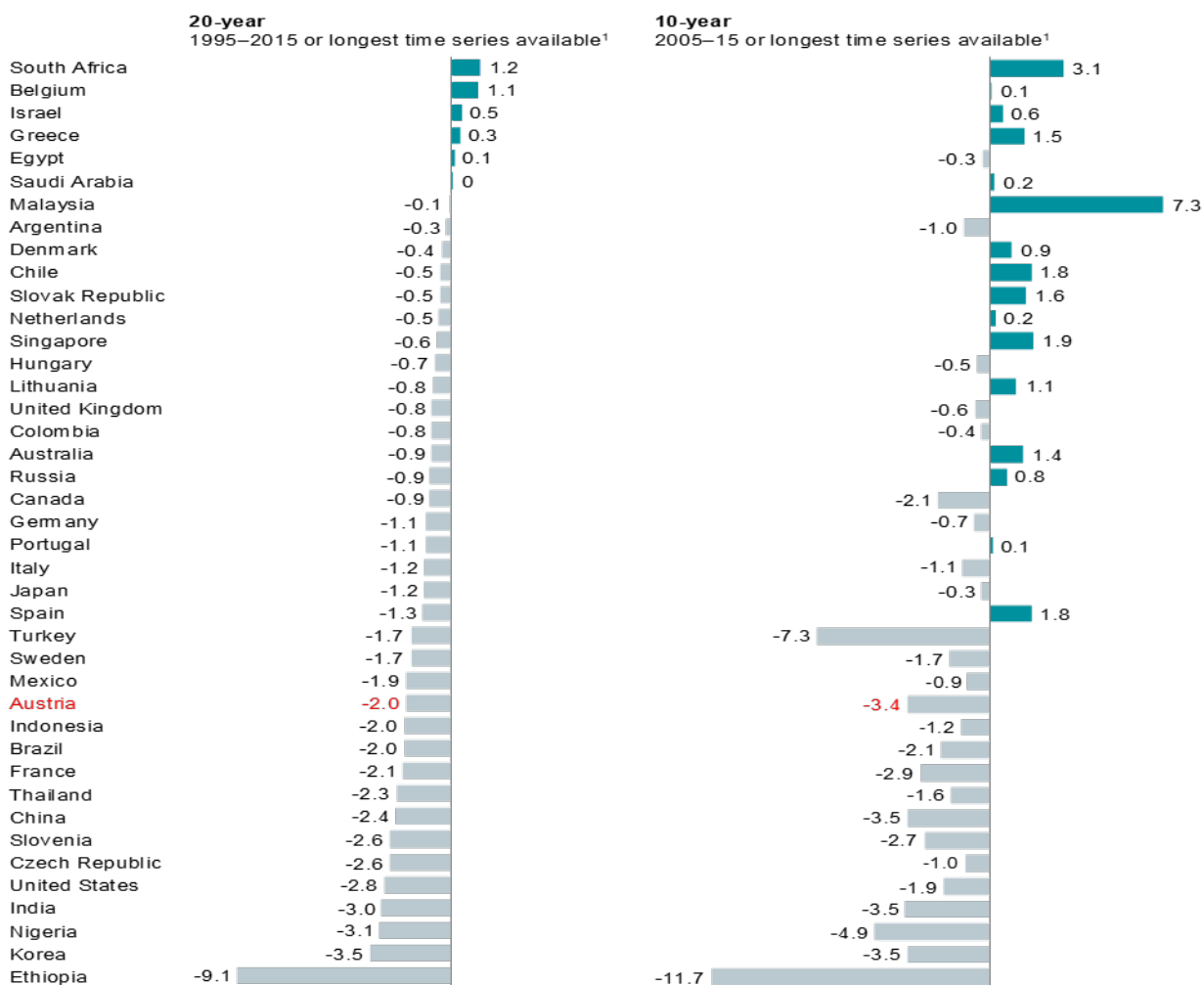


Abb. 3.7: Differenz der Arbeitsproduktivität im Bausektor und in Gesamtwirtschaft [26, S. 24]

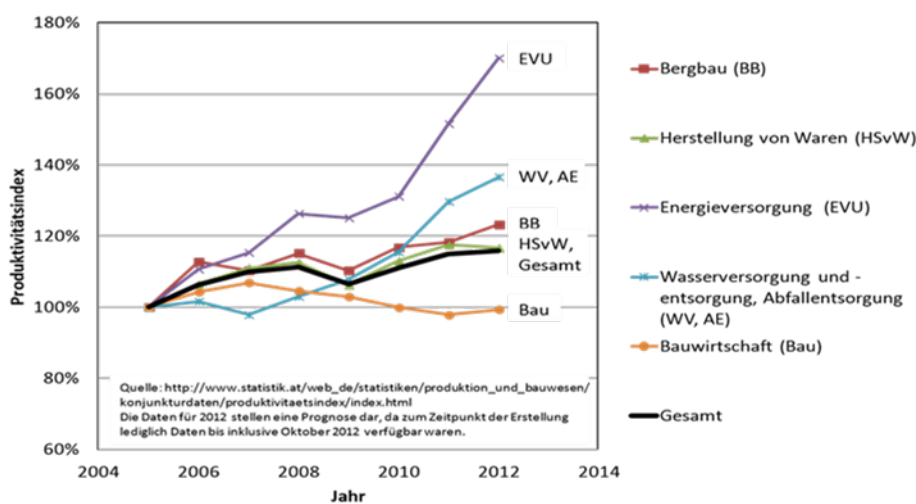


Abb. 3.8: Produktivitätsindex nach geleisteter Arbeitsstunde im Vergleich zum Bezugsjahr 2005 [4, S. 6]

gegeben. Die Energieversorgung zeigt eine überdurchschnittliche Entwicklung. Nach der Wirtschaftskrise 2009 ergab sich eine überdurchschnittliche Entwicklung in der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Nur die Bauwirtschaft zeigte im gesamten Zeitraum eine unterdurchschnittliche Entwicklung. Aus Sicht der Produktionsmethoden ist hier ein geringes Steigerungspotenzial zu erwarten [4, S. 6].

### 3.3 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde anhand verschiedener Quellen die zeitliche Entwicklung der Produktivität in der Bauwirtschaft thematisiert. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Produktivität in Österreich über die Zeit zunächst eine steigende und danach eine sinkende Entwicklung aufgewiesen wurde. Im Zeitraum von 1964 bis 1975 zeigte sich ein starkes Wachstum der Bauproduktion bei mehr oder weniger gleichbleibender Zahl der Beschäftigten und ein damit einhergehendes Produktivitätswachstum. Insbesondere lässt sich ein starkes Produktivitätswachstum Ende sechziger und Anfang siebziger Jahre im Hochbau feststellen, das sich auf zunehmende Inanspruchnahme von Vorleistungen, Ausweitung der Maschinenkapazitäten und die fortschreitende Ausweitung des Fertigteilbaus zurückführen lässt. Nach 1975 kam es zu einer schweren Rezession, die zu einer Stagnation der Produktivität in der Bauwirtschaft führte (Abschnitt 3.1). Im Zeitraum von 1979 bis 2003 entwickelte sich die Arbeitsproduktivität in Österreich mit einer jährlichen Zuwachsrate von 2,43 % (Abschnitt 3.2). In Bezug auf andere Länder zählt Österreich zusammen mit Korea zu den Spitzenreitern in Hinblick auf die Produktivität der Bauwirtschaft. Mit einer Rate von  $-0,84\%$  zeigen die USA in diesem Zeitraum den größten Produktivitätsrückgang. Durchschnittlich beträgt das globale Wachstum der Arbeitsproduktivität in der Bauwirtschaft in den letzten 20 bis 30 Jahren lediglich 1 % pro Jahr. In den Jahren zwischen 1995 und 2015 zählte Österreich laut McKinsey and Company [26] zu den Ländern mit überdurchschnittlicher, jedoch rückläufiger Produktivität (Abschnitt 3.2). Besonders nach der Wirtschaftskrise liegt das Wirtschaftswachstum in der Bauwirtschaft hinter jener der Gesamtwirtschaft zurück. Viele andere Wirtschaftsbereiche wie Energie- oder Wasserversorgung zeigten eine überdurchschnittliche Entwicklung (Abschnitt 3.2).

Die Mehrheit der in diesem Abschnitt zitierten Publikationen belegen eine Stagnation der Produktivität in der Bauwirtschaft aus volkswirtschaftlicher Sicht. Im nächsten Kapitel wird die technische Produktivität in der Bauwirtschaft näher untersucht. Ein besonderer Augenmerk wird auf die Entwicklung der Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten in den letzten 60 Jahren gerichtet. Dabei wird insbesondere auf die Schalungs-, Bewehrungs- und Betonarbeiten fokussiert. Diese Arbeiten stellen bei den Rohbauarbeiten den wichtigsten Kostenfaktor dar und liegen in der Regel am kritischen Weg und beeinflussen Bauzeit und Kosten maßgeblich [17, S. 80]. Es wird untersucht inwieweit sich die Stagnation in der technischen Produktivität widerspiegelt.

# Kapitel 4

## Entwicklung der Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten in den letzten 40 Jahren

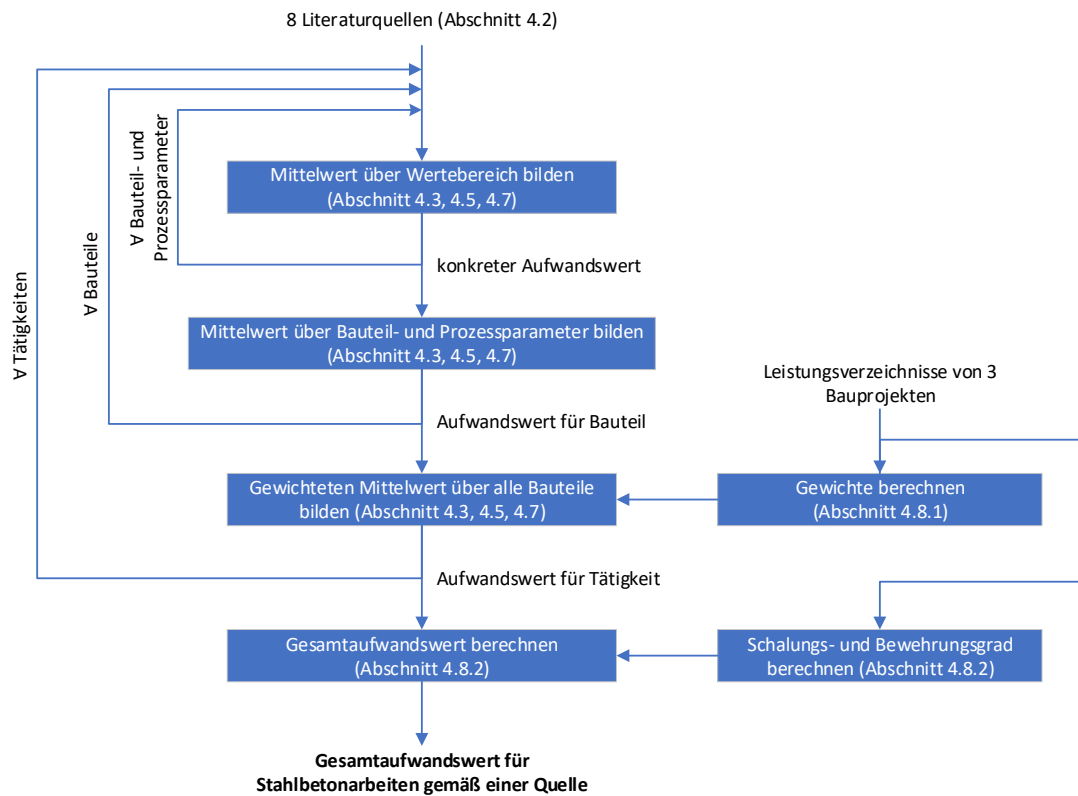
Zur Untersuchung der zeitlichen Entwicklung der Aufwandswerte werden in diesem Abschnitt unterschiedliche Werke der Fachliteratur analysiert und ein Gesamtaufandswert für Stahlbetonarbeiten für das entsprechende Erscheinungsjahr ermittelt.

### 4.1 Methode zur Ermittlung des Gesamtaufandswertes für Stahlbetonarbeiten

Die Untersuchungen und Auswertungen konzentrieren sich auf die drei Teiltätigkeiten Schalen, Bewehren und Betonieren bei Stahlbetonarbeiten. Die Bauteilgruppen

- Fundamente,
- Wände,
- Stützen,
- Decken,
- Balken und Unterzüge,
- Überzüge und Brüstungen sowie
- Stiegen

werden dabei getrennt behandelt und analysiert. Aufwandswerte werden Werken entnommen, die in Abschnitt 4.2 vorgestellt werden. Der AW wird als Repräsentant für das Jahr angesehen, das dem Erscheinungsjahr der Quelle entspricht. Da in manchen Werken Wertebereiche anstatt konkreter AW gegeben sind, wird letzterer als Mittelwert des Bereiches berechnet. In der Literatur sind AW für unterschiedliche Bauteilparameter (z. B. Bauteilabmessungen) oder Prozessparameter (z. B. Einbau mit Kran oder Betonpumpe) gegeben. Der AW für ein Bauteil wird aus der Mittelung über Bauteil- und Prozessparameter bestimmt. Im Anschluss wird durch eine gewichtete Mittelwertbildung ein bauteilunabhängiger Aufwandswert für jede der drei Tätigkeiten berechnet. Die Gewichte werden aus der Untersuchung dreier Leistungsverzeichnisse (LV) im Wiener Wohnbau ermittelt. Mithilfe des Schalungs- und Bewehrungsgrades, die ebenfalls den LV entnommen werden, wird aus den AW der drei Tätigkeiten ein Gesamtaufandswert für Stahlbetonarbeiten errechnet. Die Gesamtaufandswerte werden schließlich tabellarisch sowie grafisch dargestellt und mithilfe eines linearen Modells analysiert. Abb. 4.1 veranschaulicht das



**Abb. 4.1:** Ermittlung des Gesamtaufwandswertes für Stahlbetonarbeiten

Prinzip, wie der Gesamtaufwandswert für Stahlbetonarbeiten für eine Literaturquelle ermittelt wird.

Die angewandte Methodik ist in mehrerlei Hinsicht kritisch zu betrachten. Der mittlere Aufwandswert für eine Tätigkeit und ein Bauteil ergibt sich durch Mittelwertbildung über verschiedene Bauteil- und Prozesseigenschaften. Damit ist der Mittelwert von der vom Autor getroffenen Unterscheidung verschiedener Fälle abhängig. Die tatsächliche Verteilung verschiedener Bauteil- und Prozesseigenschaften wird nicht explizit berücksichtigt. Beispielsweise ist der AW für Deckenschalungen von der Raumhöhe abhängig. Der errechnete mittlere AW berücksichtigt jedoch nicht die tatsächliche Verteilung verschiedener Raumhöhen. Es stellt sich die Frage, wieso diese Methodik trotzdem gewählt wurde. Einerseits stehen keine ausführlichen Daten von Bauprojekten zur Verfügung, weshalb es nicht möglich ist, eine genaue Gewichtung nach Bauteil- und Prozessparameter anzugeben. Andererseits sprengt die Berechnung konkreter Lohnstunden für eine Vielzahl an Quellen den Rahmen dieser Arbeit. Die Anteile verschiedener Bauteile sowie der mittlere Schalungs- und Bewehrungsgrad wird aus der Analyse von drei Leistungsverzeichnissen aus dem Wohnbau abgeleitet. Die Gewichte werden für alle betrachteten Jahre als gleiche angenommen. Für eine andere Verteilung der Bauteile sowie andere Werte des Schalungs- und Bewehrungsgrades ergeben sich entsprechend andere Gesamtaufwandswerte. Schließlich muss festgestellt werden, dass lineare Modelle, die mithilfe der Methode der kleinsten Quadrate gewonnen werden, empfindlich in Bezug auf Ausreißer sind.

In diesem Kapitel werden folgende Notationen benutzt: Wertebereiche werden als mit einem Strich getrennte Zahlenpaare angegeben.  $\overline{AW}_B$  kennzeichnet den mittleren Aufwandswert eines



Bereiches, d. h. das arithmetische Mittel des minimalen und maximalen Wertes. Ein Aufwandswert, der sich als arithmetisches Mittel über verschiedene Bauteil- oder Prozessparameter ergibt, wird mit  $\overline{AW}$  notiert. In den folgenden Tabellen werden der Übersichtlichkeit wegen Prozessparameter nicht neuerlich angeführt, wenn sie gegenüber der darüberliegenden Zeile unverändert sind.

## 4.2 Literatur

Eine umfangreiche Literaturrecherche hat eine Liste an Werken ergeben, die in diesem Abschnitt vorgestellt wird. Der Vergleichbarkeit wegen werden einige Werke nicht im Detail untersucht. Die näheren Gründe dafür werden ebenfalls in diesem Abschnitt erläutert. Präzise Vergleiche der Aufwandswerte von verschiedenen Verfassern sind nicht immer möglich. Ein Teil der Daten ist älter als 50 Jahre und wurde zum damaligen Zeitpunkt nicht in gleicher Vollständigkeit dokumentiert wie heute.

**Stimpfl (1955) [37]** Die Aufwandswerte für Schalarbeiten sind den Kalkulationstabellen und dem Leistungsverzeichnis des Wohnhaus-Wiederaufbaufonds zu entnehmen [37, S. 73-91]. Die Daten für Bewehrungs- und Betonarbeiten stehen jedoch nicht als Kalkulationstabellen zur Verfügung, sondern sind aus dem angeführten LV herauszulesen. Aus dem LV kann z. B. für die Bewehrung von Stahlbetonfundamentplatten ein Wertebereich von 70 bis 90 h/t entnommen werden. In diesem AW sind das Liefern, Schneiden, Biegen und Verlegen der Bewehrung enthalten. Dieser Wert ist ungefähr zwei bis drei Mal so hoch wie jener anderer Autoren. Es ist außerdem nicht angegeben, wie der Beton auf der Baustelle transportiert wird. Aus diesen Gründen ist es nicht möglich, Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten abzuleiten [37, S. 83-91].

**Stimpfl und Papou (1959) [38]** Aus den in Abschnitt Stimpfl (1955) [37] dargelegten Gründen ist eine Auswertung nicht möglich.

**Stimpfl und Papou (1965) [39]** Aus den in Abschnitt Stimpfl (1955) [37] dargelegten Gründen ist eine Auswertung nicht möglich.

**Levsen und Zahn (1971) [25]** In diesem Werk wurden die Werte für Bewehrungsarbeiten nicht nach verschiedenen Bauteilen tabelliert, sondern dem Durchmesser des zu verlegenden Baustahls nach [25, S. 144-145].

**Zentralverband Deutsches Baugewerbe (1977) [46]** (Arbeitszeit-Richtwerte Tabellen (ARH)) Eine Darstellung der Werte ist anhand vorhandener Daten möglich.

**Drees und Kurz (1979) [6]** Es sind keine detaillierten AW für Bewehrungsarbeiten vorhanden [6, S. 35-37].

**Schub und Meyran (1982) [35]** Von diesem Autor stehen Daten für alle Tätigkeiten zur Verfügung.

**Olesen (1988) [29]** Eine Ermittlung der Aufwandswerte nach Bauteilen ist möglich.

**Hoffmann und Kremer (1992) [14]** Für die Jahre 1992 und 1996 gelten dieselben Werte. Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten sind vorhanden.

**Hoffmann und Kremer (1996) [15]** Aufwandswerte für alle Tätigkeiten und Bauteile stehen zur Verfügung.

**Hoffmann (1999) [10]** Auch hier sind die Werte für das Jahr 1999 dieselben wie für die Jahre 1996 und 1992.

**Fleischmann (1999) [7]** Die Daten stammen aus einem LV. Die Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten sind nicht nach Bauteilen angegeben. Eine Trennung gibt es nur dem Durchmesser nach, weshalb es nicht möglich ist, Aufwandswerte für die bestimmten Bauteile zu errechnen.

**Hoffmann (2002) [11]** Nach diesem Autor bestehen für das Jahr 2002 alle Daten, die zur Ermittlung der bauteilbezogenen Aufwandswerte nötig sind.

**Hoffmann (2006) [12]** Für das Jahr 2006 gelten die gleichen Werte wie bei Hoffmann [11]. Deswegen werden die mittlere Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten errechnet und dargelegt.

**Plümecke und Kuhne (2008) [32]** Aus den vorhandenen Daten ist es möglich, die Aufwandswerte für die Bauteile zu ermitteln.

**Hoffmann und Krause (2011) [13]** Es gelten die gleichen Werte wie bei Hoffmann [11] und Hoffmann [12].

**Buhse (2014) [2]** Für das Schalen und Betonieren können die Aufwandswerte nach Bauteilen leicht ermittelt werden. Für Bewehrungsarbeiten sind jedoch keine bauteilspezifischen AW gegeben.

**Kropik (2016) [23]** Für einige der untersuchten Bauteile fehlen die AW aller drei Teiltätigkeiten. Ferner werden für bestimmte Bauteile nicht alle Varianten berücksichtigt. Beispielsweise wurden für Wände keine Aufwandswerte für Kleinflächenschalungen herangezogen, die bei anderen Autoren angegeben sind. Es wurde festgestellt, dass die von Kropik genannten AW für Wände, Decken und Fundamente im Wertebereich der AW von anderen Autoren liegen.

**Krause und Ulke (2016) [22]** Alle Werte, mit denen Berechnungen zur Ermittlung der mittleren Aufwandswerte durchgeführt werden, stehen zur Verfügung.

**Plümecke et al. (2017) [31]** Werte für alle Tätigkeiten sind vorhanden, weshalb ein AW für Stahlbetonarbeiten abgeleitet werden kann.

### 4.3 Grundlagen zu Schalarbeiten

Hauptaufgabe der Schalung ist die Formgebung des Betons sowie die Abstützung während der Aushärtung. Beim Ortbetonbau liegen die Schalarbeiten meist am kritischen Weg und bestimmen häufig die Bauzeit [18, S. 1]. Für die Berechnungen werden in dieser Arbeit konventionelle, System- und Großflächenschalungen verwendet.

Die *konventionelle Schalung* wird vor Ort auf der Baustelle aus Kanthölzern, Verbindungsmitteln und der Schalhaut hergestellt. Sie kommen einmalig zum Einsatz, weshalb der Aufwandswert dementsprechend hoch ist. Früher wurden alle Schalungen auf diese Weise hergestellt. *Systemschalungen* kommen als vorgefertigte Elemente zum Einsatz, die mehrmals eingesetzt werden können. Im Hochbau werden Systemschalungen vor allem für Decken, Wände und Stützen verwendet. Bei der Auswahl von Deckenschalungen wird zwischen Trägerschalung und Schaltischen unterschieden. Die Schalung von Wänden lässt sich in Rahmenschalungen und Trägerschalungen unterteilen. Die Trägerschalung besitzt, im Vergleich zur konventionellen Wandschalung, erheblich größere Abmessungen und eine höhere Tragfähigkeit der einzelnen Schalelemente. Deshalb wird sie als Großflächenwandschalung bezeichnet. Bei Stützen gibt es rechteckige Stützenquerschnitte (Rahmenschalungssysteme) und runde Querschnitte (spezielle Halbschalen aus Stahl). Zusätzlich sind runde Stützenschalungen aus Karton zu erwähnen, die auf der Innenseite beschichtet sind und zu einer sehr glatten und hochwertigen Betonoberflächen führen. Dieses System ist allerdings nur für einen einmaligen Einsatz konzipiert, da der Karton zum Ausschalen einfach abgerissen und entsorgt wird [42, S. 20-22].

Um die richtige Auswahl hinsichtlich des Schalungssystems zu treffen, sind Gebäudegeometrie, Wiederholung gleichartiger Schalvorgänge, Bauzeit, verfügbares Personal, Personalkosten und Krankkapazitäten entscheidend. Abb. 4.2 zeigt, wie sich die Schalungsrichtwerte im 20. und 21. Jahrhundert entwickelt haben. Es ist ersichtlich, dass sich die Aufwandswerte verringert haben und damit die Produktivität gestiegen ist. Von etwa 1950 bis Anfang der 1980er Jahre zeigt sich ein deutlicher Rückgang des Stundenaufwandes. Gründe dafür könnten der Einsatz von Hochbaukränen sowie die Entwicklung von Großflächen- und Systemschalungen als Alternative zu den konventionellen Schalungen sein. Die durchgezogene Linie in dieser Abbildung zeigt den realen Stundenaufwand aus der Nachkalkulation und die strichlierte Linie die Schätzung.

### 4.4 Aufwandswerte für Schalarbeiten anhand der Literatur

Im Folgenden wird wie in Abschnitt 4.1 beschrieben vorgegangen. Auf fehlende Werte einer Quelle für Schalarbeiten eines bestimmten Bauteils wird im entsprechenden Abschnitt hingewiesen. Tabelle 4.1 zeigt die Verfügbarkeit von AW für unterschiedliche Bauteile und Autoren.

Schalarbeiten können beispielsweise mit Schalungsträger, Stahlrohrstützen, Kantholz, Bretterschalung, Schaltafeln oder Papierschabung durchgeführt werden. In dieser Arbeit wird angenommen, dass zum Transport dieses Materials ein Turmdrehkran zur Verfügung steht. In den folgenden Abschnitten wird genau angegeben, welche Schalung verwendet wird. Schalarbeiten umfassen das Einschalen, Ölen, Ausschalen und Reinigen. Bei den Berechnungen werden nicht alle Zulagen

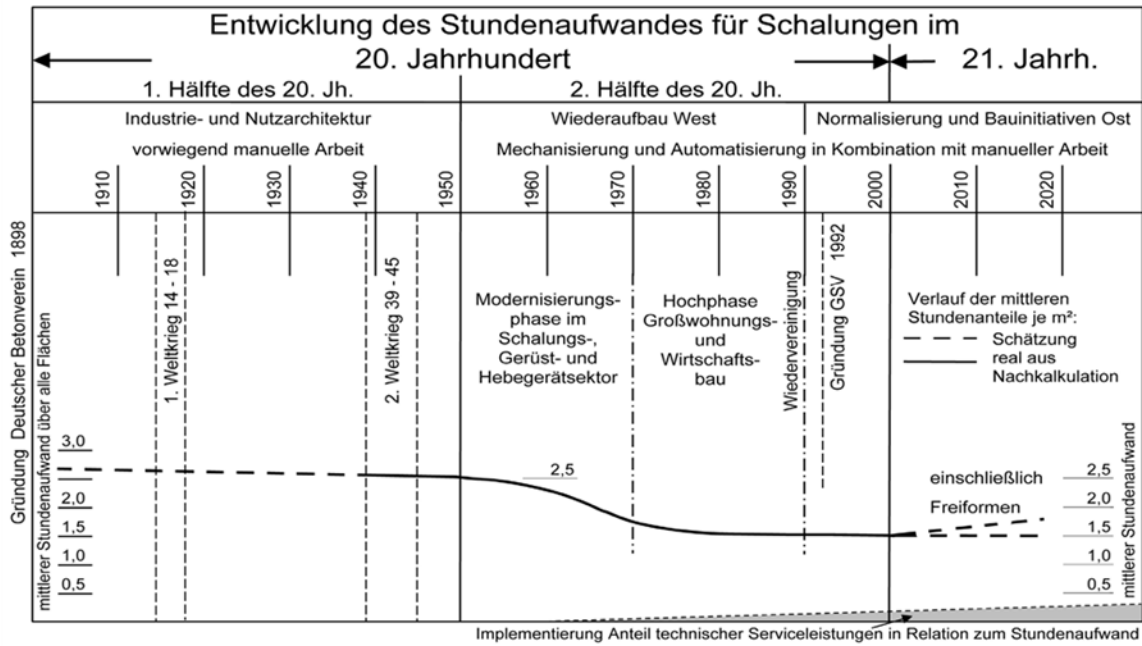


Abb. 4.2: Entwicklung des Stundenaufwandes für Schalungen [9, S. 9]

Tab. 4.1: Verfügbarkeit der Aufwandswerte für Schalarbeiten (\* angenommene Werte)

Autor	Jahr	Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzug Balken	Überzug Brüstung	Stiege Podest
ARH	1977	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Schub	1982	✓	✓	✓	✓	✓	✓	*
Olesen	1988	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hoffmann	1996	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hoffmann	2002	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Plümecke	2008	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Krause	2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Plümecke	2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

**Tab. 4.2:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach dem Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.211] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	$AW^*$
Fundament	[h/m <sup>2</sup> ]
Streifenfundamente	
Bretter	1,28
Schalplatten	0,88
Bretttafeln	0,75
Einzelfundamente	
Bretter	1,38
Schalplatten	0,98
Bretttafeln	0,90
$\overline{AW}$	<b>1,03</b>

berücksichtigt, wie z. B. Zulagen für runde oder geneigte Wände und Decken. Um Unklarheiten zu vermeiden, werden alle Bauteile mit entsprechenden Zulagen in diesem Kapitel diskutiert und es wird gezeigt, wie es zur Ermittlung der Aufwandswerte für bestimmte Bauteile kommt. Nach Hofstadler [16, S. 110] setzt sich der mittlere Aufwandswert für die Schalarbeiten aus den Aufwandswerten und Schalflächen der einzelnen Bauteile (Fundamente, Wände, Stützen, Decken und sonstige Bauteile) eines Bauwerks zusammen.

#### 4.4.1 Aufwandswerte aus ARH-Tabellen (1977)

**Fundamente** In den ARH-Tabellen werden die Aufwandswerte für Streifen- und Einzelfundamente angegeben. Die Schalhaut kann als Bretter, Schalplatten und Bretttafeln bis zu einer Höhe von 1,4 m ausgeführt werden. Der Stundenaufwand umfasst das Vorbereiten/Herstellen, Einschalen und Ölen, Ausschalen und Reinigen beim ersten Einsatz. Die Werte und Ergebnisse werden in Tabelle 4.2 dokumentiert.

**Wände** Die Schalhaut kann mit Brettern oder Schalplatten und die Unterkonstruktion mit Kanthölzern oder Schalträgern ausgeführt werden (Tabelle 4.3). Weiters wird zwischen konventioneller und Systemschalung unterschieden. In beiden Fällen werden die Werte von ein- und zweiseitiger Schalung zusammengefasst. Die Höhe der Wände beträgt bis zu 5 m. Für die konventionelle Wandschalung besteht ein Aufwandswert von 1,31 h/m<sup>2</sup> und für Systemschalung 1,12 h/m<sup>2</sup>. Es werden außerdem die Schalarbeiten für Großflächen und Schachtwände betrachtet. Die Aufwandswerte werden den ARH-Tabellen unter Berücksichtigung der Elementfläche entnommen. Damit werden die Flächen von 6,0, 9,0, 12,0, 15,0, 18,0 und 21 m<sup>2</sup> in Betracht gezogen. Die Großflächen-Wandschalung erfolgt mittels Stahl-Holz, Stahl-Stahl oder Holz-Holz. Der Arbeitsablauf kann entweder unterbrochen oder zusammenhängend sein. In dieser Betrachtung wurde angenommen, dass er unterbrochen ist. Unter allen angegebenen Randbedingungen kommt es zu einem Aufwandswert von 0,43 h/m<sup>2</sup> [46, S. 3.226.1-3.228.2]. Als Mittelwert für konventionelle, System-, Schacht- und Großflächenschalung (GF-Schalung) ergibt sich ein Aufwandswert von 1,03 h/m<sup>2</sup>.

**Tab. 4.3:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Wände nach dem Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.221] (\* aggregierte Werte)

Bauteil - Schalung	konventionell-		Systemschalung	
	Höhe [m]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	AW* [h/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/m <sup>2</sup> ]
Wände				
mit Brettern				
Kantholz	≤ 3,25		1,45	1,20
Schalträger			1,30	1,10
Kantholz	3,25–5,00		1,73	1,48
Schalträger			1,58	1,33
mit Schalplatten				
Kantholz	≤ 3,25		1,00	0,85
Schalträger			0,95	0,80
Kantholz	3,25–5,00		1,28	1,13
Schalträger			1,18	1,03
$\overline{AW}$ Wände			1,31	1,12
$\overline{AW}$ (Schachtschalung)*		< 4,00		1,27
$\overline{AW}$ (GF-Schalung)*				0,43
$\overline{AW}$				<b>1,03</b>

**Stützen** In der ARH-Tabelle finden sich Aufwandswerte nur von rechteckigen Stützen (Tabelle 4.4). Die Schalung erfolgt mittels Bretttafeln, wobei diese Werte für den ersten und wiederholten Einsatz gelten. Der Mittelwert liegt hier bei 1,58 h/m<sup>2</sup>.

**Decken** Die Schalhaut der Deckenschalungen kann mit Brettern oder Schalplatten und die Unterkonstruktion als Holzunterbau oder mit Schalträgern ausgeführt werden (Tabelle 4.5). Es werden Werte für den ersten und wiederholten Einsatz angeführt. Der mittlere Aufwandswert beträgt 0,81 h/m<sup>2</sup>.

**Balken und Unterzüge** Zur Ermittlung des Mittelwerts von Unterzügen und Balken werden Bretttafeln und Schalplatten verwendet. Die Abwicklung beträgt bis zu 240 cm. In Tabelle 4.6 sind die Stundenaufwände für Unterzüge, Randunterzüge, Balken und lastverteilende Balken getrennt angegeben. Es handelt sich um aggregierte Werte, die aus dem ersten und dem wiederholten Einsatz bestehen. Es ergibt sich ein Mittelwert von 1,67 h/m<sup>2</sup> (Tabelle 4.8).

**Überzüge und Brüstungen** Zur Schalung von Brüstungen kommen Bretter, Schalplatten und Bretttafeln zum Einsatz. Die Schalung kann ein- und zweiseitig ausgeführt werden. Die aggregierte Werte werden in Tabelle 4.7 angeführt. Die Abwicklung beträgt bis zu 140 cm. Damit ergibt sich ein Mittelwert von 1,19 h/m<sup>2</sup> [46, S. 3.221].

**Tab. 4.4:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach dem Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.231]

Bauteil Stützen	Abwicklung [cm]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Bretttafeln		
erster Einsatz	< 120	2,35
	120–200	180
wiederholter Einsatz	< 200	140
	< 120	1,65
	120–200	125
	< 200	100
$\overline{AW}$		<b>1,58</b>

**Tab. 4.5:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Decken nach dem Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.231]

Bauteil Decken	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Schalplatten	
Holzunterbau	
erster Einsatz	0,80
wiederholter Einsatz	0,65
Schalträger	
erster Einsatz	0,70
wiederholter Einsatz	0,60
Bretter	
Holzunterbau	
erster Einsatz	1,05
wiederholter Einsatz	0,85
Schalträger	
erster Einsatz	1,00
wiederholter Einsatz	0,80
$\overline{AW}$	
	<b>0,81</b>

**Tab. 4.6:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Balken und Unterzüge nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.241] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Abwicklung [cm]	Unterzüge $AW^*$ [h/m <sup>2</sup> ]	Randunterzüge $AW^*$ [h/m <sup>2</sup> ]	Balken $AW^*$ [h/m <sup>2</sup> ]	Lvt. Balken $AW^*$ [h/m <sup>2</sup> ]
Bretttafeln					
	< 90	2,18	2,33	2,33	1,60
	90–160	1,63	1,80	1,85	1,23
	160–240	1,43	1,63	1,68	
Schalplatten					
	90–160	1,63	1,78	1,83	
	160–240	1,45	1,55	1,63	1,20
$\overline{AW}$		1,66	1,82	1,86	1,34
$\overline{AW}$			<b>1,67</b>		

**Tab. 4.7:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Überzüge und Brüstungen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.221] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	$AW^*$ [h/m <sup>2</sup> ]
Überzüge und Brüstungen	
erster Einsatz	
mit Brettern	1,48
Schalplatten	1,21
Bretttafeln	1,33
wiederholter Einsatz	
mit Brettern	1,23
Schalplatten	1,04
Bretttafeln	0,86
$\overline{AW}$	<b>1,19</b>



**Tab. 4.8:** Aufwandswerte für Schalarbeiten [h/m<sup>2</sup>] aus ARH-Tabellen (1977)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge Brüstungen	Stiegen Podeste
1,03	1,03	1,58	0,81	1,67	1,19	2,32

**Stiegen und Podeste** Bei Stiegen sind folgende Werte angegeben [46, S. 3.261]:

- Laufplatten und Wangen (gerade oder gezogen): 2,57 h/m<sup>2</sup>
- Stufen (gerade oder gezogen): 2,06 h/m<sup>2</sup>

Der Mittelwert von diesen zwei berechneten Werten ergibt **2.32** h/m<sup>2</sup>.

Tabelle 4.8 fasst die berechneten Werte zusammen.

#### 4.4.2 Aufwandswerte nach Schub und Meyran (1982)

**Fundamente** Tabelle 4.9 zeigt die Aufwandswerte für Streifen- und Einzelfundamente sowie Fundamentplatten. Diese ergeben einen Mittelwert von 1,28 h/m<sup>2</sup>.

**Wände** Bei der Schalung von Wänden wird zwischen konventioneller Schalung, GF-Schalung und Schachtschalung unterschieden. Tabelle 4.10 zeigt die errechneten Mittelwerte.

**Stützen** Die ermittelten Aufwandswerte für Stützen sind in Tabelle 4.11 aufgelistet. Bei Stützen werden rechteckige und runde Stütze mit Unterscheidung zwischen Holz- und Stahlschalung betrachtet. Der Mittelwert für rechteckige und runde Stützen beläuft sich auf 1,90 h/m<sup>2</sup> bzw. 2,53 h/m<sup>2</sup>. Damit beträgt der mittlere Aufwandswert 2,22 h/m<sup>2</sup>.

**Decken** Bei Decken werden konventionelle und Großflächenschalungen bis zu einer Höhe von 5 m untersucht (Tabelle 4.12). Der Mittelwert für die konventionelle Schalung beträgt 1,28 h/m<sup>2</sup> und für die GF-Schalung 0,80 h/m<sup>2</sup>. Daraus ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert für die angegebene Art der Deckenschalungen von 1,04 h/m<sup>2</sup>.

**Tab. 4.9:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Schub und Meyran [35, S. 71]

Bauteil	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
Fundament		
Streifenfundamente	0,90–2,10	1,50
Einzelfundamente	0,90–2,10	1,50
Fundamentplatten	0,20–1,45	0,83
$\overline{AW}$		<b>1,28</b>

**Tab. 4.10:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Schub und Meyran [35, S. 71]

Bauteil Wand	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
Konventionelle Schalung	< 3,00	0,75–2,30	1,53
	< 5,00	0,80–2,70	1,75
Schachtschalung		0,85–2,80	1,83
GF-Schalung		0,20–0,90	0,55
$\overline{AW}$ (konventionelle)			1,64
$\overline{AW}$ (Schachtschalung)			1,83
$\overline{AW}$ (GF-Schalung)			0,55
$\overline{AW}$			<b>1,34</b>

**Tab. 4.11:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Schub und Meyran [35, S. 71]

Bauteil Stütze	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
rechteckige Stützen	1,00–2,80	1,90
runde Stützen		
Holzschalung	2,40–4,50	3,45
Stahlschalung	0,60–2,60	1,60
$\overline{AW}$		<b>2,22</b>

**Tab. 4.12:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Schub und Meyran [35, S. 71-72]

Bauteil Decke	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung	< 3,00	0,60–1,60	1,10
	< 5,00	0,60–2,30	1,45
GF-Schalung		0,40–1,20	0,80
$\overline{AW}$			<b>1,04</b>

**Tab. 4.13:** Aufwandswerte für Schalarbeiten [ $\text{h}/\text{m}^2$ ] nach Schub und Meyran (1982) (\* Abschätzung)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge Brüstungen	Stiegen* Podeste
1,28	1,34	2,22	1,04	1,75	1,65	3,00

**Balken und Unterzüge** Für Balken und Unterzüge ergibt sich ein Wert von  $1,75 \text{ h}/\text{m}^2$  und für Brüstungen und Überzüge  $1,65 \text{ h}/\text{m}^2$  [35, S. 71-72].

**Stiegen und Podeste** Der Aufwandswert für Stiegen und Podeste wurde in Bezug auf die Werte von anderen Verfassern während dieser Jahre abgeschätzt.

Alle Mittelwerte sind in Tabelle 4.13 dargestellt.

#### 4.4.3 Aufwandswerte nach Olesen (1988)

Olesen [29] berücksichtigt die Verwendung von damals als innovativ einzustufendes Schalmaterial wie Schaltafeln, Stahlrohrstützen und Schalungsträger. Die angegebenen Werte gelten für den Fall, dass ein Turmdrehkran auf der Baustelle bereitgestellt wird. Beim Fehlen eines Turmdrehkrans erhöhen sich diese Werte um bis zu 25 %. Die Aufwandswerte gelten bei Verwendung von Schaltafeln. Werden keine Schaltafeln, sondern Schalbretter verwendet, müssen die Werte um 10 bis 20 % erhöht werden [29, S. 351,408].

**Fundamente** Tabelle 4.14 zeigt die Aufwandswerte für Streifenfundamente für ein- und zweiseitige Schalung, vierseitig geschaltete Einzelfundamente sowie Fundamentplatten. Es werden die einzelnen Werte der konventionellen, System- und GF-Schalung für Streifen- und Einzelfundamente dargestellt. In dieser Tabelle sind Schalungshöhen für Streifenfundamente und Einzelfundamente von bis zu 1,5 m bzw. 2 m angegeben. Für die Schalung der Fundamentplatten gilt, dass die Höhe des Fundaments größer als 30 cm ist. Es ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von  $1,02 \text{ h}/\text{m}^2$ .

**Wände** Bezüglich der Wandschalungen werden gerade und senkrechte Wände mit einer Höhe bis 5 m untersucht, die ein- oder zweiseitig geschalt werden (Tabelle 4.15). Die Schalung erfolgt mit Schaltafeln, Schalbrettern oder als Systemschalung. Der Mittelaufwandswert beträgt  $1,53 \text{ h}/\text{m}^2$ .

**Stützen** Tabelle 4.16 zeigt die Werte für Stützenschalungen. Es werden zwischen Stützen mit rechtwinkligem und rundem Querschnitt unterschieden. Die Schalung für rechteckige Stützen erfolgt als konventionelle, System- oder GF-Schalung. Dabei gelten die gleichen Querschnitte (von  $0,8$  bis  $4 \text{ m}^2/\text{m}$ ), während für runde Schalungen die Querschnitte von 20 bis 140 cm untersucht werden. Die Raumhöhe bewegt sich zwischen 3 und 5 m. Der mittlere Aufwandswert der genannten Schalungen ergibt  $1,83 \text{ h}/\text{m}^2$ .

**Tab. 4.14:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Olesen [29, S. 408-415]

Bauteil Fundament	Schalung	Höhe [m]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Streifenfundamente			
Konventionelle Schalung	1-seitig	0,50	1,15
		1,00	1,10
		1,50	1,25
	2-seitig	0,50	1,00
		1,00	0,95
		1,50	1,10
Systemschalung	1-seitig	0,50	0,70
		1,00	0,70
		1,50	0,85
	2-seitig	0,50	0,55
		1,00	0,55
		1,50	0,70
Einzelfundamente			
Konventionelle Schalung	4-seitig	0,50	1,10
		1,00	1,05
		1,50	1,20
		2,00	1,35
		2,00	1,35
Systemschalung	4-seitig	0,50	0,65
		1,00	0,60
		1,50	0,70
		2,00	0,75
GF-Schalung		0,50	0,70
		1,00	0,65
		1,50	0,62
		2,00	0,60
Fundamentplatten			
Randschalung		0,40	1,50
		0,50	1,35
		1,00	1,25
		1,50	1,35
		2,00	1,45
$\overline{AW}$ (Streifenfundamente)			0,88
$\overline{AW}$ (Einzelfundamente)			0,79
$\overline{AW}$ (Fundamentplatten)			1,38
$\overline{AW}$			<b>1,02</b>

**Tab. 4.15:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Olesen [29, S. 416-417]

Bauteil Wand	Schalung	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung			
Schaltafeln	zweiseitige	3,00	1,42
		5,00	1,63
Brettern	einseitige	3,00	1,66
		5,00	1,88
	zweiseitige	3,00	1,63
		5,00	1,87
einseitige	3,00	1,91	
	5,00	2,16	
Systemschalung			
	zweiseitige	3,00	0,76
		5,00	0,91
	einseitige	3,00	0,95
$\overline{AW}$ (konventionell)			1,77
$\overline{AW}$ (Systemschalung)			0,87
$\overline{AW}$ (Schachtschalung)			1,95
$\overline{AW}$			<b>1,53</b>

**Tab. 4.16:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Olesen [29, S. 426-428]

Bauteil Stütze	Höhe [m]	Abwicklung [m]	Durchmesser [cm]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]
rechteckige		0,80–4,00		
konventionelle Schalung	3,00			1,95
	5,00			2,20
Systemschalung	3,00			1,25
	5,00			1,47
GF-Schalung	3,00			1,19
	5,00			1,55
runde		20–140		
Holzschalung	3,00			3,36
	5,00			3,66
Stahlbandschalung	3,00			0,81
	5,00			0,95
$\overline{AW}$ (rechteckige)				1,46
$\overline{AW}$ (runde)				2,20
$\overline{AW}$				<b>1,83</b>

**Decken** Olesen [29] unterscheidet zwischen Schalungen für Deckenplatten, Flachdecken, Trägerdecken, Rippendecken und Röhbaudecken (Tabelle 4.17). Bei Deckenplatten kann die Schalung mit Schaltafeln und Schalbrettern ausgeführt werden. Die Werte unterscheiden sich in Abhängigkeit der Raumhöhe und Dicke der Decke. Der AW von Rippendecken beinhalten das Verlegen des fertigen Schalkörpers auf der Schalung sowie den Ausbau der nicht wiederverwendbaren Schalkörper. Bei Röhbaudecken werden Rohre, Bügelkörbe und Steckstäbe mit einem Querschnitt von 6 mm montiert und eingebaut. Aus diesen Varianten der Schalungen ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von  $0,84 \text{ h/m}^2$  [29, S. 434-438].

**Balken und Unterzüge** In Tabelle 4.18 sind die Aufwandswerte für Balken und Unterzüge dargestellt. Bei deren Ermittlung wurden Höhen von 3 und 5 m berücksichtigt. Die Aufwandswerte gelten für einmaligen und mehrfachen Einsatz. Die Querschnitte bewegen sich zwischen 0,8 und  $4 \text{ m}^2/\text{m}$ . Der mittlere Aufwandswert für Balken und Unterzüge beträgt insgesamt  $1,84 \text{ h/m}^2$ .

**Überzüge und Brüstungen** Der Mittelwert für Überzüge beträgt  $1,60 \text{ h/m}^2$  (Tabelle 4.19). Brüstungen, die Höhen von 0,6, 1,2 und 2 m und Dicken von 15 und 30 cm aufweisen, werden hierfür herangezogen. Der Mittelwert beläuft sich auf  $1,90 \text{ h/m}^2$  (Tabelle 4.20). Der mittlere Aufwandswert von Überzügen und Brüstungen beträgt  $1,75 \text{ h/m}^2$  (Tabelle 4.22) [29, S. 425,431].

**Stiegen und Podeste** Mit den Angaben aus Tabelle 4.21 werden die Aufwandswerte für Stiegen gebildet. Es werden zuerst die Teile der Stiegen getrennt und anschließend ihre Mittelwerte ermittelt. Der mittlere Aufwandswert beläuft sich auf  $2,50 \text{ h/m}^2$ .

Alle mittleren Aufwandswerte für alle Bauteile sind in Tabelle 4.22 zusammengestellt.

**Tab. 4.17:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Olesen [29, S. 433-434]

Bauteil Decke	Höhe [m]	Dicke [cm]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]
Deckenplatten			
mit Schaltafeln	2,50	15	0,95
		25	1,00
mit Schalbrettern	5,00	15	1,20
		25	1,25
	2,50	15	1,05
		25	1,10
5,00	15	1,32	
	25	1,38	
Flachdecken			
mit Schaltischen	2,50		0,65
Trägerdecken			
	2,50	15	1,05
		30	1,10
	5,00	15	1,30
		30	1,35
Rippendecken			
aus Hartfaserplatten			0,46
Röhbaudecken			
Rohre, Bügelkörbe		23	0,90
		28	0,85
		33	0,80
		38	0,75
		43	0,70
		48	0,63
	53	0,56	
$\overline{AW}$ (Deckenplatten)			1,16
$\overline{AW}$ (Flachdecken)			0,65
$\overline{AW}$ (Trägerdecken)			1,20
$\overline{AW}$ (Rippendecken)			0,46
$\overline{AW}$ (Röhbaudecken)			0,74
$\overline{AW}$			<b>0,84</b>

**Tab. 4.18:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Balken und Unterzüge nach Olesen [29, S. 430-431]

Bauteile	Höhe [m]	Abwicklung [m]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Unterzüge		0,80–4,00	
einmaliger Einsatz	3,00		2,02
	5,00		2,45
mehrfacher Einsatz	3,00		1,36
	5,00		1,74
Balken		0,80–4,00	
einmaliger Einsatz	3,00		1,90
mehrfacher Einsatz	3,00		1,49
	5,00		1,96
$\overline{AW}$ (Unterzüge)			1,89
$\overline{AW}$ (Balken)			1,78
$\overline{AW}$			<b>1,84</b>

**Tab. 4.19:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Überzüge nach Olesen [29, S. 431]

Bauteil	Querschnitt [m <sup>2</sup> ]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Überzüge	0,075	1,70
	0,200	1,65
	0,400	1,60
	0,600	1,55
	0,900	1,50
$\overline{AW}$		<b>1,60</b>

**Tab. 4.20:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Brüstungen nach Olesen [29, S. 425]

Bauteil	Höhe [m]	Dicke [cm]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Brüstungen	0,60	15	1,90
		30	2,00
	1,20	15	1,80
		30	1,90
	2,00	15	1,85
		30	1,95
$\overline{AW}$			<b>1,90</b>



**Tab. 4.21:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stiegen und Podeste nach Olesen [29, S. 439-440]

Bauteil Stiegen	Höhe [m]	Dicke [cm]	$\overline{AW}$ [h/m <sup>2</sup> ]
Stiegenlaufplatten			
gerade	2,00	20	1,75
		40	1,85
	3,00	20	1,85
		40	2,00
	4,00	20	2,00
		40	2,20
gewandelt	2,00	20	3,30
		40	3,45
	3,00	20	3,45
		40	3,65
	4,00	20	3,70
		40	3,90
Stufen			
gerade			3,00
gewandelt			3,60
Podestplatten			
2,00	20		1,30
			1,40
3,00	20		1,35
			1,45
4,00	20		1,45
			1,60
$\overline{AW}$ (Stiegenlaufplatten)			2,76
$\overline{AW}$ (Stufen)			3,30
$\overline{AW}$ (Podestplatten)			1,43
$\overline{AW}$			<b>2,50</b>

**Tab. 4.22:** Aufwandswerte für Schalarbeiten [h/m<sup>2</sup>] nach Olesen (1988)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge Brüstungen	Stiegen Podeste
1,02	1,53	1,83	0,84	1,84	1,75	2,50

#### 4.4.4 Aufwandswerte nach Hoffmann und Kremer (1996)

**Fundamente** Tabelle 4.23 zeigt die Bereiche der Aufwandswerte für Streifen- und Einzelfundamente sowie Fundamentplatten. Der mittlere Aufwandswert beträgt  $0,97 \text{ h/m}^2$ .

**Wände** Tabelle 4.24 zeigt die Aufwandswerte für Wandschalungen. Diese Werte umfassen ein- und zweiseitige Schalung mit zwei verschiedenen Bereichen der Wandhöhe. Im Werk von Hoffmann und Kremer werden die Werte für konventionelle-, System- und GF-Schalung bis zu einer Wandhöhe von 3 m angegeben. Andere Werte gelten als Zulagen, wie z. B. für Höhen größer als 3 m oder einseitige Schalungen. Tabelle 4.24 enthält die AW einschließlich entsprechender Zulagen. Es werden die Mittelwerte für die angegebenen Schalungen ermittelt und daraus der Mittelwert für das Bauteil. Er beträgt  $1,06 \text{ h/m}^2$ . In den folgenden Abschnitten 4.6.4 und 4.8.4 wird analog vorgegangen.

**Stützen** In Tabelle 4.25 werden die Werte für rechteckige und runde Stützen angeführt, die mit konventioneller oder Systemschalung hergestellt werden. Es wird der Größe der Querschnittsfläche nach in Flächen größer oder kleiner als  $0,25 \text{ m}^2$  unterschieden. Für die konventionelle Schalung ergibt sich ein mittlerer AW von  $2,39 \text{ h/m}^2$  und für die Systemschalung von  $1,99 \text{ h/m}^2$ . Der mittlere Aufwandswert für Stützen beträgt  $2,19 \text{ h/m}^2$ .

**Decken** Decken werden der Dicke und der Raumhöhe nach unterschieden. Hier werden konventionelle Schalungen, Systemschalung (Fallkopfschalung) und GF-Schalung (Deckenschaltische) untersucht. Der mittlere Aufwandswert liegt bei  $0,88 \text{ h/m}^2$  (Tabelle 4.26).

**Balken und Unterzüge** Zur Ermittlung der Aufwandswerte für Balken und Unterzüge wird nach der Größe der Schalungsflächen unterschieden. Es werden zweiseitige Schalung berücksichtigt und darüber hinaus zwischen konventioneller und Systemschalung unterschieden. Der mittlere Aufwandswert liegt bei  $1,77 \text{ h/m}^2$  (Tabelle 4.27).

**Überzüge und Brüstungen** Es werden Überzüge und Brüstungen mit einer Höhe von bis zu 1,4 m untersucht (Tabelle 4.28). Analog zu den bisherigen Bauteilen werden die Aufwandswerte für ein- und zweiseitige sowie konventionelle und Systemschalungen berechnet. Stundenaufwände für

**Tab. 4.23:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Hoffmann und Kremer [15, S. 676]

Bauteil	$AW$	$\overline{AW}_B$
Fundament	$[\text{h/m}^2]$	$[\text{h/m}^2]$
Streifenfundamente	0,80–1,20	1,00
Einzelfundamente	0,90–1,30	1,10
Fundamentplatten	0,60–1,00	0,80
$\overline{AW}$		<b>0,97</b>

**Tab. 4.24:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Hoffmann und Kremer [15, S. 676]

Bauteil Wand	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung			
zweiseitige	$\leq 3,00$	0,70–1,20	0,95
	3,00–5,00	0,90–1,60	1,25
einseitige	$\leq 3,00$	0,95–1,65	1,30
	3,00–5,00	1,15–2,05	1,60
System Schalung			
zweiseitige	$\leq 3,00$	0,30–0,60	0,45
	3,00–5,00	0,50–1,00	0,75
einseitige	$< 3,00$	0,55–1,05	0,80
	3,00–5,00	0,75–1,45	1,10
GF-Schalung			
zweiseitige	$\leq 3,00$	0,20–0,50	0,35
	3,00–5,00	0,40–0,90	0,65
einseitige	$\leq 3,00$	0,45–0,95	0,70
	3,00–5,00	0,65–1,35	1,00
$\overline{AW}$ (konventionelle)			1,28
$\overline{AW}$ (System Schalung)			0,78
$\overline{AW}$ (GF-Schalung)			0,68
$\overline{AW}$ (Kleinflächenschalung)		1,25–1,75	1,50
$\overline{AW}$			<b>1,06</b>

**Tab. 4.25:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677]

Bauteil Stütze	Querschnitt [m <sup>2</sup> ]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung			
rechteckig	$> 0,25$	1,30–1,80	1,55
	$< 0,25$	1,65–2,50	2,08
runde	$> 0,25$	2,30–3,10	2,70
	$< 0,25$	2,65–3,80	3,23
System Schalung			
rechteckig	$> 0,25$	0,90–1,40	1,15
	$< 0,25$	1,25–2,10	1,68
runde Stützen	$> 0,25$	1,90–2,70	2,30
	$< 0,25$	2,25–3,40	2,83
$\overline{AW}$ (konventionelle)			2,39
$\overline{AW}$ (System Schalung)			1,99
$\overline{AW}$			<b>2,19</b>

**Tab. 4.26:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Hoffmann und Kremer [15, S. 676]

Bauteil Decke	Höhe [m]	Dicke [cm]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung	< 3,00	< 20	0,80–1,00	0,90
		> 20	0,85–1,15	1,00
	> 3,00	< 20	0,90–1,50	1,20
		> 20	0,95–1,65	1,30
Systemschalung Fallkopfschalung	< 3,00	< 20	0,50–0,80	0,65
		> 20	0,55–0,95	0,75
	> 3,00	< 20	0,60–1,30	0,95
		> 20	0,65–1,45	1,05
GF-Schalung Deckenschaltische	< 3,00	< 20	0,35–0,60	0,48
		> 20	0,40–0,75	0,58
	> 3,00	< 20	0,45–1,10	0,78
		> 20	0,50–1,25	0,88
$\overline{AW}$ (konventionelle)				1,10
$\overline{AW}$ (System-)				0,85
$\overline{AW}$ (GF-Schalung)				0,68
$\overline{AW}$				<b>0,88</b>

konventionelle und Systemschalung ergeben 1,49 h/m<sup>2</sup> bzw. 1,17 h/m<sup>2</sup>. Der mittlere Aufwandswert beträgt 1,33 h/m<sup>2</sup>.

**Stiegen und Podeste** In Tabelle 4.29 werden die Wertebereiche der Stiegeschalung dargestellt. Diese Werte unterscheiden sich in der Verwendung einer Stufenschalung. Zusätzlich werden gewendelte Treppenläufe miteinbezogen. Es ergibt sich ein mittlere Aufwandswert von 3,33 h/m<sup>2</sup>.

Tabelle 4.30 zeigt die mittleren Aufwandswerte für die einzelnen Bauteile.

**Tab. 4.27:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Balken und Unterzüge nach Hoffmann und Kremer [15, S. 676]

Bauteile Balken und Unterzüge	Fläche [m <sup>2</sup> ]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung			
zweiseitig	> 0,15	1,70–2,00	1,85
	0,05–0,15	1,80–2,20	2,00
	< 0,05	1,95–2,55	2,25
einseitig	> 0,15	1,85–2,30	2,08
	0,05–0,15	1,95–2,50	2,23
	< 0,05	2,10–2,85	2,48
Systemschalung			
zweiseitig	> 0,15	0,90–1,30	1,10
	0,05–0,15	1,00–1,50	1,25
	< 0,05	1,15–1,85	1,50
einseitig	> 0,15	1,05–1,60	1,33
	0,05–0,15	1,15–1,80	1,48
	< 0,05	1,30–2,15	1,73
$\overline{AW}$ (konventionelle-)			2,15
$\overline{AW}$ (Systemschalung)			1,40
$\overline{AW}$			<b>1,77</b>

**Tab. 4.28:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Überzüge und Brüstungen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 676]

Bauteile Überzüge und Brüstungen	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung			
zweiseitig	0,50–1,40	1,10–1,30	1,20
	< 0,50	1,35–1,75	1,55
einseitig	0,50–1,40	1,25–1,60	1,43
	< 0,50	1,50–2,05	1,78
Systemschalung			
zweiseitig	0,50–1,40	0,70–1,05	0,88
	< 0,50	0,95–1,50	1,23
einseitig	0,50–1,40	0,85–1,35	1,10
	< 0,50	1,10–1,80	1,45
$\overline{AW}$ (konventionelle-)			1,49
$\overline{AW}$ (Systemschalung)			1,17
$\overline{AW}$			<b>1,33</b>

**Tab. 4.29:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stiegen und Podeste nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677]

Bauteil	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
Stiegen		
gerader Stiegenlauf		
ohne Stufenschalung	2,00–2,50	2,25
mit Stufenschalung	2,90–3,50	3,20
gewendelter Stiegenlauf		
ohne Stufenschalung	3,00–3,90	3,45
mit Stufenschalung	3,90–4,90	4,40
$\overline{AW}$		<b>3,33</b>

**Tab. 4.30:** Aufwandswerte für Schalarbeiten [h/m<sup>2</sup>] nach Hoffmann und Kremer (1996)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge Brüstungen	Stiegen Podeste
0,97	1,06	2,19	0,88	1,77	1,33	3,33

#### 4.4.5 Aufwandswerte nach Hoffmann (2002)

Eine spätere Auflage von Hoffmann legt nahe, dass die Aufwandswerte im Lauf der Zeit niedriger geworden sind und sich dadurch die Produktivität verbessert hat.

**Fundamente** Tabelle 4.31 zeigt min. und max. Aufwandswerte für Streifen-, Einzel- und Plattenfundamente. Hierbei liegt nur ein Unterschied vor, da die Werte nach konventioneller und Systemschalung angegeben und nicht als Fundamentschalung zusammengefasst werden. Damit ergibt sich der mittlere Aufwandswert 0,70 h/m<sup>2</sup>.

**Tab. 4.31:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Hoffmann [11, S. 808]

Bauteil	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
Fundament		
Streifenfundamente		
konventionell schalen	0,60–0,80	0,70
Systemschalung	0,30–0,50	0,40
Einzelfundamente		
konventionell schalen	0,90–1,10	1,00
Systemschalung	0,40–0,60	0,50
Plattenfundamente		
	0,60–1,00	0,80
$\overline{AW}$		<b>0,70</b>

**Tab. 4.32:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Hoffmann [11, S. 808]

Bauteil Wand	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung			
zweiseitige	$\leq 3,00$	0,70–1,20	0,95
	3,00–5,00	0,90–1,60	1,25
einseitige	$\leq 3,00$	0,95–1,65	1,30
	3,00–5,00	1,15–2,05	1,60
System Schalung			
zweiseitige	$\leq 3,00$	0,30–0,60	0,45
	3,00–5,00	0,50–1,00	0,75
einseitige	$< 3,00$	0,55–1,05	0,80
	3,00–5,00	0,75–1,45	1,10
GF-Schalung			
zweiseitige	$\leq 3,00$	0,20–0,50	0,35
	3,00–5,00	0,40–0,90	0,65
einseitige	$\leq 3,00$	0,45–0,95	0,70
	3,00–5,00	0,65–1,35	1,00
Kleinflächenschalung			
zweiseitige	$\leq 3,00$	1,25–1,75	1,50
	3,00–5,00	1,45–2,15	1,80
einseitige	$\leq 3,00$	1,50–2,20	1,85
	3,00–5,00	1,70–2,60	2,15
$\overline{AW}$ (konventionelle-)			1,28
$\overline{AW}$ (System-)			0,78
$\overline{AW}$ (Großflächen-)			0,68
$\overline{AW}$ (Kleinflächenschalung)			1,25–1,75
$\overline{AW}$			<b>1,06</b>

**Wände** Aufwandswerte für Wände werden in Tabelle 4.32 erörtert. Aufwandswerte werden für ein- und zweiseitige sowie konventionelle, System-, GF-, und Kleinflächenschalungen untersucht. Es werden Wandhöhen kleiner als 3 m sowie zwischen 3 und 5 m unterschieden. Es ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von 1,06 h/m<sup>2</sup>.

**Stützen** Im Unterschied zu anderen Autoren differenziert Hoffmann zwischen Stützen mit rechteckigem und rundem Querschnitt (Tabelle 4.33). Aufwandswerte werden für konventionelle und Systemchalungen angeführt. Die Schalung von runden Stützen erfolgt mittels Papierschabung. Es werden zwischen Querschnittsflächen größer als 0,25 m<sup>2</sup>, zwischen 0,10 m<sup>2</sup> und 0,25 m<sup>2</sup> und kleiner als 0,10 m<sup>2</sup> unterschieden. Je kleiner der Querschnitt ist, desto höher sind die Aufwandswerte. Als Ergebnis wurde ein mittlerer Aufwandswert von 1,81 h/m<sup>2</sup> ermittelt.

**Decken** Bei Decken wird zwischen einer Dicke bis 25 cm oder größer als 25 cm unterschieden. In beiden Fällen sind die Aufwandswerte so ähnlich, dass für die Berechnung lediglich Dicken bis

**Tab. 4.33:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Hoffmann [11, S. 809]

Bauteil Stütze	Querschnitt [m <sup>2</sup> ]	AW [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung			
rechteckige	> 0,25	1,30–1,80	1,55
	0,10–0,25	1,50–2,10	1,80
	< 0,10	1,65–2,50	2,08
runde	> 0,25	2,00–2,70	2,35
	0,10–0,25	2,20–3,00	2,60
	< 0,10	2,35–3,40	2,88
Systemschalung			
rechteckige	> 0,25	0,90–1,40	1,15
	0,10–0,25	1,10–1,70	1,40
	< 0,10	1,25–2,10	1,68
runde (Papierschalung)	> 0,25	0,80–1,50	1,15
	0,10–0,25	1,00–1,80	1,40
	< 0,10	1,15–2,20	1,68
$\overline{AW}$ (konventionelle-)			2,21
$\overline{AW}$ (Systemschalung)			1,41
$\overline{AW}$			<b>1,81</b>

25 cm berücksichtigt wurden. In der Literatur wird zwischen Raumhöhen kleiner und gleich sowie größer als 3 m unterschieden. Dabei werden konventionelle-, Fallkopf- und Holzträgersystemschalung und Deckenschaltische berücksichtigt. Schlussendlich ergibt sich ein gesamter Mittelwert von 0,68 h/m<sup>2</sup> (Tabelle 4.34).

**Balken und Unterzüge** In Tabelle 4.35 wird der mittlere Aufwandswert für Balken und Unterzüge errechnet. Auch hier wurde der Querschnitt berücksichtigt. Der Querschnitt wird in Bereiche kleiner als 0,05 m<sup>2</sup>, zwischen 0,05 h/m<sup>2</sup> und 0,15 h/m<sup>2</sup> sowie größer als 0,15 h/m<sup>2</sup> eingeteilt. Die Daten umfassen sowohl ein- und zweiseitige sowie konventionelle und Systemschalungen. Hier liegt der Aufwandswert bei 1,73 h/m<sup>2</sup>.

**Überzüge und Brüstungen** Überzüge und Brüstungen werden mit ihren minimalen und maximalen Aufwandswerte angegeben (Tabelle 4.36). Zusätzlich werden die Aufwandswerte für ein- und zweiseitige sowie konventionellen und Systemschalungen angegeben. Es werden Höhen bis 1,40 m berücksichtigt. Der mittlere Aufwandswert für diese Bauteile beträgt 1,32 h/m<sup>2</sup>.

**Stiegen und Podeste** Die Aufwandswerte für Stiegen werden in Tabelle 4.37 veranschaulicht. Es werden konventionelle und Systemschalungen berücksichtigt. Des Weiteren werden Schalungen mit und ohne Stufenschalung sowie geraden und gewendelten Stiegen unterschieden. Der mittlere Aufwandswert für die gesamte Stiegen Schalung beträgt 2,67 h/m<sup>2</sup>.



**Tab. 4.34:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Hoffmann [11, S. 808]

Bauteil Decke	Höhe [m]	Dicke [cm]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung	$\leq 3,00$	$\leq 25$	0,80–1,00	0,90
	$> 3,00$		0,90–1,30	1,10
Rahmentafeln + Fallkopf	$\leq 3,00$	$\leq 25$	0,40–0,60	0,50
	$> 3,00$		0,50–0,90	0,70
Deckenschaltische	$\leq 3,00$	$\leq 25$	0,25–0,35	0,30
	$> 3,00$		0,35–0,65	0,50
Holzträgersystemschalung	$\leq 3,00$	$\leq 25$	0,45–0,65	0,55
	$> 3,00$		0,55–0,95	0,75
$\overline{AW}$ (konventionelle-)				1,00
$\overline{AW}$ (Systemschalung)				0,63
$\overline{AW}$ (GF-Schalung)				0,40
$\overline{AW}$				<b>0,68</b>

**Tab. 4.35:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Balken und Unterzüge nach Hoffmann [11, S. 808]

Bauteile Balken und Unterzüge	Querschnitt [m <sup>2</sup> ]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]	
konventionelle Schalung	zweiseitig	$> 0,15$	1,50–2,00	1,75
		0,05–0,15	1,60–2,20	1,90
		$< 0,05$	1,75–2,55	2,15
	einseitig	$> 0,15$	1,65–2,30	1,98
		0,05–0,15	1,75–2,50	2,13
		$< 0,05$	1,90–2,85	2,38
Systemschalung	zweiseitig	$> 0,15$	0,90–1,30	1,10
		0,05–0,15	1,00–1,50	1,25
		$< 0,05$	1,15–1,85	1,50
	einseitig	$> 0,15$	1,05–1,60	1,33
		0,05–0,15	1,15–1,80	1,48
		$< 0,05$	1,30–2,15	1,73
$\overline{AW}$ (konventionelle)			2,05	
$\overline{AW}$ (Systemschalung)			1,40	
$\overline{AW}$			<b>1,73</b>	

**Tab. 4.36:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Überzüge und Brüstungen nach Hoffmann [11, S. 809]

Bauteile Überzüge und Brüstungen	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung			
zweiseitig	0,50–1,40	1,10–1,30	1,20
	< 0,50	1,35–1,70	1,53
einseitig	0,50–1,40	1,25–1,60	1,43
	< 0,50	1,50–2,00	1,75
Systemschalung			
zweiseitig	0,50–1,40	0,70–1,05	0,88
	< 0,50	0,85–1,35	1,10
einseitig	0,50–1,40	0,95–1,45	1,20
	< 0,50	1,10–1,75	1,43
$\overline{AW}$ (konventionelle-)			1,48
$\overline{AW}$ (Systemschalung)			1,15
$\overline{AW}$			<b>1,32</b>

**Tab. 4.37:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stiegen und Podeste nach Hoffmann [11, S. 809]

Bauteil Stiegen	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>2</sup> ]
Konventionelle Schalung		
ohne Stufenschalung	2,00–2,50	2,25
mit Stufenschalung	2,90–3,50	3,20
gewendelter Stiegenlauf	3,45–4,40	3,93
Systemschalung		
gerade Stiegenläufe	1,40–1,80	1,60
gewendelte Stiegenläufe	2,40–3,20	2,80
$\overline{AW}$		<b>2,67</b>

**Tab. 4.38:** Aufwandswerte für Schalarbeiten [h/m<sup>2</sup>] nach Hoffmann (2002)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge Brüstungen	Stiegen Podeste
0,70	1,06	1,81	0,68	1,73	1,32	2,67

In Tabelle 4.38 sind die Stundenaufwandswerte nach Hoffmann aus dem Jahr 2002 zusammengefasst.

#### 4.4.6 Aufwandswerte nach Plümecke und Kuhne (2008)

In den Zeitwerten ist der Aufwand für folgende Tätigkeiten enthalten [32, S. 301]:

- Auf- und Abbauen der Gerüste, deren Arbeitsbühnen nicht höher als 2 m über Gelände oder Fußboden liegen
- Sortieren und Stapeln ausgebaute Schalungen
- Vorbereiten/Herstellen, Einschalen, Trennmittel auftragen, Ausschalen, Grobreinigen

**Fundamente** Tabelle 4.39 enthält die Stundenaufwandswerte für Streifen- und Einzelfundamente sowie für Fundamentplatten. Die Schalung erfolgt mittels Schalungsplatten. Für die Ermittlung der Aufwandswerte werden die Fundamenthöhen bis maximal 1,5 m berücksichtigt. Es ergibt sich ein Mittelwert von 0,93 h/m<sup>2</sup>.

**Wände** Die Werte werden für ein- und zweiseitige sowie konventioneller und Systemschalung angegeben. Die aggregierten Werte sind in Tabelle 4.40 angegeben. Für die konventionelle Schalung werden Bretter und Schaltafeln verwendet. Herangezogen werden Wände mit einer Höhe bis zu 5 m, einer Dicke von über 25 cm und Schalflächen, die kleiner als 100 m<sup>2</sup> sind. Zusätzlich werden bei Schachtwänden zwischen konventioneller und Systemschalung unterschieden. Für diese Schalungen sind in den Werten Zulagen für äußere Wandflächen, Schalungshöhen bis 1,2 m und Wanddicken bis 25 cm enthalten. Mittelwerte werden getrennt für konventionelle, System- und GF-Schalung sowie für die Schachtwänden ausgewiesen. Es ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von 0,88 h/m<sup>2</sup>.

**Tab. 4.39:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Plümecke und Kuhne [32, S. 316-317]

Bauteil	Höhe	AW
Fundament	[m]	[h/m <sup>2</sup> ]
Streifenfundamente	≤ 1,5	0,90
Einzelfundamente	≤ 1,5	0,90
Fundamentplatte	≤ 0,5	1,00
$\overline{AW}$		<b>0,93</b>

**Tab. 4.40:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Plümecke und Kuhne [32, S. 316-320] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Höhe [m]	Schalfläche [m <sup>2</sup> ]	AW* [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung			
Bretterschalung			
zweiseitig	< 3,50	< 100	1,40
	3,50–5,00	< 100	1,40
einseitig	< 3,50	< 100	1,60
	3,50–5,00	< 100	1,60
mit Platten			
zweiseitig	< 3,50	< 100	1,05
	3,50–5,00	< 100	1,05
einseitig	< 3,50	< 100	1,25
	3,50–5,00	< 100	1,25
Schachtwand			
konventionelle Schalung	< 3,50	< 4,00	1,34
Systemschalung			0,73
$\overline{AW}$ (konventionelle)			1,33
$\overline{AW}$ (Systemschalung)			0,73
$\overline{AW}$ (GF-Schalung)*			0,43
$\overline{AW}$ (Schachtwand)			1,04
$\overline{AW}$			<b>0,88</b>

**Stützen** Tabelle 4.41 zeigt die Aufwandswerte für rechteckige und runde Stützen. Schalungen bei Stützen werden mit Bretttafeln, Latten und Knaggen oder Hartfaserrohre ausgeführt. Die Höhe der Stützen beträgt bis zu 5 m und die Abwicklung bis 1,2 m. Es wurde zusätzlich die Zulage für einseitiges Schalen berücksichtigt. Der mittlere Stundenaufwand für Stützen beträgt 1,95 h/m<sup>2</sup>.

**Decken** Dimensionen wie Deckendicke, Höhe der Betonunterseite und Schalungsfläche müssen bekannt sein, um die Aufwandswerte für Decken ermitteln zu können (Tabelle 4.42). Plümecke und Kuhne unterscheiden zusätzlich zwischen Schalungen mit Schalungsplatten oder Brettern. Zur Berechnung werden in Abhängigkeit von der Deckendicke und der Höhe der Betonunterseiten werden Zulagen berücksichtigt. Gleichmaßen ergeben sich Zulagen bei Bretterschalungen. Der gesamte Mittelwert für Decken beträgt 0,79 h/m<sup>2</sup>.

**Balken** Tabelle 4.43 zeigt die Ermittlung von Aufwandswerten für Balken. Sie haben einen rechteckigen Querschnitt. Die Schalung erfolgt durch Bretttafeln oder Schalungsplatten. Balken werden der Größe der Abwicklung nach unterschieden, wobei Werte bis 2,10 m berücksichtigt werden. Der Aufwandswert aus Bretttafeln und Schalungsplatten beträgt 1,87 h/m<sup>2</sup>.

**Tab. 4.41:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Plümecke und Kuhne [32, S. 323-325]

Bauteil Stütze	Höhe [m]	Abwicklung [m]	Durchmesser [m]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Bretttafeln				
rechteckige Stützen	≤ 3,50	≤ 1,20		1,70
zweiseitige Schalung				2,00
rechteckige Stützen	3,50–5,00			1,78
zweiseitige Schalung			2,08	
einseitige Schalung				
runde Stützen	≤ 3,50		≤ 0,30	3,00
aus Latten und Knaggen				1,00
Hartfaserrohre				
$\overline{AW}$				<b>1,95</b>

**Tab. 4.42:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Plümecke und Kuhne [32, S. 329]

Bauteil Decke	Dicke [m]	Höhe [m]	Schalfläche [m <sup>2</sup> ]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Schalungsplatten	≤ 0,20	≤ 3,50	≤ 100	0,70
	≤ 0,20	≤ 3,50	> 100	0,65
	> 0,30	≤ 3,50	≤ 100	0,80
	≤ 0,20	> 3,50	< 100	0,75
Bretterschalung	≤ 0,20	≤ 3,50	≤ 100	0,85
$\overline{AW}$				<b>0,79</b>

**Tab. 4.43:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Balken nach Plümecke und Kuhne [32, S. 328]

Bauteil Balken	Abwicklung [m]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Bretttafeln	< 0,90	2,45
	0,90–1,50	1,90
	1,50–2,10	1,75
Schalungsplatten	0,90–1,50	1,70
$\overline{AW}$		<b>1,87</b>

**Tab. 4.44:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Unterzüge nach Plümecke und Kuhne [32, S. 327-328]

Bauteil Unterzüge	Schalungshöhe [m]	Abwicklung [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	
rechteckiger Querschnitt Bretttafeln	$\leq 3,50$	$< 0,90$	2,20	
		0,90–1,50	1,70	
		1,50–2,10	1,60	
	Schalungsplatten		0,90–1,50	1,60
			1,50–2,10	1,55
<hr/>				
Randunterzüge rechteckiger Querschnitt Bretttafeln	$\leq 3,50$	$< 0,90$	2,35	
		0,90–1,50	1,85	
		1,50–2,10	1,80	
	Schalungsplatten		0,90–1,50	1,85
			1,50–2,10	1,70
<hr/>				
$\overline{AW}$			<b>1,79</b>	

**Tab. 4.45:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Überzüge nach Plümecke und Kuhne [32, S. 326]

Bauteil Überzüge	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]
Bretttafeln	$< 0,60$	1,27
	0,60–1,20	1,15
Schalttafeln	$< 0,60$	1,13
	0,60–1,20	0,98
Schalungsplatten	$< 0,60$	1,13
	-	1,43
<hr/>		
$\overline{AW}$		<b>1,18</b>

**Unterzüge** In Tabelle 4.44 sind die Mittelwerte für Unterzüge aufbereitet. Es werden darin die gleichen Parameter wie bei den Balken unterschieden. Dies sind das Schalungsmaterial Bretttafeln und Schalungsplatten sowie die Größe der Abwicklung. Der mittlere Aufwandswert aus Unterzügen und Randunterzügen beträgt 1,79 h/m<sup>2</sup>. Aus den Werten von Unterzügen und Balken ergibt sich ein Mittelwert von 1,83 h/m<sup>2</sup> (Tabelle 4.48) [32, S. 327-328].

**Überzüge und Brüstungen** Tabelle 4.45 und Tabelle 4.46 geben die Aufwandswerte für Überzüge und Brüstungen an. Für beide Bauteile werden Schalungshöhen bis zu 1,2 m berücksichtigt. Die Schalung erfolgt mittels Bretttafeln, Schalttafeln und Schalungsplatten. Der gesamte Mittelwert inklusive Überzüge und Brüstungen beträgt 1,23 h/m<sup>2</sup> (Tabelle 4.48) [32, S. 323,326].

**Tab. 4.46:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Brüstungen nach Plümecke und Kuhne [32, S. 323]

Bauteil Brüstungen	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]
Bretttafeln	< 1,20	1,38
lose Bretterschalung		1,53
Schalungsplatten		0,90
$\overline{AW}$		<b>1,27</b>

**Tab. 4.47:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stiegen und Podeste nach Plümecke und Kuhne [32, S. 331-333]

Bauteil Stiegen	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]
Stiegenlaufplatte		
gerade	< 3,50	1,85
	< 4,50	2,05
tlw. gewendelte Stiegen	< 3,50	4,30
	< 4,50	4,51
gewendelte Stiegen	< 3,50	5,55
	< 4,50	5,85
$\overline{AW}$		4,02
Stiegenwangen u. Setzbretter		3,50
Stiegenpodeste	< 3,50	1,15
$\overline{AW}$		<b>2,89</b>

**Tab. 4.48:** Aufwandswerte für Schalarbeiten [h/m<sup>2</sup>] nach Plümecke (2008)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge Brüstungen	Stiegen Podeste
0,93	0,88	1,95	0,79	1,83	1,23	2,89

**Stiegen und Podeste** Die Aufwandswerte von Stiegen enthalten die Schalungen für Stiegenlaufplatten, Stiegenwangen, aufgesattelte Stufen (Setzbretter) sowie für die Stiegenpodeste enthalten (Tabelle 4.47). Stiegen können gerade, teilweise gewendelt oder ausschließlich gewendelt ausgeführt werden. Sie werden bis zu einer Höhe von 4,5 m angegeben. Der mittlere Aufwandswert beträgt 2,89 h/m<sup>2</sup>.

In Tabelle 4.48 werden die Stundenaufwandswerte nach Plümecke und Kuhne aus dem Jahr 2008 dargestellt.

**Tab. 4.49:** Aufwandswerte für Schalarbeiten [ $\text{h}/\text{m}^2$ ] nach Krause und Ulke (2016)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge Brüstungen	Stiegen Podeste
0,70	1,06	1,81	0,68	1,73	1,32	2,67

#### 4.4.7 Aufwandswerte nach Krause und Ulke (2016)

Die von Krause und Ulke [22, S. 1487-88] angegebenen Werte für Schalungen sind ident mit den von Hoffmann [11–13]. Der Vollständigkeit halber werden die Ergebnisse in Tabelle 4.49 nochmals zusammengefasst.

#### 4.4.8 Aufwandswerte nach Plümecke und Kuhne (2017)

**Fundamente** Tabelle 4.50 enthält die Aufwandswerte für Streifen- und Einzelfundamente sowie für Fundamentplatten. Die Schalung erfolgt mithilfe einer Systemschalung. Für die Ermittlung der Aufwandswerte werden Fundamenthöhen bis 1,5 m berücksichtigt. Der Mittelwert für Fundamentschalungen beträgt  $0,62 \text{ h}/\text{m}^2$ .

**Wände** Die Aufwandswerte werden für ein- und zweiseitige sowie konventionelle, System- und GF-Schalungen angegeben (Tabelle 4.51). Für die konventionelle Schalung werden Bretter und Schaltafeln verwendet. Wände werden bis zu einer Höhe von 5 m und Schalfflächen mit einbezogen, die kleiner als  $100 \text{ m}^2$  sind. Zusätzlich wird bei der Schalung von Schachtwänden zwischen konventionelle und Systemschalung unterschieden. Mittelwerte aus allen Schalungen sowie für die Schachtwänden werden getrennt angegeben. Daraus folgt ein mittlerer Aufwandswert von  $0,82 \text{ h}/\text{m}^2$ .

**Stützen** Zur Herstellung der Schalung von Stützen werden die gleichen Parameter wie bei Plümecke und Kuhne [32, S. 323-324] unterschieden. Insgesamt haben sich die Aufwandswerte jedoch verringert (Tabelle 4.52). Schalungen werden zweiseitig oder einseitig mit Bretttafeln, Latten und Knaggen oder Hartfaserrohre ausgeführt. Die Höhe der Stützen beläuft sich auf bis zu 5 m und deren Abwicklung bis 1,20 m. Der mittlere Aufwandswert beträgt  $1,82 \text{ h}/\text{m}^2$ .

**Tab. 4.50:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Plümecke et al. [31, S. 302-303]

Bauteil	Höhe	$AW$
Fundament	[m]	[ $\text{h}/\text{m}^2$ ]
Streifenfundamente	$\leq 1,5$	0,65
Einzelfundamente	$\leq 1,5$	0,70
Fundamentplatte	$\leq 0,5$	0,50
$\overline{AW}$		<b>0,62</b>



**Tab. 4.51:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Plümecke et al. [31, S. 304-305] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Höhe [m]	Schalfläche [m <sup>2</sup> ]	AW* [h/m <sup>2</sup> ]
konventionelle Schalung			
Bretterschalung			
zweiseitig	< 3,50	< 100	1,30
	3,50–5,00	< 100	1,35
einseitig	< 3,50	< 100	1,50
	3,50–5,00	< 100	1,55
mit Platten			
zweiseitig	< 3,50	< 100	0,95
	3,50–5,00	< 100	1,00
einseitig	< 3,50	< 100	1,15
	3,50–5,00	< 100	1,20
Schachtwand			
	< 3,50	< 4,00	
konventionelle Schalung			1,33
Systemschalung			0,63
$\overline{AW}$ (konventionelle)			1,30
$\overline{AW}$ (Systemschalung)			0,58
$\overline{AW}$ (GF-Schalung)			0,43
$\overline{AW}$ (Schachtwand)			0,98
$\overline{AW}$			<b>0,82</b>

**Tab. 4.52:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Plümecke et al. [31, S. 308-309]

Bauteil Stütze	Höhe [m]	Abwicklung [m]	Durchmesser [m]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Bretttafeln				
rechteckige Stützen	≤ 3,50	≤ 1,20		
zweiseitige Schalung				1,55
einseitige Schalung				1,85
rechteckige Stützen	3,50–5,00			
zweiseitige Schalung				1,63
einseitige Schalung				1,93
runde Stützen	≤ 3,50		≤ 0,30	
aus Latten und Knaggen				3,00
Hartfaserrohre				0,80
$\overline{AW}$				<b>1,82</b>

**Tab. 4.53:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Plümecke et al. [31, S. 313]

Bauteil Decke	Dicke [m]	Höhe [m]	Schalfläche [m <sup>2</sup> ]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Schalungsplatten	≤ 0,20	≤ 3,50	≤ 100	0,70
	≤ 0,20	≤ 3,50	> 100	0,65
	> 0,30	≤ 3,50	≤ 100	0,80
	≤ 0,20	> 3,50	< 100	0,75
Bretterschalung	≤ 0,20	≤ 3,50	≤ 100	0,85
$\overline{AW}$				<b>0,79</b>

**Tab. 4.54:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Balken nach Plümecke et al. [31, S. 312]

Bauteil Balken	Abwicklung [m]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Bretttafeln	< 0,90	2,20
	0,90–1,50	1,75
	1,50–2,10	1,50
Schalungsplatten	0,90–1,50	1,45
$\overline{AW}$		<b>1,63</b>

**Decken** Die Schalung erfolgt entweder mit Schalungsplatten oder Bretterschalung (Tabelle 4.53). Unterschiedliche Aufwandswerte zeigen sich nach der Betrachtung der Deckendicke, Höhe der Betonunterseite und Schalfläche. Der Mittelwert aus Schalungsplatten und Bretterschalung beträgt 0,79 h/m<sup>2</sup>.

**Balken** Tabelle 4.54 zeigt die Aufwandswerte für Balken, die einen rechteckigen Querschnitt haben. Die Schalung erfolgt mittels Bretttafeln oder Schalungsplatten. Die Abwicklung bewegt sich zwischen 0,90 und 2,10 m. Der mittlere Aufwandswert beträgt 1,63 h/m<sup>2</sup>.

**Unterzüge** In Tabelle 4.55 sind die Aufwandswerte für Unterzüge dargestellt. Sie unterscheiden sich nach Schalungshöhe und Abwicklung. Darüber hinaus wird zwischen Schalung mit Bretttafeln und Schalungsplatten unterschieden. Der mittlere Aufwandswert für Unterzüge beträgt 1,55 h/m<sup>2</sup> und der Wert aus Unterzügen und Balken liegt bei 1,59 h/m<sup>2</sup> (Tabelle 4.59) [31, S. 311-312].

**Überzüge und Brüstungen** Tabelle 4.56 und Tabelle 4.57 geben die Aufwandswerte für Überzüge und Brüstungen wieder. Es werden zwischen Schalungshöhen kleiner als 0,60 m und 0,60 m bis 1,20 m unterschieden. Die Schalung erfolgt mit Brett- und Schaltafeln oder Schalungsplatten. Bei Überzügen ist ein Wert von 1,06 h/m<sup>2</sup> und bei Brüstungen ein Wert von 1,27 h/m<sup>2</sup> abzulesen. Der gesamte Mittelwert, der die Überzüge und Brüstungen umfasst, beträgt 1,17 h/m<sup>2</sup> (Tabelle 4.59) [31, S. 307,310].

**Tab. 4.55:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Unterzüge nach Plümecke et al. [31, S. 311-312]

Bauteil Unterzüge	Schalungshöhe [m]	Abwicklung [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]	
rechteckiger Querschnitt Bretttafeln	$\leq 3,50$	$< 0,90$	2,00	
		0,90–1,50	1,50	
		1,50–2,10	1,40	
		Schalungsplatten	0,90–1,50	1,40
			1,50–2,10	1,30
			<hr/>	
Randunterzüge rechteckiger Querschnitt Bretttafeln	$\leq 3,50$	$< 0,90$	2,00	
		0,90–1,50	1,60	
		1,50–2,10	1,50	
		Schalungsplatten	0,90–1,50	1,60
			1,50–2,10	1,40
			<hr/>	
$\overline{AW}$			<b>1,55</b>	

**Tab. 4.56:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Überzüge nach Plümecke et al. [31, S. 310]

Bauteil Überzüge	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]
Bretttafeln	$< 0,60$	1,15
	0,60–1,20	1,05
Schaltafeln	$< 0,60$	1,00
	Schalungsplatten	0,60–1,20
lose Bretter		$< 0,60$
		-
$\overline{AW}$		<b>1,06</b>

**Tab. 4.57:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Brüstungen nach Plümecke et al. [31, S. 307]

Bauteil Brüstungen	Höhe [m]	$AW$ [h/m <sup>2</sup> ]
Bretttafeln	$< 1,20$	1,38
lose Bretterschalung		1,53
Schalungsplatten		0,90
$\overline{AW}$		<b>1,27</b>

**Tab. 4.58:** Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stiegen und Podeste nach Plümecke et al. [31, S. 331-333]

Bauteil Stiegen	Höhe [m]	AW [h/m <sup>2</sup> ]
Stiegenlaufplatte		
gerade	< 3,50	1,85
	< 4,50	2,05
tlw. gewendelte Stiegen	< 3,50	4,30
	< 4,50	4,50
gewendelte Stiegen	< 3,50	5,50
	< 4,50	5,85
$\overline{AW}$		4,01
Stiegenwangen u. Setzbretter		3,50
Stiegenpodeste		< 3,50 1,15
$\overline{AW}$		<b>2,89</b>

**Tab. 4.59:** Aufwandswerte für Schalarbeiten [h/m<sup>2</sup>] nach Plümecke (2017)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge Brüstungen	Stiegen Podeste
0,62	0,82	1,82	0,79	1,59	1,17	2,89

**Stiegen und Podeste** Bei Stiegen sind Schalungen für Stiegenlaufplatten, Stiegenwangen und aufgesattelte Stufen (Setzbretter) sowie Stiegenpodeste enthalten (Tabelle 4.58). Stiegen können gerade, teilweise gewandelt oder ausschließlich gewandelt ausgeführt sein. Sie sind bis zu einer Höhe von 4,50 m angegeben. Der mittlere Aufwandswert beträgt 2,89 h/m<sup>2</sup>.

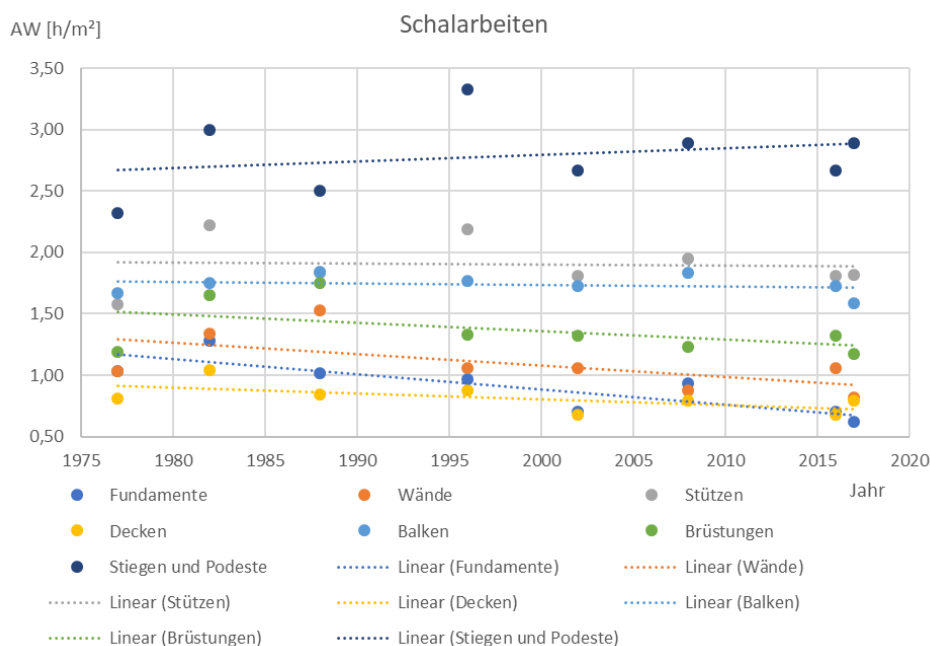
In Tabelle 4.59 sind die Aufwandswerte nach Plümecke aus dem Jahr 2017 dargestellt. Im Vergleich mit dem Werk von Plümecke und Kuhne [32] zeigt sich, dass sich die Aufwandswerte reduziert haben.

#### 4.4.9 Aufwandswerte für Schalarbeiten im Überblick

Im Abschnitt 4.4 wurden zunächst verschiedene Arten von Schalungen beschrieben. Anschließend wurde eine Methodik zur Ermittlung von Aufwandswerten vorgestellt (Abb. 4.1). Diese Methode beruht auf der Ermittlung mittlerer Aufwandswerte für verschiedene Arten von Schalungen für unterschiedliche Bauteile. In den Abschnitten 4.4.1 bis 4.4.8 wurden die mittleren Aufwandswerte für bestimmte Bauteile auf Grundlage von Werken verschiedener Erscheinungsjahre errechnet. In den Tabellen 4.8, 4.13, 4.22, 4.30, 4.38, 4.48, 4.49 und 4.59 wurden die Ergebnisse zusammengefasst.

Im Folgenden werden die Aufwandswerte aller Werke gegenübergestellt und diskutiert (Tabelle 4.60). Zusätzlich werden in dieser Tabelle die prozentuellen Veränderungen gegenüber dem Jahr 1977 angegeben. Ein negativer Wert der prozentuellen Veränderung entspricht einer Reduktion des AW und folglich einer Erhöhung der Produktivität. Die AW für Fundamente und Wände zeigen

die größten Verringerungen in Bezug auf das Jahr 1977. Eingangs muss erwähnt werden, dass die ermittelten AW Rohwerte darstellen und erst in Abschnitt 4.9.1 gewichtet werden. Aus der Tabelle 4.60 ist die Tendenz zur Verringerung der Aufwandswerte erkennbar. Bei Fundamenten und Wänden ist die Reduktion im Vergleich zu Stützen oder Decken ausgeprägter. Eine Stagnation ist jedoch bei Balken und Brüstungen sowie eine Erhöhung bei Stiegen und Podesten bemerkbar. Bemerkenswert sind die Aufwandswerte für das Jahr 1977 des Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46] deutlich niedriger als die in Werken später Erscheinungsjahr genannten Aufwandswerte. Bei Stützen und Stiegen ist der AW der niedrigste aller untersuchten Quellen. Bei Stützen lässt sich der geringe AW dadurch erklären, dass Stützen mit ausschließlich rechteckigem Querschnitt berücksichtigt werden. Ein deutlicher Ausreißer ist der AW von  $1,53 \text{ h/m}^2$  für das Bauteil Wand für das Jahr 1988. Die Ursache lässt sich darauf zurückführen, dass dabei keine GF-Schalungen berücksichtigt werden. Bezüglich der Decken nach dem Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46] (1977) gibt es wieder einen Wert, der im Vergleich zu Plümecke et al. [31] (2017) fast identisch ist. Bei dem ersten Autor sind die Aufwandswerte für den ersten und den wiederholten Einsatz vorhanden, während Plümecke et al. [31] nur den ersten Einsatz berücksichtigt. Diese unterschiedliche Betrachtung hat zur Folge, dass diese Werte so nahe bei einander liegen. Abschließend kann gesagt werden, dass Aufwandswerte mit aufsteigendem Erscheinungsjahr der Werke mit immer mehr Prozessparameter unterteilt werden. Bei der angewendeten Methodik, bei der die aggregierten Aufwandswerte durch Mittelwertbildungen über verschiedene Prozessparameter gebildet werden, kommt es zu einer Verzerrung. Abhängig vom Bauobjekt ist beispielsweise der Anteil an konventioneller Schalung im Vergleich zur GF-Schalung heute wesentlich geringer.



**Abb. 4.3:** Darstellung der Entwicklung von AW für Schalarbeiten nach Bauteilen

Punktierte Linien stellen die Regressionsgeraden dar, die nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt wurden. Bei den meisten Bauteilen ist eine tendenzielle Verringerung der Aufwandswerte zu beobachten. Zentral ist die Entwicklung der AW für Wände und Decken, da diese bei vielen Bauprojekten anteilig am stärksten vertreten sind. Im Vergleich zu Kapitel 3 in dem die volkswirtschaftliche Produktivität behandelt wird, wird in diesem Kapitel die technischen

Jahr	Fundament		Wand		Stütze		Decke		Unterzüge Balken		Überzüge Brüstungen		Stiegen Podeste	
	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%
1977	1,03		1,03		1,58		0,81		1,67		1,19		2,32	
1982	1,28	24,27	1,34	30,10	2,22	40,51	1,04	28,40	1,75	4,79	1,65	38,66	3,00	29,31
1988	1,02	-0,97	1,53	48,54	1,83	15,82	0,84	3,70	1,84	10,18	1,75	47,06	2,50	7,76
1996	0,97	-5,83	1,06	2,91	2,19	38,61	0,88	8,64	1,77	5,99	1,33	11,76	3,33	43,53
2002	0,70	-32,04	1,06	2,91	1,81	14,56	0,68	-16,05	1,73	3,59	1,32	10,92	2,67	15,09
2008	0,93	-9,71	0,88	-14,56	1,95	23,42	0,79	-2,47	1,83	9,58	1,23	3,36	2,89	24,57
2016	0,70	-32,04	1,06	2,91	1,81	14,56	0,68	-16,05	1,73	3,59	1,32	10,92	2,67	15,09
2017	0,62	-39,81	0,82	-20,39	1,82	15,19	0,79	-2,47	1,59	-4,79	1,17	-1,68	2,89	24,57

**Tab. 4.60:** Zusammengefasste Aufwandswerte für Schalarbeiten [h/m<sup>2</sup>] und ihre prozentuelle Veränderung gegenüber 1977

Produktivität untersucht. Im Gegensatz zur geringfügig sinkenden Produktivität auf volkswirtschaftlicher Ebene zeigt sich mit der vorgestellten Methodik eine steigende Produktivität auf technischer Ebene. Grund für die Senkung der Aufwandswerte sind neue Entwicklungen der Schalungstechnik. Anfänglich wurden Schalungen aus Kanthölzern und Brettern zu Systemschalungen weiterentwickelt, die sich durch vielfältige Einsatzmöglichkeiten und eine lange Nutzungsdauer auszeichnen. Großformatige Deckentische gewährleisten schnelle Schalzeiten. Für hohe Bauteile und Bauwerke wird seit den 1970er Jahren die sogenannte Kletterschalung eingesetzt [42, S. 7]. Allerdings war die Modernisierung der Schalungstechnik nicht der einzige Grund für eine steigende Produktivität. Zusätzlich spielten im Zeitraum von 1950 bis 1980 die Weiterentwicklung von Betriebsmitteln eine große Rolle. Gerüste und Hebezeuge wie beispielsweise Hochbaukräne waren einem beträchtlichen Fortschritt in der Konstruktion unterworfen [9, S. 9].

## 4.5 Grundlagen zu Bewehrungsarbeiten

Bewehrung als ein Teil der Stahlbetonarbeiten bezeichnet die Verstärkung von Betonbauteilen zur Erhöhung der Tragfähigkeit. Durch Zugspannungen kann es zum Reißen des Betons kommen, weswegen Bewehrung zur Anwendung kommt. In dieser Arbeit wird nur der Aufwand betrachtet, welcher der im Hochbau üblichen „schlaffen Bewehrung“ entspricht. Hierbei werden zwischen Bewehrungsarbeiten mit Betonstabstahl und Betonstahlmatten unterschieden. Die primären Faktoren, die auf die Bestimmung der Aufwandswerte Einfluss haben, sind z. B. die Bewehrungskolonne, die Durchmesserverteilung beim Stabstahl, das Gewicht je Quadratmeter bei Betonstahlmatten und das bauteilspezifische Bewehrungsgefüge.

Die Bewehrung umfasst:

1. Ladearbeiten
2. Schneiden und Biegen
3. Verlegen

Durch die Summe der genannten Prozesse werden die Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten ermittelt.

## 4.6 Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten anhand der Literatur

Bei der Ermittlung der AW für Bewehrungsarbeiten wird ähnlich wie bei der in Abschnitt 4.4 beschriebenen Ermittlung der AW für Schalungsarbeiten vorgegangen. Bewehrungsarbeiten bestehen aus Auf- und Abladen, Schneiden, Biegen sowie Verlegen von Betonstabstahl oder Betonstahlmatten. In diesem Abschnitt werden bei jedem Autor zuerst die AW für das Auf- und Abladen, Schneiden sowie Biegen für alle Bauteile in einer Tabelle zusammengestellt. Anschließend werden für einzelne Bauteile getrennt die AW für das Verlegen in einer weiteren Tabelle aufgelistet. Für Bauteile, bei denen Stahlstäbe und Stahlmatten gleichzeitig zu verwenden sind (z. B. Fundamente und Wände), werden Mittelwerte für Stabstahl und Stahlmatten getrennt errechnet. Daraus wird der mittlere Aufwandswert für Verlegen für das betrachtete Bauteil ermittelt.

Da die Aufwandswerte für konkrete Bauteile bei der Mehrzahl der Quellen fehlen, werden folgenden Annahmen in Bezug auf Verlegen von Bewehrung getroffen:

**Tab. 4.61:** Verfügbarkeit der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten (\* angenommene Werte)

Autor	Jahr	Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzug Balken	Überzug Brüstung	Stiegen Podest
ARH	1977	✓	✓	✓	✓	✓	*	*
Schub	1982	✓	✓	✓	✓	✓	*	*
Olesen	1988	✓	✓	✓	✓	✓	*	✓
Hoffmann	1996	✓	✓	✓	✓	✓	*	*
Hoffmann	2002	✓	✓	✓	✓	✓	*	*
Plümecke	2008	✓	✓	✓	✓	✓	*	*
Krause	2016	✓	✓	✓	✓	✓	*	*
Plümecke	2017	✓	✓	✓	✓	✓	*	*

- Für Überzüge wird der gleiche Wert wie bei Unterzügen und Balken angenommen.
- Bei Brüstungen als senkrechte und flächige Bauteile werden die Aufwandswerte der Wände mit einem Aufschlag von 5 % herangezogen [27, S. 131,133].
- Stiegen und Podeste werden als flächige und waagerechte Bauteile betrachtet [27, S. 131] [29, S. 398]. Fehlen AW für Stiegen und Podeste werden die AW für Deckenplatten zuzüglich einer Zulage von 5 bis 10 % herangezogen.

Ein Gesamtaufwandswert für die Bewehrungsarbeiten besteht aus der Summe der Aufwandswerte für:

- Abladen und Lagern des Stahls, falls der Stahl unbearbeitet ist und auf der Baustelle geschnitten und gebogen werden muss
- Schneiden und Biegen des Stahls
- Verlegen der Bewehrung

In dieser Arbeit wird angenommen, dass vorgefertigtes Material zur Baustelle angeliefert wird, wodurch das Schneiden und Biegen des Stahls entfallen. Dies ist besonders bei Stahlstäben relevant, bei denen der Aufwand für Schneiden und Biegen wesentlich größer ist als bei Stahlmatten. Der Vollständigkeit halber werden die Werte für das Schneiden und Biegen bei Stahlstäben in den folgenden Tabellen trotzdem angegeben. Aus den getroffenen Annahmen ergibt sich der Gesamtaufwandswert für ein Bauteil aus der Summe der Aufwandswerte für Ladarbeiten und Verlegen. Da die Werte für Schneiden und Biegen von Stahlstäben nicht berücksichtigt werden, kann abgeschätzt werden, dass die Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten um ungefähr 10 % höher sind, als in diesem Abschnitt angegeben.

Tabelle 4.61 gibt eine Übersicht über die Verfügbarkeit konkreter Aufwandswerte in den verschiedenen Quellen.



**Tab. 4.62:** Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (\* aggregierte Werte)

Material	Durchmesser [mm]	AW [h/t]
Stabstahl		
Ladearbeiten		
bearbeitet		1,60
unbearbeitet		1,20
Schneiden und Biegen*	6,0–28,0	7,75
Stahlmatten		
Ladearbeiten		
bearbeitet		1,60
unbearbeitet		1,20
$\overline{AW}$ Ladearbeiten (bearbeitet)		1,60

#### 4.6.1 Aufwandswerte aus ARH-Tabellen (1977)

In den ARH-Tabellen sind die Bauteile als flächige und stabförmige Bauteile bezeichnet. Zusätzlich werden die Werte für Fundamente angegeben. Tabelle 4.62 zeigt die Werte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen. Für die Berechnung wird davon ausgegangen, dass die Bewehrung vorher geschnitten und gebogen wird. Deswegen werden nur die Werte für bearbeitete Bewehrung zur Ermittlung der Mittelwerte herangezogen. Die vorhandenen Werte gelten für Stabstahl und Stahlmatten. Der Durchmesser des Stabstahls bewegt sich zwischen 6 und 28 mm. Mattengewichte werden in Gruppen kleiner und größer  $3 \text{ kg/m}^2$  eingeteilt. Bei Stahlmatten gilt für das Schneiden ein Wert von  $0,02 \text{ h/m}$ , der im Folgenden vernachlässigt wurde.

**Fundamente** Zur Betrachtung kommen Aufwandswerte für Einzel- und Streifenfundamente sowie für Fundamentplatten. Die vorhandenen Werte, angegeben in Tabelle 4.63, stellen aggregierte Werte dar. Mittelwerte für Stabstahl und Stahlmatten werden voneinander getrennt berechnet. Das Ergebnis ergibt sich aus dem mittleren Aufwandswert für Verlegen in den Einzel- und Streifenfundamenten sowie Fundamentplatten und beträgt  $17,98 \text{ h/t}$ .

**Wände** Wände werden als senkrecht flächige Bauteile betrachtet. Für die Berechnung werden Aufwandswerte für Stabstahl und Stahlmatten berücksichtigt (Tabelle 4.64). Die Daten, die den Durchmesser und das Gewicht des Stahls betreffen, bleiben unverändert. Der mittlere Aufwandswert für Verlegen von Stahl in Wänden beträgt  $24,73 \text{ h/t}$ .

**Stützen** Bei diesen Bauteilen werden nur Stahlstäbe für das Verlegen verwendet. Dadurch ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von  $28,83 \text{ h/t}$  (Tabelle 4.65).

**Decken** Für die Bewehrung einer Decke können die Stahlstäbe und Stahlmatten verwendet werden. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen von Bewehrung in Decken beträgt  $21,99 \text{ h/t}$  (Tabelle 4.66).

**Tab. 4.63:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Fundament	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/t]
Einzel- und Streifenfundamente			
Stabstahl	6,0–8,0		28,50
	10,0–20,0		17,00
	22,0–28,0		9,00
Fundamentplatten			
Stabstahl	6,0–8,0		25,00
	10,0–20,0		12,50
	22,0–28,0		7,00
Stahlmatten		< 3,0	28,50
		> 3,0	13,00
$\overline{AW}$ Einzel- und Streifenfundamente			18,17
$\overline{AW}$ Fundamentplatten			17,79
$\overline{AW}$			<b>17,98</b>

**Tab. 4.64:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/t]
Stabstahl	6,0–8,0		39,50
	10,0–20,0		24,50
	22,0–28,0		15,00
Stahlmatten		< 3,0	32,00
		> 3,0	14,25
$\overline{AW}$ Stabstahl			26,33
$\overline{AW}$ Stahlmatten			23,13
$\overline{AW}$			<b>24,73</b>

**Tab. 4.65:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Stütze	Durchmesser [mm]	AW* [h/t]
Stabstahl	6,0–8,0	42,50
	10,0–20,0	27,00
	22,0–28,0	17,00
$\overline{AW}$		<b>28,83</b>

**Tab. 4.66:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Durchmesser	Gewicht	AW*
Decke	[mm]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[h/t]
Stabstahl	6,0–8,0		35,50
	10,0–20,0		21,17
	22,0–28,0		13,00
Stahlmatten		< 3,0	28,50
		> 3,0	13,00
$\overline{AW}$ Stabstahl			23,22
$\overline{AW}$ Stahlmatten			20,75
$\overline{AW}$			<b>21,99</b>

**Tab. 4.67:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Durchmesser	AW*
Balken und Unterzüge	[mm]	[h/t]
Stabstahl	6,0–8,0	40,50
	10,0–20,0	25,50
	22,0–28,0	16,00
$\overline{AW}$		<b>27,33</b>

**Balken und Unterzüge** Die Bewehrung bei waagrechten stabförmigen Bauteilen erfolgt mit Durchmessern von Stahlstäben, dessen Werte in Tabelle 4.67 angegeben sind. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen beträgt 27,33 h/t.

**Überzüge und Brüstungen** Für Überzüge wird der gleiche Wert wie bei Unterzügen und Balken angenommen, nämlich 27,33 h/t. Für Brüstungen und Wände als senkrechte und flächige Bauteile wird ein AW angenommen, der um 5% höher ist als jener der Wände. Dadurch ergibt sich ein Wert von 25,97 h/t [27, S. 131,133].

**Stiegen und Podeste** Für Stiegen und Podeste wird ein Zuschlag von 10% in Bezug auf den Aufwandswert von Decken angenommen. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen in Stiegen und Podesten beträgt 24,19 h/t.

Für jedes Bauteil werden die Aufwandswerte, die aus der Summe des Mittelaufwandswertes für Verlegen und Ladearbeiten besteht (Tabelle 4.68). Unterzüge, Balken und Überzüge haben denselben Wert.

Im Folgenden werden die Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten bei anderen Autoren nach dem gleichen Prinzip errechnet.

**Tab. 4.68:** Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] aus ARH-Tabellen (1977)

	Fundament	Wand	Stütze	Decke	Untersatz Balken	Brüstung	Stiege Podest
Ladearbeiten	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Verlegen	17,98	24,73	28,83	21,99	27,33	25,97	24,19
Bewehrungsarbeiten	19,58	26,33	30,43	23,59	28,93	27,57	25,79

#### 4.6.2 Aufwandswerte nach Schub und Meyran (1982)

Die Richtwerte für den Stundenaufwand werden in der Literatur für Rundstahl und Betonstahlmatten angegeben. Beim Verlegen von Rundstahl wird zwischen Fundamenten, flächigen und stabförmigen Bauteilen unterschieden. Der Durchmesser von Rundstahl umfasst einen Wertebereich von 6 bis 28 mm. Stahlmatten werden nach Gewicht in folgenden Kategorien unterteilt: kleiner als 2 kg/m<sup>2</sup>, 2 bis 4 kg/m<sup>2</sup>, 4 bis 7 kg/m<sup>2</sup> und größer als 7 kg/m<sup>2</sup>. Nach Schub und Meyran [35, S. 86-87] ist ein Mittelwert für das Abladen, Schneiden, Biegen und Verlegen von Rundstahl im Hochbau mit 35 h/t angegeben. Für Betonstahlmatten beträgt dieser Wert 26 h/t.

In Tabelle 4.69 sind die Daten für Ladearbeiten und das Schneiden des Stahls dargestellt. Der mittlere Aufwandswert für Ladearbeiten beträgt 2,30 h/t.

**Fundamente** Die Aufwandswerte für Einzel- und Streifenfundamente sowie Fundamentplatten in Bezug auf das Verlegen von Stahl werden in Tabelle 4.70 veranschaulicht. Aus den angegebenen Wertebereichen werden die Mittelwerte berechnet. Insgesamt ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert für das Verlegen von 25,13 h/t.

**Tab. 4.69:** Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Schub und Meyran [35, S. 85-86] (\* aggregierte Werte)

Material	Durchmesser [mm]	AW* [h/t]
Stabstahl		
Ladearbeiten		
bearbeitet		2,20
unbearbeitet		1,60
Schneiden und Biegen	6,0–28,0	9,00
Stahlmatten		
Ladearbeiten		
bearbeitet		2,40
unbearbeitet		1,60
Schneiden		4,00
$\overline{AW}$ Ladearbeiten (bearbeitet)		2,30

**Tab. 4.70:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Schub und Meyran [35, S. 85-87] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Fundament	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW [h/t]
Einzel- und Streifenfundamente			
Stabstahl	6,0–10,0		34,00
	10,0–18,0		27,00
	20,0–28,0		20,00
Fundamentplatten			
Stabstahl	6,0–10,0		32,00
	10,0–18,0		25,00
	20,0–28,0		18,00
Stahlmatten*		< 4,0	29,00
		> 4,0	14,00
$\overline{AW}$ Einzel- und Streifenfundamente			27,00
$\overline{AW}$ Fundamentplatten			23,25
$\overline{AW}$			<b>25,13</b>

**Tab. 4.71:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Schub und Meyran [35, S. 86-87] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW [h/t]
Stabstahl	6,0–10,0		36,00
	10,0–18,0		28,00
	18,0–28,0		23,00
Stahlmatten*		< 4,0	34,00
		> 4,0	18,50
$\overline{AW}$ Stabstahl			29,00
$\overline{AW}$ Stahlmatten			26,25
$\overline{AW}$			<b>27,63</b>

**Wände** In Tabelle 4.71 sind die Aufwandswerte für Wände aufgelistet, wobei nach den gleichen Bedingungen wie bei Fundamenten unterschieden wird. Die Werte für Stabstahl und Stahlmatten werden getrennt berechnet. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen von Stahl aus diesen Werten beträgt 27,63 h/t.

**Stützen** Im Vergleich zu Wänden sind die Aufwandswerte für Stahlstäbe höher und eine Bewehrung mit Stahlmatten ist nicht möglich. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen der Bewehrung beläuft sich auf 31 h/t (Tabelle 4.72).

**Tab. 4.72:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Schub und Meyran [35, S. 86]

Bauteil Stütze	Durchmesser [mm]	AW [h/t]
Stabstahl	6,0–8,0	38,00
	10,0–18,0	30,00
	18,0–28,0	25,00
$\overline{AW}$		<b>31,00</b>

**Tab. 4.73:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Schub und Meyran [35, S. 86-87] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Decke	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW [h/t]
Stabstahl	6,0–10,0		33,00
	10,0–18,0		26,00
	18,0–28,0		21,00
Stahlmatten*		< 4,0	29,00
		> 4,0	14,00
$\overline{AW}$ Stabstahl			26,67
$\overline{AW}$ Stahlmatten			21,50
$\overline{AW}$			<b>24,09</b>

**Decken** Bei Decken werden Stabstahl und Stahlmatten verwendet. Die Bewehrung wird in Bezug auf Durchmesser und Gewicht genauso wie bei den anderen Bauteilen dimensioniert. Für Stabstahl ergibt sich ein Mittelwert von 26,67 h/t und für Stahlmatten 21,50 h/t. Damit beträgt der mittlere Aufwandswert 24,09 h/t für das Verlegen von Bewehrung in Decken (Tabelle 4.73).

**Balken und Unterzüge** Diese gehören zu den stabförmigen, waagrechten Bauteilen. In Tabelle 4.74 sind die Aufwandswerte mit unterschiedlichen Durchmessern angegeben. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen beträgt 30 h/t.

**Überzüge und Brüstungen** Für Überzüge gilt der gleiche Wert wie bei Unterzügen und Balken (30 h/t). Für Brüstungen wird in Bezug auf Wände ein um 5% höherer Aufwandswert angenommen. Dieser beläuft sich auf 29,01 h/t.

**Stiegen und Podeste** Wie am Anfang von Abschnitt 4.6 erklärt, wird für Stiegen und Podeste ein Zuschlag von 10% in Bezug auf den Aufwandswert von Decken angenommen. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen der Bewehrung in Stiegen und Podeste beträgt 26,50 h/t.

**Tab. 4.74:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen nach Schub und Meyran [35, S. 86]

Bauteil	Durchmesser	AW
Unterzüge und Balken	[mm]	[h/t]
Stabstahl	6,0–8,0	37,00
	10,0–18,0	29,00
	18,0–28,0	24,00
$\overline{AW}$		<b>30,00</b>

**Tab. 4.75:** Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Schub und Meyran (1982)

	Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzug Balken	Brüstung	Stiege Podest
Ladearbeiten	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
Verlegen	25,13	27,63	31,00	24,09	30,00	29,01	26,50
Bewehrungsarbeiten	27,43	29,93	33,30	26,39	32,30	31,31	28,80

Die mittleren Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten nach Schub und Meyran [35] werden in Tabelle 4.75 dargestellt.

### 4.6.3 Aufwandswerte nach Olesen (1988)

Im Werk von Olesen [29, S. 397-398] werden gesonderte Listen für das Aufladen, Abladen (mit Kran oder von Hand) von Betonstabstahl und Betonstahlmatten dargestellt. Die Aufwandswerte für das Schneiden und Biegen von Betonstabstahl des Typs 220/340 und 420/500 sind ebenfalls angegeben. Baustahlmatten werden als Baustahlgewebematten Bst 500/550 angenommen. Das Schneiden und Biegen von Stahl können von Hand oder maschinell ausgeführt werden. Es wurde angenommen, dass der Stahl maschinell geschnitten und gebogen wird. Für Stabstahl gelten die üblichen Dimensionen von Durchmessern. Bei Matten werden Gewichte in Gruppen kleiner und größer 4 kg/m<sup>2</sup> eingeteilt.

Tabelle 4.76 zeigt die Aufwandswerte für Ladearbeiten sowie das Schneiden und Biegen der Bewehrung. Die Aufwandswerte für Ladearbeiten sind bei den Stahlmatten zusammengefasst und für Schneiden sind in das Verlegen der Bewehrung eingerechnet. Der mittlere Aufwandswert für Ladearbeiten beträgt 1,44 h/t.

**Fundamente** Tabelle 4.77 zeigt die Aufwandswerte für das Verlegen von Bewehrung in Einzel- und Streifenfundamente sowie Fundamentplatten. Werte für Stahlmatten unterscheiden sich in der Tabelle nach dem Gewicht. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen von Stahl bei Fundamenten beträgt 25,52 h/t.

**Tab. 4.76:** Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Olesen [29, S. 397-403] (\* aggregierte Werte)

Material	Durchmesser [mm]	AW* [h/t]
Stabstahl		
Ladearbeiten	10,0–28,0	
bearbeitet		1,73
unbearbeitet		1,66
Schneiden und Biegen	10,0–28,0	9,40
Stahlmatten		
Ladearbeiten		1,14
Schneiden und Biegen		—
$\overline{AW}$ Ladearbeiten (bearbeitet)		<b>1,44</b>

**Tab. 4.77:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Olesen [29, S. 398,401-403] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Fundament	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/t]
Einzel- und Streifenfundamente			
Stabstahl	(übliche Dimensionen)		28,00
Fundamentplatten			
Stabstahl	(übliche Dimensionen)		26,00
Stahlmatten		< 4,0	25,25
		≥ 4,0	14,95
$\overline{AW}$ Einzel- und Streifenfundamente			28,00
$\overline{AW}$ Fundamentplatten			23,05
$\overline{AW}$			<b>25,52</b>



**Tab. 4.78:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Olesen [29, S. 398-405] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/t]
Stabstahl	(übliche Dimensionen)		32,00
Stahlmatten		< 4,0	30,63
		≥ 4,0	18,60
$\overline{AW}$ Stabstahl			32,00
$\overline{AW}$ Stahlmatten			24,62
$\overline{AW}$			<b>28,30</b>

**Tab. 4.79:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Olesen [29, S. 398,401] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Stütze	Durchmesser [mm]	AW* [h/t]
Stabstahl	(übliche Dimensionen)	40,50
$\overline{AW}$		<b>40,50</b>

**Wände** Die Aufwandswerte für das Verlegen von Bewehrung in einer Wand sind in Tabelle 4.78 angegeben. Es wird zwischen Stabstahl und Stahlmatten unterschieden. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen von Stahl in Wänden beträgt 28,30 h/t.

**Stützen** Tabelle 4.79 zeigt den aggregierten Aufwandswert von Betonstahlstäben Bst 220/340 und Bst 420/500. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen beträgt 40,50 h/t.

**Decken** Für das Verlegen der Bewehrung in Decken werden Stahlstäbe und Stahlmatten berücksichtigt. In Tabelle 4.80 finden sich ihre Aufwandswerte sowie ihr Mittelwert, der 27,58 h/t beträgt.

**Balken und Unterzüge** Für Balken gelten die gleichen Werte wie für Unterzüge. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen beträgt 38 h/t (Tabelle 4.81).

**Überzüge und Brüstungen** Für Überzüge wird der gleiche Wert von 38 h/t wie bei Balken und Unterzügen angenommen. Für Brüstungen wird ein im Vergleich zu Wänden um 5 % höherer Wert angenommen, d. h. 29,71 h/t (Tabelle 4.83).

**Stiegen und Podeste** In Tabelle 4.82 wird der aggregierte Wert für Stiegen und Podeste angegeben. Ihr Mittelwert beträgt 42 h/t.

**Tab. 4.80:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Olesen [29, S. 398-405] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Durchmesser	Gewicht	AW*
Decke	[mm]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[h/t]
Stabstahl	(übliche Dimensionen)		35,00
Stahlmatten		< 4,0	23,25
		≥ 4,0	17,06
$\overline{AW}$ Stabstahl			35,00
$\overline{AW}$ Stahlmatten			20,16
$\overline{AW}$			<b>27,58</b>

**Tab. 4.81:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen Olesen [29, S. 398,401] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Durchmesser	AW
Balken und Unterzüge	[mm]	[h/t]
Stabstahl	(übliche Dimensionen)	38,00
$\overline{AW}$		<b>38,00</b>

**Tab. 4.82:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stiegen und Podesten Olesen [29, S. 398,401] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Durchmesser	AW*
Stiegen und Podeste	[mm]	[h/t]
$\overline{AW}$	(übliche Dimensionen)	<b>42,00</b>

**Tab. 4.83:** Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Olesen (1988)

	Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzug Balken	Brüstung	Stiege Podest
Ladearbeiten	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
Verlegen	25,52	28,30	40,50	27,58	38,00	29,71	42,00
Bewehrungsarbeiten	26,96	29,74	41,94	29,02	39,44	31,15	43,44

In Tabelle 4.83 werden die Aufwandswerte für Ladearbeiten und Verlegen sowie ihre Summe für alle Bauteile präsentiert.

#### 4.6.4 Aufwandswerte nach Hoffmann und Kremer (1996)

Im Werk von Hoffmann und Kremer [15] finden sich die AW für das Auf- und Abladen unbearbeiteten und bearbeiteten Stahls sowie für das Schneiden und Biegen von Stabstahl auf mittleren bis große Anlagen. Der Durchmesser von Stahlstäben bewegt sich zwischen 6 und 28 mm. Mattengewichte werden in Gruppen kleiner und größer 3 kg/m<sup>2</sup> eingeteilt. Für Stabstahl sind die AW für Wertebereiche des Durchmessers angegeben. Für Stahlmatten werden nach dem flächenbezogenen Mattengewicht unterschieden. Aufwandswerte für Überzüge, Brüstungen, Stiegen und Podeste fehlen, weshalb diese angenommen werden müssen. Die Aufwandswerte für Decken- und Fundamentplatten sind als „Platten“ tabelliert.

In Tabelle 4.84 sind die Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen von Stabstahl und Stahlmatten angegeben. Der mittlere Aufwandswert für Ladearbeiten beträgt 2 h/t.

**Fundamente** Tabelle 4.85 zeigt die Aufwandswerte für Fundamente für Stabstahl und Stahlmatten für unterschiedliche Durchmesser und Gewichte. Es ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert

**Tab. 4.84:** Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677] (\* aggregierte Werte)

Material	Durchmesser [mm]	AW* [h/t]
Stabstahl		
Ladearbeiten		
bearbeitet		2,00
unbearbeitet		1,20
Schneiden und Biegen*	6,0–28,0	7,33
Stahlmatten		
Ladearbeiten		
bearbeitet		2,00
unbearbeitet		1,20
$\overline{AW}$ Ladearbeiten (bearbeitet)		2,00

**Tab. 4.85:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677]

Bauteil Fundament	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW [h/t]	$\overline{AW}_B$ [h/t]
Einzel- und Streifenfundamente				
Stabstahl	6,0–8,0		24,00–28,00	26,00
	10,0–20,0		14,00–20,00	17,00
	22,0–28,0		8,00–10,00	9,00
Fundamentplatten				
Stabstahl	6,0–8,0		29,00–33,00	31,00
	10,0–20,0		22,00–26,00	24,00
	22,0–28,0		12,00–16,00	14,00
Stahlmatten		< 3,00	22,00–26,00	24,00
		> 3,00	18,00–22,00	20,00
$\overline{AW}$ Fundamente				17,33
$\overline{AW}$ Fundamentplatten				22,50
$\overline{AW}$				<b>19,92</b>

**Tab. 4.86:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677]

Bauteil Wand	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW [h/t]	$\overline{AW}_B$ [h/t]
Material				
Stabstahl	6,0–8,0		32,00–36,00	34,00
	10,0–20,0		24,00–28,00	26,00
	22,0–28,0		16,00–20,00	18,00
Stahlmatten		< 3,0	25,00–29,00	27,00
		> 3,0	21,00–25,00	23,00
$\overline{AW}$ Stabstahl				26,00
$\overline{AW}$ Stahlmatten				25,00
$\overline{AW}$				<b>25,50</b>

von 19,92 h/t.

**Wände** Für Wände werden die Aufwandswerte für Stabstahl und Stahlmatten getrennt errechnet und angeführt (Tabelle 4.86). Der mittlere Aufwandswert beträgt 25,50 h/t.

**Stützen** Tabelle 4.87 zeigt die Werte für das Verlegen von Stabstahl in Stützen für verschiedene Durchmesser. Es ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von 30,17 h/t.

**Tab. 4.87:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677]

Bauteil Stütze	Durchmesser [mm]	$AW$ [h/t]	$\overline{AW}_B$ [h/t]
Material			
Stabstahl	6,0–8,0	37,00–40,00	38,50
	10,0–20,0	28,00–32,00	30,00
	22,0–28,0	20,00–24,00	22,00
$\overline{AW}$			<b>30,17</b>

**Tab. 4.88:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677]

Bauteil Decke	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	$AW$ [h/t]	$\overline{AW}_B$ [h/t]
Material				
Stabstahl	6,0–8,0		29,00–33,00	31,00
	10,0–20,0		22,00–26,00	24,00
	22,0–28,0		12,00–16,00	14,00
Stahlmatten		< 3,0	22,00–26,00	24,00
		> 3,0	18,00–22,00	20,00
$\overline{AW}$ Stabstahl				23,00
$\overline{AW}$ Stahlmatten				22,00
$\overline{AW}$				<b>22,50</b>

**Decken** Die Aufwandswerte werden für Stabstahl und Stahlmatten gesondert dargestellt (Tabelle 4.88). Der mittlere Aufwandswert beträgt 22,50 h/t.

**Balken und Unterzüge** Es werden die Wertebereiche für Aufwandswerte für die Verlegung von Stabstahl angegeben. Daraus ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert für Balken und Unterzüge von 28,17 h/t (Tabelle 4.89).

**Überzüge und Brüstungen** Für Überzüge gilt derselbe Wert wie bei Unterzügen, welcher 28,17 h/t beträgt. Der Aufwandswert für Brüstungen wird um 5 % in Bezug auf den  $AW$  von Wänden erhöht und beträgt dadurch 26,78 h/t.

**Stiegen und Podeste** Für Stiegen und Podeste wird eine Zulage von 10 % in Bezug auf Deckenplatten einbezogen. Damit ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert für das Verlegen von 24,75 h/t.

Im Vergleich mit dem Werk von Levsen [24] sind die Aufwandswerte für die Bewehrungsarbeiten gleich. Tabelle 4.90 veranschaulicht zusammenfassend die mittleren Aufwandswerte.

**Tab. 4.89:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677]

Bauteil Balken und Unterzüge	Durchmesser [mm]	AW [h/t]	$\overline{AW}_B$ [h/t]
Material			
Stabstahl	6,0–8,0	35,00–38,00	36,50
	10,0–20,0	26,00–30,00	28,00
	22,0–28,0	18,00–22,00	20,00
$\overline{AW}$			<b>28,17</b>

**Tab. 4.90:** Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Hoffmann und Kremer (1996)

	Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzug Balken	Brüstung	Stiege Podest
Ladearbeiten	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Verlegen	19,92	25,50	30,17	22,50	28,17	26,78	24,75
Bewehrungsarbeiten	21,92	27,50	32,17	24,50	30,17	28,78	26,75

#### 4.6.5 Aufwandswerte nach Hoffmann (2002)

In einer späteren Auflage Hoffmann [11] finden sich in Bezug auf Hoffmann und Kremer [15] gleich konzipierte Tabellen, jedoch mit überarbeiteten Zahlenwerten. Bei der Verwendung von Stahlstäben werden Durchmesser von 6 bis 28 cm berücksichtigt und bei Stahlmatten die Gewichte kleiner oder größer als 3 kg/m<sup>2</sup>. Mittlere AW für das neuere Erscheinungsjahr werden in den Tabellen 4.92 bis 4.96 wiedergegeben.

Der mittlere Aufwandswert für Ladearbeiten beläuft sich auf 1,90 h/t (Tabelle 4.91).

**Fundamente** Bei Fundamentplatten kommen neben Stabstahl auch Stahlmatten zum Einsatz, wobei bei zweiterem das Gewicht der Matten berücksichtigt wird. Es ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von 16,13 h/t (Tabelle 4.92).

**Wände** In Tabelle 4.93 werden die Aufwandswerte für Stabstahl und Stahlmatten gezeigt. Aus diesen Werten lässt sich ein mittlere Aufwandswert von 19,25 h/t ermitteln.

**Stützen** Stützen werden lediglich mit Stahlstäben bewehrt. Aufwandswerte werden dem Durchmesser nach in Tabelle 4.94 gezeigt. Daraus ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert für das Verlegen der Bewehrung von 22,67 h/t.

**Tab. 4.91:** Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Hoffmann [11, S. 809] (\* aggregierte Werte)

Material	Durchmesser [mm]	AW* [h/t]
Stabstahl		
Ladearbeiten		
bearbeitet		1,90
unbearbeitet		1,20
Schneiden und Biegen*	6,0–28,0	7,33
Stahlmatten		
Ladearbeiten		
bearbeitet		1,90
unbearbeitet		1,20
$\overline{AW}$ Ladearbeiten (bearbeitet)		1,90

**Tab. 4.92:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Hoffmann [11, S. 809-810]

Bauteil Fundament	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW [h/t]	$\overline{AW}_B$ [h/t]
Einzel- und Streifenfundamente				
Stabstahl	6,0–8,0		18,00–21,00	19,50
	10,0–20,0		11,00–15,00	13,00
	22,0–28,0		8,00–10,00	9,00
Fundamentplatten				
Stabstahl	6,0–8,0		22,00–25,00	23,50
	10,0–20,0		16,00–20,00	18,00
	22,0–28,0		9,00–12,00	10,50
Stahlmatten		< 3,0	16,00–20,00	18,00
		> 3,0	14,00–18,00	16,00
$\overline{AW}$ Fundamente				13,83
$\overline{AW}$ Fundamentplatten				17,17
$\overline{AW}$				<b>16,13</b>

**Tab. 4.93:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Hoffmann [11, S. 809-810]

Bauteil	Durchmesser	Gewicht	$AW$	$\overline{AW}_B$
Wand	[mm]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[h/t]	[h/t]
Material				
Stabstahl	6,0–8,0		24,00–27,00	25,50
	10,0–20,0		18,00–21,00	19,50
	22,0–28,0		12,00–15,00	13,50
Stahlmatten		< 3,0	19,00–22,00	20,50
		> 3,0	16,00–19,00	17,50
$\overline{AW}$ Stabstahl				19,50
$\overline{AW}$ Stahlmatten				19,00
$\overline{AW}$				<b>19,25</b>

**Tab. 4.94:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Hoffmann [11, S. 810]

Bauteil	Durchmesser	$AW$	$\overline{AW}_B$
Stütze	[mm]	[h/t]	[h/t]
Material			
Stabstahl	6,0–8,0	28,00–30,00	29,00
	10,0–20,0	21,00–24,00	22,50
	22,0–28,0	15,00–18,00	16,50
$\overline{AW}$			<b>22,67</b>

**Decken** Wie bei Levsen [24, S. 620] werden die Aufwandswerte für die Bewehrung von Platten mit Stahlmatten nicht nach Decken- und Fundamentplatten unterschieden, weshalb sich in diesem Fall die gleichen Aufwandswerte ergeben. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen der Bewehrung beträgt 17,17 h/t (Tabelle 4.95).

**Balken und Unterzüge** Nach der Größe der Durchmesser werden die Wertebereiche der Aufwandswerte angegeben. Es werden die Mittelwerte für die bestimmten Durchmessern ermittelt. Aus diesen Werten ergibt sich der mittlere Aufwandswert für das Verlegen der Bewehrung von 21 h/t (Tabelle 4.96).

**Überzüge und Brüstungen** Überzüge haben die gleichen Werte wie Unterzügen und belaufen sich auf 21 h/t. Der Aufwandswert für Brüstungen wird um 5 % in Bezug auf Wände erhöht und beträgt somit 20,21 h/t.

**Stiegen und Podeste** Die  $AW$  von Stiegen und Podesten werden mit einer Zulage von 10 % in Bezug auf Deckenplatten beaufschlagt. Damit ergibt sich der mittlere Aufwandswert von 18,89 h/t.



**Tab. 4.95:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Hoffmann [11, S. 809-810]

Bauteil	Durchmesser	Gewicht	$AW$	$\overline{AW}_B$
Decke	[mm]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[h/t]	[h/t]
Material				
Stabstahl	6,0–8,0		22,00–25,00	23,50
	10,0–20,0		16,00–20,00	18,00
	22,0–28,0		9,00–12,00	10,50
Stahlmatten		< 3,0	16,00–20,00	18,00
		> 3,0	14,00–18,00	16,00
$\overline{AW}$ Stabstahl				17,33
$\overline{AW}$ Stahlmatten				17,00
$\overline{AW}$				<b>17,17</b>

**Tab. 4.96:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen nach Hoffmann [11, S. 810]

Bauteil	Durchmesser	$AW$	$\overline{AW}_B$
Balken und Unterzüge	[mm]	[h/t]	[h/t]
Material			
Stabstahl	6,0–8,0	26,00–28,00	27,00
	10,0–20,0	19,00–22,00	20,50
	22,0–28,0	14,00–17,00	15,50
$\overline{AW}$			<b>21,00</b>

**Tab. 4.97:** Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Hoffmann (2002)

	Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzug Balken	Brüstung	Stiege Podest
Ladearbeiten	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Verlegen	16,13	19,25	22,67	17,17	21,00	20,21	18,89
Bewehrungsarbeiten	18,03	21,15	24,57	19,07	22,90	22,11	20,79

Tabelle 4.97 stellt die zusammengefassten Mittelwerte aller untersuchten Bauteilen dar.

#### 4.6.6 Aufwandswerte nach Plümecke und Kuhne (2008)

Im Aufwand für Bewehrungsarbeiten ist das Auf- und Abbauen der Gerüste enthalten, deren Arbeitsbühnen nicht höher als 2 m über Gelände oder Fußboden liegen. Dabei ist ein manueller horizontaler Transport bis zu einer Entfernung von 25 m inkludiert [32, S. 301]. Bei der Bewehrung mit Stahlstäben werden Durchmesser von 6 bis 28 mm berücksichtigt.

**Tab. 4.98:** Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Plümecke und Kuhne [32, S. 343] (\* aggregierte Werte)

Material	Durchmesser [mm]	AW* [h/t]
Stabstahl		
Ladearbeiten		
bearbeitet		1,80
unbearbeitet		1,30
Schneiden und Biegen	6,0–28,0	8,28
Stahlmatten		
bearbeitet		1,80
unbearbeitet		1,30
$\overline{AW}$ Ladearbeiten (bearbeitet)		1,80

In Tabelle 4.98 sind die Aufwandswerte für unbearbeitete und bearbeitete Stahlstäbe und -matten angegeben. Die Ladearbeiten der Bewehrung erfolgt mittels Kran.

**Fundamente** Tabelle 4.99 veranschaulicht die Aufwandswerte für Einzel- und Streifenfundamente sowie für Fundamentplatten. Stahlstäbe sind mit allen Durchmessern enthalten und Stahlmatten werden nach Gewicht untersucht. Dadurch ergibt sich der mittlere AW für Fundamente und Platten, insgesamt beträgt er 18,16 h/t.

**Tab. 4.99:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Plümecke und Kuhne [32, S. 346,349] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Fundament	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/t]
Einzel- und Streifenfundamente			
Stabstahl			
	6,0–8,0		31,50
	10,0–20,0		19,30
	25,0–28,0		9,50
Fundamentplatten			
Stabstahl			
	6,0–8,0		28,00
	10,0–20,0		14,30
	22,0–28,0		7,25
Stahlmatten			
		2,0–4,0	21,25
		4,0–6,0	15,00
		6,0–10,0	11,50
$\overline{AW}$ Einzel- und Streifenfundamente			20,10
$\overline{AW}$ Fundamentplatten			16,22
$\overline{AW}$			<b>18,16</b>

**Tab. 4.100:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Plümecke und Kuhne [32, S. 344,349] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/t]
Stabstahl	6,0–8,0		43,50
	10,0–20,0		27,80
	22,0–28,0		15,50
Stahlmatten		< 3,0	27,50
		> 3,0	16,00
$\overline{AW}$ Stabstahl			28,93
$\overline{AW}$ Stahlmatten			21,75
$\overline{AW}$			<b>25,34</b>

**Tab. 4.101:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Plümecke und Kuhne [32, S. 345] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Stütze	Durchmesser [mm]	AW* [h/t]
Stabstahl	6,0–8,0	46,75
	10,0–20,0	30,60
	22,0–28,0	16,50
$\overline{AW}$		<b>31,28</b>

**Wände** In Tabelle 4.100 sind die Aufwandswerte für das Verlegen der Bewehrung in Wänden dargestellt. Der mittlere Aufwandswert beträgt 25,34 h/t.

**Stützen** Bei Stützen ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert für das Verlegen des Stahls von 31,28 h/t (Tabelle 4.101).

**Decken** Stahlmatten werden nach einem Gewicht kleiner oder größer als 4 kg/m<sup>2</sup> unterschieden. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen beträgt 21,67 h/t (Tabelle 4.102).

**Balken und Unterzüge** Aufwandswerte für Balken und Unterzüge für das Verlegen des Stahls sind in Tabelle 4.103 angegeben.

**Überzüge und Brüstungen** Der Wert für Überzüge beträgt 29,95 h/t. Wie am Anfang von Abschnitt 4.6 erklärt, ergibt sich der AW für Brüstungen aus dem um 5% erhöhten Wert für Wände. Er beläuft sich auf 26,61 h/t.

**Tab. 4.102:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Plümecke und Kuhne [32, S. 344,349] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Decke	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/t]
Stabstahl	6,0–8,0		42,00
	10,0–20,0		22,50
	22,0–28,0		13,75
Stahlmatten		< 4,0	21,25
		> 4,0	13,25
$\overline{AW}$ Stabstahl			26,08
$\overline{AW}$ Stahlmatten			17,25
$\overline{AW}$			<b>21,67</b>

**Tab. 4.103:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen nach Plümecke und Kuhne [32] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Balken und Unterzüge	Durchmesser [mm]	AW [h/t]
Stabstahl	6,0–8,0	44,75
	10,0–20,0	28,60
	22,0–28,0	16,50
$\overline{AW}$		<b>29,95</b>

**Tab. 4.104:** Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Plümecke und Kuhne und (2008)

	Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzug Balken	Brüstung	Stiege Podest
Ladearbeiten	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Verlegen	18,16	25,34	31,28	21,67	29,95	26,61	23,84
Bewehrungsarbeiten	19,96	27,14	33,08	23,47	31,75	28,41	25,64

**Stiegen und Podeste** Eine 10 %-ige Zulage wird auf den Aufwandswert von Decken aufgeschlagen. Daraus ergibt sich der mittlere Aufwandswert für Stiegen und Podeste von 23,84 h/t.

Tabelle 4.104 stellt die zusammengefassten Mittelwerte von untersuchten Bauteilen dar. Die Werte nach Ladearbeiten und Verlegen werden addiert und als Ergebnis ergeben sich die Werte für Bewehrungsarbeiten.

**Tab. 4.105:** Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Plümecke et al. [31, S. 330] (\* aggregierte Werte)

Material	Durchmesser [mm]	AW* [h/t]
Stabstahl	10,0–28,0	
Ladearbeiten		
bearbeitet		1,20
unbearbeitet		1,00
Stahlmatten		
Ladearbeiten		
bearbeitet		1,20
unbearbeitet		1,00
$\overline{AW}$ Ladearbeiten (bearbeitet)		1,20

#### 4.6.7 Aufwandswerte nach Krause und Ulke (2016)

Für Bewehrungsarbeiten nennen Krause und Ulke [22, S. 1489-1490] die gleichen Aufwandswerte wie Hoffmann [11, S. 809-810], womit die AW für das Jahr 2016 in Bezug auf 2002 unverändert sind.

#### 4.6.8 Aufwandswerte nach Plümecke (2017)

Bei Ladearbeiten für die Bewehrung mit Stabstahl und Stahlmatten werden die gleichen Aufwandswerte angenommen. Es werden Stahlstäbe mit Durchmessern von 8 bis 28 mm untersucht. Stahlmatten werden nach ihrem flächenbezogenen Gewicht unterschieden.

Tabelle 4.105 stellt die Aufwandswerte für unbearbeitete und bearbeitete Stahlstäbe und Stahlmatten dar. Die Ladearbeiten erfolgen mittels Kran. Der mittlere Aufwandswert für Ladearbeiten von Stabstahl und Stahlmatten beträgt 1,20 h/t.

**Fundamente** Tabelle 4.106 zeigt die Aufwandswerte für Einzel- und Streifenfundamente sowie für Fundamentplatten. Es werden Stahlmatten mit einem Gewicht von 2 bis 10 kg/m<sup>2</sup> berücksichtigt. Daraus ergeben sich die Mittelwerte für Fundamenten und Platten. Der mittlere Aufwandswert daraus beträgt 17,73 h/t.

**Wände** In Tabelle 4.107 sind die Aufwandswerte für das Verlegen der Bewehrung in Wänden aufgezeigt. Der mittlere Aufwandswert beträgt 20,38 h/t.

**Stützen** Für Stützen werden nur Stahlstäbe mit den Durchmessern von 8 bis 28 mm berücksichtigt (Tabelle 4.108). Daraus ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert für das Verlegen des Stahls von 26,10 h/t.

**Tab. 4.106:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Plümecke et al. [31, S. 346,349] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Fundament	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/t]
Einzel- und Streifenfundamente			
Stabstahl	8,0		33,00
	10,0–20,0		17,40
	25,0–28,0		9,50
Fundamentplatten			
Stabstahl	8,0		30,50
	10,0–20,0		14,70
	25,0–28,0		7,25
Stahlmatten		2,0–4,0	16,50
		4,0–6,0	14,00
		6,0–10,0	10,00
$\overline{AW}$ Einzel- und Streifenfundamente			19,97
$\overline{AW}$ Fundamentplatten			15,49
$\overline{AW}$			<b>17,73</b>

**Tab. 4.107:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Plümecke et al. [31, S. 327,331] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/t]
Stabstahl	8,0		46,00
	10,0–20,0		17,80
	25,0–28,0		11,00
Stahlmatten		< 3,0	18,00
		> 3,0	13,67
$\overline{AW}$ Stabstahl			24,93
$\overline{AW}$ Stahlmatten			15,83
$\overline{AW}$			<b>20,38</b>

**Tab. 4.108:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Plümecke et al. [31, S. 328] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Stütze	Durchmesser [mm]	AW* [h/t]
Stabstahl	8,0	49,50
	10,0–20,0	17,80
	25,0–28,0	11,00
$\overline{AW}$		<b>26,10</b>

**Tab. 4.109:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Plümecke et al. [31, S. 326,331] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Decke	Durchmesser [mm]	Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	AW* [h/t]
Stabstahl	8,0		42,00
	12,0–20,0		17,13
	25,0–28,0		11,00
Stahlmatten		< 4,0	16,50
		> 4,0	12,00
$\overline{AW}$ Stabstahl			23,38
$\overline{AW}$ Stahlmatten			14,25
$\overline{AW}$			<b>18,82</b>

**Decken** Bei Decken werden zusätzlich Aufwandswerte für Stahlmatten angegeben. Der mittlere Aufwandswert für das Verlegen beträgt 18,82 h/t (Tabelle 4.109).

**Balken und Unterzüge** Aufwandswerte für Balken und Unterzüge werden in Tabelle 4.110 gezeigt.

**Überzüge und Brüstungen** Der mittlere AW für Überzüge stimmt mit dem von Unterzügen überein und beträgt 25,43 h/t. Für Brüstungen erhöht sich der AW um 5 % gegenüber dem von Wänden. Er beläuft sich somit auf 21,40 h/t.

**Stiegen und Podeste** Eine 10 %-ige Zulage wird auf den Aufwandswert von Decken aufgeschlagen. Damit ergibt sich der mittlere Aufwandswert für Stiegen und Podeste von 20,70 h/t.

In Tabelle 4.111 werden die zusammengefassten Mittelwerte für Ladearbeiten, das Verlegen und deren Summe dargestellt.

**Tab. 4.110:** Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen Plümecke et al. [31, S. 327] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Durchmesser	AW*
Balken und Unterzüge	[mm]	[h/t]
Stabstahl	8,0	47,50
	10,0–20,0	17,80
	25,0–28,0	11,00
$\overline{AW}$		<b>25,43</b>

**Tab. 4.111:** Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Plümecke et al. [31]

	Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzug Balken	Brüstung	Stiege Podest
Ladearbeiten	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Verlegen	17,73	20,38	26,10	18,82	25,43	21,40	20,70
Bewehrungsarbeiten	18,93	21,58	27,30	20,02	26,63	22,60	21,90

#### 4.6.9 Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten im Überblick

Bewehrungsarbeiten setzen sich aus Ladearbeiten (Auf- und Abladen), Schneiden, Biegen und Verlegen des Stahls zusammen. Zur Ermittlung der Aufwandswerte der Bewehrungsarbeiten wurden in diesem Abschnitt einige Annahmen getroffen. Diese beinhalten die Punkte die am Beginn von Abschnitt 4.6 angegeben sind. Beispielsweise wurde angenommen, dass die Bewehrung vorgefertigt (geschnitten und gebogen) angeliefert wird, wodurch das Schneiden und Beigen entfallen. Die AW für Bewehrungsarbeiten ergeben sich aus der Summe der AW für das Laden und Verlegen. Für Stahlstäbe wurden Durchmesser mit einer im Bereich von 6 bis 28 mm herangezogen. Bei Stahlmatten wurden flächenbezogene Gewichte zwischen 2 und 10 kg/m<sup>2</sup> betrachtet. Die Ermittlung dieser Aufwandswerte wird prinzipiell für Stahlstäbe und Stahlmatten getrennt durchgeführt, aus denen sich Gesamtmittelwert für das Verlegen der Bewehrung ergibt. Dies wurde in den Abschnitten 4.6.1 bis 4.6.8 erläutert.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die Aufwandswerte für das Auf- und Abladen zeitlich nur geringfügig verändert haben. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass die Bewehrung mit kleineren Durchmessern evidenterweise höhere Aufwandswerte aufweist als mit größeren.

In Tabelle 4.112 sind die zusammengefassten Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten und ihre prozentuelle Veränderung gegenüber das Jahr 1977 angeführt.

Wie bei Schalarbeiten zeigen sich die höchsten Werte in den Jahren 1982 und 1988. Jedoch stellt das Jahr 1988 einen bemerkenswerten Ausreißer dar [29]. Einerseits sind in diesem Werk keine konkreten Werte für die Durchmesser von Stahlstäben angeführt. Andererseits sind die resultierenden mittleren AW für die Bewehrung von Stützen und Balken wesentlich höher als die von anderen Autoren genannten AW. Die AW nach Plümecke et al. [31] aus dem Jahr 2017 weisen eine erhebliche Reduktion der AW in Bezug auf die frühere Auflage [32] auf. Für weitere Berechnungen sind die Aufwandswerte für Fundamente, Wände und Decken von großer

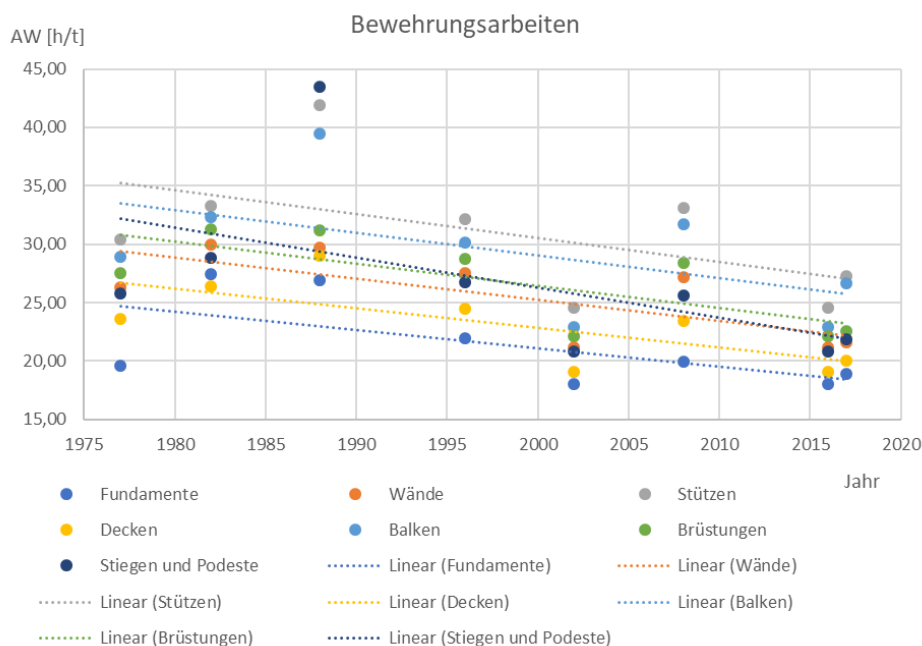


Jahr	Fundament		Wand		Stütze		Decke		Unterzüge Balken		Überzüge Brüstungen		Stiegen Podeste	
	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%
1977	19,58		26,33		30,43		23,59		28,93		27,57		25,79	
1982	27,43	40,09	29,93	13,67	33,30	9,43	26,39	11,87	32,30	11,65	31,31	13,57	28,80	11,67
1988	26,96	37,69	29,74	12,95	41,94	37,82	29,02	23,02	39,44	36,33	31,15	12,99	43,44	68,44
1996	21,92	11,95	27,50	4,44	32,17	5,72	24,50	3,86	30,17	4,29	28,78	4,39	26,75	3,72
2002	18,03	-7,92	21,15	-19,67	24,57	-19,26	19,07	-19,16	22,90	-20,84	22,11	-19,80	20,79	-19,39
2008	19,96	1,94	27,14	3,08	33,08	8,71	23,47	-0,51	31,75	9,75	28,41	3,05	25,64	-0,58
2016	18,03	-7,92	21,15	-19,67	24,57	-19,26	19,07	-19,16	22,90	-20,84	22,11	-19,80	20,79	-19,39
2017	18,93	-3,32	21,58	-18,04	27,30	-10,29	20,02	-15,13	26,63	-7,95	22,60	-18,03	21,90	-15,08

**Tab. 4.112:** Zusammengefasste Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] und ihre prozentuale Veränderung gegenüber 1977

Bedeutung, da diese Bauteile den größten Anteil an der Bewehrungsmenge haben. Die größten prozentuellen Veränderungen gegenüber dem Jahr 1977 zeigen Wände, Stützen, Decken, Überzüge und Brüstungen sowie Stiegen und Podeste. Bis 2017 sanken die AW für diese Bauteile um 10 bis 20 %. Abschließend lässt sich feststellen, dass eine sukzessive Reduzierung der Aufwandswerte über der Zeit erkennbar ist.

Abb. 4.4 zeigt die AW aus Tabelle 4.112 in grafischer Form. Die punktierten Linien stellen die



**Abb. 4.4:** Darstellung der Entwicklung von AW für Schalarbeiten nach Bauteilen

linearen Regressionen dar, die nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt wurden. Aus den Regressionsgeraden geht hervor, dass für alle Bauteile ein Rückgang der Aufwandswerte zu verzeichnen ist. Im Vergleich zu Schalarbeiten zeigt sich tendenziell eine größere Reduktion der AW und damit ebenso ein Widerspruch zu den Aussagen in Kapitel 3.

Die Senkung der AW lässt sich im Wesentlichen auf den verstärkten Einsatz und die technische Weiterentwicklung von Hebezeugen erklären. Je größer die Kapazitäten der Hebezeuge sind, desto größere Bewehrungsmenge können auf eine bestimmte Weite transportiert werden.

## 4.7 Grundlagen zu Betonarbeiten

Der Gesamtvorgang „Betonieren“ besteht nach Schub und Meyran [35, S. 76] in der Regel aus vier Einzelprozessen:

1. Herstellen des Betons in der Mischanlage. Dies entfällt bei Verwendung von Transportbeton.
2. Transport des Betons zur Einbaustelle mittels direkten Einbaus, Krankübel, Japaner und Aufzug oder Betonpumpe

3. Verteilen und Verdichten des Betons einschließlich Oberflächenbehandlung (Abgleichen, Abziehen, Abreiben)
4. Nachbehandeln des Betons (Nässen, Ausbessern, Schließen von Ankerlöchern)

Zu diesen Vorgängen können zusätzlich folgende Tätigkeiten hinzugezählt werden:

- Bereitstellen und Betriebsfertigmachen der Geräte
- Umsetzen und Montage von Arbeitsgerüsten
- Reinigen der Geräte und des Arbeitsplatzes nach dem Betonieren

Beim Betonieren spielen Geräte eine große Rolle. Deswegen ist der Stundenaufwand von der Art und der Leistungsfähigkeit der eingesetzten Geräte abhängig. Einige Beispiele dafür sind z. B. die einsetzbare Rüttlergröße und Kolonnenstärke an der Einbaustelle, das Verfahren des Betontransports oder Art, Größe und Automatisierungsgrad der Mischanlage.

## 4.8 Aufwandswerte für Betonarbeiten anhand der Literatur

Die Aufwandswerte für Betonarbeiten werden mit analoger Systematik wie bei den Schal- und Bewehrungsarbeiten ermittelt. Als Grundlage dient eine umfangreiche Literaturrecherche. Der Ermittlungsprozess der Aufwandswerte der angeführten Quellen wird in Abb. 4.1 dargestellt. Entsprechende Annahmen für jene Werte, die nicht zur Verfügung stehen, werden folgendermaßen getroffen:

- Im Fall, dass für den AW von Überzügen keine Angaben vorliegen, wird der AW von Unterzügen angenommen.
- Brüstungen werden als „dünne Wände“ mit einer Dicke von bis zu 30 cm angenommen.
- Der Beton wird nicht auf der Baustelle, sondern in einem Betonwerk hergestellt und als Transportbeton angeliefert.
- Der Beton wird mittels Krankübel oder Betonpumpe zur Einbaustelle gefördert und eingebaut.

Die Daten aller anderen Bauteilen sind vorhanden und werden in den Abschnitten 4.8.1 bis 4.8.8 diskutiert.

Bei der Ermittlung der Aufwandswerte wird zwischen verschiedenen Bauteilabmessungen einerseits und der Art des Betontransports auf der Baustelle andererseits unterschieden.

Tabelle 4.113 veranschaulicht vorhandene oder angenommene AW nach Bauteilen und Quellen.

### 4.8.1 Aufwandswerte aus ARH-Tabellen (1977)

Die Aufwandswerte werden jeweils getrennt für den Kranbetrieb und für den Einbau mittels Betonpumpe dargestellt. Eine maximale Pumpleistung von  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  wird erreicht. Bei Kranbetrieb werden Kübel von 250, 375, 500 und 750 l verwendet. In den Tabellen 4.114 bis 4.120 werden die durch Mittelwertbildung aggregierten Werte angegeben. Zulagen für Tätigkeiten wie Abgleichen, Abziehen und Abreiben werden aufgrund ihrer Größe vernachlässigt.

**Tab. 4.113:** Verfügbarkeit der Aufwandswerte für Betonarbeiten (\* angenommene Werte)

Autor	Jahr	Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzug Balken	Überzug Brüstung*	Stiegen Podest
ARH	1977	✓	✓	✓	✓	✓	*	✓
Schub	1982	✓	✓	✓	✓	✓	*	✓
Olesen	1988	✓	✓	✓	✓	✓	*	✓
Hoffmann	1996	✓	✓	✓	✓	✓	*	✓
Hoffmann	2002	✓	✓	✓	✓	✓	*	✓
Plümecke	2008	✓	✓	✓	✓	✓	*	✓
Krause	2016	✓	✓	✓	✓	✓	*	✓
Plümecke	2017	✓	✓	✓	✓	✓	*	✓

**Tab. 4.114:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.261, 5.263, 5.511] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	AW
Fundament	[h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	
Einzelfundamente	0,57
Streifenfundamente	0,59
Fundamentplatten	0,57
Autobetonpumpe	
Einzelfundamente	0,36
Streifenfundamente	0,41
Fundamentplatten	0,37
$\overline{AW}$ Kranbetrieb	0,58
$\overline{AW}$ Autobetonpumpe	0,38
$\overline{AW}$	<b>0,48</b>

**Fundamente** In Tabelle 4.114 werden die Aufwandswerte für Betonieren angegeben. Es werden nur bewehrte Einzel- und Streifenfundamente sowie Fundamentplatten untersucht, da es sich hierbei um Stahlbetonarbeiten handelt. Unbewehrte Fundamente werden nicht berücksichtigt. Der mittlere Aufwandswert beträgt 0,48 h/m<sup>3</sup>.

**Wände** Tabelle 4.115 zeigt die Aufwandswerte für Wände. Dabei werden die Dicken der Wände berücksichtigt, die im Bereich von 10 bis 50 cm liegen. Daraus ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von 1,03 h/m<sup>3</sup>.

**Tab. 4.115:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.262, 5.264, 5.511] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Dicke [cm]	$AW$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	10–15	1,61
	15–20	1,21
	20–30	0,97
	30–50	0,81
Autobetonpumpe	10–15	1,45
	15–20	0,90
	20–30	0,70
	30–50	0,55
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		1,15
$\overline{AW}$ Autobetonpumpe		0,90
$\overline{AW}$		<b>1,03</b>

**Tab. 4.116:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.261, 5.263, 5.511] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Stütze	Querschnitt [m <sup>2</sup> ]	$AW$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	$\leq 0,05$	1,74
	0,05–0,12	1,66
	$> 0,12$	1,55
Autobetonpumpe	$\leq 0,05$	1,60
	0,05–0,12	1,50
	$> 0,12$	1,40
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		1,65
$\overline{AW}$ Autobetonpumpe		1,50
$\overline{AW}$		<b>1,58</b>

**Stützen** Zur Ermittlung der Aufwandswerte von Stützen werden ihre Querschnitte berücksichtigt. Stützen sind auf der Baustelle meistens mit Krankübel zu betonieren, wie auch die anderen Bauteile, die über kleinere Abmessungen (dünne Wände) verfügen. Mit einer Einbauleistung bis 15 m<sup>3</sup>/h ist es wirtschaftlicher, mit Krankübel zu betonieren [47, S. 929]. Im Gegensatz zur Förderung mit Krankübeln wird bei einem Förderprozess mit Betonpumpen mehr Leistung erreicht, der Kran wird entlastet und kann für Schal- und Bewehrungsarbeiten zur Verfügung stehen. Der mittlere Aufwandswert für Stützen beträgt 1,58 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.116).

**Decken** Bei Decken werden die Aufwandswerte nach ihrer Dicke in drei Kategorien eingeteilt: kleiner als 10 cm, zwischen 10 und 20 cm und größer als 20 cm. Als mittlerer Aufwandswert ergibt sich ein Wert von 0,47 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.117).

**Tab. 4.117:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.261, 5.263, 5.511] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Dicke	AW
Decke	[cm]	[h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	≤ 10	0,62
	10–20	0,57
	> 20	0,52
Autobetonpumpe	≤ 10	0,43
	10–20	0,35
	> 20	0,32
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		0,57
$\overline{AW}$ Autobetonpumpe		0,37
$\overline{AW}$		<b>0,47</b>

**Tab. 4.118:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Balken und Unterzüge nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.261, 5.263, 5.511] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	AW
Balken und Unterzüge	[h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	0,57
Autobetonpumpe	0,35
$\overline{AW}$	<b>0,46</b>

**Balken und Unterzüge** In Tabelle 4.118 werden die Aufwandswerte für Balken und Unterzüge dargestellt. Der mittlere Aufwandswert beträgt 0,46 h/m<sup>3</sup>.

**Überzüge und Brüstungen** Wie am Anfang von Abschnitt 4.8 erklärt, wird für Überzüge derselbe Aufwandswert von 0,46 h/m<sup>3</sup> wie bei Unterzügen angenommen. Der mittlere Aufwandswert für Brüstungen beträgt 1,39 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.119).

**Stiegen und Podeste** Stiegen und Podeste zeigen den größten Aufwandswert im Vergleich zu anderen Bauteilen. Der AW beträgt 1,68 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.120).

Schlussendlich werden alle Bauteile mit ihren Aufwandswerten in Tabelle 4.121 dargestellt.

**Tab. 4.119:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Brüstungen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.262, 5.264, 5.511] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Brüstung	Dicke [cm]	$AW$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	≤ 10	2,26
	10–15	1,61
	15–20	1,21
	20–30	0,97
Autobetonpumpe	≤ 10	2,00
	10–15	1,45
	15–20	0,90
	20–30	0,70
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		1,51
$\overline{AW}$ Autobetonpumpe		1,26
$\overline{AW}$		<b>1,39</b>

**Tab. 4.120:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stiegen und Podeste nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.262, 5.264, 5.511] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Stiegen und Podeste	$AW$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	1,75
Autobetonpumpe	1,60
$\overline{AW}$	<b>1,68</b>

**Tab. 4.121:** Aufwandswerte für Betonarbeiten [h/m<sup>3</sup>] aus ARH-Tabellen (1977)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge	Brüstungen	Stiegen Podeste
0,48	1,03	1,58	0,47	0,46	0,46	1,39	1,68

### 4.8.2 Aufwandswerte nach Schub und Meyran (1982)

Im Gegensatz zu den anderen Autoren berücksichtigt Schub und Meyran [35] bei den AW für Betonarbeiten die Herstellung, den Transport und das Einbringen des Betons. Da in dieser Arbeit angenommen wird, dass der Beton als Transportbeton geliefert wird, werden in diesem Abschnitt die AW für Herstellung und Transport des Betons in Abzug gebracht. Für AW für die Herstellung wird mit  $0,80 \text{ h/m}^3$  angesetzt [35, S. 78]. Der Mittelwert für Betonarbeiten beträgt somit  $2,20 \text{ h/m}^3$  [35, S. 78].

**Fundamente** In Tabelle 4.122 sind die Aufwandswerte für Fundamente angegeben. Aus Einzel- und Streifenfundamenten sowie Fundamentplatten ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von  $0,97 \text{ h/m}^3$ .

**Wände** Wänden werden der Wandstärke nach in folgende Kategorien unterschieden: 10 bis 20 cm, 20 und 30 cm und größer als 30 cm. Der mittlere Aufwandswert ist in Tabelle 4.123 angegeben und beträgt  $1,75 \text{ h/m}^3$ .

**Stützen** Für die Ermittlung der Aufwandswerte von Stützen spielen die Querschnitte eine große Rolle. Wie Tabelle 4.124 zu entnehmen ist, werden sie in drei Kategorien eingeteilt. Der mittlere Aufwandswert für Stützen beträgt  $2,08 \text{ h/m}^3$ .

**Decken** Es werden Decken mit einer Dicke von 10 bis 20 cm und über 20 cm berücksichtigt. Der mittlere Aufwandswert wird in Tabelle 4.125 angegeben und beträgt  $1 \text{ h/m}^3$ .

**Balken und Unterzüge** Für Balken und Unterzüge ergibt sich ein aggregierter Wert von  $1,45 \text{ h/m}^3$ .

**Überzüge und Brüstungen** Der Aufwandswert für Überzüge ist entspricht dem für Unterzügen und beträgt  $1,45 \text{ h/m}^3$ . In Tabelle 4.126 sind die Aufwandswerte für Brüstungen unter Berücksichtigung der Wandstärke angegeben. Der Wert für Brüstungen beträgt  $2,25 \text{ h/m}^3$ .

**Tab. 4.122:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Schub und Meyran [35, S. 78] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	AW*
Fundament	[h/m <sup>3</sup> ]
Einzelfundamente	0,95
Streifenfundamente	1,05
Fundamentplatten	0,90
$\overline{AW}$	<b>0,97</b>



**Tab. 4.123:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Schub und Meyran [35, S. 78]  
(\* aggregierte Werte)

Bauteil	Dicke	AW*
Wand	[cm]	[h/m <sup>3</sup> ]
	10–20	2,10
	20–30	1,75
	> 30	1,40
$\overline{AW}$		<b>1,75</b>

**Tab. 4.124:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Schub und Meyran [35, S. 78]  
(\* aggregierte Werte)

Bauteil	Querschnitt	AW*
Stütze	[m <sup>2</sup> ]	[h/m <sup>3</sup> ]
	≤ 0,05	2,20
	0,05–0,15	2,15
	> 0,15	1,90
$\overline{AW}$		<b>2,08</b>

**Tab. 4.125:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Schub und Meyran [35, S. 78]  
(\* aggregierte Werte)

Bauteil	Dicke	AW*
Decke	[cm]	[h/m <sup>3</sup> ]
	10–20	1,05
	> 20	0,95
$\overline{AW}$		<b>1,00</b>

**Tab. 4.126:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Brüstungen nach Schub und Meyran [35, S. 78] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Dicke	AW*
Brüstung	[cm]	[h/m <sup>3</sup> ]
	≤ 10	2,90
	10–20	2,10
	20–30	1,75
$\overline{AW}$		<b>2,25</b>

**Tab. 4.127:** Aufwandswerte für Betonarbeiten [h/m<sup>3</sup>] nach Schub und Meyran (1982)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge	Brüstungen	Stiegen Podeste
0,97	1,75	2,08	1,00	1,45	1,45	2,25	3,20

**Stiegen und Podeste** Nach Abzug der Herstellung des Betons ergibt sich ein AW von 3,20 h/m<sup>3</sup>.

Tabelle 4.127 zeigt die mittleren Aufwandswerte nach Bauteilen.

### 4.8.3 Aufwandswerte nach Olesen (1988)

Im Werk von Olesen [29] werden die Aufwandswerte für Herstellung, Förderung und Einbau des Betons genannt. Die Werte sind für Transport- und Baustellenbeton angegeben. Die Aufwandswerte werden für den Transport mittels Handkarren, Kran, Japaner und Aufzug oder Betonpumpe tabelliert. Im Falle des Transportes mittels Kran wird angenommen, dass ein Turmdrehkran und das Baumaterial innerhalb 30 m von der Verwendungsstelle bereitgestellt werden.

**Fundamente** In Tabelle 4.128 sind die Werte für Fundamente angegeben. Die angegebenen Werte stellen aggregierte Werte dar. Der mittlere Aufwandswert beträgt 1,15 h/m<sup>3</sup>.

**Wände** In Tabelle 4.129 sind die Aufwandswerte für Wände von 20 bis 60 cm Dicke dargestellt. Als mittlerer Aufwandswert ergibt sich 1,32 h/m<sup>3</sup>.

**Tab. 4.128:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Olesen [29, S. 355-356] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	AW*
Fundament	[h/m <sup>3</sup> ]
Einzelfundamente	
Kranbetrieb	1,42
Betonpumpe	1,03
Streifenfundamente	
Kranbetrieb	1,53
Betonpumpe	1,10
$\overline{AW}$ Einzelfundamente	1,23
$\overline{AW}$ Streifenfundamente	1,07
$\overline{AW}$	<b>1,15</b>

**Tab. 4.129:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Olesen [29, S. 356-357] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Dicke [cm]	$AW^*$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	20	1,67
	40	1,52
	60	1,37
Betonpumpe	20	1,25
	40	1,10
	60	1,00
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		1,52
$\overline{AW}$ Betonpumpe		1,12
$\overline{AW}$		<b>1,32</b>

**Tab. 4.130:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Olesen [29, S. 358] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Stütze	Querschnitt [cm <sup>2</sup> ]	$AW^*$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	1000	2,05
	3000	1,80
	5000	1,65
Autobetonpumpe	1000	1,70
	3000	1,45
	5000	1,38
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		1,83
$\overline{AW}$ Betonpumpe		1,51
$\overline{AW}$		<b>1,67</b>

**Tab. 4.131:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Olesen [29, S. 359-360] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	$AW^*$
Decke	[h/m <sup>3</sup> ]
Vollbetondecke	
Kranbetrieb	1,55
Betonpumpe	1,18
$\overline{AW}$	<b>1,36</b>

**Tab. 4.132:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Balken und Unterzüge nach Olesen [29] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	$AW^*$
	[h/m <sup>3</sup> ]
Balken	
Kranbetrieb	1,43
Betonpumpe	1,37
Unterzüge	
Kranbetrieb	1,10
Betonpumpe	1,05
$\overline{AW}$ Balken	1,40
$\overline{AW}$ Unterzüge	1,08
$\overline{AW}$	<b>1,24</b>

**Stützen** In Tabelle 4.130 werden die Aufwandswerte nicht nur nach der Art des Betontransports unterschieden, sondern auch nach der Fläche des Querschnittes der Stütze. Die Fläche beträgt zwischen 1000 und 5000 cm<sup>2</sup>. Der mittlere Aufwandswert für das Betonieren beläuft sich auf 1,67 h/m<sup>3</sup>.

**Decken** Die Aufwandswerte für Decken lassen sich Tabelle 4.131 entnehmen. Es wird angenommen, dass die Decke als Vollbetondecken ausgeführt ist. Der mittlere Aufwandswert beträgt 1,36 h/m<sup>3</sup>.

**Balken und Unterzüge** Im Werk von Olesen [29, S. 359] finden sich AW für Unterzüge. Olesen gibt für freiliegende Balken einen Zuschlag von 30 % an (Tabelle 4.132). Damit ergibt sich ein AW von 1,24 h/m<sup>3</sup> für Balken und Unterzüge.

**Überzüge und Brüstungen** Olesen gibt AW für Überzüge an. Der mittlere Aufwandswert beträgt 1,28 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.133). AW für Brüstungen sind nicht vorhanden, weshalb der AW von Wänden zuzüglich 5 % angenommen wird. Der AW von Brüstungen beläuft sich somit auf 1,39 h/m<sup>3</sup>.

**Tab. 4.133:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Überzüge nach Olesen [29, S. 359] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Überzüge	$AW^*$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	1,30
Betonpumpe	1,25
$\overline{AW}$	1,28

**Tab. 4.134:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stiegen und Podeste nach Olesen [29, S. 360] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Stiegen und Podeste	$AW^*$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	2,70
Betonpumpe	2,04
$\overline{AW}$	<b>2,37</b>

**Tab. 4.135:** Aufwandswerte für Betonarbeiten [h/m<sup>3</sup>] nach Olesen (1988)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge	Brüstungen	Stiegen Podeste
1,15	1,32	1,67	1,36	1,24	1,28	1,39	2,37

**Stiegen und Podeste** Der mittlere Aufwandswert beträgt 2,37 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.134).

Tabelle 4.135 zeigt die zusammengefassten Werte für Betonarbeiten nach Bauteilen.

#### 4.8.4 Aufwandswerte nach Hoffmann und Kremer (1996)

Die von Hoffmann und Kremer [15, S. 678] angegebenen Aufwandswerte setzen den Einbau mittels Betonpumpe voraus. Für den Einbau des Betons mittels Krans sind die Werte mit 25 % zu beaufschlagen.

**Fundamente** Hoffmann und Kremer [15, S. 678] unterscheidet zwischen unbewehrten und bewehrten Fundamenten. Da diese Arbeit Stahlbetonarbeiten behandelt, werden nur bewehrte Fundamente betrachtet (Tabelle 4.136). Der mittlere Aufwandswert beim Einbau mittels Krans und Betonpumpe beträgt 0,68 h/m<sup>3</sup>.

**Wände** Hier werden Wände mit einer Höhe von bis zu 5 m und einer Wandstärke zwischen 10 und 60 cm betrachtet (Tabelle 4.137). Der mittlere AW für Wände beträgt 1,02 h/m<sup>3</sup>.

**Tab. 4.136:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678]

Bauteil	$AW$	$\overline{AW}_B$
Fundament	[h/m <sup>3</sup> ]	[h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb		
Fundamente bewehrt	0,50–1,00	0,75
Auslegerpumpe		
Fundamente bewehrt	0,40–0,80	0,60
$\overline{AW}$		<b>0,68</b>

**Tab. 4.137:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678]

Bauteil	Dicke	$AW$	$\overline{AW}_B$
Wand	[cm]	[h/m <sup>3</sup> ]	[h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb			
	10–15	1,25–1,75	1,50
	15–25	1,00–1,50	1,25
	25–40	0,75–1,25	1,00
	40–60	0,50–1,00	0,75
Auslegerpumpe			
	10–15	1,00–1,40	1,20
	15–25	0,80–1,20	1,00
	25–40	0,60–1,00	0,80
	40–60	0,40–0,80	0,60
$\overline{AW}$ Kranbetrieb			1,13
$\overline{AW}$ Auslegerpumpe			0,90
$\overline{AW}$			<b>1,02</b>

**Tab. 4.138:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678]

Bauteil Stütze	Querschnitt [m <sup>2</sup> ]	AW [h/m <sup>3</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb			
	≤ 0,10	2,00–2,80	2,40
	> 0,10	1,20–2,00	1,60
Auslegerpumpe			
	≤ 0,10	1,60–2,24	1,92
	> 0,10	0,96–1,60	1,28
$\overline{AW}$ Kranbetrieb			2,00
$\overline{AW}$ Auslegerpumpe			1,60
$\overline{AW}$			<b>1,80</b>

**Tab. 4.139:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678]

Bauteil Decke	Dicke cm	Fläche [m <sup>2</sup> ]	AW [h/m <sup>3</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb				
	10–15	> 100	0,75–1,00	0,88
	15–20	> 100	0,63–0,88	0,76
	20–30	> 200	0,50–0,75	0,63
	30–50	> 200	0,44–0,69	0,57
Auslegerpumpe				
	10–15	> 100	0,60–0,80	0,70
	15–20	> 100	0,50–0,70	0,60
	20–30	> 200	0,40–0,60	0,50
	30–50	> 200	0,35–0,55	0,45
$\overline{AW}$ Kranbetrieb				0,71
$\overline{AW}$ Auslegerpumpe				0,56
$\overline{AW}$				<b>0,64</b>

**Stützen** Im Gegensatz zu Betonarbeiten anderer Bauteile wird bei Stützen der Einbau mittels Krankübels vorausgesetzt. Zur Ermittlung der AW für die Betonpumpe wurde der Aufschlag von 25 % herausgerechnet. Die Aufwandswerte sind Tabelle 4.138 zusammengestellt. Der mittlere Aufwandswert beträgt 1,80 h/m<sup>3</sup>.

**Decken** Decken werden bis zu einer Dicke von 50 cm berücksichtigt (Tabelle 4.139). Eine Unterscheidung der Aufwandswerte gibt es nicht nur nach Dicke der Decke, sondern auch nach ihrer Fläche. Daraus ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von 0,64 h/m<sup>3</sup>.

**Tab. 4.140:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Balken und Unterzüge nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678]

Bauteil Balken und Unterzüge	Querschnitt [m <sup>2</sup> ]	AW [h/m <sup>3</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	≤ 0,10	0,88–1,25	1,07
	> 0,10	0,63–1,00	0,82
Auslegerpumpe	≤ 0,10	0,70–1,00	0,85
	> 0,10	0,50–0,80	0,65
$\overline{AW}$ Kranbetrieb			0,95
$\overline{AW}$ Auslegerpumpe			0,75
$\overline{AW}$			<b>0,85</b>

**Tab. 4.141:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Brüstungen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678]

Bauteil Brüstungen	Dicke [cm]	AW [h/m <sup>3</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	10–15	1,25–1,75	1,50
	15–25	1,00–1,50	1,25
Autobetonpumpe	10–15	1,00–1,40	1,20
	15–25	0,80–1,20	1,00
$\overline{AW}$ Kranbetrieb			1,38
$\overline{AW}$ Auslegerpumpe			1,10
$\overline{AW}$			<b>1,24</b>

**Balken und Unterzüge** Balken und Unterzüge werden nach Größe der Querschnitte unterschieden (Tabelle 4.140). Ihr mittlerer Aufwandswert beträgt 0,85 h/m<sup>3</sup>.

**Überzüge und Brüstungen** Wie am Anfang von Abschnitt 4.8 erwähnt, wird für den AW von Überzügen der AW von Unterzügen angenommen. Brüstungen werden als Wände mit einer Dicke bis 25 cm betrachtet (Tabelle 4.141). Insgesamt ergibt sich ein AW von 1,24 h/m<sup>3</sup>.

**Stiegen und Podeste** Beim Einbau des Betons von Stiegen und Podesten werden die AW von Treppenlaufplatten mit Stufen herangezogen. Die Werte sind je nach Kranbetrieb und Betonpumpe angegeben (Tabelle 4.142).

Die zusammengefassten Werte für Jahr 1996 der einzelnen Bauteile werden in Tabelle 4.143 zusammengefasst.



**Tab. 4.142:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stiegen und Podeste nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678]

Bauteil Stiegen und Podeste	$AW$ [h/m <sup>3</sup> ]	$\overline{AW}_B$ [h/m <sup>3</sup> ]
Treppenlaufplatten mit Stufen		
Kranbetrieb	2,00–2,50	2,25
Autobetonpumpe	1,60–2,00	1,80
$\overline{AW}$		<b>2,03</b>

**Tab. 4.143:** Aufwandswerte für Betonarbeiten [h/m<sup>3</sup>] nach Hoffmann und Kremer (1996)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge	Brüstungen	Stiegen Podeste
0,68	1,02	1,80	0,64	0,85	0,85	1,24	2,03

#### 4.8.5 Aufwandswerte nach Hoffmann (2002)

Hoffmann [11, S. 810] führt in der Auflage aus dem Jahr 2002 dieselben AW für Betonarbeiten an wie in der Auflage aus dem Jahr 1996. In Bezug auf Hoffmann und Kremer [15, S. 678] sind dabei kleinere Änderungen der Aufwandswerte für die Sauberkeitsschicht und Füllbeton vorhanden, jedoch werden diese in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet. Die Aufwandswerte für Betonarbeiten finden sich in Tabelle 4.143.

#### 4.8.6 Aufwandswerte nach Plümecke und Kuhne (2008)

Im Werk von Plümecke und Kuhne [32] sind die Aufwandswerte detaillierter beschrieben als in den restlichen untersuchten Werken. AW werden nach dem Transport des Betons auf der Baustelle unterschieden. Der Transport kann mithilfe eines Krans und einem 250- oder 500-Liter-Kübel oder mit einer Betonpumpe erfolgen. Bei einer Autobetonpumpe wird von einer Leistung von bis zu 25 m<sup>3</sup>/h ausgegangen. Darüber hinaus wird nach den Dimensionen des Bauteils unterschieden. Der Übersichtlichkeit halber werden in den Tabellen 4.144 bis 4.149 aggregierte Werte angeführt und nicht die von den Autoren genannten Werte einzelner Varianten.

**Fundamente** In Tabelle 4.144 werden Aufwandswerten für Fundamente angegeben. Das Ergebnis zeigt die Aufwandswerte für Einzel- und Streifenfundamente und Fundamentplatten. Insgesamt ergibt sich ein mittlerer AW von 0,56 h/m<sup>3</sup>.

**Wände** Für die Ermittlung der Aufwandswerte bei Wänden spielt die Wandstärke eine große Rolle, weshalb unterschiedliche Dicken herangezogen werden (Tabelle 4.145). Der mittlere Aufwandswert für Betonarbeiten bei Wänden beträgt 1,09 h/m<sup>3</sup>.

**Tab. 4.144:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Plümecke und Kuhne [32, S. 306-307] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Fundament	$AW^*$ [h/m <sup>3</sup> ]
Einzel- und Streifenfundamente	
Kranbetrieb	0,68
Autobetonpumpe	0,45
Fundamentplatte	
Kranbetrieb	0,67
Autobetonpumpe	0,41
$\overline{AW}$ Einzel- und Streifenfundamente	0,57
$\overline{AW}$ Fundamentplatte	0,54
$\overline{AW}$	<b>0,56</b>

**Tab. 4.145:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Plümecke und Kuhne [32, S. 312] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Dicke [cm]	$AW^*$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	10-20	1,64
	20-30	1,18
	30-50	0,95
Betonpumpe	10-20	1,33
	20-30	0,80
	30-50	0,64
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		1,26
$\overline{AW}$ Betonpumpe		0,92
$\overline{AW}$		<b>1,09</b>

**Tab. 4.146:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Plümecke und Kuhne [32, S. 311]  
(\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Querschnitt [cm <sup>2</sup> ]	AW* [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	≤ 400	2,00
	401–1000	1,93
	1001–2500	1,83
Betonpumpe	≤ 400	1,85
	401–1000	1,70
	1001–2500	1,60
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		1,92
$\overline{AW}$ Betonpumpe		1,72
$\overline{AW}$		<b>1,82</b>

**Tab. 4.147:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Plümecke und Kuhne [32, S. 307]  
(\* aggregierte Werte)

Bauteil Decke	Dicke [cm]	AW* [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	10–20	0,68
	> 20	0,60
Betonpumpe	10–20	0,40
	> 20	0,37
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		0,64
$\overline{AW}$ Betonpumpe		0,39
$\overline{AW}$		<b>0,51</b>

**Stützen** Für Stützen werden verschiedene Querschnitte betrachtet (Tabelle 4.146). Es ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von 1,82 h/m<sup>3</sup>.

**Decken** Es werden Decken mit Dicken von 10 und 20 cm sowie größer als 20 cm berücksichtigt (Tabelle 4.147). Der mittlere Aufwandswert beträgt 0,51 h/m<sup>3</sup>.

**Balken und Unterzüge** Der Aufwandswert für einen Kranbetrieb beträgt 0,67 h/m<sup>3</sup> und für eine Betonpumpe 0,40 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.148). Insgesamt ergibt sich ein mittlerer AW von 0,54 h/m<sup>3</sup>.

**Überzüge und Brüstungen** Für Überzüge wird der gleiche AW wie für Unterzüge angenommen. Er beträgt 0,54 h/m<sup>3</sup>. Für Brüstungen ergibt sich ein Wert von 1,63 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.149).

**Tab. 4.148:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Balken und Unterzüge nach Plümecke und Kuhne [32, S. 310] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	$AW$
Balken und Unterzüge	[h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	0,67
Autobetonpumpe	0,40
$\overline{AW}$	<b>0,54</b>

**Tab. 4.149:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Brüstungen und Überzüge nach Plümecke und Kuhne [32, S. 312] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Dicke	$AW^*$
	[cm]	[h/m <sup>3</sup> ]
Brüstungen		
Kranbetrieb	≤ 10	2,60
	10–20	1,64
	20–30	1,18
Betonpumpe	≤ 10	2,20
	10–20	1,33
	20–30	0,80
$\overline{AW}$		1,81
$\overline{AW}$		1,44
$\overline{AW}$		<b>1,63</b>

**Stiegen und Podeste** Es werden Stiegenlaufplatten und Stiegenpodestplatten mit Kran oder Betonpumpe betoniert. In Tabelle 4.150 werden ihre Aufwandswerte angeführt. Der mittlere AW beläuft sich auf 1,79 h/m<sup>3</sup>.

Tabelle 4.151 enthält eine Zusammenstellung der mittleren Aufwandswerte nach Plümecke und Kuhne [32] für Betonarbeiten aller Bauteile.

**Tab. 4.150:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stiegen und Podeste nach Plümecke und Kuhne [32, S. 313]

Bauteil	AW [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	
Stiegenlaufplatten mit Stufen	2,08
Stiegenpodestplatten	1,76
Betonpumpe	
Stiegenlaufplatten mit Stufen	1,80
Stiegenpodestplatten	1,50
$\overline{AW}$ Kranbetrieb	1,92
$\overline{AW}$ Betonpumpe	1,65
$\overline{AW}$	<b>1,79</b>

**Tab. 4.151:** Aufwandswerte für Betonarbeiten [h/m<sup>3</sup>] nach Plümecke und Kuhne (2008)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge	Brüstungen	Stiegen Podeste
0,56	1,09	1,82	0,51	0,54	0,54	1,63	1,79

#### 4.8.7 Aufwandswerte nach Krause und Ulke (2016)

Die von Krause und Ulke [22, S. 1490-1491] angegebenen Werte für Betonarbeiten sind ident mit jenen von Hoffmann [11, S. 810]. Damit bleiben die mittleren Aufwandswerte nach Bauteilen unverändert und können Tabelle 4.143 entnommen werden.

#### 4.8.8 Aufwandswerte nach Plümecke (2017)

Die Aufwandswerte nach [31] für Betonarbeiten sind den gleichen Bedingungen unterworfen wie die in der früheren Ausgabe [32] genannten Werte. Die mittleren AW werden deshalb analog Abschnitt 4.8.6 ermittelt.

**Fundamente** Das Ergebnis zeigt die Aufwandswerte für Einzel- und Streifenfundamente sowie für Fundamentplatten. Ihr Mittelwert beträgt 0,64 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.152).

**Wände** Für die Ermittlung der Aufwandswerte bei Wänden spielen die Wandstärke eine große Rolle (Tabelle 4.153). Es werden Dicken zwischen 10 und 50 cm untersucht. Der mittlere Aufwandswert für Wände beträgt 0,95 h/m<sup>3</sup>.

**Stützen** Für Stützen ihrem Querschnitte nach unterschieden (Tabelle 4.154). Es ergibt sich ein mittlere AW von 1,68 h/m<sup>3</sup>.

**Tab. 4.152:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Plümecke et al. [31, S. 293-294] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Fundament	$AW^*$ [h/m <sup>3</sup> ]
Einzel- und Streifenfundamente	
Kranbetrieb	0,85
Autobetonpumpe	0,40
Fundamentplatte	
Kranbetrieb	0,86
Autobetonpumpe	0,41
$\overline{AW}$ Einzel- und Streifenfundamente	0,63
$\overline{AW}$ Fundamentplatte	0,64
$\overline{AW}$	<b>0,64</b>

**Tab. 4.153:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Plümecke et al. [31, S. 298] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Dicke [cm]	$AW^*$ [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	10-20	1,46
	20-30	1,10
	30-50	0,87
Betonpumpe	10-20	1,10
	20-30	0,70
	30-50	0,50
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		1,14
$\overline{AW}$ Betonpumpe		0,77
$\overline{AW}$		<b>0,95</b>

**Tab. 4.154:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Plümecke et al. [31, S. 297] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Wand	Querschnitt [cm <sup>2</sup> ]	AW* [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	≤ 400	2,25
	401–1000	1,80
	1001–2500	1,63
Betonpumpe	≤ 400	1,50
	401–1000	1,50
	1001–2500	1,40
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		1,89
$\overline{AW}$ Betonpumpe		1,47
$\overline{AW}$		<b>1,68</b>

**Tab. 4.155:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Plümecke et al. [31, S. 293-294] (\* aggregierte Werte)

Bauteil Decke	Dicke [cm]	AW* [h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	10–20	0,86
	> 20	0,80
Betonpumpe	10–20	0,40
	> 20	0,37
$\overline{AW}$ Kranbetrieb		0,83
$\overline{AW}$ Betonpumpe		0,39
$\overline{AW}$		<b>0,61</b>

**Decken** Es werden Dicke von 10 bis 20 cm und größer als 20 cm berücksichtigt (Tabelle 4.155). Der mittlere Aufwandswert beträgt 0,61 h/m<sup>3</sup> und ist damit im Vergleich zu der früheren Auflage [32] gestiegen.

**Balken und Unterzüge** Der mittlere Aufwandswert für den Kranbetrieb beträgt 0,85 h/m<sup>3</sup> und für den Transport mittels Betonpumpe 0,40 h/m<sup>3</sup>. Insgesamt ergibt sich ein mittlerer Aufwandswert von 0,63 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.156).

**Überzüge und Brüstungen** Für Überzüge wird der gleiche AW von 0,63 h/m<sup>3</sup> wie für Unterzügen angenommen. Für Brüstungen ergibt sich ein Wert von 1,46 h/m<sup>3</sup> (Tabelle 4.157).

**Tab. 4.156:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Balken und Unterzüge nach Plümecke et al. [31, S. 297] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	$AW$
Balken und Unterzüge	[h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb*	0,85
Autobetonpumpe	0,40
$\overline{AW}$	<b>0,63</b>

**Tab. 4.157:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Brüstungen und Überzüge nach Plümecke et al. [31, S. 298] (\* aggregierte Werte)

Bauteil	Dicke	$AW^*$
Brüstungen	[cm]	[h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	≤ 10	2,38
	10–20	1,46
	20–30	1,10
Betonpumpe	≤ 10	1,50
	10–20	1,10
	20–30	0,70
$\overline{AW}$		1,81
$\overline{AW}$		1,10
$\overline{AW}$		<b>1,46</b>

**Stiegen und Podeste** Tabelle 4.158 zeigt die  $AW$  für Stiegenlaufplatten und Stiegenpodestplatten die im Mittel 2,09 h/m<sup>3</sup> betragen.

Tabelle 4.159 stellt die Aufwandswerte für Betonarbeiten gemäß Plümecke et al. [31] nach Bauteil dar.

#### 4.8.9 Aufwandswerte für Betonarbeiten im Überblick

Beton ist ein Baustoff, der aus Zement, Gesteinskörnungen, Wasser und Zusatzstoffen besteht [8]. In dieser Arbeit wurden Herstellung und Transport des Betons nicht berücksichtigt. Zur Ermittlung der Aufwandswerte wurde Beton als Transportbeton angenommen, der auf der Baustelle zur Verfügung steht. Damit muss lediglich die Förderung mittels Krankübel oder Betonpumpe und der Einbau des Betons betrachtet werden. Die mittleren Aufwandswerte wurden in den Abschnitten 4.8.1 bis 4.8.8 ermittelt. Außer für Brüstungen und Überzügen, deren Werte angenommen wurden, konnten der Literatur  $AW$  für alle Bauteile entnommen werden. Abhängig von den zur Verfügung gestellten Abmessungen eines Bauteils wurden die mittleren Aufwandswerte für Kranbetrieb und Betonpumpe errechnet. Anschließend wurde der Gesamtmittelwert dieser zwei Werte gebildet.



**Tab. 4.158:** Aufwandswerte für Betonarbeiten für Stiegen und Podeste nach Plümecke et al. [31, S. 298-299]

Bauteil	AW
Stiegen und Podeste	[h/m <sup>3</sup> ]
Kranbetrieb	
Stiegenlaufplatten mit Stufen	2,75
Stiegenpodestplatten	2,05
Betonpumpe	
Stiegenlaufplatten mit Stufen	2,00
Stiegenpodestplatten	1,50
$\overline{AW}$ Kranbetrieb	2,40
$\overline{AW}$ Betonpumpe	1,78
$\overline{AW}$	<b>2,09</b>

**Tab. 4.159:** Aufwandswerte für Betonarbeiten [h/m<sup>3</sup>] nach Plümecke (2017)

Fundament	Wand	Stütze	Decke	Unterzüge Balken	Überzüge	Brüstungen	Stiegen Podeste
0,64	0,95	1,68	0,61	0,63	0,63	1,46	2,09

Die zusammengefassten Mittelwerte und ihre prozentuelle Veränderungen werden in Tabelle 4.160 dargestellt. Bei allen Bauteilen außer Wände zeigt sich für das Jahr 2017 eine prozentuelle Erhöhung der AW in Bezug auf das Jahr 1977. Wie bei den Schal- und Bewehrungsarbeiten stellen die Daten des Jahres 1977 insofern einen Ausreißer dar, als die AW auffällig niedrig in Bezug auf die nachfolgenden Jahre sind. Verstärkend kommt hinzu, dass Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46] als einziges Werk zusätzlich Krankübel mit einem Fassungsvermögen von 750 L berücksichtigt, was zu niedrigeren AW führt. Im Gegensatz zu den AW des Jahres 1977 zeigen sich für die Jahre 1982 und 1988 deutliche Abweichungen nach oben. Beispielsweise stellt der AW für Wände von 1,75 h/m<sup>3</sup> eine erhebliche Abweichung dar. Relativ geringe Wertebereiche von Bauteilabmessungen wurden definiert, was höhere Aufwandswerte zur Folge hat. Es stellt sich die Frage, wie weit sich die unveränderten Werte in den Jahren 1996, 2002 und 2016 mit der Realität decken.

Durch Abb. 4.5 wird diese Entwicklung grafisch veranschaulicht. Wie in den vorherigen Abschnitten stellen punktierte Linien die Regressionsgeraden dar. Evidenterweise lässt sich feststellen, dass Aufwandswerte für das Betonieren von Bauteilen kleinerer Abmessungen (wie z. B. Stützen) größer sind als jene von größeren Bauteilen. Bei Stützen ist eine Stagnation der Aufwandswerte bemerkbar, was sich dadurch erklären lässt, dass die große Förderleistung von Betonpumpen für kleine Bauteile wie Stützen nicht vollständig ausgenutzt werden kann. Aus der Grafik ist die Tendenz zu einer Reduktion der Aufwandswerte zu erkennen, die ähnlich wie bei Schalarbeiten aussieht. Im Vergleich zu Bewehrungsarbeiten fällt sie jedoch deutlich geringer aus. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die rückläufige Entwicklung der volkswirtschaftlichen Produktivität aus technischer Sicht nicht bestätigen lässt.

Jahr	Fundament		Wand		Stütze		Decke		Unterzüge Balken		Überzüge Brüstungen		Stiegen Podeste	
	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%	AW	%
1977	0,48		1,03		1,58		0,47		0,46		1,39		1,68	
1982	0,97	102,08	1,75	69,90	2,08	31,65	1,00	112,77	1,45	215,22	2,25	61,87	3,20	90,48
1988	1,15	139,58	1,32	28,16	1,67	5,70	1,36	189,36	1,24	169,57	1,39	0,00	2,37	41,07
1996	0,68	41,67	1,02	-0,97	1,80	13,92	0,64	36,17	0,85	84,78	1,24	-10,79	2,03	20,83
2002	0,68	41,67	1,02	-0,97	1,80	13,92	0,64	36,17	0,85	84,78	1,24	-10,79	2,03	20,83
2008	0,56	16,67	1,09	5,83	1,82	15,19	0,51	8,51	0,54	17,39	1,63	17,27	1,79	6,55
2016	0,68	41,67	1,02	-0,97	1,80	13,92	0,64	36,17	0,85	84,78	1,24	-10,79	2,03	20,83
2017	0,64	33,33	0,95	-7,77	1,68	6,33	0,61	29,79	0,63	36,96	1,46	5,04	2,09	24,40

**Tab. 4.160:** Zusammengefasste Aufwandswerte für Betonarbeiten [h/m<sup>3</sup>] und ihre prozentuelle Veränderung gegenüber 1977

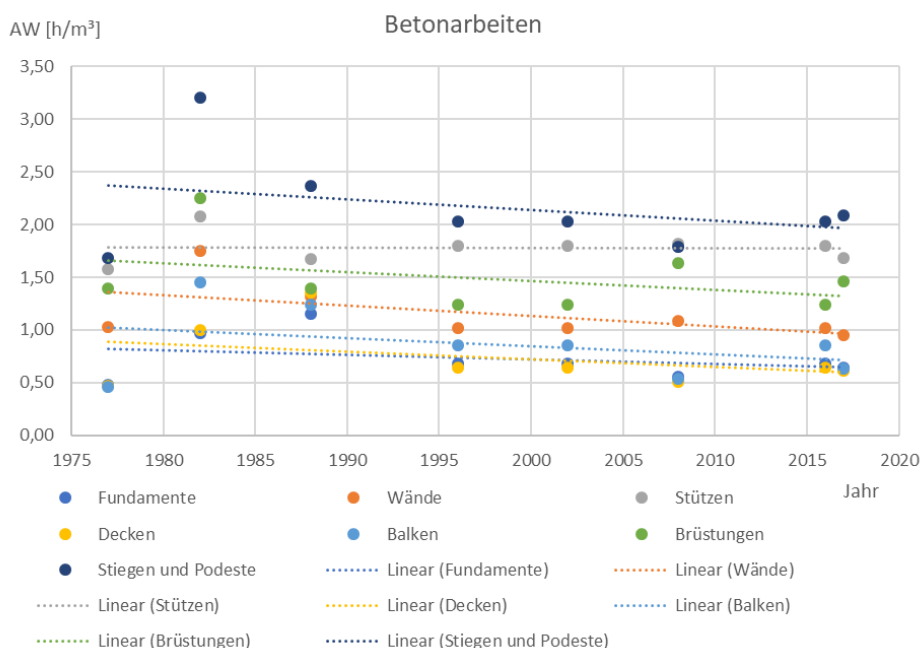


Abb. 4.5: Darstellung der Entwicklung von AW für Betonarbeiten nach Bauteilen

Bis Anfang der 60er Jahre erfolgte die Betonherstellung stets vor Ort mit handbedienten Baustellenmisch- und Wiegeanlagen. Ab den 60er Jahre entstanden die ersten stationären Transportbetonanlagen mit Fahrmischerbetrieb, die heute Baustellen flächendeckend versorgen. Für das Einbringen des Betons in Schalungen erscheint in den 70er Jahren die vollhydraulische Doppelkolbenpumpe. Ebenso machte die Technik von Kränen enorme Fortschritte, die es den Kränen ermöglicht, große Lasten schnell und gefahrlos zu bewegen [21]. Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Betontechnologie führten zu baubetrieblich günstigen Eigenschaften, wie beispielsweise beschleunigtes Erhärten des Betons.

## 4.9 Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten

In diesem Abschnitt werden die ermittelten Aufwandswerte der drei Tätigkeiten Schalen, Bewehren und Betonieren der Nutzung der Bauteile nach mithilfe von drei typischen Wiener Wohnbauprojekten gewichtet. Diese Gewichtung erfolgt beim Schalen und Betonieren aus drei und beim Bewehren aus zwei Projekten.

### 4.9.1 Gewichtung untersuchter Bauteile

Zur Gewichtung werden drei repräsentative Wiener Wohnbauprojekte mit mindestens fünf Stockwerken und Tiefgarage herangezogen. Alle drei Wohnbauten sind mithilfe von Ortbeton hergestellt worden. Für jedes Projekt und jede der drei Tätigkeiten (Schalen, Bewehren und Betonieren) ergibt sich ein prozentueller Anteil für die entsprechenden Bauteile (Tabellen 4.161 bis 4.163).

**Tab. 4.161:** Mengen und Anteile nach Tätigkeiten und Bauteilen aus dem ersten Projekt

Bauteil	Schalen		Bewehren		Betonieren	
	Menge	Anteil	Menge	Anteil	Menge	Anteil
	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[t]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[%]
Fundamente	1219,01	1,05	666,72	31,19	5924,67	30,24
Wände	65 026,83	56,05	607,20	28,40	6751,35	34,46
Stützen	2592,84	2,23	95,27	4,46	304,25	1,55
Decken	42 665,78	36,77	665,76	31,14	5996,93	30,61
Unterzüge und Balken	1513,75	1,30	66,57	3,11	269,96	1,38
Brüstungen	1843,98	1,59	14,95	0,70	147,60	0,75
Stiegen und Podeste	—	1,00	—	1,00	—	1,00
Summe	114 862,19	100,00	2116,47	100,00	19 394,76	100,00

**Tab. 4.162:** Mengen und Anteile nach Tätigkeiten und Bauteilen aus dem zweiten Projekt

Bauteil	Schalen		Bewehren		Betonieren	
	Menge	Anteil	Menge	Anteil	Menge	Anteil
	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[t]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[%]
Fundamente	59,13	0,35	—	—	914,66	20,90
Wände	9058,41	53,41	—	—	1736,94	39,70
Stützen	607,33	3,58	—	—	56,88	1,30
Decken	6776,69	39,95	—	—	1614,74	36,91
Unterzüge und Balken	321,80	1,90	—	—	35,03	0,80
Brüstungen	76,76	0,45	—	—	7,93	0,18
Stiegen und Podeste	61,30	0,36	—	—	9,19	0,21
Summe	16 961,42	100,00	466,72	100,00	4375,37	100,00

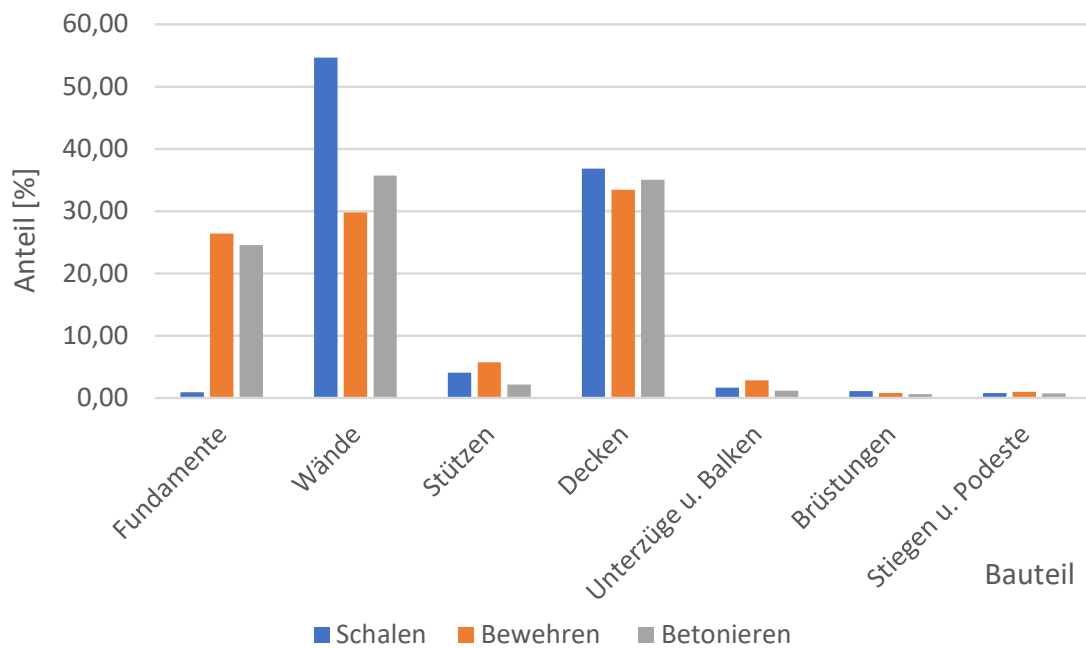
**Tab. 4.163:** Mengen und Anteile nach Tätigkeiten und Bauteilen aus dem dritten Projekt

Bauteil	Schalen		Bewehren		Betonieren	
	Menge	Anteil	Menge	Anteil	Menge	Anteil
	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[t]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[%]
Fundamente	1792,63	22,54	564,70	1,39	207,40	21,56
Wände	2628,63	33,06	22 156,25	54,59	300,39	31,23
Stützen	279,22	3,51	2559,11	6,31	67,51	7,02
Decken	2995,91	37,67	13 695,71	33,75	343,45	35,71
Unterzüge und Balken	109,28	1,37	707,51	1,74	24,82	2,58
Brüstungen	67,03	0,84	496,20	1,22	8,68	0,90
Stiegen und Podeste	—	1,00	—	1,00	—	1,00
Summe	40179,48	100,00	952,25	100,00	7872,70	100,00

**Tab. 4.164:** Mittlere Anteile nach Tätigkeiten und Bauteilen

Bauteil	Schalen	Bewehren	Betonieren
	Anteil	Anteil	Anteil
	[%]	[%]	[%]
Fundamente	0,93	26,37	24,56
Wände	54,68	29,82	35,74
Stützen	4,04	5,74	2,12
Decken	36,82	33,42	35,06
Unterzüge und Balken	1,65	2,85	1,18
Brüstungen	1,09	0,80	0,59
Stiegen und Podeste	0,79	1,00	0,74
Summe	100,00	100,00	100,00

Da die Stiegen beim ersten und dritten Projekt als Fertigteilstiegen ausgeführt wurden, stehen für diese Bauteile keine Werte zur Verfügung. Deswegen wird für diese Projekte die Annahme getroffen, dass der Anteil an Stiegen und Podeste 1 % betrage. Aus den errechneten Anteilen ergeben sich über alle Projekte Mittelwerte, die in Tabelle 4.164 angegeben werden. Es ist ersichtlich, dass Wände und Decken die größten Anteile bei allen Tätigkeiten darstellen. Fundamente verursachen einen wesentlichen Anteil der Mengen beim Betonieren und Bewehren. Das Ergebnis ist in Abb. 4.6 visualisiert.



**Abb. 4.6:** Anteile nach Tätigkeiten und Bauteilen

Für die drei Tätigkeiten werden mithilfe der errechneten Anteile ein über alle Bauteile aggregierter Wert für die untersuchten Jahre ermittelt. Die Gewichte für die Bauteile werden zeitlich konstant angenommen. Für eine Tätigkeit  $t$  im Jahre  $i$  ergibt sich der gewichtete Aufwandswert

$$\widetilde{AW}_{t,i} = \sum_{b \in B} p_{t,b} \cdot \overline{AW}_{i,b}. \quad (4.1)$$

In der obigen Beziehung stellt  $B$  die Menge aller Bauteile,  $p_{t,b}$  der Anteil einer Tätigkeit gemäß Tabelle 4.164 und  $\overline{AW}_{i,b}$  die mittleren Aufwandswerte aus den Tabellen 4.60, 4.112 und 4.160 dar.

Für Schalarbeiten im Jahre 1977 ergibt sich aus Gleichung (4.1) beispielsweise der mittlere, gewichtete Aufwandswert

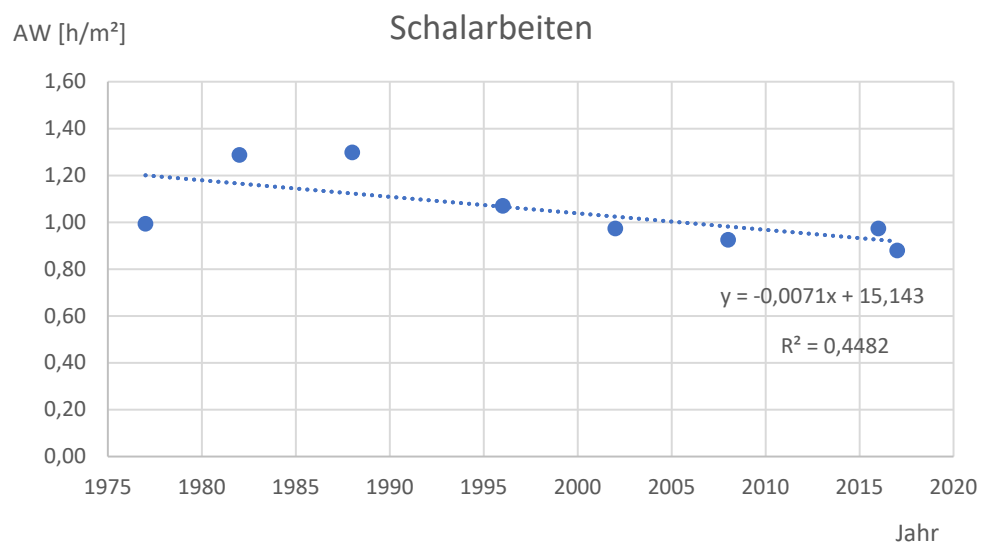
$$\begin{aligned} \widetilde{AW}_{\text{Schalung},1977} &= \frac{0,93}{100} \cdot 1,03 \text{ h/m}^2 + \frac{54,68}{100} \cdot 1,03 \text{ h/m}^2 + \frac{4,04}{100} \cdot 1,58 \text{ h/m}^2 + \frac{36,82}{100} \cdot 0,81 \text{ h/m}^2 \\ &\quad + \frac{1,65}{100} \cdot 1,67 \text{ h/m}^2 + \frac{1,09}{100} \cdot 1,19 \text{ h/m}^2 + \frac{0,79}{100} \cdot 2,32 \text{ h/m}^2 \\ &= 0,99 \text{ h/m}^2. \end{aligned}$$

In Tabelle 4.165 sind die gewichteten AW angegeben. Im Folgenden werden die zeitliche Entwicklung der gewichteten AW für jede der drei Tätigkeiten grafisch dargestellt und mithilfe eines linearen Modells untersucht.

**Schalarbeiten** Abb. 4.7 zeigt dies für Schalarbeiten. Durch lineare Regression zeigt sich für Schalarbeiten eine Aufwandsenkung von  $0,0071 \text{ h}/(\text{m}^2 \text{ a})$  oder  $0,42 \text{ min}/(\text{m}^2 \text{ a})$ , was eine Steigerung der Produktivität bedeutet. Damit ergibt sich aus der Regression eine Veränderung von  $23,40 \%$  für die Jahre 1977 bis 2017.  $R^2$  ist ein statistisches Maß, das zeigt, wie nahe die Daten

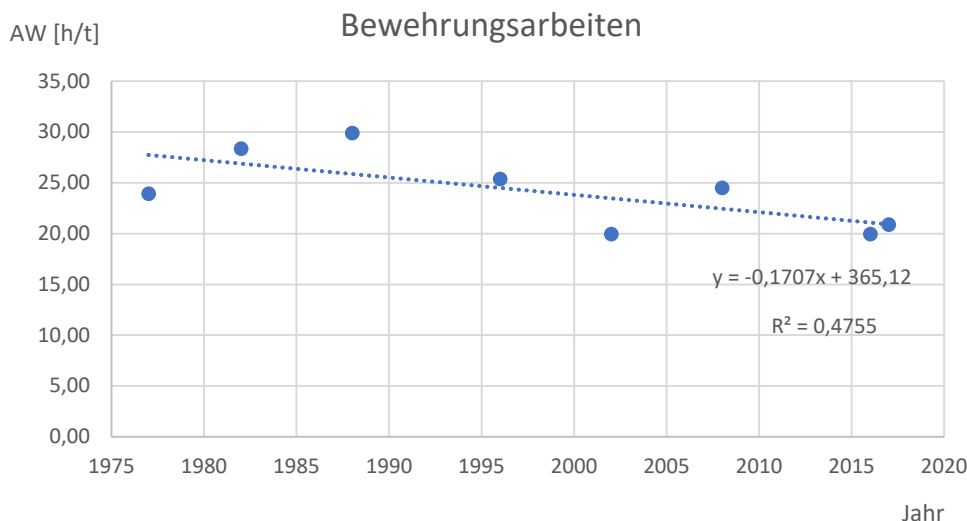
**Tab. 4.165:** Die gewichteten AW

Jahr	Schalarbeiten [h/m <sup>2</sup> ]	Bewehrungsarbeiten [h/t]	Betonarbeiten [h/m <sup>3</sup> ]
1977	0,99	24,0	0,71
1982	1,29	28,4	1,31
1988	1,30	29,9	1,31
1996	1,07	25,4	0,83
2002	0,97	20,0	0,83
2008	0,93	24,5	0,77
2016	0,97	20,0	0,83
2017	0,88	20,9	0,78

**Abb. 4.7:** Grafische Darstellung der Entwicklung der AW für Schalarbeiten

an der angepassten Regressionsgeraden liegen. Je näher der Wert von  $R^2$  bei 1 liegt, desto besser eignet sich lineare Regression als Modell zur Beschreibung der Daten. Ein niedriges  $R^2$  deutet nicht auf fehlerhafte Daten hin, sondern ist ein Anzeichen für schlechte Eignung eines linearen Modells zur Vorhersage. Für Schalarbeiten ergibt sich  $R^2 = 0,45$ .

**Bewehrungsarbeiten** Abb. 4.8 veranschaulicht die zeitliche Entwicklung der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten. In der Grafik ist ein Trend zu sinkenden AW zu sehen. Durch lineare Regres-

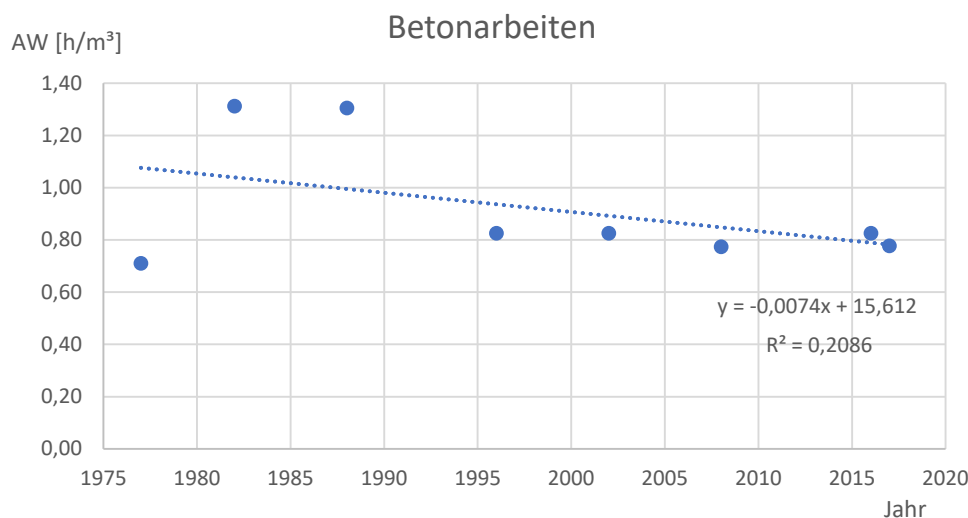


**Abb. 4.8:** Grafische Darstellung der Entwicklung der AW für Bewehrungsarbeiten

sion zeigt sich eine Verringerung der Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten von  $0,1707 \text{ h}/(\text{t a})$  oder  $10,24 \text{ min}/(\text{t a})$ . Damit ergibt sich aus der Regression eine Veränderung von  $24,70\%$  für die Jahre 1977 bis 2017. Im Vergleich zu Schalarbeiten ist eine höhere Reduktion der AW ersichtlich. Dieses Modell zeigt einen ähnlichen Wert von  $R^2 = 0,48$  wie bei Schalarbeiten. Eine genaue statistische Vorhersage für die weitere Entwicklung von Aufwandswerten ist ebenso schwierig zu treffen.

**Betonarbeiten** In Abb. 4.9 ist zu beobachten, dass die Aufwandswerte für Betonarbeiten in den letzten 20 Jahren stagnieren. Auffällig sind zudem die starken Abweichungen der Aufwandswerte für Betonarbeiten nach dem [46] für das Jahr 1977. Die Werte sind erheblich niedriger als die in späteren Jahren genannten Werte. Der Grund dafür könnte eine detaillierte Berücksichtigung vieler verschiedener Parameter sein. Für ein lineares Modell gibt sich für Betonarbeiten eine Aufwandssenkung von  $0,0074 \text{ h}/(\text{m}^3 \text{ a})$  oder  $0,44 \text{ min}/(\text{m}^3 \text{ a})$ . Damit ergibt sich aus der Regression eine Veränderung von  $27,13\%$  für die Jahre 1977 bis 2017. Im Vergleich zu Schal- und Bewehrungsarbeiten ist die prozentuelle Reduktion der AW am höchsten. In Bezug auf die anderen Teiltätigkeiten ist  $R^2 = 0,21$  hier am niedrigsten. Daher ist die Aussagekraft eines linearen Modells der AW für Betonarbeiten geringer als bei den anderen beiden Tätigkeiten. Der geringe Wert von  $R^2$  ist maßgeblich dem Ausreißer für das Jahr 1977 geschuldet.





**Abb. 4.9:** Grafische Darstellung der Entwicklung der AW für Betonarbeiten

#### 4.9.2 Ermittlung und Analyse des Gesamtaufwandswertes für Stahlbetonarbeiten

In diesem Abschnitt werden die gewichteten Aufwandswerte der einzelnen Tätigkeiten zur Ermittlung von Aufwandswerten für Stahlbetonarbeiten herangezogen.

**Gesamtaufwandswert** In der Phase der Grobplanung werden unter Berücksichtigung des Schalungs- und Bewehrungsgrads die spezifische Aufwandswerte für das Schalen, Bewehren und Betonieren zu einem gesamten Aufwandswert zusammengefasst. Der Gesamtaufwandswert gibt den Aufwand an Lohnstunden pro Kubikmeter in eingebauten Beton an und ist der Durchschnittswert für die gesamten Stahlbetonarbeiten eines Bauwerks oder einer Bauteilgruppe. Der Gesamtaufwandswert ergibt sich mit [18, S. 302,303]

$$AW_{STB} = AW_{S,MW} \cdot s_g + AW_{BW,MW} \cdot bw_g + AW_{BT,MW}, \quad (4.2)$$

wobei  $AW_{STB}$  den Aufwandswert für Stahlbetonarbeiten [h/m<sup>3</sup>],  $AW_{S,MW}$  den Mittelaufwandswert für Schalarbeiten [h/m<sup>2</sup>],  $AW_{BW,MW}$  den Mittelaufwandswert für Bewehrungsarbeiten [h/t],  $AW_{BT,MW}$  den Mittelaufwandswert für Betonarbeiten [h/m<sup>3</sup>],  $s_g$  den Schalungsgrad [m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>] und  $bw_g$  den Bewehrungsgrad [t/m<sup>3</sup>] bezeichnen.

**Schalungsgrad** Der Schalungsgrad für das Gesamtbauwerk ergibt sich als Verhältnis zwischen der Gesamtmenge der Schal- und Betonarbeiten. Die Mengen der können den Tabellen 4.161, 4.162 und 4.163 entnommen werden. Für die drei Projekte ergibt sich ein mittlerer Schalungsgrad von  $s_g = 4,97 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .

**Bewehrungsgrad** Der Bewehrungsgrad ergibt sich als Verhältnis zwischen der Gesamtmenge der Bewehrungs- und der Betonarbeiten. Der mittlere Bewehrungsgrad beträgt  $bw_g = 0,12 \text{ t}/\text{m}^3$ .

**Tab. 4.166:** Zusammengefasste Mittelaufwandswerte für Stahlbetonarbeiten [ $\text{h}/\text{m}^3$ ] und ihre prozentuelle Veränderung

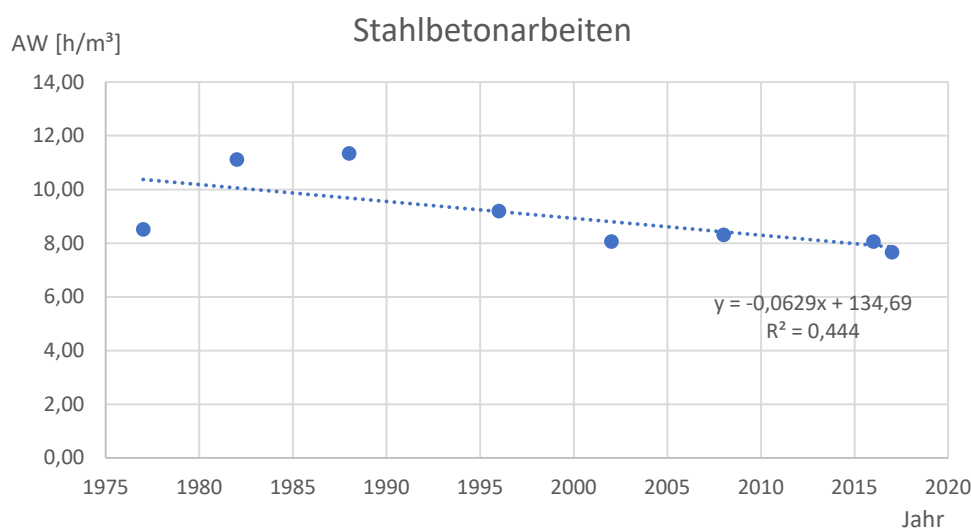
Verfasser	Jahr	$AW_{\text{STB}}$	%
Zentralverband Deutsches Baugewerbe (1977) [46]	1977	8,523	
Schub und Meyran (1982) [35]	1982	11,115	30,41
Olesen (1988) [29]	1988	11,347	33,13
Hoffmann und Kremer (1996) [15]	1996	9,196	7,89
Hoffmann (2002) [11]	2002	8,060	-5,44
Plümecke und Kuhne (2008) [32]	2008	8,316	-2,42
Krause und Ulke (2016) [22]	2016	8,060	-5,44
Plümecke et al. (2017) [31]	2017	7,661	-10,11

Mithilfe des Schalungs- und Bewehrungsgrads und den gewichteten AW (Tabelle 4.165) lässt sich schließlich ein Gesamtaufwandswert berechnen. Für das Jahr 1977 ergibt sich beispielsweise ein Gesamtaufwandswert von

$$\begin{aligned}
 AW_{\text{STB},1977} &= 0,994 \text{ h}/\text{m}^2 \cdot 4,97 \text{ m}^2/\text{m}^3 + 23,948 \text{ h}/\text{t} \cdot 0,12 \text{ t}/\text{m}^3 + 0,710 \text{ h}/\text{m}^3 \\
 &= 8,523 \text{ h}/\text{m}^3.
 \end{aligned}
 \tag{4.3}$$

Tabelle 4.166 gibt einen Überblick über die mittleren Gesamtaufwandswerte der betrachteten Werke im Zeitraum von 1975 bis heute. Nach Plümecke et al. [31] ergibt sich für 2017 der niedrigsten Aufwandswert für Stahlbetonarbeiten im untersuchten Zeitraum dar. Der AW beläuft sich auf  $7,661 \text{ h}/\text{m}^3$ . Gemäß Olesen [29] ist der AW von  $11,347 \text{ h}/\text{m}^3$  im Jahr 1988 am höchsten. Der Gesamtaufwandswert für Stahlbetonarbeiten ist für 2017 um cirka 10 % niedriger als der Wert für 1977.

In Abb. 4.10 wird eine Entwicklung der Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten in der letzten 40 Jahren durch lineare Regression dargestellt. Die gewählte Methodik ergibt für ein lineares Modell eine Reduktion des Aufwandswertes von  $0,0629 \text{ h}/(\text{m}^3 \text{ a})$  oder  $3,77 \text{ min}/(\text{m}^3 \text{ a})$ . Aus der Regression ergibt sich für die Jahre 1977 bis 2017 eine Veränderung von 24,34 %. Damit lässt sich feststellen, dass die Produktivität für Stahlbetonarbeiten im Laufe der Zeit gestiegen ist. Aufgrund des geringen Wertes von  $R^2 = 0,444$  ist das lineare Modell für die vorliegenden Daten aber nur bedingt geeignet. Eine wesentliche Rolle spielt dabei der geringe AW für das 1977. Zusammenfassend lässt sich jedoch sagen, dass es starke Anzeichen für eine Steigerung der Produktivität auf betrieblicher Ebene gibt. In dieser Stelle sei auch nochmals erwähnt, dass sich die aus der Literatur ermittelten AW durch eine Mittelung aus Wertebereichen und vielen Prozessparametern errechnet wurden. Sowohl die Gewichte einzelner Bauteile als auch der Schalungs- und Bewehrungsgrad aus den Daten von drei ähnlichen Wiener Wohnbauprojekten errechnet wurden.



**Abb. 4.10:** Grafische Darstellung der Ermittlung der AW für Stahlbetonarbeiten über die Jahre

## 4.10 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird angenommen, dass sich Stahlbetonarbeiten aus den Teiltätigkeiten Schalen, Bewehren und Betonieren zusammensetzen. In den Abschnitten 4.3, 4.5 und 4.7 werden die Grundlagen zu diesen Tätigkeiten herausgearbeitet.

Anhand von Aufwandswerten aus der Literatur werden mithilfe der in Abschnitt 4.1 vorgestellten Methodik Aufwandswerte für die drei genannten Teiltätigkeiten errechnet. Unter Annahme eines linearen Modells konnte bei allen Teiltätigkeiten eine Reduktion der Aufwandswerte festgestellt werden (Abschnitte 4.4, 4.6 und 4.8). Aus den AW der Teiltätigkeiten wurde anschließend ein Gesamtaufandswert für Stahlbetonarbeiten abgeleitet (Abschnitt 4.9). Da sich Stahlbetonarbeiten aus den erwähnten Teiltätigkeiten zusammensetzen, ergibt sich für Stahlbetonarbeiten ein sinkender Gesamtaufandswert. Alles in allem lässt sich feststellen, dass die Entwicklung der technischen Produktivität bei Stahlbetonarbeiten der Entwicklung der volkswirtschaftlichen Produktivität widerspricht. Die technische Produktivität steigt und die volkswirtschaftliche stagniert oder sinkt sogar.



# Kapitel 5

## Zusammenfassung

In diesem Kapitel werden die vier zu Beginn gestellten Forschungsfragen beantwortet und die gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Entwicklung der Produktivität zusammengefasst.

### 5.1 Beantwortung der Forschungsfragen

**Welche Kenngrößen können prinzipiell als Indikator für Produktivität im Baubetrieb herangezogen werden und wie haben sie sich zeitlich entwickelt?**

Produktivität ist allgemein als Quotient zwischen Output und Input definiert. Im Speziellen kann Produktivität auf volkswirtschaftlicher oder betriebswirtschaftlicher Ebene betrachtet werden. Volkswirtschaftlich stellt sich die Produktivität als Quotient zwischen Wertschöpfung und Arbeit dar. Betriebswirtschaftlich lässt sich Produktivität in technische, betriebswirtschaftliche und marktwirtschaftliche Produktivität unterscheiden. Die Begriffe werden in Kapitel 2 erläutert. Als Indikator für die technische Produktivität in der Bauwirtschaft wurden der Aufwands- und Leistungswert identifiziert. Sie ergeben sich als spezifische Werte für bauwirtschaftliche Sparten oder bestimmte Bauteile. Ihre Größenordnung kann durch Erfahrungswerte, Richtwertetabellen, Berichtswesen oder Kalkulationshandbücher bestimmt werden.

Die zeitliche Entwicklung der Produktivität auf einer volkswirtschaftlichen Ebene wird in Kapitel 3 betrachtet. Für die Jahren 1964 bis 1974 belegt die Literatur der österreichischen Bauwirtschaft große Produktivitätssteigerung, die sich auf eine zunehmende Mechanisierung und Automatisierung sowie einen verstärkten Einsatz von Fertigteilen zurückführen lässt. Im Zeitraum von 1975 bis 1981 stagnierte der Produktivitätszuwachs aufgrund nachlassender Investitionstätigkeiten in der Bauwirtschaft. In den Jahren 1979 bis 2003 wurde in Österreich eine jährliche Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität von 2,43 % erzielt. Eine weitere Untersuchung zeigt eine die letzten 25 Jahre stagnierende oder sogar sinkende Produktivität der österreichischen Bauwirtschaft.

Zur Untersuchung der zeitlichen Entwicklung auf betriebswirtschaftlicher Ebene fokussiert die Arbeit auf die technische Produktivität. Konkret wird dabei die zeitliche Entwicklung von Aufwandswerten für Stahlbetonarbeiten untersucht. Dies ist Gegenstand der folgenden beiden Forschungsfragen.

### **Mit welcher Methodik kann ein Gesamtaufwandswert für Stahlbetonarbeiten ermittelt werden?**

Eine Methodik zu Ermittlung eines Gesamtaufwandswertes für Stahlbetonarbeiten wird in Abschnitt 4.1 beschrieben und in Abb. 4.1 grafisch dargestellt. Es wird angenommen, dass Stahlbetonarbeiten aus den drei Teiltätigkeiten Schalen, Bewehren und Betonieren bestehen. Aufwandswerte werden für eine definierte Auswahl von Bauteilen einer Vielzahl an Literaturquellen entnommen, die in Abschnitt 4.2 beschrieben werden. Aufwandswerte werden durch Mittelwertbildung über Wertebereiche und Prozessparameter zu einem Aufwandswert eines Bauteils aggregiert (Abschnitte 4.4, 4.6 und 4.8). Aus den so ermittelten AW werden durch Gewichtung nach Anteilen der Bauteile Aufwandswert für jede der drei Tätigkeiten berechnet (Abschnitt 4.9). Die Gewichte werden aus der Untersuchung dreier Leistungsverzeichnisse abgeleitet. Mithilfe des Schalungs- und Bewehrungsgrades, die ebenfalls den LV entnommen werden, wird aus den AW der drei Tätigkeiten ein Gesamtaufwandswert für Stahlbetonarbeiten gewonnen.

### **Wie hat sich der Gesamtaufwandswert für Stahlbetonarbeiten in den letzten 40 Jahren entwickelt?**

Die zeitliche Entwicklung der drei Teiltätigkeiten Schalen, Bewehren und Betonieren ist in den Abbildungen 4.7, 4.8 und 4.9 dargestellt. Unter Annahme eines linearen Modells ergeben sich sinkende Aufwandswerte bei allen drei Teiltätigkeiten.

Durch die beschriebene Methodik werden die Ergebnisse auf Stahlbetonarbeiten verallgemeinert. Wird ein lineares Modell zugrunde gelegt, zeigt sich ebenfalls die Tendenz zur Reduktion der AW für Stahlbetonarbeiten in den letzten 40 Jahren (Abb. 4.10). Die Reduktionsrate beträgt  $3,8 \text{ min}/(\text{m}^3 \text{ a})$ . In Abschnitt 4.9.2 wird die Ermittlung und Analyse des Gesamtaufwandswertes ausführlich beschrieben. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es starke Indizien dafür gibt, dass die Produktivität aus baubetrieblicher Sicht in den letzten 40 Jahren gestiegen ist.

## **5.2 Zusammenfassung und Ausblick**

Verschiedene Literaturquellen belegen, dass die Bauwirtschaft auf volkswirtschaftlicher Ebene eine geringe oder sinkende Produktivität aufweist. Besonders im Vergleich hinkt die Entwicklung der Produktivität in der Bauwirtschaft jener anderen Branchen hinterher. In dieser Arbeit wurde am Spezialfall von Stahlbetonarbeiten untersucht, ob diese Aussagen auf baubetrieblicher Ebene bestätigt werden können. Als Messgröße der Produktivität wurden Aufwandswerte herangezogen, die der Fachliteratur der letzten 40 Jahre entnommen wurden. Aus den Aufwandswerten für Schalen, Bewehren und Betonieren wurde ein Gesamtaufwandswert für Stahlbetonarbeiten errechnet. Die Ergebnisse wurden tabellarisch und grafisch sowie umfassend analysiert. Bei der Untersuchung zeigte sich, dass die Aufwandswerte in den letzten 40 Jahren gesunken sind, die Produktivität aus baubetrieblicher Sicht damit gestiegen ist.

### **Weiterer Forschungsbedarf**

Aus der Arbeit ist ersichtlich, dass es eine Diskrepanz zwischen volkswirtschaftlichen und baubetrieblichen Betrachtungen gibt. Es stellt sich die Frage, wieso sich die Produktivität auf

volkswirtschaftlicher Ebene über die Zeit nicht oder nur geringfügig verbessert hat. Um die Frage zu beantworten bedarf es weiterer Untersuchungen.

Bei der in der Arbeit dargestellten Methode zur Ermittlung der AW sind einige Schwächen erkennbar, die in Kapitel 4 beschrieben werden. Für eine genauere Ermittlung des Gesamtaufwandswertes für Stahlbetonarbeiten wäre es notwendig, einen mittleren AW einer Tätigkeit und eines Bauteils durch Aggregation über Bauteil- und Prozessparameter zu bestimmen, sondern konkrete Werte aus den Daten von Bauprojekten abzuleiten und erst dann eine Aggregation durchzuführen. Dieser Weg ist händisch im Rahmen einer Diplomarbeit nicht durchführbar.

In dieser Arbeit wurden Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten im deutschsprachigen Raum untersucht. Es wäre notwendig, die Untersuchungen auf Tätigkeiten abseits von Stahlbetonarbeiten zu verallgemeinern und international auszudehnen.

Abschließend stellt sich die Fragen, wie die Produktivität in Bauwirtschaft weiter gesteigert werden kann. Nach Roland Berger [33, S. 8-11] kann durch elektronische Ausschreibung die Vergabe öffentlicher Bauprojekte transparenter und effizienter gestaltet werden. Eine intelligente Baustellenlogistik verspricht eine baubetriebliche Zeitersparnis. Drohnen können beispielsweise größere Baustellen überwachen, deren Baufortschritt feststellen oder den Energieverlust fertiger Gebäude messen. Mit Baurobotern wäre es möglich, die Bauzeit enorm zu verkürzen, die Kosten zu senken und die Qualität der Bauausführung zu steigern. Neuartige Bauverfahren wie der 3D-Drucker versprechen Gebäudeteile nach Vorgaben des 3D-Bauplans noch schneller herzustellen. Durch Digitalisierung der Produktion von Bauzulieferunternehmen wäre eine Optimierung der Wertschöpfungskette realisierbar. Laut McKinsey and Company [26, S. 64-65] kann die Produktivität im Bauwesen um 50 bis 60% gesteigert werden. Maßnahmen umfassen die Optimierung der Genehmigungsprozesse, Änderungen in der Vertragsgestaltung und eine frühzeitige Zusammenarbeit der Projektbeteiligten. Darüber hinaus wird die Optimierung des Beschaffungs- und Lieferkettenmanagements und die Einführung einer strengen integrierten Planung als notwendig erachtet. Ferner wird dem Einsatz neuer Materialien, neuer Technologien wie beispielsweise Building Information Modeling sowie der Neuqualifizierung der Projektbeteiligten großes Potential zur Produktivitätssteigerung beigemessen.

## Abkürzungen

**AG** Arbeitgeber

**AK** Arbeitskraft

**AN** Arbeitnehmer

**ARH** Arbeitszeitrichtwerte für den Hochbau

**AW** Aufwandswert

**AZ** Arbeitszeit

**BRI** Bruttorauminhalt

**BUAK** Bauarbeiter-Urlaubs- und Abfertigungskasse

**EWR** Europäischer Wirtschaftsraum

**GF-Schalung** Großflächenschalung

**LV** Leistungsverzeichnis

**LW** Leistungswert

**MFP** Multifaktorproduktivität

**OECD** Organisation for Economic Co-operation and Development

**ÖNACE 2008** Österreichische Klassifikation der wirtschaftlichen Tätigkeiten

**TFP** totale Faktorproduktivität

**WIFO** Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung



# Abbildungsverzeichnis

2.1	MFP, durchschnittliche jährliche prozentuelle Veränderung, 1990-2009 [1, S. 5]	5
2.2	Zeitliche Entwicklung der Arbeitsproduktivität [17, S. 14]	6
2.3	Zusammensetzung der Gesamtproduktivität [17, S. 31]	7
2.4	Einflüsse auf die Gesamtproduktivität [17, S. 18]	7
2.5	Rationalisierungspotenzial der Gesamtproduktivität [16, S. 22]	9
2.6	Einflüsse auf den Aufwandswert [17, S. 46]	10
2.7	Quellen für die Aufwandswerte [18, S. 309]	11
2.8	Einflüsse auf die Leistung (Leistungswert) [17, S. 45]	12
2.9	Beziehung zwischen Aufwandswert und Produktivität [17, S. 36]	12
2.10	Produktivitätsverluste in Bezug auf Projektphase [17, S. 55]	13
2.11	Beziehung zwischen Bauzeit/Produktivität/Herstellkosten [17, S. 39]	15
2.12	Zeitliche Entwicklung der Anzahl produktiver Arbeitskräfte pro Turmdrehkran [17, S. 125]	15
2.13	Kontrollierte AN auf Unterentlohnung in Österreich [19, S. 6]	16
2.14	Zeitliche Entwicklung von Umsatzerlösen, Beschäftigtenzahlen und den Unternehmen im Hochbau [19, S. 7]	17
3.1	Grafische Darstellung der Entwicklung von Bauproduktion und Beschäftigung im Vergleich zum Bezugsjahr	20
3.2	Mann- und Stundenproduktivität von 1964 bis 1981	22
3.3	Die Entwicklung der Produktivität in der Bauwirtschaft von 1980 bis 1990	23
3.4	Jährliche Wachstumsraten der internationalen Arbeitsproduktivität (1979-2003) [28]	24
3.5	Globale Produktivitätswachstumstrends [26, S. 2]	24
3.6	Wachstum der Bauarbeitsproduktivität („orange“ Länder - positives Produktivitätswachstum) nach McKinsey, 1995-2015 [26, S. 26]	25
3.7	Differenz der Arbeitsproduktivität im Bausektor und in Gesamtwirtschaft [26, S. 24]	27
3.8	Produktivitätsindex nach geleisteter Arbeitsstunde im Vergleich zum Bezugsjahr 2005 [4, S. 6]	27
4.1	Ermittlung des Gesamtaufwandswertes für Stahlbetonarbeiten	30
4.2	Entwicklung des Stundenaufwandes für Schalungen [9, S. 9]	34
4.3	Darstellung der Entwicklung von AW für Schalarbeiten nach Bauteilen	67
4.4	Darstellung der Entwicklung von AW für Schalarbeiten nach Bauteilen	96
4.5	Darstellung der Entwicklung von AW für Betonarbeiten nach Bauteilen	121
4.6	Anteile nach Tätigkeiten und Bauteilen	124
4.7	Grafische Darstellung der Entwicklung der AW für Schalarbeiten	125
4.8	Grafische Darstellung der Entwicklung der AW für Bewehrungsarbeiten	126
4.9	Grafische Darstellung der Entwicklung der AW für Betonarbeiten	127
4.10	Grafische Darstellung der Ermittlung der AW für Stahlbetonarbeiten über die Jahre	129



# Tabellenverzeichnis

3.1	Eine Übersicht über die in diesem Abschnitt behandelten Untersuchungen der Produktivität in der Bauwirtschaft . . . . .	19
3.2	Entwicklung der Bauproduktion und Beschäftigung von 1964 bis 1981 [3, S. 87]	20
3.3	Entwicklung der Produktivität in der Bauwirtschaft von 1964 bis 1981 [3, S. 89]	21
3.4	Vergleich der Arbeitsproduktivität zwischen Ländern [28, S. 598] . . . . .	23
4.1	Verfügbarkeit der Aufwandswerte für Schalarbeiten (* angenommene Werte) . .	34
4.2	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach dem Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.211] (* aggregierte Werte) . . . . .	35
4.3	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Wände nach dem Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.221] (* aggregierte Werte) . . . . .	36
4.4	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach dem Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.231] . . . . .	37
4.5	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Decken nach dem Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.231] . . . . .	37
4.6	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Balken und Unterzüge nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.241] (* aggregierte Werte) . . . . .	38
4.7	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Überzüge und Brüstungen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, S. 3.221] (* aggregierte Werte) . . . . .	38
4.8	Aufwandswerte für Schalarbeiten [h/m <sup>2</sup> ] aus ARH-Tabellen (1977) . . . . .	39
4.9	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Schub und Meyran [35, S. 71] . . . . .	39
4.10	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Schub und Meyran [35, S. 71]	40
4.11	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Schub und Meyran [35, S. 71]	40
4.12	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Schub und Meyran [35, S. 71-72]	40
4.13	Aufwandswerte für Schalarbeiten [h/m <sup>2</sup> ] nach Schub und Meyran (1982) (* Abschätzung) . . . . .	41
4.14	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Olesen [29, S. 408-415] .	42
4.15	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Olesen [29, S. 416-417] . . . .	43
4.16	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Olesen [29, S. 426-428] . . .	43
4.17	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Olesen [29, S. 433-434] . . .	45
4.18	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Balken und Unterzüge nach Olesen [29, S. 430-431] . . . . .	46
4.19	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Überzüge nach Olesen [29, S. 431] . . . . .	46
4.20	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Brüstungen nach Olesen [29, S. 425] . . .	46
4.21	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Stiegen und Podeste nach Olesen [29, S. 439-440] . . . . .	47
4.22	Aufwandswerte für Schalarbeiten [h/m <sup>2</sup> ] nach Olesen (1988) . . . . .	47
4.23	Aufwandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Hoffmann und Kremer [15, S. 676] . . . . .	48

4.24	Aufandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Hoffmann und Kremer [15, S. 676] . . . . .	49
4.25	Aufandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677] . . . . .	49
4.26	Aufandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Hoffmann und Kremer [15, S. 676] . . . . .	50
4.27	Aufandswerte für Schalarbeiten für Balken und Unterzüge nach Hoffmann und Kremer [15, S. 676] . . . . .	51
4.28	Aufandswerte für Schalarbeiten für Überzüge und Brüstungen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 676] . . . . .	51
4.29	Aufandswerte für Schalarbeiten für Stiegen und Podeste nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677] . . . . .	52
4.30	Aufandswerte für Schalarbeiten [h/m <sup>2</sup> ] nach Hoffmann und Kremer (1996) . .	52
4.31	Aufandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Hoffmann [11, S. 808] .	52
4.32	Aufandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Hoffmann [11, S. 808] . . . .	53
4.33	Aufandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Hoffmann [11, S. 809] . . . .	54
4.34	Aufandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Hoffmann [11, S. 808] . . . .	55
4.35	Aufandswerte für Schalarbeiten für Balken und Unterzüge nach Hoffmann [11, S. 808] . . . . .	55
4.36	Aufandswerte für Schalarbeiten für Überzüge und Brüstungen nach Hoffmann [11, S. 809] . . . . .	56
4.37	Aufandswerte für Schalarbeiten für Stiegen und Podeste nach Hoffmann [11, S. 809] . . . . .	56
4.38	Aufandswerte für Schalarbeiten [h/m <sup>2</sup> ] nach Hoffmann (2002) . . . . .	57
4.39	Aufandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Plümecke und Kuhne [32, S. 316-317] . . . . .	57
4.40	Aufandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Plümecke und Kuhne [32, S. 316-320] (* aggregierte Werte) . . . . .	58
4.41	Aufandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Plümecke und Kuhne [32, S. 323-325] . . . . .	59
4.42	Aufandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Plümecke und Kuhne [32, S. 329] . . . . .	59
4.43	Aufandswerte für Schalarbeiten für Balken nach Plümecke und Kuhne [32, S. 328]	59
4.44	Aufandswerte für Schalarbeiten für Unterzüge nach Plümecke und Kuhne [32, S. 327-328] . . . . .	60
4.45	Aufandswerte für Schalarbeiten für Überzüge nach Plümecke und Kuhne [32, S. 326] . . . . .	60
4.46	Aufandswerte für Schalarbeiten für Brüstungen nach Plümecke und Kuhne [32, S. 323] . . . . .	61
4.47	Aufandswerte für Schalarbeiten für Stiegen und Podeste nach Plümecke und Kuhne [32, S. 331-333] . . . . .	61
4.48	Aufandswerte für Schalarbeiten [h/m <sup>2</sup> ] nach Plümecke (2008) . . . . .	61
4.49	Aufandswerte für Schalarbeiten [h/m <sup>2</sup> ] nach Krause und Ulke (2016) . . . . .	62
4.50	Aufandswerte für Schalarbeiten für Fundamente nach Plümecke et al. [31, S. 302-303] . . . . .	62
4.51	Aufandswerte für Schalarbeiten für Wände nach Plümecke et al. [31, S. 304-305] (* aggregierte Werte) . . . . .	63
4.52	Aufandswerte für Schalarbeiten für Stützen nach Plümecke et al. [31, S. 308-309]	63
4.53	Aufandswerte für Schalarbeiten für Decken nach Plümecke et al. [31, S. 313] .	64

4.54	Aufandswerte für Schalarbeiten für Balken nach Plümecke et al. [31, S. 312]	64
4.55	Aufandswerte für Schalarbeiten für Unterzüge nach Plümecke et al. [31, S. 311-312]	65
4.56	Aufandswerte für Schalarbeiten für Überzüge nach Plümecke et al. [31, S. 310]	65
4.57	Aufandswerte für Schalarbeiten für Brüstungen nach Plümecke et al. [31, S. 307]	65
4.58	Aufandswerte für Schalarbeiten für Stiegen und Podeste nach Plümecke et al. [31, S. 331-333]	66
4.59	Aufandswerte für Schalarbeiten [h/m <sup>2</sup> ] nach Plümecke (2017)	66
4.60	Zusammengefasste Aufandswerte für Schalarbeiten [h/m <sup>2</sup> ] und ihre prozentuelle Veränderung gegenüber 1977	68
4.61	Verfügbarkeit der Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten (* angenommene Werte)	70
4.62	Aufandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (* aggregierte Werte)	71
4.63	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (* aggregierte Werte)	72
4.64	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (* aggregierte Werte)	72
4.65	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (* aggregierte Werte)	72
4.66	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (* aggregierte Werte)	73
4.67	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, A 4.221] (* aggregierte Werte)	73
4.68	Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] aus ARH-Tabellen (1977)	74
4.69	Aufandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Schub und Meyran [35, S. 85-86] (* aggregierte Werte)	74
4.70	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Schub und Meyran [35, S. 85-87] (* aggregierte Werte)	75
4.71	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Schub und Meyran [35, S. 86-87] (* aggregierte Werte)	75
4.72	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Schub und Meyran [35, S. 86]	76
4.73	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Schub und Meyran [35, S. 86-87] (* aggregierte Werte)	76
4.74	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen nach Schub und Meyran [35, S. 86]	77
4.75	Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Schub und Meyran (1982)	77
4.76	Aufandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Olesen [29, S. 397-403] (* aggregierte Werte)	78
4.77	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Olesen [29, S. 398,401-403] (* aggregierte Werte)	78
4.78	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Olesen [29, S. 398-405] (* aggregierte Werte)	79
4.79	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Olesen [29, S. 398,401] (* aggregierte Werte)	79
4.80	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Olesen [29, S. 398-405] (* aggregierte Werte)	80
4.81	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen Olesen [29, S. 398,401] (* aggregierte Werte)	80

4.82	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stiegen und Podesten Olesen [29, S. 398,401] (* aggregierte Werte) . . . . .	80
4.83	Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Olesen (1988) . . . . .	81
4.84	Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677] (* aggregierte Werte) . . . . .	81
4.85	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677] . . . . .	82
4.86	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677] . . . . .	82
4.87	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677] . . . . .	83
4.88	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677] . . . . .	83
4.89	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 677] . . . . .	84
4.90	Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Hoffmann und Kremer (1996)	84
4.91	Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Hoffmann [11, S. 809] (* aggregierte Werte) . . . . .	85
4.92	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Hoffmann [11, S. 809-810] . . . . .	85
4.93	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Hoffmann [11, S. 809-810] . . . . .	86
4.94	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Hoffmann [11, S. 810]	86
4.95	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Hoffmann [11, S. 809-810] . . . . .	87
4.96	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen nach Hoffmann [11, S. 810] . . . . .	87
4.97	Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Hoffmann (2002) . . . . .	87
4.98	Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Plümecke und Kuhne [32, S. 343] (* aggregierte Werte) . . . . .	88
4.99	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Plümecke und Kuhne [32, S. 346,349] (* aggregierte Werte) . . . . .	88
4.100	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Plümecke und Kuhne [32, S. 344,349] (* aggregierte Werte) . . . . .	89
4.101	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Plümecke und Kuhne [32, S. 345] (* aggregierte Werte) . . . . .	89
4.102	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Plümecke und Kuhne [32, S. 344,349] (* aggregierte Werte) . . . . .	90
4.103	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen nach Plümecke und Kuhne [32] (* aggregierte Werte) . . . . .	90
4.104	Aufwandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Plümecke und Kuhne und (2008) . . . . .	90
4.105	Aufwandswerte für Ladearbeiten, Schneiden und Biegen nach Plümecke et al. [31, S. 330] (* aggregierte Werte) . . . . .	91
4.106	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Fundamenten nach Plümecke et al. [31, S. 346,349] (* aggregierte Werte) . . . . .	92
4.107	Aufwandswerte für Verlegen der Bewehrung in Wänden nach Plümecke et al. [31, S. 327,331] (* aggregierte Werte) . . . . .	92

4.108	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Stützen nach Plümecke et al. [31, S. 328] (* aggregierte Werte) . . . . .	93
4.109	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Decken nach Plümecke et al. [31, S. 326,331] (* aggregierte Werte) . . . . .	93
4.110	Aufandswerte für Verlegen der Bewehrung in Balken und Unterzügen Plümecke et al. [31, S. 327] (* aggregierte Werte) . . . . .	94
4.111	Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] nach Plümecke et al. [31] . . . . .	94
4.112	Zusammengefasste Aufandswerte für Bewehrungsarbeiten [h/t] und ihre prozentuelle Veränderung gegenüber 1977 . . . . .	95
4.113	Verfügbarkeit der Aufandswerte für Betonarbeiten (* angenommene Werte) . . . . .	98
4.114	Aufandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.261, 5.263, 5.511] (* aggregierte Werte) . . . . .	98
4.115	Aufandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.262, 5.264, 5.511] (* aggregierte Werte) . . . . .	99
4.116	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.261, 5.263, 5.511] (* aggregierte Werte) . . . . .	99
4.117	Aufandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.261, 5.263, 5.511] (* aggregierte Werte) . . . . .	100
4.118	Aufandswerte für Betonarbeiten für Balken und Unterzüge nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.261, 5.263, 5.511] (* aggregierte Werte) . . . . .	100
4.119	Aufandswerte für Betonarbeiten für Brüstungen nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.262, 5.264, 5.511] (* aggregierte Werte) . . . . .	101
4.120	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stiegen und Podeste nach Zentralverband Deutsches Baugewerbe [46, B 5.262, 5.264, 5.511] (* aggregierte Werte) . . . . .	101
4.121	Aufandswerte für Betonarbeiten [h/m <sup>3</sup> ] aus ARH-Tabellen (1977) . . . . .	101
4.122	Aufandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Schub und Meyran [35, S. 78] (* aggregierte Werte) . . . . .	102
4.123	Aufandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Schub und Meyran [35, S. 78] (* aggregierte Werte) . . . . .	103
4.124	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Schub und Meyran [35, S. 78] (* aggregierte Werte) . . . . .	103
4.125	Aufandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Schub und Meyran [35, S. 78] (* aggregierte Werte) . . . . .	103
4.126	Aufandswerte für Betonarbeiten für Brüstungen nach Schub und Meyran [35, S. 78] (* aggregierte Werte) . . . . .	103
4.127	Aufandswerte für Betonarbeiten [h/m <sup>3</sup> ] nach Schub und Meyran (1982) . . . . .	104
4.128	Aufandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Olesen [29, S. 355-356] (* aggregierte Werte) . . . . .	104
4.129	Aufandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Olesen [29, S. 356-357] (* aggregierte Werte) . . . . .	105
4.130	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Olesen [29, S. 358] (* aggregierte Werte) . . . . .	105
4.131	Aufandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Olesen [29, S. 359-360] (* aggregierte Werte) . . . . .	106
4.132	Aufandswerte für Betonarbeiten für Balken und Unterzüge nach Olesen [29] (* aggregierte Werte) . . . . .	106
4.133	Aufandswerte für Betonarbeiten für Überzüge nach Olesen [29, S. 359] (* aggregierte Werte) . . . . .	107

4.134	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stiegen und Podeste nach Olesen [29, S. 360] (* aggregierte Werte) . . . . .	107
4.135	Aufandswerte für Betonarbeiten [h/m <sup>3</sup> ] nach Olesen (1988) . . . . .	107
4.136	Aufandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678] . . . . .	108
4.137	Aufandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678] . . . . .	108
4.138	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678] . . . . .	109
4.139	Aufandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678] . . . . .	109
4.140	Aufandswerte für Betonarbeiten für Balken und Unterzüge nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678] . . . . .	110
4.141	Aufandswerte für Betonarbeiten für Brüstungen nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678] . . . . .	110
4.142	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stiegen und Podeste nach Hoffmann und Kremer [15, S. 678] . . . . .	111
4.143	Aufandswerte für Betonarbeiten [h/m <sup>3</sup> ] nach Hoffmann und Kremer (1996) . . . . .	111
4.144	Aufandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Plümecke und Kuhne [32, S. 306-307] (* aggregierte Werte) . . . . .	112
4.145	Aufandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Plümecke und Kuhne [32, S. 312] (* aggregierte Werte) . . . . .	112
4.146	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Plümecke und Kuhne [32, S. 311] (* aggregierte Werte) . . . . .	113
4.147	Aufandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Plümecke und Kuhne [32, S. 307] (* aggregierte Werte) . . . . .	113
4.148	Aufandswerte für Betonarbeiten für Balken und Unterzüge nach Plümecke und Kuhne [32, S. 310] (* aggregierte Werte) . . . . .	114
4.149	Aufandswerte für Betonarbeiten für Brüstungen und Überzüge nach Plümecke und Kuhne [32, S. 312] (* aggregierte Werte) . . . . .	114
4.150	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stiegen und Podeste nach Plümecke und Kuhne [32, S. 313] . . . . .	115
4.151	Aufandswerte für Betonarbeiten [h/m <sup>3</sup> ] nach Plümecke und Kuhne (2008) . . . . .	115
4.152	Aufandswerte für Betonarbeiten für Fundamente nach Plümecke et al. [31, S. 293-294] (* aggregierte Werte) . . . . .	116
4.153	Aufandswerte für Betonarbeiten für Wände nach Plümecke et al. [31, S. 298] (* aggregierte Werte) . . . . .	116
4.154	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stützen nach Plümecke et al. [31, S. 297] (* aggregierte Werte) . . . . .	117
4.155	Aufandswerte für Betonarbeiten für Decken nach Plümecke et al. [31, S. 293-294] (* aggregierte Werte) . . . . .	117
4.156	Aufandswerte für Betonarbeiten für Balken und Unterzüge nach Plümecke et al. [31, S. 297] (* aggregierte Werte) . . . . .	118
4.157	Aufandswerte für Betonarbeiten für Brüstungen und Überzüge nach Plümecke et al. [31, S. 298] (* aggregierte Werte) . . . . .	118
4.158	Aufandswerte für Betonarbeiten für Stiegen und Podeste nach Plümecke et al. [31, S. 298-299] . . . . .	119
4.159	Aufandswerte für Betonarbeiten [h/m <sup>3</sup> ] nach Plümecke (2017) . . . . .	119



---

4.160	Zusammengefasste Aufwandswerte für Betonarbeiten [h/m <sup>3</sup> ] und ihre prozentuelle Veränderung gegenüber 1977 . . . . .	120
4.161	Mengen und Anteile nach Tätigkeiten und Bauteilen aus dem ersten Projekt . .	122
4.162	Mengen und Anteile nach Tätigkeiten und Bauteilen aus dem zweiten Projekt .	122
4.163	Mengen und Anteile nach Tätigkeiten und Bauteilen aus dem dritten Projekt .	123
4.164	Mittlere Anteile nach Tätigkeiten und Bauteilen . . . . .	123
4.165	Die gewichteten AW . . . . .	125
4.166	Zusammengefasste Mittelaufwandswerte für Stahlbetonarbeiten [h/m <sup>3</sup> ] und ihre prozentuelle Veränderung . . . . .	128



# Literaturverzeichnis

- [1] B. Arnaud, J. Dupont, S.-H. Koh, P. Schreyer und O. S. Directorate. „Measuring Multi-Factor Productivity by Industry. Methodology and First Results from the OECD Productivity Database“. In: *The Statistics Newsletter for the extended OECD statistical network* 54 (Dez. 2011). URL: <https://www.oecd.org/sdd/49230023.pdf>.
- [2] F. Buhse. *sirAdos Kalkulationsatlas 2014 für Roh- und Ausbau im Neubau*. 4. Aufl. WEKA Praxislösungen. Kissing: WEKA MEDIA, 2014. ISBN: 9783811100510.
- [3] M. Czerny-Zinegger. *Beschäftigungs- und Produktivitätsentwicklung in der Bauwirtschaft*. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Jan. 1982. URL: [https://www.wifo.ac.at/bibliothek/archiv/MOBE/1982Heft02\\_087\\_092.pdf](https://www.wifo.ac.at/bibliothek/archiv/MOBE/1982Heft02_087_092.pdf) (Zugriff am 27. 03. 2018).
- [4] Czipin Consulting. *Produktivitätsstudie 2013*. 20. Feb. 2013. URL: <http://www.lebensart.at/images/doku/produktivitaetsstudiecirclefeb13v12.pdf> (Zugriff am 05. 04. 2018).
- [5] T. Delapina. *Produktivitätsentwicklung nach Wirtschaftsklassen — ein Vergleich kleiner, offener Volkswirtschaften*. 1993. URL: [http://wug.akwien.at/WUG\\_Archiv/1993\\_19\\_1/1993\\_19\\_1\\_0029.pdf](http://wug.akwien.at/WUG_Archiv/1993_19_1/1993_19_1_0029.pdf) (Zugriff am 27. 03. 2018).
- [6] G. Drees und T. Kurz. *Aufwandstabeln von Lohn und Gerätestunden im Ingenieurbau zur Kalkulation angemessener Baupreise*. Wiesbaden: Bauverl., 1979. ISBN: 3762509433.
- [7] H. D. Fleischmann. *Angebotskalkulation mit Richtwerten*. 3. Aufl. Düsseldorf: Werner, 1999. ISBN: 3804115950.
- [8] G. Goger. *Grundlagen des Baubetriebs. Studienblätter zur Vorlesung*. 2018.
- [9] F. H. Hoffmann, C. Motzko und B. Corsten. *Aufwand und Kosten zeitgemäßer Schalverfahren. Kalkulation, Arbeitsvorbereitung, Ausführung, Nachkalkulation*. 3. Aufl. Neu-Isenburg: Zeittechnik-Verl., 2012, S. 120. ISBN: 9783939216117.
- [10] M. Hoffmann. *Zahlentafeln für den Baubetrieb*. 5. Aufl. Stuttgart: Teubner, 1999. ISBN: 3519452200.
- [11] M. Hoffmann, Hrsg. *Zahlentafeln für den Baubetrieb*. 6. Aufl. Lehrbuch. Stuttgart: Teubner, 2002. ISBN: 3519552205.
- [12] M. Hoffmann, Hrsg. *Zahlentafeln für den Baubetrieb*. 7. Aufl. Stuttgart: Teubner, 2006. ISBN: 351965220X.
- [13] M. Hoffmann und T. Krause, Hrsg. *Zahlentafeln für den Baubetrieb*. 8. Aufl. Praxis. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2011. ISBN: 9783834809346.
- [14] M. Hoffmann und P. Kremer. *Zahlentafeln für den Baubetrieb*. 3. Aufl. Stuttgart: Teubner, 1992. ISBN: 3519252201.
- [15] M. Hoffmann und P. Kremer. *Zahlentafeln für den Baubetrieb*. 4. Aufl. Stuttgart: Teubner, 1996. ISBN: 3519352206.
- [16] C. Hofstadler. *Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2007. ISBN: 3540343202.

- [17] C. Hofstadler. *Produktivität im Baubetrieb. Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste*. Springer, 2014. ISBN: 3642416322. DOI: 10.1007/978-3-642-41633-0.
- [18] C. Hofstadler. *Scholarbeiten: Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation*. VDI-Buch. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008. ISBN: 978-3-540-85178-3. DOI: 10.1007/978-3-540-85179-0.
- [19] C. Hofstadler, M. Loik, M. Peterseil, N. Pantelic und N. Katz. *Einfluss von Lohn- und Sozialdumping auf den Wettbewerb in der Bauwirtschaft*. Technische Universität Graz, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, 15. Juni 2016. URL: <https://www.wko.at/branchen/stmk/gewerbe-handwerk/bau/Kurzfassung-der-Studie.pdf> (Zugriff am 12.05.2018).
- [20] S. Kofner. *Wohnungsmarkt und Wohnungswirtschaft*. R. Oldenbourg, 2004. ISBN: 3-486-57605-4.
- [21] H. König. *Maschinen im Baubetrieb*. 3. Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2011. ISBN: 9783834899620.
- [22] T. Krause und B. Ulke, Hrsg. *Zahlentafeln für den Baubetrieb*. 9. Aufl. Wiesbaden : Springer, 2016. ISBN: 3-658-02838-6.
- [23] A. Kropik. *Baukalkulation und Kostenrechnung*. 1. Aufl. Perchtoldsdorf: Andreas Kropik, 2016. ISBN: 9783950429800.
- [24] P. Levsen. *Kalkulation im Baugewerbe*. 5. Aufl. Berlin: Schiele & Schön, 1957.
- [25] P. Levsen und E. Zahn. *Ingenieurbau*. 4. Aufl. Kalkulation im Bauwesen. Berlin: Schiele & Schön, 1971. ISBN: 3794901711.
- [26] McKinsey and Company. *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. A Route to Higher Productivity*. McKinsey Global Institute, Feb. 2017. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-Construction-Executive-summary.ashx> (Zugriff am 03.04.2018).
- [27] E. Meier. *Zeitaufwandtafeln für die Kalkulation von Hochbau- und Stahlbetonarbeiten*. 3. Aufl. Wiesbaden: Bauverl., 1990. ISBN: 3762528438.
- [28] H. Nasira, H. Ahmeda, C. Haasa und P. M. Goodrum. „An analysis of construction productivity differences between Canada and the United States“. In: *Construction Management and Economics* 32 (6 2014), S. 595–607. DOI: 10.1080/01446193.2013.848995.
- [29] G. Olesen. *Kalkulationstabellen Hoch- und Ingenieurbau*. 10. Aufl. Kalkulation im Bauwesen. Berlin: Schiele & Schön, 1988. ISBN: 3794904656.
- [30] Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. *Europas Bauwirtschaft wächst erstmals wieder so stark wie vor der Krise*. Dez. 2017. URL: [https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person\\_dokument/person\\_dokument.jart?publikationsid=60789&mime\\_type=application/pdf](https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=60789&mime_type=application/pdf).
- [31] K. Plümecke, M. Kattenbusch, V. Kuhne und D. Noosten. *Preisermittlung für Bauarbeiten*. 28. Aufl. Köln: Rudolf Müller, 2017. ISBN: 9783481032470.
- [32] K. Plümecke und V. Kuhne. *Plümecke – Preisermittlung für Bauarbeiten*. 26. Aufl. Hoch- und Tiefbau. Köln: R. Müller, 2008. ISBN: 9783481023324.

- [33] Roland Berger. *Digitalisierung der Bauwirtschaft*. Techn. Ber. Juni 2016. URL: <https://www.rolandberger.com/de/press/Digitalisierung-der-Baubranche.html> (Zugriff am 24.04.2018).
- [34] H. T. Schmidt. *Grundsätze baubetrieblicher Verfahrenswahl, dargestellt an Transportverfahren auf Großbaustellen*. Schriftenreihe des Institutes für Baubetriebslehre der Universität Stuttgart. Wiesbaden: Bauverl., 1970.
- [35] A. Schub und G. Meyran, Hrsg. *Praxis-Kompodium Baubetrieb*. Wiesbaden: Bauverlag, 1982, S. 426. ISBN: 3762520364.
- [36] Statistik Austria. *Wirtschaftsatlas Österreich — Eckdaten Bauwesen*. 2018. URL: [http://www.statistik.at/web\\_de/services/wirtschaftsatlas\\_oesterreich/bauwesen/index.html](http://www.statistik.at/web_de/services/wirtschaftsatlas_oesterreich/bauwesen/index.html) (Zugriff am 11.06.2018).
- [37] H. Stimpfl. *Richtlinien, Zeitaufwand, Materialbedarf für die Kalkulation im Hochbau. Kalkulation im Hochbau*. 9. Aufl. [Selbstverl.], 1955.
- [38] H. Stimpfl und H. Papou. *Richtlinien, Zeitaufwand, Materialbedarf für die Kalkulation im Hochbau*. 10. Aufl. Wien: [Selbstverl.], 1959.
- [39] H. Stimpfl und H. Papou. *Richtlinien, Zeitaufwand, Materialbedarf für die Kalkulation im Hochbau*. 11. Aufl. Wien: Eberle, 1965.
- [40] A. Streissler. *Digitalisierung, Produktivität und Beschäftigung*. Techn. Ber. Nov. 2016. URL: <http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/streissler-bka-digi2016-studie.pdf> (Zugriff am 08.06.2018).
- [41] S. C. Vereen, W. Rasdorf und J. E. Hummer. „Development and Comparative Analysis of Construction Industry Labor Productivity Metrics“. In: *Journal of Construction Engineering and Management* 142.7 (2016), S. 04016020. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001112. eprint: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001112>.
- [42] M. Weiss. „Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten — Anwendung bei Hochbauprojekten“. Magisterarb. Graz: Technische Universität Graz, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, 19. März 2010. URL: <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=576a7195cc9f9&location=browse> (Zugriff am 22.06.2018).
- [43] K. Weyerstraß. *Der Einfluss der Investitionen auf die Arbeitsproduktivität*. Jan. 2017. URL: [https://www.wko.at/site/WirtschaftspolitischeBlaetter/002\\_Weyerstrass.pdf](https://www.wko.at/site/WirtschaftspolitischeBlaetter/002_Weyerstrass.pdf) (Zugriff am 02.05.2018).
- [44] Wikipedia. *Arbeitsproduktivität*. 2018. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Arbeitsproduktivit%C3%A4t> (Zugriff am 23.12.2018).
- [45] Wirtschaftslexikon. 2016. URL: <http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/produktivit%C3%A4t/produktivit%C3%A4t.htm> (Zugriff am 26.10.2018).
- [46] Zentralverband Deutsches Baugewerbe. *Arbeitszeit-Richtwerte-Tabellen*. Neu-Isenburg: Zeittechnik-Verl., 1977.
- [47] K. Zilch, C. J. Diederichs, R. Katzenbach und K. J. Beckmann, Hrsg. *Bauwirtschaft und Baubetrieb*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. ISBN: 9783642418709. DOI: 10.1007/978-3-642-41870-9.