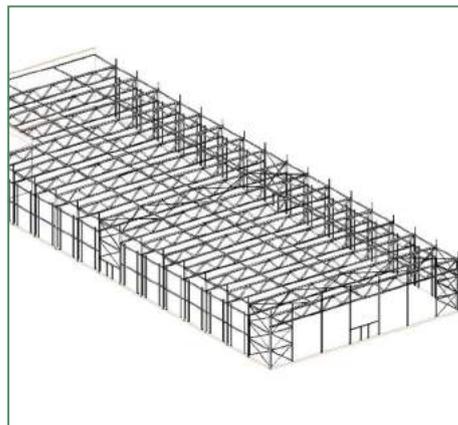
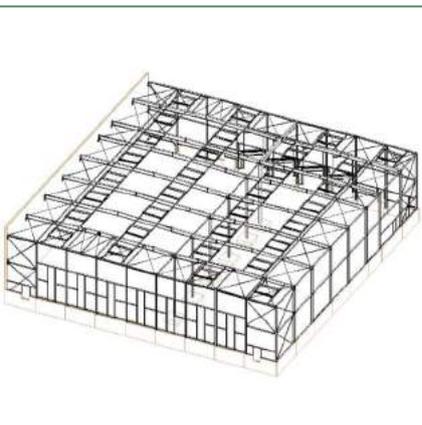


MASTERARBEIT



BAUBETRIEBLICHE UND BAUWIRTSCHAFTLICHE KENNZAHLEN FÜR DEN STAHLHOCHBAU

Lukas Kirschner, BSc

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Betreuer
Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler

Graz, am 24. August 2016

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz,

date

.....

(signature)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler.

Besonderer Dank gebührt meiner Familie, die mich während meiner gesamten Ausbildungszeit unterstützte. Weiters danke ich meiner Freundin Victoria, die mir immer zur Seite stand.

(Ort), am (Datum)

(Unterschrift des Studenten)

Kurzfassung

Inhalt der vorliegenden Arbeit ist die Ermittlung von baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kennzahlen für den Stahlhochbau.

Durch die hohe Variantenvielfalt und die Individualität der Produkte gibt es in der Literatur wenige abgestimmte Kennzahlen, die zur Planung und Kalkulation von Stahlhochbauten herangezogen werden können.

Den Beginn der Arbeit bilden die baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Grundlagen sowie eine Einführung in die Grundlagen von Kennzahlen und des Stahlhochbaus.

Die Datenerfassung der Projekte und deren Spezifizierung für die spätere Ermittlung der Kennzahlen erfolgen anhand von elf fertiggestellten und abgerechneten Projekten aus dem Bereich Stahlhochbau-Hallenbau.

Darauf aufbauend werden die spezifizierten Projekte ausgewertet und daraus die Kennzahlen ermittelt. Die Berechnung der Kennzahlen erfolgt für Beziehungszahlen (Gewicht und Kosten der Konstruktion per Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche und Kubikmeter Brutto-Rauminhalt, Kosten bezogen auf das Gewicht der Konstruktion) und Aufwandswerte (Lohnstunden in Abhängigkeit der Tonnage, der Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche und dem Kubikmeter Brutto-Rauminhalt der Projekte). Zudem werden Produktivitätskennzahlen erhoben.

Im Anschluss an die Projektauswertung und Kennzahlenberechnung werden Kennzahlen aus der Literatur vorgestellt. Die Überprüfung der Projektkennzahlen erfolgt durch deren Vergleich mit den Kennzahlen aus der Literatur.

Die Ergebnisse zeigen im Wesentlichen, dass die Kennzahlen für Gewicht und Kosten der Konstruktion per Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche und Kubikmeter Brutto-Rauminhalt bei vergleichbaren Randbedingungen hauptsächlich durch die Größe der Brutto-Grundrissfläche bzw. dem Brutto-Rauminhalt bestimmt werden. Die Kennzahlen für Lohnstunden in Abhängigkeit der Tonnage werden durch die Komplexität der Konstruktion in der Fertigung und durch die Randbedingungen vor Ort bei der Montage sowie durch das Gewicht der zu montierenden Baugruppen beeinflusst.

Abstract

This thesis aims to determine construction-operational and economical key figures for structural steelwork.

Due to the high variance and individuality of the products there are only few published references that can be used for the planning and calculation of structural steelwork.

At first the thesis provides an introduction regarding building operations and construction industry, followed by the bases for key figures and structural steelwork.

The data acquisition of the projects and their further specification, which are used for the subsequent calculation of the key figures, is made according to eleven completed and accounted projects from the area of structural steelwork-hall construction.

The description of the projects is followed by the evaluation of the key figures. The calculated key figures are differentiated into relation numbers (kilogram per square meter gross floor area and cubic meter gross building volume, costs per square meter gross floor area and cubic meter gross building volume and costs per the weight of the construction), labour consumption rates (wage hours depending on the weight of the construction, square meters of the gross floor area and cubic metres of the gross building volume) and productivity ratios.

Subsequently literature reference of key figures is presented. By comparing the key figures from the projects as well as the literature reference, a verification of the calculated key figures becomes possible.

The main results of the thesis include the fact that the relation numbers and labour consumption rates per square meter and cubic meter mainly depend on the size of the square meter gross floor area and cubic meter gross building volume. Additionally, it can be said that the key figures for wage hours per the weight of the construction are influenced by the complexity of the construction, the conditions by the building site and the weight is influenced by the assemblies.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Situationsanalyse	1
1.2	Zielformulierung	1
1.3	Methoden	2
1.4	Gliederung	2
2	Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Grundlagen	4
2.1	Produktivität	4
2.1.1	Produktionsfaktoren	4
2.1.2	Messgrößen der Produktivität	6
2.1.3	Zusammenhang von Produktivität, Aufwandswert und Leistung	9
2.1.4	Produktivitätsverluste	10
2.2	Baubetriebliche Grundlagen	11
2.2.1	Verfahrensvergleich	12
2.2.2	Bauablaufplanung	13
2.2.3	Baulegistik	14
2.2.4	Baustelleneinrichtung	17
2.2.5	Arbeitskalkulation	18
2.2.6	Soll-Ist-Vergleich	18
2.3	Bauwirtschaftliche Grundlagen	19
2.3.1	Stahlpreis - Entwicklung bis 2008	19
2.3.2	Stahlpreis - „Finanzkrise“ und aktuelle Entwicklung	20
2.3.3	Kostenverteilung	22
2.3.4	Wirtschaftliche Aspekte zum Stahlhochbau - Hallenbau	24
3	Grundlagen zu Kennzahlen	25
3.1	Arten von Kennzahlen	25
3.2	Kennzahlen und Kennzahlensysteme	26
3.3	Anforderungen an Kennzahlensysteme	27
3.4	Produktivitätskennzahlen	29
3.5	Erhobene Kennzahlen	30
4	Grundlagen des Stahlhochbaus	31
4.1	Normen im Stahlbau	32
4.1.1	ÖNORM EN 1090	32
4.1.2	Forderungen der ÖNORM EN 1090	33
4.1.3	Bestimmung der Ausführungsklasse	34
4.2	Herstellung von Stahlkonstruktionen	36
4.2.1	Planung	37
4.2.2	Fertigung	40
4.2.3	Transport und Montage	58
4.2.4	Produktivitätsverluste bei Stahlhochbauten	65
4.3	Stahlhochbau - Hallenbau	70
4.3.1	Dacheindeckung und Wandverkleidung	70
4.3.2	Pfetten und Wandriegel	71
4.3.3	Binder und Dachträger	71
4.3.4	Stützen	72
4.3.5	Verbände	73
4.4	Brandschutz im Stahlhochbau	73
4.5	Vorteile von Stahlkonstruktionen	74

5	Projektbeschreibung	76
5.1	Datenerfassung	76
5.1.1	Konstruktion und Konstruktionsdetails	76
5.1.2	Leistungen und Kosten	76
5.1.3	Stundenaufzeichnungen	77
5.2	Anmerkungen zur Projektbeschreibung	79
5.2.1	Baugruppe	79
5.2.2	Komplexität der Konstruktion	80
5.2.3	Brutto-, Netto- und Differenz-Arbeitstag	80
5.3	Projekt A	81
5.3.1	Konstruktion	81
5.3.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt	82
5.3.3	Ortsspezifische Lastangaben	82
5.3.4	Leistungen	82
5.3.5	Umstände der Leistungserbringung	82
5.4	Projekt B	83
5.4.1	Konstruktion	83
5.4.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt	84
5.4.3	Ortsspezifische Lastangaben	84
5.4.4	Leistungen	84
5.4.5	Umstände der Leistungserbringung	84
5.5	Projekt C	85
5.5.1	Konstruktion	85
5.5.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt	86
5.5.3	Ortsspezifische Lastangaben	86
5.5.4	Leistungen	86
5.5.5	Umstände der Leistungserbringung	86
5.6	Projekt D	88
5.6.1	Konstruktion	88
5.6.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt	89
5.6.3	Ortsspezifische Lastangaben	89
5.6.4	Leistungen	89
5.6.5	Umstände der Leistungserbringung	89
5.7	Projekt E	91
5.7.1	Konstruktion	91
5.7.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt	92
5.7.3	Ortsspezifische Lastangaben	92
5.7.4	Leistungen	92
5.7.5	Umstände der Leistungserbringung	92
5.8	Projekt F	94
5.8.1	Konstruktion	94
5.8.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt	95
5.8.3	Ortsspezifische Lastangaben	95
5.8.4	Leistungen	95
5.8.5	Umstände der Leistungserbringung	95
5.9	Projekt G	97
5.9.1	Konstruktion	97
5.9.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt	98
5.9.3	Ortsspezifische Lastangaben	98
5.9.4	Leistungen	98
5.9.5	Umstände der Leistungserbringung	98
5.10	Projekt H	100
5.10.1	Konstruktion	100

5.10.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt.....	101
5.10.3	Ortsspezifische Lastangaben.....	101
5.10.4	Leistungen.....	101
5.10.5	Umstände der Leistungserbringung	101
5.11	Projekt I	103
5.11.1	Konstruktion	103
5.11.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt.....	104
5.11.3	Ortsspezifische Lastangaben.....	104
5.11.4	Leistungen.....	104
5.11.5	Umstände der Leistungserbringung	104
5.12	Projekt J	106
5.12.1	Konstruktion	106
5.12.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt.....	107
5.12.3	Ortsspezifische Lastangaben.....	107
5.12.4	Leistungen.....	107
5.12.5	Umstände der Leistungserbringung	108
5.13	Projekt K.....	109
5.13.1	Konstruktion	109
5.13.2	Abmessungen, Fläche und Rauminhalt.....	110
5.13.3	Ortsspezifische Lastangaben.....	110
5.13.4	Leistungen.....	110
5.13.5	Umstände der Leistungserbringung	110
5.14	Projektbeschreibung – Zusammenfassung	111
5.14.1	Gewicht, Baugruppen und Einzelteile	111
5.14.2	Brutto-Grundrissfläche und Brutto-Rauminhalt.....	116
5.14.3	Projektdauer	119
5.14.4	Brutto-/Netto-Arbeitstage	120
5.14.5	Arbeitskräfte	121
6	Kennzahlen - Projekte	122
6.1	Beziehungszahlen	122
6.1.1	Gewicht pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche.....	123
6.1.2	Gewicht pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt	125
6.1.3	Kosten pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche	127
6.1.4	Kosten pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt	129
6.1.5	Kosten pro Kilogramm	131
6.2	Aufwandswerte	132
6.2.1	Lohnstunden pro Tonne in der Fertigung	133
6.2.2	Lohnstunden pro Tonne für die Montage	135
6.2.3	Lohnstunden pro Tonne Gesamt	137
6.2.4	Lohnstunden pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche in der Fertigung ..	139
6.2.5	Lohnstunden pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche für die Montage...	141
6.2.6	Lohnstunden pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche Gesamt.....	143
6.2.7	Lohnstunden pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt in der Fertigung	145
6.2.8	Lohnstunden pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt für die Montage	147
6.2.9	Lohnstunden pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt Gesamt	149
6.3	Produktivitätskennzahlen	150
6.3.1	Bauproduktionswert je Beschäftigte	151
6.3.2	Bauproduktionswert je produktive Stunden auf der Baustelle.....	153
6.3.3	Wertschöpfung je Beschäftigte	155
6.3.4	Wertschöpfung je produktive Stunden auf der Baustelle	157
6.4	Kennzahlen der Projekte – Zusammenfassung.....	159

7	Kennzahlen – Literaturkennwerte	163
7.1	Kosten im Stahlbau 2015.....	163
7.2	Typenhallen aus Stahl.....	165
7.3	Handbuch der Stahlbaumontage.....	166
7.4	BKI Baukosten Gebäude.....	167
7.5	BKI Baukosten Bauelemente.....	168
7.6	BKI Baupreise - Neubau.....	169
7.7	BKI Objektdaten - Neubau.....	170
7.8	Sirados Zeitwert-Tabellen.....	171
7.9	Bauen in Stahl.....	172
8	Vergleich der Kennzahlen	173
8.1	Gewicht pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche.....	173
8.2	Kosten pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche.....	174
8.3	Kosten pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt.....	175
8.4	Kosten pro Kilogramm.....	176
9	Resümee	177
10	Anhang	179
	Glossar	200
	Literaturverzeichnis	201

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Zielsetzung	2
Abbildung 2-1: Produktionsfaktoren.....	5
Abbildung 2-2: Produktionswürfel	6
Abbildung 2-3: Zusammenhang zwischen Aufwandswert und Produktivität.....	9
Abbildung 2-4: Planungsmaßnahmen der Arbeitsvorbereitung	11
Abbildung 2-5: Transportvorgänge bei der Stahlbaufertigung	15
Abbildung 2-6: Kreislaufsystem von Baustahl.....	16
Abbildung 2-7: Ablauf der Kalkulation.....	18
Abbildung 2-8: Preisentwicklung für Stahlbauprofile und Grobbleche	20
Abbildung 2-9: Entwicklung des Stahlpreises 2007 - 2016	21
Abbildung 2-10: Kostenverteilung einer Stahlkonstruktion.....	23
Abbildung 3-1: Arten von Kennzahlen	25
Abbildung 3-2: Verwendbarkeit von Kennzahlen und Kennzahlensystemen	27
Abbildung 3-3: Anforderungen an Kennzahlensysteme.....	28
Abbildung 3-4: Produktivitätskennzahlen nach <i>Oberndorfer/Jodl</i>	29
Abbildung 4-1: Überblick der europäischen Normen für den Stahlbau	32
Abbildung 4-2: Überwachungsintervalle der Zertifizierung nach EN 1090	33
Abbildung 4-3: Bestimmung der Ausführungsklasse	34
Abbildung 4-4: Schadensfolgeklassen.....	34
Abbildung 4-5: Beanspruchungskategorien	35
Abbildung 4-6: Herstellungskategorien	35
Abbildung 4-7: Herstellung von Stahlkonstruktionen	36
Abbildung 4-8: Herstellung von Stahlkonstruktionen - Planung	37
Abbildung 4-9: Tragwerksplanung Projekt C.....	38
Abbildung 4-10: Übersichtsplanung Projekt C	38
Abbildung 4-11: Werksplanung Projekt C - Übersicht für eine Baugruppe	39
Abbildung 4-12: Herstellung von Stahlkonstruktionen - Fertigung	40
Abbildung 4-13: Schematischer Aufbau der Stahlbaufertigung	42
Abbildung 4-14: Brennschneiden.....	43
Abbildung 4-15: Säge-Bohr-Anlage	44
Abbildung 4-16: Kraftübertragung und Lösbarkeit von Füge- und Verbindungstechniken	45
Abbildung 4-17: Gebräuchliche Schweißnahtarten im Stahlbau.....	46
Abbildung 4-18: Bedeutende Schmelzschweißverfahren im Stahlbau.....	47
Abbildung 4-19: MAG-Schweißen.....	48
Abbildung 4-20: Kennwerte für die Schweißprozesse 111 und 135.....	49
Abbildung 4-21: Definition a-Maß einer Kehlnaht mit tiefem Einbrand.....	50
Abbildung 4-22: Umfang der ergänzenden ZfP	51
Abbildung 4-23: Nennwerte für Schraubenklassen.....	52

Abbildung 4-24: Wirkungsweisen der Ausführungen von Schraubenverbindungen.....	52
Abbildung 4-25: Kategorien von Schraubenverbindungen nach EN 1993-1-8.....	53
Abbildung 4-26: Schematischer Ablauf beim Feuerverzinken	55
Abbildung 4-27: Schutzdauer von Zinküberzügen	55
Abbildung 4-28: Kostenentwicklung bei Korrosionsschutzsystemen	56
Abbildung 4-29: Zulässige Abmessungen und Gesamtgewichte von Transporten	57
Abbildung 4-30: Herstellung von Stahlkonstruktionen - Transport und Montage	58
Abbildung 4-31: Einflussfaktoren für die Auswahl von Hebezeugen.....	59
Abbildung 4-32: Einflussfaktoren der Baustelleneinrichtung.....	60
Abbildung 4-33: Beispiel einer Baustelleneinrichtung für eine Stahlhalle	61
Abbildung 4-34: Montagearbeiten bei der Errichtung einer Stahlhalle	63
Abbildung 4-35: Beispiel einer CE-Kennzeichnung inkl. Produkteigenschaften	64
Abbildung 4-36: Ablaufschwankungen.....	65
Abbildung 4-37: Gestörter Bauablauf.....	66
Abbildung 4-38: Bauelemente im Hallenbau.....	70
Abbildung 4-39: Ausführungsvarianten der Dacheindeckung	71
Abbildung 4-40: Binder aus Fachwerkträger.....	72
Abbildung 4-41: Binder aus Vollwandprofilen	72
Abbildung 4-42: Zweigelenkrahmen	72
Abbildung 4-43: Köcherfundament und gelenkiger Stützenfußpunkt.....	73
Abbildung 5-1: Beispiel für eine Baugruppe.....	79
Abbildung 5-2: Komplexität der Konstruktion.....	80
Abbildung 5-3: Projekt A - Isometrie der Stahlkonstruktion.....	81
Abbildung 5-4: Projekt B - Isometrie der Stahlkonstruktion.....	83
Abbildung 5-5: Projekt C - Isometrie der Stahlkonstruktion	85
Abbildung 5-6: Arbeitstage des Projekt C	87
Abbildung 5-7: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt C	87
Abbildung 5-8: Projekt D - Isometrie der Stahlkonstruktion	88
Abbildung 5-9: Arbeitstage des Projekt D	90
Abbildung 5-10: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt D	90
Abbildung 5-11: Projekt E - Isometrie der Stahlkonstruktion.....	91
Abbildung 5-12: Arbeitstage des Projekt E	93
Abbildung 5-13: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt E	93
Abbildung 5-14: Projekt F - Isometrie der Stahlkonstruktion	94
Abbildung 5-15: Arbeitstage des Projekt F	96
Abbildung 5-16: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt F	96
Abbildung 5-17: Projekt G - Isometrie der Stahlkonstruktion	97
Abbildung 5-18: Arbeitstage des Projekt G.....	99
Abbildung 5-19: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt G.....	99
Abbildung 5-20: Projekt H - Isometrie der Stahlkonstruktion	100

Abbildung 5-21: Arbeitstage des Projekt H	102
Abbildung 5-22: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt H	102
Abbildung 5-23: Projekt I - Isometrie der Stahlkonstruktion	103
Abbildung 5-24: Arbeitstage des Projekt I	105
Abbildung 5-25: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt I	105
Abbildung 5-26: Projekt J - Isometrie der Stahlkonstruktion	106
Abbildung 5-27: Arbeitstage des Projekt J	108
Abbildung 5-28: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt J	108
Abbildung 5-29: Projekt K - Isometrie der Stahlkonstruktion	109
Abbildung 5-30: Projekte - Gewicht	112
Abbildung 5-31: Gewicht je Projekt, aufsteigend sortiert	112
Abbildung 5-32: Anzahl der Baugruppen der Projekte	113
Abbildung 5-33: Anzahl der Baugruppen je Projekt, aufsteigend sortiert	114
Abbildung 5-34: Anzahl der verschiedenen Baugruppenpositionen je Projekt	114
Abbildung 5-35: Anzahl der Einzelteile der Projekte	115
Abbildung 5-36: Anzahl der Einzelteile je Projekt, aufsteigend sortiert	115
Abbildung 5-37: Anzahl der verschiedenen Einzelteilpositionen je Projekt	116
Abbildung 5-38: Brutto-Grundrissfläche der Projekte	117
Abbildung 5-39: Brutto-Grundrissfläche der Projekte, aufsteigend sortiert	117
Abbildung 5-40: Brutto-Rauminhalt der Projekte	118
Abbildung 5-41: Brutto-Rauminhalt der Projekte, aufsteigend sortiert	118
Abbildung 5-42: Projektdauer der Projekte C bis J	119
Abbildung 5-43: Brutto-/Netto-Arbeitstage der Fertigung aller Mitarbeiter	120
Abbildung 5-44: Brutto-/Netto-Arbeitstage der Montage aller Mitarbeiter	120
Abbildung 5-45: Brutto-/Netto-Arbeitstage Gesamt aller Mitarbeiter	121
Abbildung 5-46: Anzahl der Arbeitskräfte der Projekte C bis J	121
Abbildung 6-1: Beziehungszahlen - kg/m^2 BGF	123
Abbildung 6-2: Beziehungszahlen - Bereich für kg/m^2 BGF	124
Abbildung 6-3: Beziehungszahlen - kg/m^3 BRI	125
Abbildung 6-4: Beziehungszahlen - Bereich für kg/m^3 BRI	126
Abbildung 6-5: Beziehungszahlen - €/m^2 BGF	127
Abbildung 6-6: Beziehungszahlen - Bereich für €/m^2 BGF	128
Abbildung 6-7: Beziehungszahlen - €/m^3 BRI	129
Abbildung 6-8: Beziehungszahlen - Bereich für €/m^3 BRI	130
Abbildung 6-9: Beziehungszahlen - €/kg	131
Abbildung 6-10: Beziehungszahlen - Bereich für €/kg	132
Abbildung 6-11: Aufwandswerte - Std/t Fertigung	133
Abbildung 6-12: Aufwandswerte - Bereich für Std/t Fertigung	134
Abbildung 6-13: Aufwandswerte - Std/t Montage	135
Abbildung 6-14: Aufwandswerte - Bereich für Std/t Montage	136

Abbildung 6-15: Aufwandswerte - Std/t _{Gesamt}	137
Abbildung 6-16: Aufwandswerte - Bereich für Std/t _{Gesamt}	138
Abbildung 6-17: Aufwandswerte - Std/m ² BGF _{Fertigung}	139
Abbildung 6-18: Aufwandswerte - Bereich für Std/m ² BGF _{Fertigung}	140
Abbildung 6-19: Aufwandswerte - Std/m ² BGF _{Montage}	141
Abbildung 6-20: Aufwandswerte - Bereich für Std/m ² BGF _{Montage}	142
Abbildung 6-21: Aufwandswerte - Std/m ² BGF _{Gesamt}	143
Abbildung 6-22: Aufwandswerte - Bereich für Std/m ² BGF _{Gesamt}	144
Abbildung 6-23: Aufwandswerte - Std/m ³ BRI _{Fertigung}	145
Abbildung 6-24: Aufwandswerte - Bereich für Std/m ³ BRI _{Fertigung}	146
Abbildung 6-25: Aufwandswerte - Std/m ³ BRI _{Montage}	147
Abbildung 6-26: Aufwandswerte - Bereich für Std/m ³ BRI _{Montage}	148
Abbildung 6-27: Aufwandswerte - Std/m ³ BRI _{Gesamt}	149
Abbildung 6-28: Aufwandswerte - Bereich für Std/m ³ BRI _{Gesamt}	150
Abbildung 6-29: Produktivitätskennzahlen - Bauproduktionswert je Beschäftigte	151
Abbildung 6-30: Produktivitätskennzahlen - Bereich für Bauproduktionswert je Beschäftigte	152
Abbildung 6-31: Produktivitätskennzahlen - Bauproduktionswert je produktive Stunden auf der Baustelle	153
Abbildung 6-32: Produktivitätskennzahlen - Bereich für Bauproduktionswert je prod. Stunde auf der Baustelle ..	154
Abbildung 6-33: Produktivitätskennzahlen - Wertschöpfung je Beschäftigte	155
Abbildung 6-34: Produktivitätskennzahlen - Bereich für die Wertschöpfung je Beschäftigtem	156
Abbildung 6-35: Produktivitätskennzahlen - Wertschöpfung je produktive Stunden auf der Baustelle	157
Abbildung 6-36: Produktivitätskennzahlen - Bereich für Wertschöpfung je prod. Stunde auf der Baustelle	158

Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Projekte - Gewicht.....	111
Tabelle 5-2: Projekte - Baugruppen und Einzelteile.....	113
Tabelle 5-3: Projekte - Brutto-Grundrissfläche und Brutto-Rauminhalt.....	116
Tabelle 6-1: Beziehungszahlen - kg/m ² BGF.....	123
Tabelle 6-2: Beziehungszahlen - kg/m ³ BRI.....	125
Tabelle 6-3: Beziehungszahlen - €/m ² BGF.....	127
Tabelle 6-4: Beziehungszahlen - €/m ³ BRI.....	129
Tabelle 6-5: Beziehungszahlen - €/kg.....	131
Tabelle 6-6: Aufwandswerte - Std/t _{Fertigung}	133
Tabelle 6-7: Aufwandswerte - Std/t _{Montage}	135
Tabelle 6-8: Aufwandswerte - Std/t _{Gesamt}	137
Tabelle 6-9: Aufwandswerte - Std/m ² BGF _{Fertigung}	139
Tabelle 6-10: Aufwandswerte - Std/m ² BGF _{Montage}	141
Tabelle 6-11: Aufwandswerte - Std/m ² BGF _{Gesamt}	143
Tabelle 6-12: Aufwandswerte - Std/m ³ BRI _{Fertigung}	145
Tabelle 6-13: Aufwandswerte - Std/m ³ BRI _{Montage}	147
Tabelle 6-14: Aufwandswerte - Std/m ³ BRI _{Gesamt}	149
Tabelle 6-15: Produktivitätskennzahlen - Bauproduktionswert je Beschäftigte.....	151
Tabelle 6-16: Produktivitätskennzahlen - Bauproduktionswert je produktive Stunden auf der Baustelle.....	153
Tabelle 6-17: Produktivitätskennzahlen - Wertschöpfung je Beschäftigte.....	155
Tabelle 6-18: Produktivitätskennzahlen - Wertschöpfung je produktive Stunden auf der Baustelle.....	157
Tabelle 6-19: Zusammenfassung der Kennzahlen der Projekte.....	159
Tabelle 6-20: Zusammenfassung der Produktivitätskennzahlen der Projekte.....	160
Tabelle 6-21: Bandbreite der Beziehungszahlen.....	161
Tabelle 6-22: Bandbreite der Aufwandswerte.....	161
Tabelle 6-23: Bandbreite der Produktivitätskennzahlen.....	162
Tabelle 7-1: Kennzahlen - €/kg aus <i>Kosten im Stahlbau</i>	163
Tabelle 7-2: Kennzahlen - kg/m ² BGF (Spw. 8-18 m) aus <i>Kosten im Stahlbau</i>	164
Tabelle 7-3: Kennzahlen - kg/m ² BGF (Spw. 10-35 m) aus <i>Kosten im Stahlbau</i>	164
Tabelle 7-4: Kennzahlen - kg/m ² BGF (Spw. 15-45 m) aus <i>Kosten im Stahlbau</i>	164
Tabelle 7-5: Kennzahlen - kg/m ² BGF (Spw. 15-45 m) aus <i>Kosten im Stahlbau</i>	165
Tabelle 7-6: Kennzahlen - kg/m ² aus <i>Typenhallen aus Stahl</i>	165
Tabelle 7-7: Kennzahlen - h/t und h/m ² aus <i>Handbuch der Stahlbaumontage</i>	166
Tabelle 7-8: Kennzahlen - €/m ² BGF aus <i>BKI Baukosten Gebäude</i>	167
Tabelle 7-9: Kennzahlen - €/m ² und €/m aus <i>BKI Baukosten Bauelemente</i>	168
Tabelle 7-10: Kennzahlen - Positionen aus <i>BKI Baupreise - Neubau</i>	169
Tabelle 7-11: Kennzahlen - €/m ² BGF aus <i>BKI Objektdaten</i>	170
Tabelle 7-12: Kennzahlen - €/m ³ BRI aus <i>BKI Objektdaten</i>	170

Tabelle 7-13: Kennzahlen - Positionen aus <i>Sirados Zeitwert-Tabellen</i>	171
Tabelle 7-14: Kennzahlen - kg/m ² und kg/m ³ aus Bauen in Stahl [1] und [2].....	172
Tabelle 8-1: Vergleich der Kennzahlen - kg/m ² BGF	173
Tabelle 8-2: Vergleich der Kennzahlen - €/m ² BGF	174
Tabelle 8-3: Vergleich der Kennzahlen - €/m ³ BRI.....	175
Tabelle 8-4: Vergleich der Kennzahlen - €/kg.....	176

Formelverzeichnis

Formel 2-1: Definition der Produktivität.....	4
Formel 2-2: Bsp. für die Berechnung eines Leistungswertes.....	7
Formel 2-3: Bsp. für die Berechnung eines Aufwandswertes	7
Formel 2-4: Bsp. der Berechnung der Arbeitsproduktivität bei Stahlbauarbeiten	8
Formel 2-5: Arbeitsproduktivität für mängelfreie STAKO	8
Formel 2-6: Arbeitsproduktivität für geplante mängelfreie STAKO	8
Formel 2-7: Produktivitätsverlust durch verminderte Qualität	8
Formel 2-8: Berechnung der Produktivität aus Kehrwert des Aufwandswertes	9
Formel 2-9: Berechnung der Veränderung der Produktivität	9
Formel 2-10: Berechnung des Leistungsverlustes.....	10
Formel 3-1: Definition der Produktivität nach Oberndorfer/Jodl	29

Abkürzungsverzeichnis

AK	Arbeitskraft bzw. -kräfte
AV	Arbeitsvorbereitung
AW	Aufwandswert
ΔAW	Veränderung des Aufwandswertes
AZ	Arbeitszeit
BG	Baugruppe
BGF	Brutto-Grundrissfläche
BKI	Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern
CC	Schadensfolgeklasse
CNC	Computerized Numerical Control („rechnergestützte numerische Steuerung“)
d	Arbeitstag
d_{Brutto}	Brutto-Arbeitstag
d_{Differenz}	Differenz-Arbeitstag
d_{Netto}	Netto-Arbeitstag
ET	Einzelteil
EXC	execution class („Ausführungsklasse“)
FRQ	Formrohr quadratisch
GV	gleitfest, vorgespannte Verbindungen
GVP	gleitfest, vorgespannte Verbindungen mit Passschrauben
h	Zeitstunde
HV	hochfeste, vorgespannte Schrauben
KLF	keine Leistung festgestellt
KTR	Kostenträger
L	Leistung bzw. Leistungswert
ΔL	Veränderung der Leistung
∑L	Summe der Lohnstunden
M	Produktionsmenge
MAG	Metall-Aktivgas-Schweißen
MIG	Metall-Inertgas-Schweißen
MT	Magnetpulverprüfung („magnetic test“)
MW	Mittelwert
NPD	no performance determined („keine Leistung festgestellt“)
ON	Österreichisches Normungsinstitut
P	Produktivität
PC	Herstellungskategorie
PT	Eindringprüfung („penetration test“)
ΔPV	Veränderung der Produktivität
RT	Durchstrahlungsprüfung („radiation test“)

SC	Beanspruchungskategorie
SL	Scher-Lochleibungsverbindung
SLP	Scher-Lochleibungspassschraubenverbindung
SLS	serviceability limit state („Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit“)
Spw.	Spannweite
SR	Schlussrechnung
Stk	Stück
Std	Lohnstunde
t	Tonne
T€	tausend Euro
ULS	ultimate limit state („Grenzzustand der Tragfähigkeit“)
USt	Umsatzsteuer
UT	Ultraschallprüfung („ultrasonic test“)
VT	Sichtprüfung („visual test“)
WIG	Wolfram-Inertgas-Schweißen
WPK	werkseigene Produktionskontrolle
ZfP	Zerstörungsfreie Prüfung

1 Einleitung

1.1 Situationsanalyse

Die Bauweise mit Stahl ist gekennzeichnet durch eine hohe Variantenvielfalt und auf den Kunden abgestimmte, individuelle Produkte. Aufgrund der Individualität der Produkte gibt es in der Literatur wenige, auf den Stahlbau abgestimmte, spezielle Kennzahlen die zur Planung und Kalkulation der Stahlbaufertigung herangezogen werden können. Häufig stützt sich die Kalkulation von Stahlbauwerken auf betriebsinterne Erfahrungswerte und nicht auf wissenschaftlich erhobene Kennzahlen.

1.2 Zielformulierung

Ziel dieser Arbeit ist es (siehe Abbildung 1-1), aus fertiggestellten und abgerechneten Stahlhochbauprojekten eines Stahlbauunternehmens die Daten zu erfassen und daraus Kennzahlen für die Herstellung des Bauwerks zu entwickeln. Diese sollen in weiterer Folge für die Kalkulation und Planung zukünftiger Projekte eingesetzt werden.

Die baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Kennzahlen, die ausschließlich für Hallenbauten erhoben werden, sind:

Beziehungszahlen:

- Gewicht pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche (kg/m^2 BGF)
- Gewicht pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt (kg/m^3 BRI)
- Kosten pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche (€/m^2 BGF)
- Kosten pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt (€/m^3 BRI)
- Kosten pro Kilogramm (€/kg)

Aufwandswerte:

- Lohnstunden pro Tonne für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/t Fertigung, Std/t Montage und Std/t Gesamt)
- Lohnstunden pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/m^2 BGF Fertigung, Std/m^2 BGF Montage und Std/m^2 BGF Gesamt)
- Lohnstunden pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/m^3 BRI Fertigung, Std/m^3 BRI Montage und Std/m^3 BRI Gesamt)

Produktivitätskennzahlen:

- Bauproduktionswert je Beschäftigte (€/AK)
- Bauproduktionswert je produktive Stunden auf der Baustelle (€/Std)
- Wertschöpfung je Beschäftigte (€/AK)
- Wertschöpfung je produktive Stunden auf der Baustelle (€/Std)

Dabei ist im Besonderen auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu achten, weil jedes Projekt - wie vorher beschrieben - unter anderen Randbedingungen abgewickelt wurde.



Abbildung 1-1: Zielsetzung

1.3 Methoden

Für die Erhebung der Kennzahlen wurden elf Projekte aus dem Bereich Stahlhochbau-Hallenbau eines Stahlbauunternehmens ausgewählt. Alle Projekte werden vor der Auswertung beschrieben und spezifiziert. Nachfolgend werden die fertiggestellten und abgerechneten Projekte gegenübergestellt und dadurch die Kennzahlen erhoben. Um die Qualität und Aussagekraft der Kennzahlen zu garantieren und verfälschte Kennzahlen ausschließen zu können, wird ein besonderes Augenmerk auf den Vergleich der Ergebnisse gelegt.

1.4 Gliederung

Die Masterarbeit „Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Kennzahlen für den Stahlhochbau“ gliedert sich in folgende Kapitel:

1 Einleitung: Die Einleitung umfasst die Situationsanalyse, Zielformulierung, Beschreibung der Methoden der Kennzahlenermittlung und die Gliederung der Arbeit.

2 Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Grundlagen: In diesem Kapitel wird auf die Grundlagen der Produktivität, die Planungsmaßnahmen der Arbeitsvorbereitung und den Stahlpreis eingegangen.

3 Grundlagen zu Kennzahlen: In diesem Kapitel werden die Arten und Anforderungen von Kennzahlen und Kennzahlensystemen vorgestellt.

4 Grundlagen des Stahlhochbaus: Dieses Kapitel thematisiert die Normen im Stahlbau, den Ablauf der Herstellung einer Stahlkonstruktion sowie die wichtigsten Konstruktionselemente und die diesbezüglichen Anforderungen.

5 Projektbeschreibung: Dieser Teil der Arbeit beschreibt die Datenerfassung und spezifiziert elf Projekte aus dem Bereich Stahlhochbau-Hallenbau. Die Beschreibung umfasst unter anderem die Konstruktion der Hallen, die erbrachten Leistungen und die Umstände der Leistungserbringung des jeweiligen Projektes.

6 Kennzahlen - Projekte: In diesem Kapitel werden die spezifizierten Projekte ausgewertet und die Kennzahlen ermittelt.

7 Kennzahlen – Literaturkennwerte: In diesem Kapitel werden Kennzahlen für den Stahlbau aus der Literatur vorgestellt. Mithilfe dieser Literaturkennwerte sollen die erhobenen Kennzahlen der Projekte verglichen und überprüft werden.

8 Vergleich der Kennzahlen: In diesem Abschnitt werden die Kennzahlen der Projekte den Kennzahlen aus der Literatur gegenübergestellt.

9 Resümee: Abschließend werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst.

2 Baubetriebliche und bauwirtschaftliche Grundlagen

Zu Beginn dieses Kapitels werden die Grundlagen der Produktivität definiert. In weiterer Folge wird erläutert, von welchen Einflüssen die Produktivität abhängig ist und wie sich diese Einflüsse auf die Produktivität auswirken. Die baubetrieblichen Grundlagen werden anhand der Planungsmaßnahmen der Arbeitsvorbereitung beschrieben. Abschließend wird auf die bauwirtschaftlichen Grundlagen anhand des Stahlpreises und der Kostenverteilung eingegangen.

2.1 Produktivität

Die Produktivität kann durch das Verhältnis von Output zu Input beschrieben werden.¹

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

Formel 2-1: Definition der Produktivität²

Der wirtschaftliche Erfolg eines Unternehmens bzw. Bauvorhabens stellt sich nur dann ein, wenn die Produktionsfaktoren richtig gewählt und miteinander verbunden werden. Diese Faktoren bestimmen dann in weiterer Folge die Aufwands- und Leistungswerte und haben somit positiven aber auch negativen Einfluss auf die Produktivität.³

2.1.1 Produktionsfaktoren

Bei den Produktionsfaktoren kann zwischen elementaren und dispositiven Produktionsfaktoren differenziert werden.

Zu den elementaren Produktionsfaktoren zählen die Arbeits-, Betriebsmittel- und Stoffproduktivität.⁴

¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 9

² HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 9

³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 14

⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 16

Diese werden laut *Bauer*⁵ folgendermaßen definiert:

- die objektbezogenen, durch Arbeitspersonen zu verrichtenden Tätigkeiten, die unmittelbar mit der Leistungserstellung und -verwertung im Zusammenhang stehen, ohne dispositiv-anordnender Natur zu sein,
- die Arbeits- und Betriebsmittel, d.h. alle Einrichtungen (Maschinen, Geräte und Anlagen), welche die technische Voraussetzung betrieblicher Leistungserstellung, insbesondere der Produktion bilden, sowie alle Hilfs- und Betriebsstoffe (Energie), die notwendig sind, um den Betrieb arbeitsfähig zu machen und zu erhalten,
- die Werkstoffe, in unserem Fall die Bau- und Bauhilfsstoffe, Halb- und Fertigerzeugnisse, die als Ausgangs- und Grundstoffe für die Herstellung von Bauprodukten dienen. Nach der Vornahme von Form- und Substanzänderungen oder nach dem Einbau in das Fertigerzeugnis werden sie Bestandteil des neuen Produkts, hier des Bauwerks oder einzelner Bauteile.

Als dispositive Produktionsfaktoren werden die baubetrieblichen Aktionen mit planender, gestaltender und steuernder Funktion beschrieben.⁶

Im Stahlbau werden die dispositiven Tätigkeiten beispielsweise vom Geschäftsführer, Bauleiter oder Techniker ausgeführt. Die elementaren Produktionsfaktoren können aus Vorarbeitern, Helfern, Kranführern und Schweißern (Arbeit), Schweißgeräten und Kränen (Betriebsmittel) sowie Stahlprofilen und -blechen (Stoffe) bestehen.⁷

Zusammensetzung der Gesamtproduktivität, dargestellt in Abbildung 2-1:

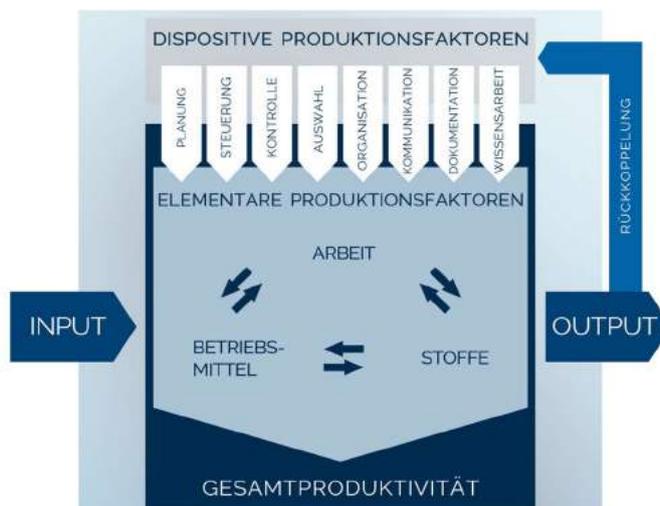


Abbildung 2-1: Produktionsfaktoren⁸

⁵ BAUER, H.: Baubetrieb. S. 523

⁶ Vgl. BAUER, H.: Baubetrieb. S. 523

⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 64

⁸ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 15

Bei der Produktivität handelt es sich nicht nur um einen eindimensionalen Zusammenhang zwischen den Produktionsfaktoren, sondern durch den Einfluss der Umwelt und dem Umfeld wird sie mehrdimensional. Die zusätzlichen Randbedingungen sind:

- Art, Form und Komplexität des Bauwerks
- Umfeld
- Witterung
- Bauzeit
- Qualität und Quantität⁹

Abbildung 2-2 zeigt den mehrdimensionalen Zusammenhang, dargestellt als Produktionswürfel.



Abbildung 2-2: Produktionswürfel¹⁰

2.1.2 Messgrößen der Produktivität

Beginnend mit der Kalkulation wird versucht, ein wirtschaftlich erfolgreiches Bauprojekt anhand vorgegebener Rahmenbedingungen und einer optimalen Kombination der Produktionsfaktoren durchzuführen. Während der Ausführung müssen die geplanten Fortschritte überwacht und gemessen werden, beispielsweise mit einem Soll-Ist-Vergleich, um Produktivitätsverluste zu erkennen. Dadurch können Schwachstellen aufgezeigt und

⁹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Grundlagen - Bauablaufplanung und Logistik. Vorlesungsfolien. S. 9

¹⁰ HOFSTADLER, C.: Grundlagen - Bauablaufplanung und Logistik. Vorlesungsfolien. S. 9

Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Messgrößen für die Überwachung sind Leistungs- und Aufwandswerte sowie die Qualität.¹¹

2.1.2.1 Leistungswerte

Leistungswerte beschreiben eine Produktionsmenge pro Zeiteinheit, z.B. hergestellte Tonnage je Tag [t/d] und ermöglichen die Berechnung der Dauer für eine Tätigkeit. Eine beispielhafte Berechnung eines Leistungswertes wird mit der Formel 2-2 dargestellt.

Die Leistung wird bestimmt durch die Anzahl der Arbeitskräfte, dem Aufwandswert und die tägliche Arbeitszeit. Sie wird zusätzlich von der Einarbeitung, Einübung und von internen sowie externen Störungen beeinflusst.¹²

$$L \left[\frac{t}{d} \right] = \frac{AK \left[\frac{Std}{h} \right] \times AZ \left[\frac{h}{d} \right]}{AW \left[\frac{Std}{t} \right]}$$

Formel 2-2: Bsp. für die Berechnung eines Leistungswertes

2.1.2.2 Aufwandswerte

Aufwandswerte sind die maßgebende Messgröße bei der Beurteilung der Produktivität. Sie bestimmen die Arbeitsproduktivität und in weiterer Folge die erzielbare Leistung einer Tätigkeit. Als Basis für die Berechnung von Baukosten und Bauzeit werden die Ausführung und der Ressourceneinsatz anhand der Aufwandswerte geplant. Berechnet werden sie aus der Summe der Lohnstunden geteilt durch die Produktionsmenge, z.B. Lohnstunden je Tonne [Std/t]. Eine beispielhafte Berechnung eines Aufwandswertes wird mit der Formel 2-3 dargestellt.

Der Aufwandswert wird durch die Anzahl der Arbeitskräfte, die Leistung und die tägliche Arbeitszeit berechnet. Des Weiteren wird er durch das gewählte Bauverfahren, Baustellen-, Baubetriebs- und Bauwerksbedingungen beeinflusst.¹³

$$AW \left[\frac{Std}{t} \right] = \frac{\sum L [Std]}{M[t]} = \frac{AK \left[\frac{Std}{h} \right] \times AZ \left[\frac{h}{d} \right]}{L \left[\frac{t}{d} \right]}$$

Formel 2-3: Bsp. für die Berechnung eines Aufwandswertes

¹¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 43 ff.

¹² Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 44 f.

¹³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 46 f.

2.1.2.3 Qualität

Die Produktivität kann zusätzlich durch die Qualität gemessen werden. Anhand eines Beispiels für die Berechnung der Arbeitsproduktivität bei Sichtbetonarbeiten nach *Hofstadler* wird versucht, diese auf Stahlbauarbeiten anzuwenden.¹⁴

Bsp.: Arbeitsproduktivität bei Stahlbauarbeiten

- Im Stahlbau wird die Herstellung und Qualität durch die Normenreihe EN 1090 Teil 1 bis 3 geregelt. Konstruktionen werden in Ausführungsklassen (EXC) 1 bis 4 eingeteilt. EXC 1 stellt die niedrigsten und EXC 4 die höchsten Ansprüche an die Qualität. (Eine ausführliche Beschreibung der Normen und Anforderungen erfolgt unter *4.1 Normen im Stahlbau.*)
- Die Arbeitsproduktivität [t/Std] berechnet sich hierbei aus der Tonnage der laut vereinbarter Qualität hergestellten Stahlkonstruktion geteilt durch die Lohnstunden, siehe Formel 2-4.

$$P \left[\frac{t}{Std} \right] = \frac{M[t]}{\sum L [Std]}$$

Formel 2-4: Bsp. der Berechnung der Arbeitsproduktivität bei Stahlbauarbeiten

- Stahlkonstruktion: 100 t
- Davon mangelhaft hergestellte Stahlkonstruktion: 10 t
- Lohnstunden für die gesamte Herstellung der STAKO: 2.000 Std
- Arbeitsproduktivität mängelfreie STAKO:

$$0,045 \left[\frac{t}{Std} \right] = \frac{90 [t]}{2.000 [Std]}$$

Formel 2-5: Arbeitsproduktivität für mängelfreie STAKO

- Arbeitsproduktivität für geplante mängelfreie STAKO:

$$0,050 \left[\frac{t}{Std} \right] = \frac{100 [t]}{2.000 [Std]}$$

Formel 2-6: Arbeitsproduktivität für geplante mängelfreie STAKO

- Produktivitätsverlust:

$$0,005 \left[\frac{t}{Std} \right] = 0,050 \left[\frac{t}{Std} \right] - 0,045 \left[\frac{t}{Std} \right]$$

Formel 2-7: Produktivitätsverlust durch verminderte Qualität

¹⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 48 f.

2.1.3 Zusammenhang von Produktivität, Aufwandswert und Leistung

Aufwandswert und Produktivität korrelieren miteinander. Ein steigender Aufwandswert führt dazu, dass die Produktivität sinkt, umgekehrt lässt ein niedrigerer Aufwandswert die Produktivität steigen. Die Produktivität kann durch den Kehrwert des Aufwandswertes berechnet werden, siehe Formel 2-8.¹⁵

$$P \left[\frac{t}{Std} \right] = \frac{1}{AW \left[\frac{Std}{t} \right]}$$

Formel 2-8: Berechnung der Produktivität aus Kehrwert des Aufwandswertes

Veränderungen der Produktivität werden durch die Ausgangs-Produktivität abzüglich der Ist-Produktivität berechnet. Ausgangs- und Ist-Produktivität werden wiederum durch den Kehrwert der Soll- und Ist-Aufwandswerte gebildet. Steigerungen und Verluste der Produktivität werden dann nach Formel 2-9 berechnet.¹⁶

$$\Delta PV \left[\frac{t}{Std} \right] = \frac{1}{AW_{Soll} \left[\frac{Std}{t} \right]} - \frac{1}{AW_{Ist} \left[\frac{Std}{t} \right]}$$

Formel 2-9: Berechnung der Veränderung der Produktivität

Der Zusammenhang zwischen steigendem Aufwandswert und sinkender Produktivität ist in Abbildung 2-3 dargestellt.

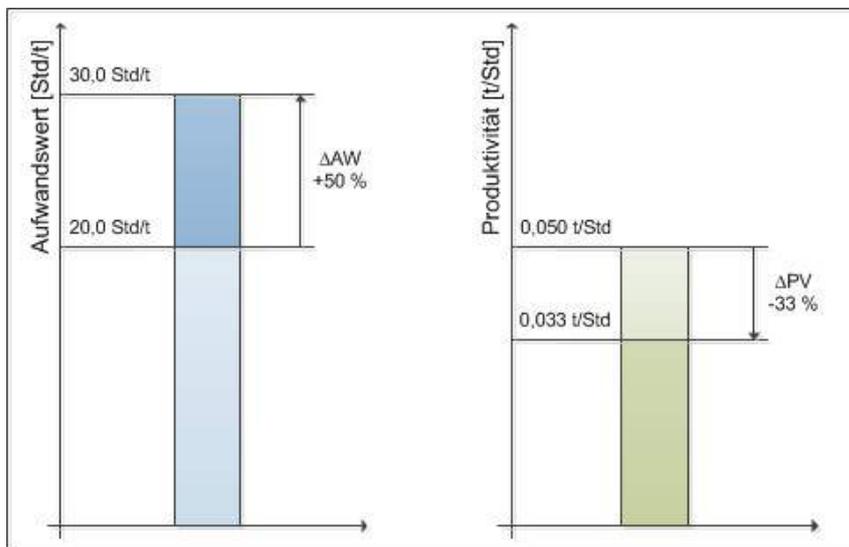


Abbildung 2-3: Zusammenhang zwischen Aufwandswert und Produktivität¹⁷

¹⁵ HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 35

¹⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 35

¹⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 36

Eine weitere Auswirkung des erhöhten Aufwandswertes und der niedrigeren Produktivität ist eine verminderte Leistung der Arbeit. Der Leistungsverlust berechnet sich nach Formel 2-10.¹⁸

$$\Delta L \left[\frac{t}{d} \right] = L_{Soll} \left[\frac{t}{d} \right] - L_{Ist} \left[\frac{t}{d} \right]$$

Formel 2-10: Berechnung des Leistungsverlustes

Durch die Reduktion der Arbeitsproduktivität können in weiterer Folge auch die Betriebsmittel- und Stoffproduktivität vom Leistungsverlust betroffen sein.¹⁹

2.1.4 Produktivitätsverluste

Ein Produktivitätsverlust tritt ein, wenn Produktionsverfahren falsch kombiniert oder gewisse Grenzen nicht eingehalten werden. Damit Produktivitätsverluste vermieden werden, müssen nach *Hofstadler* nachfolgende Grenzwerte eingehalten werden.

- Arbeitsgruppengröße
- Mindestarbeitsraum für Arbeitskräfte und Gerät
- Anzahl der Arbeitskräfte je Kran
- Witterung
- Tägliche Arbeitszeit
- Einarbeitung
- Planvorlauf und -qualität²⁰

Auf die Arbeits-, Betriebsmittel und Stoffproduktivität sowie die dispositive Produktivität bei der Fertigung und Montage einer Konstruktion für den Stahlhochbau wird unter *4.2.4 Produktivitätsverluste bei Stahlhochbauten* im Detail eingegangen.

¹⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 36

¹⁹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 37

²⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 64 ff.

2.2 Baubetriebliche Grundlagen

Ein wirtschaftlich optimales Ergebnis eines Bauprojektes kann mit Hilfe der Arbeitsvorbereitung erreicht werden. Dabei hat die Arbeitsvorbereitung nach *Drees/Spranz*²¹ dafür Sorge zu tragen, dass

- *Arbeitskräfte* *zur richtigen Zeit*
- *Maschinen* *in der richtigen Menge*
- *Baustoffe* *am richtigen Ort*

sind.

Um dies zu erreichen müssen nach *Drees/Spranz*²² folgende Planungsmaßnahmen verwirklicht werden:

- *Auswahl des wirtschaftlichsten Bauverfahrens (technischer und kalkulatorischer Verfahrenvergleich)*
- *Planung des Bauablaufs (Bauablaufplan)*
- *Bereitstellungsplanung von Arbeitskräften, Baustoffen und Maschinen*
- *Planung der Baustelleneinrichtung*

Erhält eine Unternehmung den Zuschlag für ein Bauprojekt, so werden die oben genannten Planungsmaßnahmen um die Arbeitskalkulation und den Soll-Ist-Vergleich erweitert.²³

Die Planungsmaßnahmen der Arbeitsvorbereitung (vor und nach Auftragserteilung) sind in Abbildung 3-1 dargestellt.

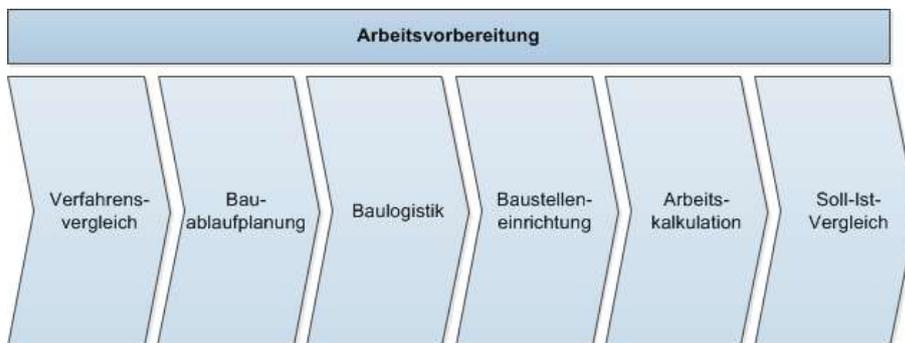


Abbildung 2-4: Planungsmaßnahmen der Arbeitsvorbereitung²⁴

²¹ DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. S. 11

²² DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. S. 11

²³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 16

²⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 16

2.2.1 Verfahrensvergleich

Bei der Herstellung einer Stahlkonstruktion soll mit Hilfe eines Verfahrensvergleiches das wirtschaftlichste Bauverfahren – sowohl für die Fertigung als auch für die Montage – erhoben werden.²⁵

Eine wesentliche Aufgabe der Arbeitsvorbereitung ist es, die Verfahren für die Fertigung auszuwählen. Dabei wird festgelegt, welche Positionen bzw. Bauteile mithilfe einer bestimmten Fertigungsanweisung hergestellt werden.²⁶

Die Wahl des Montageverfahren hat maßgeblichen Anteil daran, ob Ziele hinsichtlich Kosten, Zeit und Qualität erreicht werden können. Ferner ist das Montageverfahren maßgeblich dafür, ob die Firma den Zuschlag für ein Projekt bekommt. Eine allgemeine Aussage darüber, mit welchem Verfahren die Ziele realisiert werden können, kann nicht getroffen werden. Die Auswahl erfolgt anhand verschiedener Randbedingungen, die sowohl die Baustelle als auch die Firma im Allgemeinen betreffen. Dazu gehören die Qualifikation des eingesetzten Montagepersonals und die Auswahl der Geräte sowie deren Verfügbarkeit.²⁷

Als Hilfsmittel für die Auswahl des richtigen Verfahrens kann entweder der kalkulatorische oder der differenzierte Verfahrensvergleich eingesetzt werden. Ziele, die erfüllt werden müssen, die aber entkoppelt von der Wahl des Verfahrensvergleichs bestehen, sind:

- Minimale Herstellkosten
- Qualitative und quantitative Anforderungen
- Vermeidung von Unfällen²⁸

2.2.1.1 Kalkulatorischer Verfahrensvergleich

Mit dem kalkulatorischen Verfahrensvergleich können mögliche Ausführungsvarianten hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit verglichen werden.²⁹

„Zur Bestimmung des wirtschaftlichsten Bauverfahrens wird die Kostendifferenz zwischen den zur Auswahl anstehenden Bauverfahren ermittelt. Die Rechnung wird in der Weise durchgeführt, dass nur diejenigen Größen Berücksichtigung finden, die sich durch die zu vergleichenden Bauverfahren ändern. Gleichbleibende Größen werden nicht betrachtet.“³⁰

²⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 73

²⁶ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 42

²⁷ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 40

²⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 73 f.

²⁹ Vgl. BERNER, F.; SCHACH, R.; KOCHENDÖRFER, B.: Grundlagen der Baubetriebslehre 2 - Baubetriebsplanung. S. 142

³⁰ BERNER, F.; SCHACH, R.; KOCHENDÖRFER, B.: Grundlagen der Baubetriebslehre 2 - Baubetriebsplanung. S. 142

2.2.1.2 Differenzierter Verfahrensvergleich

Ein differenzierter Verfahrensvergleich ist im Gegensatz zum kalkulatorischen Verfahrensvergleich kein reiner Wirtschaftlichkeitsvergleich. Zusätzlich zu den wirtschaftlichen Aspekten werden folgende Anforderungen an die möglichen Varianten gestellt:

- Ästhetik
- Bauwerksanforderungen
- Sicherheit
- Technik
- Umwelt und Umfeld
- Baubetrieb und Bauwirtschaft

Durch die Anwendung dieses Verfahrens steigt zwar der Zeitaufwand, der für den Verfahrensvergleich aufgewendet werden muss, jedoch wird das Risiko für die Kalkulation und in der Ausführungsphase, im Gegensatz zum kalkulatorischen Verfahrensvergleich, deutlich reduziert.³¹

2.2.2 Bauablaufplanung

Die Planung des Bauablaufs beruht auf Erfahrungswerten von bereits abgewickelten Projekten.³²

Die Bauablaufplanung, auf der die späteren Arbeiten aufbauen, erfolgt im Zuge der Arbeitsvorbereitung. Um ein wirtschaftlich optimales Ergebnis zu erreichen, sollte der Bauablaufplanung große Bedeutung beigemessen werden. Zusätzlich zur rein planerischen Aufgabe kann sie zur Kontrolle und Steuerung von Handlungen herangezogen werden.³³

„Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung wird das „Drehbuch“ für den Bauablauf geschrieben. Während der Bauausführung ist dieses „Drehbuch“ immer wieder an die tatsächlich angetroffenen Baustellen-, Bauwerks- und Betriebsbedingungen anzupassen.“³⁴

³¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 345

³² Vgl. DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. S. 83

³³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 39 ff.

³⁴ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 40

Nach *Drees/Spranz*³⁵ hat sich die nachfolgende Vorgehensweise für die Bauablaufplanung bewährt:

1. *Analyse des Bauwerks und Aufstellen des Grobplans, der sich auf die wichtigsten Bauabschnitte bezieht und hierfür Rahmenterminpläne festlegt.*
2. *Aufstellen des Feinplans, der die einzelnen Arbeitsschritte näher detailliert.*
3. *Kontrolle des Bauablaufs und Anpassungen der Änderungen an den Grobablaufplan.*

2.2.3 Baulogistik

Aufgabe der Logistik nach *Drees/Spranz*³⁶ ist die Bereitstellung der Arbeitskräfte, Betriebsmittel und Baustoffe hinsichtlich:

- *Zeitpunkt*
- *Menge*
- *Ort*

Die Baulogistik setzt sich aus drei Teilgebieten zusammen:

- Beschaffungslogistik
- Produktionslogistik
- Entsorgungslogistik³⁷

2.2.3.1 Beschaffungslogistik

Als Schnittstelle zwischen Lieferanten und dem Ort der Produktion können der Beschaffungslogistik folgende Funktionen zugeordnet werden:

- Baustoffbedarf erheben
- Einkauf
- Anzahl und zeitliche Abfolge der Transporte auf die Baustelle planen und koordinieren³⁸

³⁵ DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. S. 83

³⁶ DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. S. 175

³⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 42

³⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 42

Die Beschaffungslogistik - umgelegt auf die Herstellung von Stahlkonstruktionen - ist verantwortlich für:

- **Einkauf:** Ab einer Bestellmenge von rund 50 t bei Grobblechen, 100 t bei Profilen oder 200 t insgesamt kann Material direkt über das Walzwerk bezogen werden. Dadurch können gegenüber einem Einkauf beim Stahlhändler mehr als 10 % gespart werden. Ein Nachteil, wenn nicht beim Stahlhändler, sondern direkt beim Walzwerk bestellt wird, ist die mögliche Wartezeit bei gewissen Blechdicken oder Profilen.³⁹

2.2.3.2 Produktionslogistik

Die Planung von Transporten zwischen baustelleninternen Lagerplätzen wird von der Produktionslogistik geregelt und deshalb auch Baustellenlogistik genannt. Die Aufgabe der Produktionslogistik ist es, die Transporte der verschiedenen Baustoffe hinsichtlich der Zeit und Kapazität zu planen.⁴⁰

Die Produktionslogistik - umgelegt auf die Herstellung von Stahlkonstruktionen - ist verantwortlich für:

- **Transporte:** Transportvorgänge sind ein wichtiger Bestandteil der Fertigung einer Stahlkonstruktion, dazu zählen:
 - ♦ Anlieferung und Zwischenlagerung des Rohmaterials,
 - ♦ Transporte im Werk,
 - ♦ der Transport zum Montageort und
 - ♦ Transporte auf der Baustelle.⁴¹

Von der Anlieferung des Rohmaterials bis zum Versand werden 8 bis 12 Transportvorgänge mit dem Hallenkran durchgeführt.

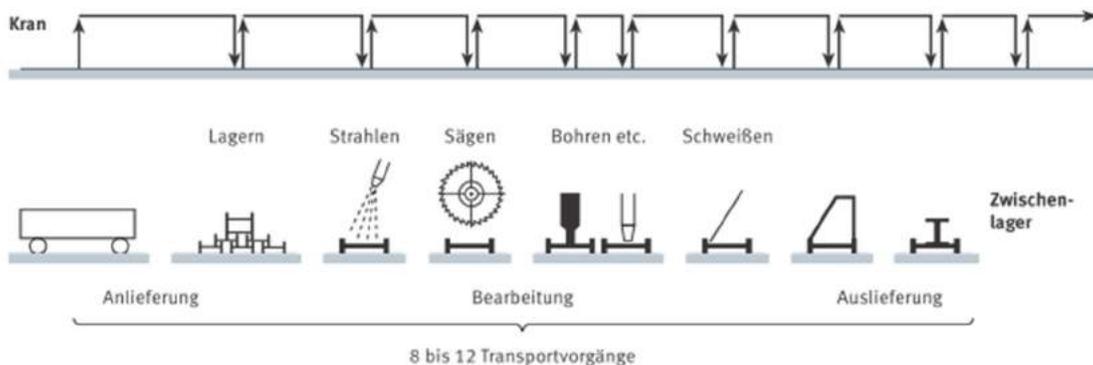


Abbildung 2-5: Transportvorgänge bei der Stahlbaufertigung⁴²

³⁹ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 40

⁴⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 44

⁴¹ Vgl. BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 5.5 | Ausführung von Stahlbauten – Transport. Arbeitshilfe. S. 1

⁴² Vgl. BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 5.5 | Ausführung von Stahlbauten – Transport. Arbeitshilfe. S. 2

2.2.3.3 Entsorgungslogistik

Die Entsorgung von Baurestmassen wird von der Entsorgungslogistik geregelt. Dadurch, dass immer weniger freie Flächen für die Entsorgung zur Verfügung stehen und viele Produkte wiederverwertet werden können, wird die Entsorgungslogistik zukünftig an Bedeutsamkeit gewinnen. Die Restmassen, die im besonderen Maße bei Umbau- und Abbrucharbeiten entstehen, können unterteilt werden in:

- Bauschutt
- Aushubmaterial
- Straßenaufbruch
- Holz-, Metall- und Kunststoffabfälle
- Sonderabfälle⁴³

Die Entsorgungslogistik - umgelegt auf die Herstellung von Stahlkonstruktionen - ist verantwortlich für:

- **Recycling und Wiederverwertung:** Stahl kann beinahe zu 100 % einer neuen Nutzung zugeführt werden. 88 % der Stahlprodukte werden recycelt und 11 % wiederverwertet, siehe Abbildung 2-6.⁴⁴

„Stahl ist also ein regenerativer Baustoff: Nach der Nutzung lässt er sich einsammeln und entweder wiederverwenden oder neu einschmelzen.“⁴⁵

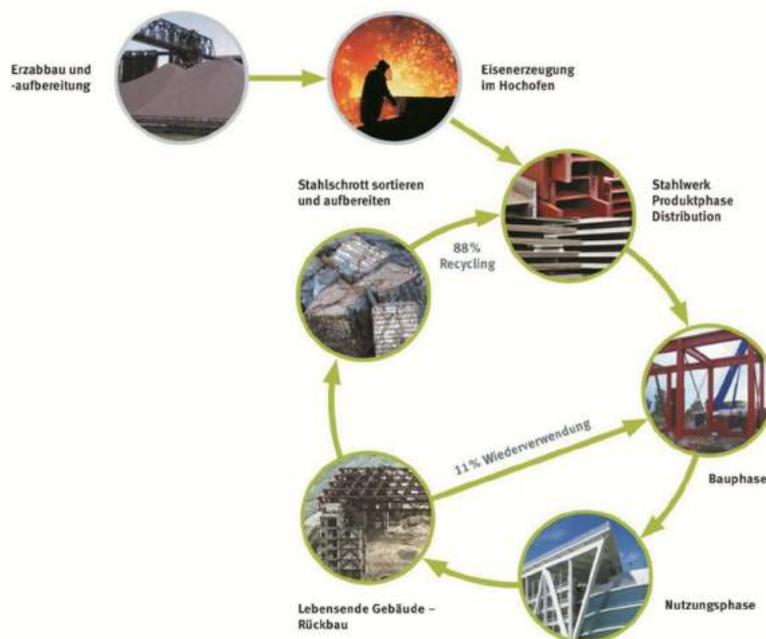


Abbildung 2-6: Kreislaufsystem von Baustahl⁴⁶

⁴³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 46 f.

⁴⁴ Vgl. SIEBERS, R.; HAUKE, B.: Ökobilanzieller Vergleich von Hallen unterschiedlicher Bauweisen. Publikation. S. 9

⁴⁵ SIEBERS, R.; HAUKE, B.: Ökobilanzieller Vergleich von Hallen unterschiedlicher Bauweisen. Publikation. S. 11

⁴⁶ SIEBERS, R.; HAUKE, B.: Ökobilanzieller Vergleich von Hallen unterschiedlicher Bauweisen. Publikation. S. 12

2.2.4 Baustelleneinrichtung

Die Planung der Baustelleneinrichtung erfolgt im Zuge der Arbeitsvorbereitung. Es ist dabei zu beachten, dass hierbei begangene Fehler nicht mehr rückgängig gemacht werden können und dadurch wirtschaftliche Schäden entstehen können.⁴⁷

Die Baustelleneinrichtung wird aufbauend auf den vorher angestellten Überlegungen zu Bauablaufplanung und Logistik erstellt.⁴⁸

Nach *Bauer*⁴⁹ werden an die Baustelleneinrichtung folgende Anforderungen gestellt:

- *der ungestörte Bauablauf in jeder Bauphase,*
- *die materialflussgerechte Anordnung der einzelnen Elemente mit minimalen Transportentfernungen. Außerdem sind*
- *alle Sicherheitseinrichtungen für eine unfallfreie Bauausführung vorzusehen und*
- *alle Emissionen (Lärm und Staub) in den vorgeschriebenen Grenzen zu halten.*

Nach der *Arbeitshilfe 5.6 | Ausführung von Stahlbauten – Baustelleneinrichtung* des *bauforumstahl e.V.*⁵⁰ müssen für die Baustelleneinrichtung folgende Punkte geklärt werden.

- *Baustellenbeschreibung*
- *Zufahrtswege und Kran-Standplätze*
- *Unterkünfte, Büro und Sanitäre Anlagen*
- *Lagerflächen*
- *Energieversorgung, Verbrauchsstoffe*
- *Hebezeuge, Arbeitsgeräte und Werkzeuge*
- *Arbeitsschutzmaßnahmen*
- *Verkehrssicherungs- und –Lenkungsmaßnahmen*
- *Sonstige Informationen*

Weitere Anforderungen an die Baustelleneinrichtung für die Herstellung einer Konstruktion für den Stahlhochbau siehe *4.2.3.2 Baustelleneinrichtung*.

⁴⁷ Vgl. DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. S. 186

⁴⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 103

⁴⁹ BAUER, H.: Baubetrieb. S. 592 f.

⁵⁰ BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 5.6 | Ausführung von Stahlbauten – Baustelleneinrichtung. Arbeitshilfe. S. 1 f.

2.2.5 Arbeitskalkulation

Die Arbeitskalkulation wird nach der Auftragserteilung, aufbauend auf die vor der Auftragserteilung durchgeführten Angebots- und Auftragskalkulation, erstellt. Abweichungen bezüglich der Randbedingungen eines Bauvorhabens oder falsche Annahmen aus der Angebots- und Auftragskalkulation, die sich in weiterer Folge auf die Kosten auswirken, müssen mit der Arbeitskalkulation erfasst werden.⁵¹

Der Ablauf der Kalkulation, mit den unterschiedlichen Phasen innerhalb eines Bauvorhabens, ist in Abbildung 2-7 dargestellt.

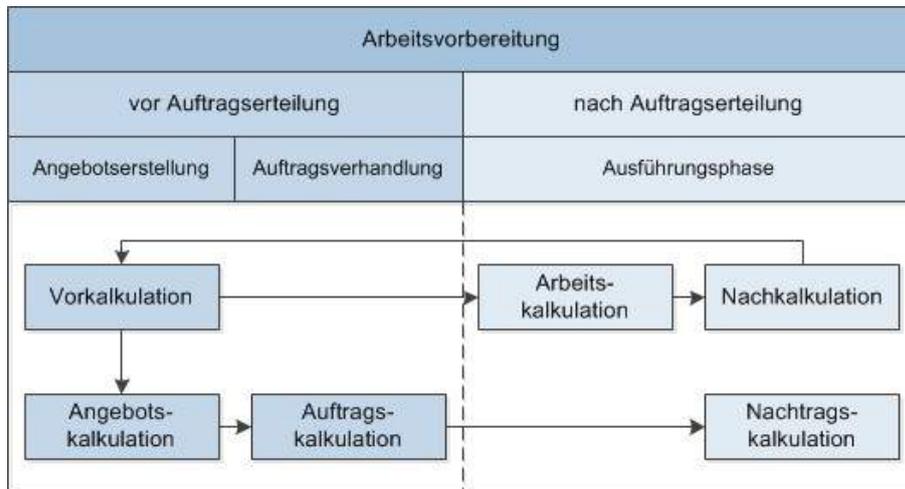


Abbildung 2-7: Ablauf der Kalkulation⁵²

Kalkulatorische Vorgaben wie Aufwandswerte, Leistungswerte, Geräte- und Materialkosten werden im Zuge der Arbeitskalkulation festgelegt. Kommt es während der Bauphase zu Abweichungen, muss die Arbeitskalkulation aktualisiert werden.⁵³

Die Kosten der Arbeitskalkulation werden einerseits als Soll-Kosten für den späteren Soll-Ist-Vergleich herangezogen und dienen andererseits als Basis für die Nachkalkulation.⁵⁴

2.2.6 Soll-Ist-Vergleich

Um Diskrepanzen im geplanten Bauablauf rechtzeitig festzustellen und darauf reagieren zu können, muss ein laufender Soll-Ist-Vergleich erfolgen.

⁵¹ Vgl. DREES, G.; PAUL, W.: Kalkulation von Baupreisen. S. 21

⁵² Vgl. DREES, G.; PAUL, W.: Kalkulation von Baupreisen. S. 20

⁵³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schularbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 11

⁵⁴ Vgl. DREES, G.; PAUL, W.: Kalkulation von Baupreisen. S. 21

Die zu überwachenden Größen eines Soll-Ist-Vergleiches sind:

- Zeit
- Qualität
- Kosten
- Aufwandswerte
- Leistung
- Vorhaltemenge⁵⁵

Nach *Bauer*⁵⁶ besteht der Soll-Ist-Vergleich aus:

- *der Feststellung des Ist-Ablaufs der einzelnen Teilvorgänge. Dazu gehören die im betrachteten Zeitraum erreichten Baufortschritte, die Mengenleistungen und die dafür angefallenen Aufwendungen,*
- *dem Vergleich dieser Daten mit den Vorgaben des Ablaufplans und der Arbeitskalkulation,*
- *der Analyse von Abweichungen gegenüber dem Soll,*
- *dem Bewerten entstandener Verschiebungen und*
- *einer Prognose über den voraussichtlichen weiteren Ablauf der Produktion (Trendanalyse) mit Blick auf das Bauende.*

2.3 Bauwirtschaftliche Grundlagen

Ein wesentlicher Aspekt der Bauweise mit Stahl ist der Materialeinkauf. Rund ein Drittel der gesamten Kosten einer Stahlkonstruktion entfallen auf das Material, welches somit noch vor den Kosten für die Fertigung und die Montage den größten Anteil einnimmt. In den letzten Jahren war der Stahlpreis ständigen Schwankungen unterworfen, wodurch dieser ein Risiko für die Unternehmen darstellt.

2.3.1 Stahlpreis - Entwicklung bis 2008

Preisschwankungen sind seit jeher ein Risikofaktor im Stahlbau. Die Märkte waren immer wieder von temporären Preisanstiegen aber auch von Preisabnahmen geprägt.

Durch das Zusammenspiel mehrerer Faktoren, wie dem erhöhten Bedarf an Stahl in den Schwellenländern, gestiegenen Preisen für Rohstoffe wie Erz und Koks kohle sowie durch den neu geschaffenen Schrottpreiszuschlag, kam es ab 2003 zu einem noch nie da gewesenen Preisanstieg. Der Preiszuschlag für Schrott, vergleichbar mit dem Legierungszuschlag bei Edelstahl, wurde von den Stahlproduzenten eingeführt, um auf den Preisanstieg, resultierend aus der gestiegenen Nachfrage für Stahlschrott,

⁵⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.: Schularbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. S. 22 ff.

⁵⁶ BAUER, H.: Baubetrieb. S. 716

zu reagieren. Bei Stahlproduktionen auf dem neuesten Stand wird Stahlschrott zu 100 % als Rohstoff eingesetzt, während bei gängigen Produktionen nur bis zu 15 % Stahlschrott zugegeben werden kann.

Aufgrund dieser Randbedingungen kam es zu Beginn der Jahre 2004 und 2007 zu einem Preisanstieg, der zeitweilig durch einen Preisrückgang im Sommer unterbrochen wurde. Im Jahr 2008 gipfelte diese Entwicklung in einem Allzeithoch des Stahlpreises mit rund 1.100 €/t während der Sommermonate, ehe sich die Situation im zweiten Halbjahr wieder entspannte.⁵⁷

Die Abbildung 2-8 zeigt die Preisentwicklung, dargestellt in €/t inkl. Schrottpreiszuschlag, für Stahlbauprofile mit einer Steghöhe von mehr als 300 mm und Grobblechen der Jahre 2003 bis 2008.

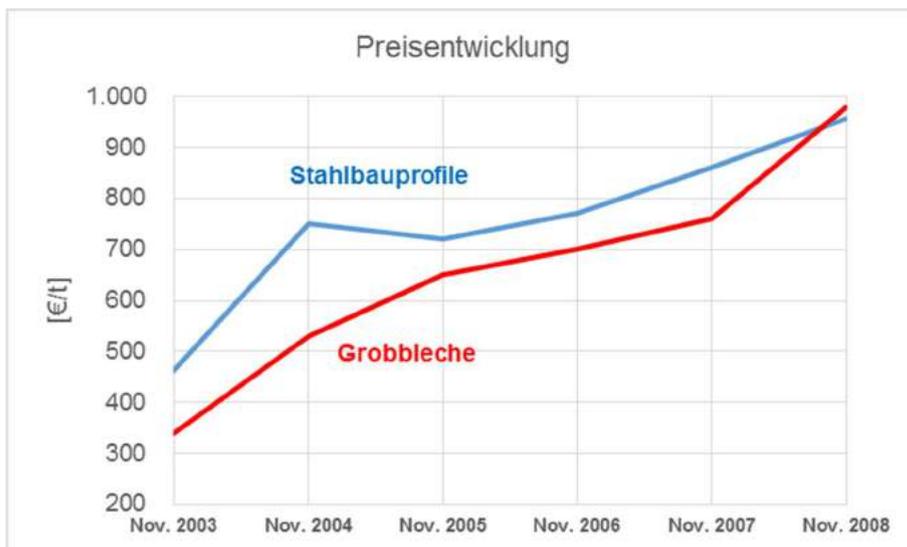


Abbildung 2-8: Preisentwicklung für Stahlbauprofile und Grobbleche⁵⁸

2.3.2 Stahlpreis - „Finanzkrise“ und aktuelle Entwicklung

Nachdem ab 2004, wie in Kapitel 2.3.1 *Stahlpreis - Entwicklung bis 2008* beschrieben, ein stetiger Preisanstieg zu beobachten war, explodierten die Stahlpreise zu Beginn des zweiten Quartals 2008.

Gründe hierfür waren wiederum der steigende Bedarf an Stahl und von Seite der Stahlproduzenten wurden die gestiegenen Preise für Stahlschrott, Kokskohle und Eisenerz als Ursache angegeben. Sowohl bei Eisenerz als auch beim Stahlschrott war ein hundertprozentiger Preisanstieg zu verzeichnen, der sogar noch mit einer Preissteigerung von 200 % bei Kokskohle übertroffen wurde.

Infolge der weltweiten Finanzkrise setzte ab Herbst 2008 ein umgekehrter Trend ein, der den Stahlpreis rasant abfallen ließ. Als Beispiel hierfür dient

⁵⁷ Vgl. GÜNTZER, K. H.; HAMMACHER, P.: 11 Stahlpreise. In: Stahlbau Kalender 2009. S. 993

⁵⁸ Vgl. GÜNTZER, K. H.; HAMMACHER, P.: 11 Stahlpreise. In: Stahlbau Kalender 2009. S. 994

der Schrottpreiszuschlag, welcher sich von August bis Dezember 2008 um 80 % reduzierte.

Der vorläufige Tiefststand für den durchschnittlichen Tonnenpreis wurde im April 2009 erreicht.⁵⁹

In der Abbildung 2-9 ist die Entwicklung des Stahlpreises von Jänner 2007 bis April 2016 abgebildet. Von Jänner bis August 2008 stieg der durchschnittliche Tonnenpreis von 700 €/t auf 1.100 €/t. Als Folge der Finanzkrise fiel der Stahlpreis von August 2008 bis April 2009 auf rund 550 €/t. Danach erholte sich der Preis und stieg, mit kurzen Unterbrechungen, auf rund 800 €/t bis zum Juli 2010. Seit Juli 2010 ist eine kontinuierliche Preisenkung zu erkennen, derzeit (Stand: April 2016) liegt der durchschnittliche Stahlpreis bei 600 €/t.

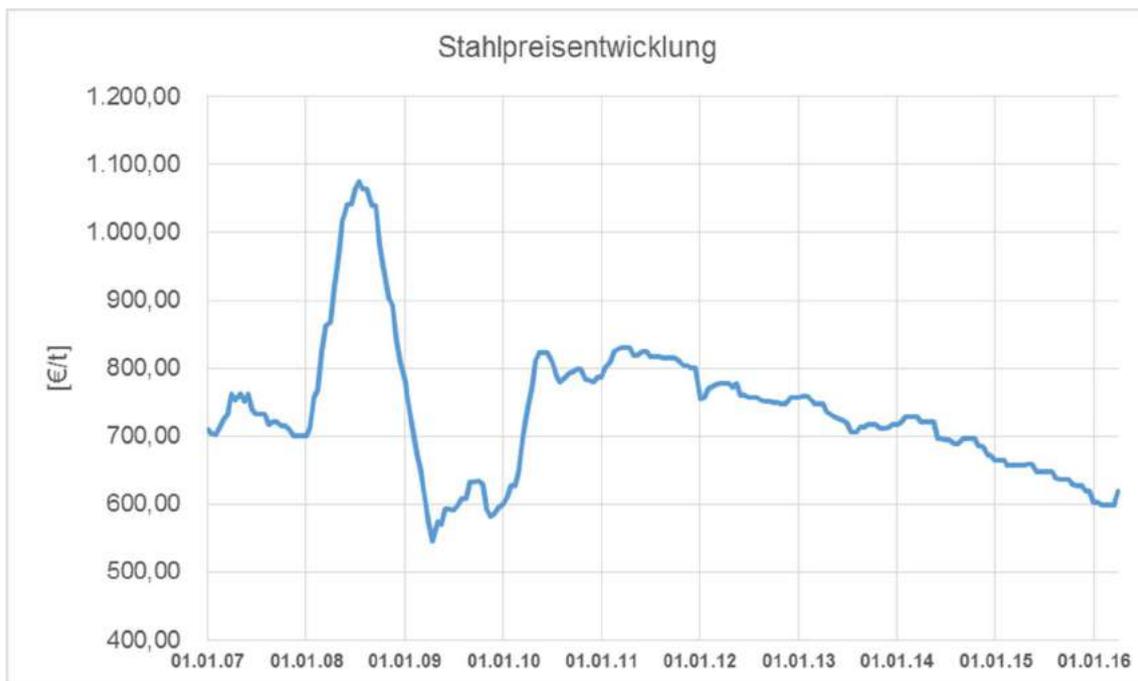


Abbildung 2-9: Entwicklung des Stahlpreises 2007 - 2016⁶⁰

Das Resümee zur der Stahlpreisentwicklung von *Güntzer/Hammacher* in *Stahlpreise – Stahlbau Kalender 2009*:

„Materialpreisschwankungen werden auch künftig zu erheblichen Unsicherheiten bei der Abwicklung von Bauaufträgen führen. Konflikte hieraus lassen sich nur durch eine vorausschauende Vertragsgestaltung vermeiden. Dabei muss für eine angemessene Verteilung dieses Risikos zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber Sorge getragen werden.“⁶¹

⁵⁹ Vgl. GÜNTZER, K. H.; HAMMACHER, P.: 11 Stahlpreise. In: Stahlbau Kalender 2009. S. 993 ff.

⁶⁰ Vgl. AMBROS SCHMELZER & SOHN GMBH & CO.KG: Stahlpreisindex. <http://www.a-schmelzer.de/bilder/Stahlpreisindex.pdf>. Datum des Zugriffs: 13.April.2016

⁶¹ GÜNTZER, K. H.; HAMMACHER, P.: 11 Stahlpreise. In: Stahlbau Kalender 2009. S. 1003

2.3.3 Kostenverteilung

Die Kosten einer Stahlkonstruktion setzen sich aus den Anteilen für Planung, Material, Fertigung, Schutzgrundierung (Korrosions- und Brandschutz), Lieferung und Montage zusammen.

Der Anteil der Tragwerkskosten, einer fertig hergestellten und montierten Stahlkonstruktion, eines Bauwerks liegt bei rund 25 % der Gesamtkosten.⁶²

Eine Minimierung der Baukosten wird erreicht durch:

- gute, optimierte Planung unter Mitwirkung von Bauherr, Architekt und Fachplanern
- Senkung der Materialkosten durch die Verwendung geläufiger Stahlprofile, -sorten und -güten
- hohen Vorfertigungsgrad
- Minimierung der Montageverbindungen bzw. Montageverbindungen bevorzugt ausgeführt mit Schraubenverbindungen⁶³
- mögliche Serienfertigung → „Einarbeitungseffekt“⁶⁴
- wirtschaftliche Transporte⁶⁵

Die Kostenverteilung einer mittelschweren Stahlkonstruktion, bestehend aus Breitflanschträgern (HEA, HEB und HEM) mit einer Profilhöhe von 200 bis 700 mm (50 bis 300 kg/m), nach dem *bauforumstahl e.V.*:

- 38 % Material
- 12 % Statik und Planung
- 22 % Fertigung
- 11 % Korrosionsschutz
- 17 % Lieferung und Montage⁶⁶

Die Angaben für die Kostenverteilung einer Stahlkonstruktion aus *Atlas moderner Stahlbau* beziehen sich auf Konstruktionen zwischen 500 und 1000 t und setzen sich zusammen aus:

- 30 - 35 % Material
- 5 % Planung
- 25 - 35 % Fertigung
- 8 % Schutzgrundierung
- 2 % Transport und Lieferung
- 20 - 25 % Montage⁶⁷

⁶² Vgl. <https://www.bauforumstahl.de/ausfuehrung-baukosten>. Datum des Zugriffs: 13.April.2016

⁶³ Vgl. GRIMM, F.; KOCKER, R.: Hallen aus Stahl - Planungsleitfaden. Publikation. S. 36

⁶⁴ Vgl. GRIMM, F.; KOCKER, R.: Hallen aus Stahl - Planungsleitfaden. Publikation. S. 6

⁶⁵ Vgl. BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 5.5 | Ausführung von Stahlbauten – Transport. Arbeitshilfe. S. 1

⁶⁶ Vgl. <https://www.bauforumstahl.de/ausfuehrung-baukosten>. Datum des Zugriffs: 13.April.2016

⁶⁷ Vgl. O’SULLIVAN, G.: Teil C Grundlagen II - 2 Stahl und Wirtschaft(lichkeit). In: Atlas moderner Stahlbau - Material, Tragwerksentwurf, Nachhaltigkeit. S. 150

Die endgültige Kostenverteilung einer Stahlkonstruktion wurde durch die Bildung des Mittelwerts der Angaben aus den oben angeführten Quellen ermittelt (siehe Abbildung 2-10) und setzt sich zusammen aus:

- 36 % Material
- 8 % Planung
- 25 % Fertigung
- 10 % Schutzgrundierung
- 21 % Lieferung und Montage



Abbildung 2-10: Kostenverteilung einer Stahlkonstruktion

2.3.4 Wirtschaftliche Aspekte zum Stahlhochbau - Hallenbau

Nach *Rösel/Witte*⁶⁸ zeichnet sich der Stahlhochbau – Hallenbau durch die nachfolgenden Vorteile und wirtschaftlichen Aspekte aus:

- *Architektonische Gestaltungs- und Farbgebungsmöglichkeiten mit Variabilität der Gesamtform*
- *Industrielles, rechnergestütztes Planungs- und Herstellungsverfahren im Stahlbauwerk, deshalb witterungsabhängig, präzise und preisgünstig*
- *Geringes Eigengewicht, hohe Tragfähigkeit des Stahles und günstige Tragsysteme der Stahlkonstruktion, dadurch kleine Fundamente*
- *Einfache Verbindungstechnik, lösbare Montageverbindungen*
- *Geringes Gewicht der Einzelteile, deshalb einfacher Transport, einfache Baustelleneinrichtung und schnelle Montage*
- *Erweiterungsmöglichkeit und nachträgliche Veränderbarkeit, insbesondere Erhöhung der Tragfähigkeit durch Verstärkung*
- *Demontage und Wiedermontage ohne Zerstörung der Stahlbauteile*
- *Volkswirtschaftliche Vorteile durch Wiederverwendbarkeit (Recycling) der Stahlkonstruktion.*

⁶⁸ RÖSEL, W.; WITTE, H.: Hallen aus Stahl - Planen und Bauen. S. 9

3 Grundlagen zu Kennzahlen

Kennzahlen sind Maßstabswerte, durch die Daten in Zahlen dargestellt werden können. Mithilfe dieser quantitativen Größen können sowohl betriebsinterne als auch überbetriebliche Werte gegenübergestellt werden.⁶⁹

Kennzahlen sollen informieren, gut quantifizierbar sein und die Information in spezifischer Form zur Verfügung stellen. Durch ihren Informationsgehalt unterstützen Kennzahlen bei der Entscheidungsfindung. Aufgrund ihrer spezifischen Darstellung können komplizierte Strukturen schnell erfasst werden. Die Quantifizierbarkeit ermöglicht eine Darstellung auf Skalenniveau. Zusätzlich sorgt sie dafür, dass die Gefahr unpräziser Bewertungen und Auslegungen minimiert wird.⁷⁰

Kennzahlen werden folgendermaßen definiert:

„Zusammenfassung von quantitativen, d.h. in Zahlen ausdrückbaren Informationen für den innerbetrieblichen (betriebsindividuelle Kennzahlen) und zwischenbetrieblichen (Branchen-Kennzahlen) Vergleich (etwa Betriebsvergleich, Benchmarking).“⁷¹

3.1 Arten von Kennzahlen

Kennzahlen können in zwei Klassen eingeteilt werden (siehe Abbildung 3-1). Die erste Klasse beinhaltet absolute Zahlen, durch welche sich Einzelzahlen darstellen lassen. Die zweite und aussagekräftigere Klasse stellt die Verhältniszahlen dar, die durch zwei Kennzahlen gebildet werden.⁷²

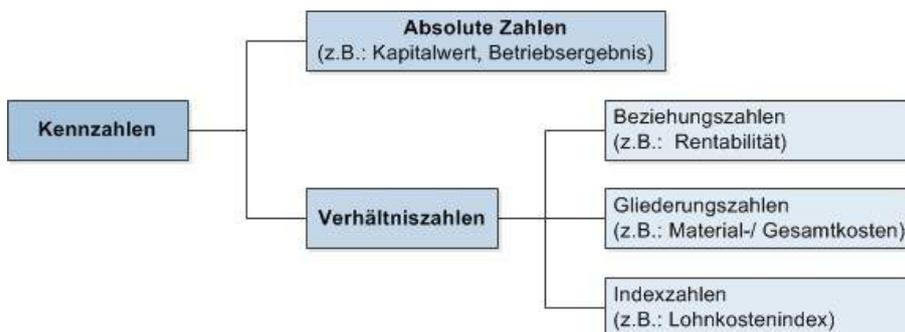


Abbildung 3-1: Arten von Kennzahlen⁷³

⁶⁹ Vgl. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/54801/kennzahlen-v10.html>. Datum des Zugriffs: 24. August 2016

⁷⁰ Vgl. REICHMANN, T.: Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten. S. 20

⁷¹ <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/54801/kennzahlen-v10.html>. Datum des Zugriffs: 24. August 2016

⁷² Vgl. DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 106

⁷³ Vgl. DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 106

Zu den absoluten Zahlen zählen Einzelzahlen (z.B. Kassabestand), Summen (z.B. Bilanzsumme), Differenzen (z.B. Gewinn) und Mittelwerte (z.B. durchschnittlicher Lagerbestand).

Verhältniszahlen werden unterteilt in Beziehungszahlen (z.B. Rentabilität als Gewinn zu Kapital), Gliederungszahlen (z.B. Material-/ Gesamtkosten) und Indexzahlen (z.B. Lohnkostenindex).⁷⁴

Die drei Arten der Verhältniszahlen werden nach *Dellmann/Pedell* folgendermaßen definiert:

- **Beziehungszahlen:**

„Bei Beziehungszahlen werden zwei verschiedenartige, jedoch sachlich zusammenhängende Grössen (z.B. Rentabilität als Gewinn zu Kapital) zueinander ins Verhältnis gesetzt.“⁷⁵

- **Gliederungszahlen:**

„Gliederungszahlen geben den Anteil einer Grösse (z.B. der Materialkosten) an einer Gesamtmenge (z.B. den Periodenkosten) an.“⁷⁶

- **Indexzahlen:**

„Indexzahlen setzen gleichartige, aber zeitlich oder örtlich verschiedene Grössen zueinander in Beziehung (z.B. Lohnkostenindex).“⁷⁷

3.2 Kennzahlen und Kennzahlensysteme

Durch Kennzahlensysteme sollen mehrere Kennzahlen in strukturierter Form dargestellt und deren Zusammenhänge verdeutlicht werden. Um Kennzahlen beispielsweise für die Entscheidungsfindung oder Steuerung wirtschaftlicher Aufgabenstellungen einsetzen zu können, werden mehrere Kennzahlen benötigt. Kennzahlensysteme sorgen dafür, dass die benötigten Informationen aus Kennzahlen leichter ersichtlich werden.⁷⁸

Die Hauptaufgaben von Kennzahlen und Kennzahlensystemen liegen darin, Informationen zur Verfügung zu stellen und als Steuerungselement zu dienen. Werden sie zu Informationszwecken eingesetzt, können Zusammenhänge aufgezeigt, Alternativen abgewogen und nachfolgende Handlungen unterstützt werden. Als Steuerungselement definieren Kennzahlen Ziele, die durch nachfolgende Entscheidungen und Handlungen erreicht werden sollen.⁷⁹

⁷⁴ Vgl. REICHMANN, T.: Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten. S. 106

⁷⁵ DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 106

⁷⁶ DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 107

⁷⁷ DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 107

⁷⁸ Vgl. DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 107 ff.

⁷⁹ Vgl. DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 109

In folgender Abbildung werden die Anwendungsmöglichkeiten der Kennzahlen und Kennzahlensysteme aufgezeigt.

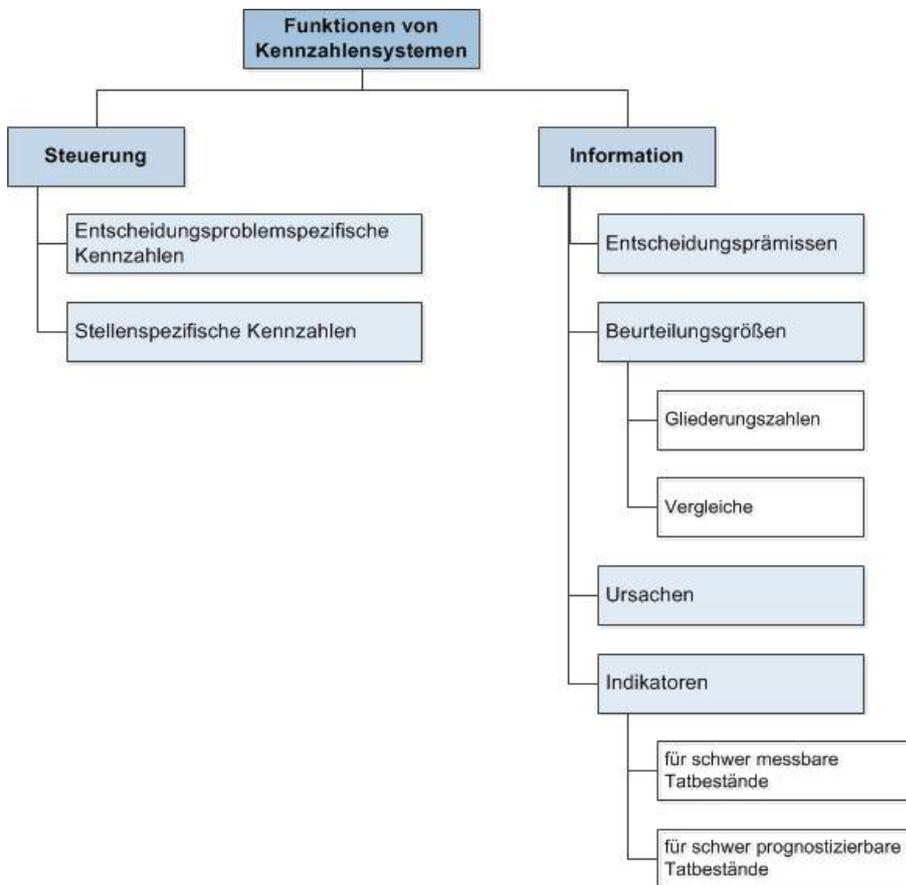


Abbildung 3-2: Verwendbarkeit von Kennzahlen und Kennzahlensystemen⁸⁰

3.3 Anforderungen an Kennzahlensysteme

Die Vielzahl an Kennzahlen verleitet dazu, dass Kennzahlen willkürlich nach den jeweiligen Bedürfnissen eingesetzt werden. Um eine solche Verwendung als sogenannte Einzelkennzahlen auszuschließen, werden Anforderungen an Kennzahlensysteme gestellt. Kennzahlensysteme müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Hierarchische Struktur
- Indikatorcharakter
- Partizipative Herleitung⁸¹

Hierarchische Strukturen minimieren die Möglichkeiten der Verwendung von Einzelkennzahlen. Kennzahlensysteme mit einer klaren Struktur sind

⁸⁰ Vgl. DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 110

⁸¹ Vgl. DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 114 f.

einfacher zu verstehen und leichter zu durchschauen. Ist die klare Struktur des Systems gegeben, wird zumeist auch die Anforderung an die Einfachheit erfüllt. Die hierarchische Struktur ermöglicht es, nachvollziehen zu können, aus welchen Komponenten sich eine übergeordnete Kennzahl zusammensetzt.

Der Indikatorcharakter steht der Forderung nach einer hierarchischen Struktur gegenüber, weil dadurch eine gewisse Offenheit gefordert wird. Dieser Umstand kann gelöst werden, indem eine untergeordnete Kennzahl Eingang bei mehreren übergeordneten Kennzahlen findet und die Kennzahlen deshalb kein Einliniensystem darstellen.

Die partizipative Herleitung eines Kennzahlensystems steigert seine Akzeptanz und stellt sicher, dass es von fachkundigen Mitarbeitern aufgebaut wird. Dadurch wird seine Entwicklung Schritt für Schritt vorangetrieben, verschiedene Anwendungsfälle können getestet und das System kann stetig verbessert werden.⁸²

In Abbildung 3-3 werden die Anforderungen an Kennzahlensysteme zusammengefasst.

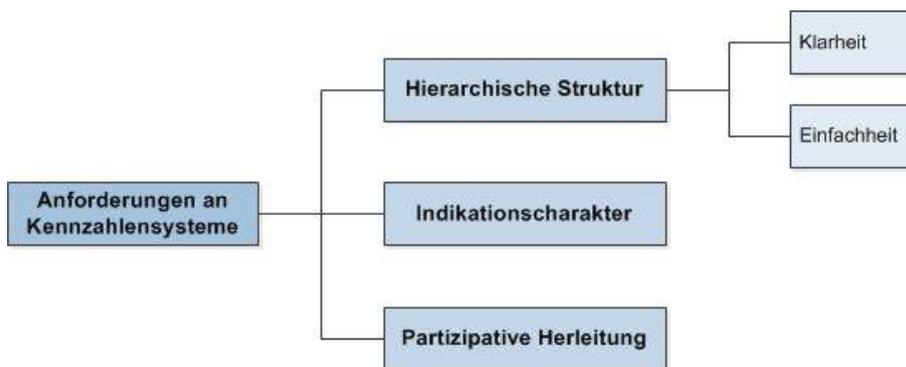


Abbildung 3-3: Anforderungen an Kennzahlensysteme⁸³

⁸² Vgl. DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 114 ff.

⁸³ Vgl. DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. S. 115

3.4 Produktivitätskennzahlen

Die Produktivität ist eine der fundamentalsten Kennzahlen für ein Unternehmen. Sie bestimmt, ob Arbeiten termingerecht und zu den kalkulierten Kosten durchgeführt werden können. Ist die Produktivität bei Leistungen eines Unternehmens nicht gegeben, ist das jeweilige Bauvorhaben in wirtschaftlicher Hinsicht untragbar. Auf längere Sicht ist die Existenz des Unternehmens gefährdet.⁸⁴

Oberndorfer/Jodl definieren Produktivität folgendermaßen:

„In technisch-organisatorischer Hinsicht läuft ein Fertigungsvorgang umso günstiger ab, je weniger Produktionsfaktoren für die gleiche Produktionsmenge benötigt werden. Um das zu beurteilen, stellt man das mengenmäßige Ergebnis eines Produktionsvorganges (Produktionsmenge) dem mengenmäßigen Einsatz an Produktionsfaktoren gegenüber.“⁸⁵

Die Definition der Produktivität nach Oberndorfer/Jodl erfolgt durch die nachfolgende Gleichung:

$$P. = \frac{\text{Produktionsmenge}}{\text{Menge der zur Herstellung benötigten Produktionsfaktoren}}$$

Formel 3-1: Definition der Produktivität nach Oberndorfer/Jodl⁸⁶

Für die Bewertung der Produktivität werden nach Oberndorfer/Jodl⁸⁷ die folgenden vier Produktivitätskennzahlen verwendet:

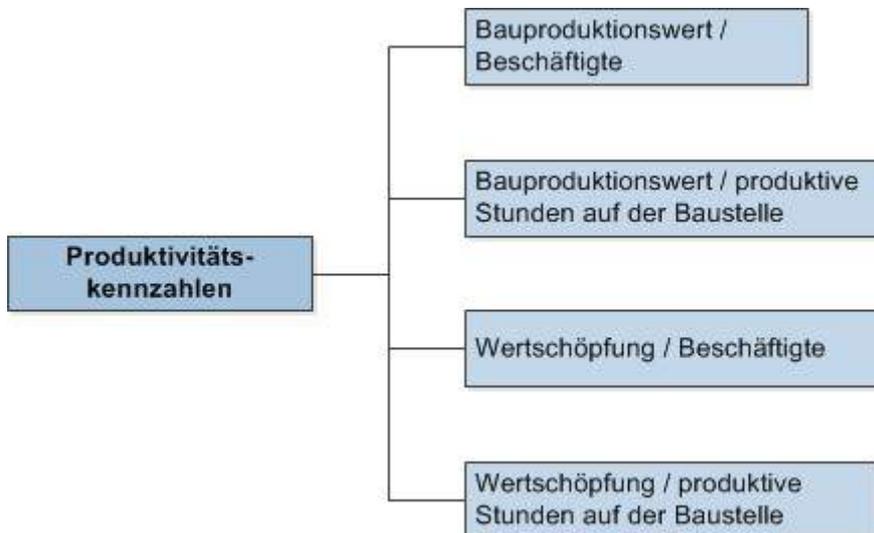


Abbildung 3-4: Produktivitätskennzahlen nach Oberndorfer/Jodl

⁸⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 9

⁸⁵ OBERNDORFER, W.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. S. 124

⁸⁶ OBERNDORFER, W.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. S. 124

⁸⁷ Vgl. OBERNDORFER, W.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. S. 124

3.5 Erhobene Kennzahlen

Bei den unter Kapitel 6 *Kennzahlen - Projekte* ermittelten Kennzahlen handelt es sich um:

▪ **Beziehungszahlen:**

- ◆ Gewicht pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche (kg/m^2 BGF)
- ◆ Gewicht pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt (kg/m^3 BRI)
- ◆ Kosten pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche ($\text{€}/\text{m}^2$ BGF)
- ◆ Kosten pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt ($\text{€}/\text{m}^3$ BRI)
- ◆ Kosten pro Kilogramm ($\text{€}/\text{kg}$)

▪ **Aufwandswerte:**

- ◆ Lohnstunden pro Tonne für die Fertigung, Montage und Gesamt ($\text{Std}/\text{t}_{\text{Fertigung}}$, $\text{Std}/\text{t}_{\text{Montage}}$ und $\text{Std}/\text{t}_{\text{Gesamt}}$)
- ◆ Lohnstunden pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/m^2 BGF $_{\text{Fertigung}}$, Std/m^2 BGF $_{\text{Montage}}$ und Std/m^2 BGF $_{\text{Gesamt}}$)
- ◆ Lohnstunden pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/m^3 BRI $_{\text{Fertigung}}$, Std/m^3 BRI $_{\text{Montage}}$ und Std/m^3 BRI $_{\text{Gesamt}}$)

▪ **Produktivitätskennzahlen:**

- ◆ Bauproduktionswert je Beschäftigte ($\text{€}/\text{AK}$)
- ◆ Bauproduktionswert je produktive Stunden auf der Baustelle ($\text{€}/\text{Std}$)
- ◆ Wertschöpfung je Beschäftigte ($\text{€}/\text{AK}$)
- ◆ Wertschöpfung je produktive Stunden auf der Baustelle ($\text{€}/\text{Std}$)

4 Grundlagen des Stahlhochbaus

Die Bauweise mit Stahl ist gekennzeichnet durch eine große Variantenvielfalt und umfasst die Bereiche Stahlhochbau, Industriebau, Mast- und Turmbau, Brückenbau, Rohrleitungs- und Behälterbau, Stahlwasserbau, Gerüstbau, Kranbau, Förder- und Lagertechnik sowie Sonderkonstruktionen.⁸⁸

Die zwei wichtigsten und bedeutendsten Anwendungen des Stahlhochbaus aus bauwirtschaftlicher Sicht bilden der Hallenbau und der Geschößbau.⁸⁹

Hallenbauten werden definiert als:

„eingeschoßige Bauten mit großen Grundrissmaßen; Raumabschluss durchgehend oder nur teilweise (offene Hallen)“⁹⁰

Der Hallenbau umfasst Industriebauten wie Lager- und Fertigungshallen, Ausstellungs- und Sporthallen, Stadionüberdachungen sowie die Errichtung von Flugzeughangars.⁹¹

Geschoßbauten werden definiert als:

„vielgeschoßige Bauten mit eher kleinen Grundrissmaßen (→ Hochhausbau), Tragkonstruktion durch reines „Stahlskelett“ oder in Zusammenwirkung mit „Betonkernen.“⁹²

Der Geschößbau umfasst unter anderem Hochhäuser für Büro- und Hotelanlagen, Wohnbauten und Parkhäuser.⁹³

Nachfolgend wird ausschließlich auf den Bereich des Hallenbaus näher eingegangen, weil alle bearbeiteten Projekte diesem Bereich zuzuordnen sind.

⁸⁸ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 1-2

⁸⁹ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-2

⁹⁰ UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-2

⁹¹ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 1-2

⁹² UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-2

⁹³ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 1-2

4.1 Normen im Stahlbau

Die europäischen Normen für den Stahlbau im Überblick, dargestellt in Abbildung 4-1, sind:

- Normenreihe ÖNORM EN 1990: Eurocode 0 - Grundlagen der Tragwerksplanung
- Normenreihe ÖNORM EN 1991: Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke
- Normenreihe ÖNORM EN 1993: Eurocode 3 - Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten
- Normenreihe ÖNORM EN 1994: Eurocode 4 - Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahl-Beton-Verbundbauten
- ÖNORM EN 1090-1: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile
- ÖNORM EN 1090-2: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken
- Normenreihe ÖNORM EN 10025 - Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen
- Normenreihe ÖNORM EN 14399 - Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau
- Normenreihe ÖNORM EN 15048 - Garnituren für nicht vorspannbare Schraubverbindungen im Metallbau

Ausführung und Qualitätskontrolle	Planung und Berechnung	Konstruktionsmaterial
Herstellerqualifikation: EN 1090-1	Grundkonzept: EN 1990 Belastungen: EN 1991	Erzeugnisse aus Baustahl: EN 10025 (S235-S690)
Ausführung und Prüfung: EN 1090-2	Stahlbau: Eurocode 3 – EN 1993...	Schrauben: EN14399 (HV,HR) EN15048 (SB)

Abbildung 4-1: Überblick der europäischen Normen für den Stahlbau⁹⁴

4.1.1 ÖNORM EN 1090

Die Fertigung, Montage und Qualitätssicherung von Stahlkonstruktionen werden durch die Normenreihe EN 1090 geregelt. Diese Regelung unterscheidet den Stahlbau von anderen Ausführungsarten des Bauwesens. Durch die Normenreihe EN 1090 werden Anforderungen und Voraussetzungen definiert, durch die Auftraggeber sichergehen können, dass vereinbarte und geforderte Qualitäten der Bauwerke eingehalten werden.⁹⁵

⁹⁴ Vgl. GREINER, L. et al.: Ausführung und Qualitätssicherung von Stahlbauten. Broschüre. S. 4

⁹⁵ Vgl. GREINER, L. et al.: Ausführung und Qualitätssicherung von Stahlbauten. Broschüre. S. 3

Die ÖNORM EN 1090-2 regelt folgende Punkte:

- Ausführungsunterlagen und Dokumentation
- Konstruktionsmaterialien
- Vorbereitung und Zusammenbau
- Schweißen
- Mechanisches Verbinden
- Montage
- Oberflächenbehandlung
- Geometrische Toleranzen
- Kontrolle, Prüfung und Korrekturmaßnahmen⁹⁶

4.1.2 Forderungen der ÖNORM EN 1090

Durch die Normenreihe der ÖNORM EN 1090 Teil 1 bis 3 werden zusammenfassend folgende Anforderungen an die Hersteller gestellt:

- Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) und laufende Überwachung durch eine Zertifizierungsstelle (siehe Abbildung 4-2),
- Einführung der Schweißqualitätsnorm ISO 3834,
- Qualitätssicherung vorgespannter Schraubenverbindungen,
- Qualitätssicherung des Korrosionsschutzes (Beschichtungen nach EN ISO 12944 und Feuerverzinken nach EN ISO 1461),
- Erstprüfung neuer Produkte und Verfahren,
- Werkstoffnachweise und Materialrückverfolgbarkeit,
- geprüfte Schweißer und Bediener,
- Schweißaufsicht und Schweißanweisungen (nicht bei EXC1),
- 100 % Sichtprüfung der Schweißnähte,
- zerstörungsfreie Prüfungen (ZfP) der Schweißnähte (nicht bei EXC1) (siehe Abbildung 4-22),
- Herstellerdokumentation und Prüfaufzeichnungen,
- Konformitätserklärung und CE-Kennzeichnung (siehe Abbildung 4-35).⁹⁷

Ausführungs-klasse	Abstände zwischen den Inspektionen der WPK nach der Erstinspektion (Jahre)
EXC1 und EXC2	1 – 2 – 3 – 3
EXC3 und EXC4	1 – 1 – 2 – 3 – 3

Abbildung 4-2: Überwachungsintervalle der Zertifizierung nach EN 1090⁹⁸

⁹⁶ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSI-NSTITUT: ÖNORM EN 1090-2 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken. Norm. S. 23 ff.

⁹⁷ Vgl. <https://www.tuv.at/loesungen/industry-energy/en-1090/>. Datum des Zugriffs: 18.Mai.2016

⁹⁸ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSI-NSTITUT: ÖNORM EN 1090-1 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile. Norm. S. 27

4.1.3 Bestimmung der Ausführungsklasse

Stahlbauten werden anhand der ÖNORM EN 1090 in vier Ausführungsklassen (EXC) eingeteilt. EXC 1 stellt dabei die geringsten und EXC 4 die höchsten Anforderungen an die Qualitätssicherung. Beispiele für die vier Ausführungsklassen sind:

- EXC 1: Geländer und untergeordnete Tragwerke
- EXC 2: gewöhnlicher Stahlhochbau
- EXC 3: Brückenbau, Hochhäuser, Kranbahnen
- EXC 4: außergewöhnliche Tragwerke mit extremen Schadensfolgen im Versagensfall⁹⁹

Die Bestimmung der Ausführungsklasse nach EN 1090-2 erfolgt anhand der Auswahl der erforderlichen Schadensfolgeklasse, Beanspruchungskategorie und Herstellungskategorie für die Konstruktion bzw. je Bauteil (siehe Abbildung 4-3).

Schadensfolgeklassen		CC1		CC2		CC3	
Beanspruchungskategorien		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Herstellungskategorien	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^a	EXC3 ^a
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^a	EXC4

^a EXC4 sollte bei außergewöhnlichen Tragwerken oder bei Tragwerken mit hohen Versagensfolgen angewendet werden, entsprechend der nationalen Vorschriften

Abbildung 4-3: Bestimmung der Ausführungsklasse¹⁰⁰

4.1.3.1 Schadensfolgeklassen

Die Schadensfolgeklasse (CC) wird nach Abbildung 4-4 in der ÖNORM EN 1990 festgelegt. Dabei wird zwischen untergeordneten Konstruktionen mit niedrigen Folgen (CC 1), gewöhnlichen Konstruktionen mit mittleren Folgen (CC 2) und außergewöhnlichen Stahlkonstruktionen mit hohen Folgen (CC 3) unterschieden.

Schadensfolgeklassen	Merkmale	Beispiele im Hochbau oder bei sonstigen Ingenieurbauwerken
CC 3	Hohe Folgen für Menschenleben <u>oder</u> sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen (z. B. eine Konzerthalle)
CC 2	Mittlere Folgen für Menschenleben, beeinträchtigende wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen (z. B. ein Bürogebäude)
CC 1	Niedrige Folgen für Menschenleben <u>und</u> kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr (z. B. Scheunen, Gewächshäuser)

Abbildung 4-4: Schadensfolgeklassen¹⁰¹

⁹⁹ Vgl. GREINER, L. et al.: Ausführung und Qualitätssicherung von Stahlbauten. Broschüre. S. 4 ff.

¹⁰⁰ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 1090-2 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken. Norm. S. 114

¹⁰¹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 1990 - Eurocode - Grundlagen der Tragwerksplanung (konsolidierte Fassung). Norm. S. 50

4.1.3.2 Beanspruchungskategorien

Bei der Beanspruchung wird nach ÖNORM EN 1090-2 zwischen den Kategorien SC 1, statische, vorwiegend ruhende Belastung und SC 2, dynamische Belastung, unterschieden (siehe Abbildung 4-5).

Zur Beanspruchungskategorie SC1 zählen Hochbauten und zu SC 2 Brückentragwerke.

Kategorien	Merkmale
SC1	<ul style="list-style-type: none"> — Tragwerke und Bauteile, bemessen nur für vorwiegend ruhende Belastungen (Beispiel: Gebäude) — Tragwerke und Bauteile mit deren Verbindungen, bemessen für Erdbebeneinwirkungen in Regionen mit geringer Seismizität und in DCL* — Tragwerke und Bauteile, bemessen für Ermüdungseinwirkungen von Kranen (Klasse S₀)**
SC2	<ul style="list-style-type: none"> — Tragwerke und Bauteile, bemessen für Ermüdungsbelastungen nach EN 1993. (Beispiele: Straßen- und Eisenbahnbrücken, Krane (Klasse S₁ bis S₉)**, Schwingungsempfindliche Tragwerke bei Einwirkung von Wind, Fußgängern oder rotierenden Maschinen) — Tragwerke und Bauteile mit deren Verbindungen, bemessen für Erdbebeneinwirkungen in Regionen mit mittlerer oder starker Seismizität und in DCM* und DCH*
<small>* DCL, DCM, DCH: Duktilitätsklassen nach EN 1998-1 ** Zur Klassifizierung von Ermüdungseinwirkungen von Kranen siehe EN 1991-3 und EN 13001-1</small>	

Abbildung 4-5: Beanspruchungskategorien¹⁰²

4.1.3.3 Herstellungskategorien

Als letztes Kriterium für die Festlegung der Ausführungsklasse muss nach ÖNORM EN 1090-2 die Herstellungskategorie (PC) bestimmt werden (siehe Abbildung 4-6). Zu PC 1 gehören nicht geschweißte Bauteile oder Konstruktionen mit einer Stahlgüte unter S355. Unter PC 2 fallen geschweißte Konstruktionen mit einer Stahlgüte ab S355. Zusätzlich sind alle Baustellenschweißungen der Kategorie PC 2 zuzuordnen.

Kategorien	Merkmale
PC1	<ul style="list-style-type: none"> — Nicht geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten aller Stahlsorten — Geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten der Stahlsorten unter S355
PC2	<ul style="list-style-type: none"> — Geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten der Stahlsorten S355 und darüber — Für die Standsicherheit wesentliche Bauteile, die auf der Baustelle miteinander verschweißt werden — Bauteile, die durch Warmumformen gefertigt oder im Verlauf der Herstellung einer Wärmebehandlung unterzogen werden — Bauteile aus Kreishohlprofil-Fachwerkträgern, die besonders geschnittene Endquerschnitte erfordern

Abbildung 4-6: Herstellungskategorien¹⁰³

¹⁰² ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN 1090-2 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken. Norm. S. 113

¹⁰³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN 1090-2 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken. Norm. S. 113

4.2 Herstellung von Stahlkonstruktionen

Bei der Herstellung einer Stahlkonstruktion (siehe Abbildung 4-7) müssen die drei Hauptprozesse Planung, Fertigung sowie Transport und Montage, samt deren jeweils untergeordneten Prozessen, durchlaufen werden. Nachfolgend werden die Hauptprozesse mit ihren untergeordneten Prozessen beschrieben.

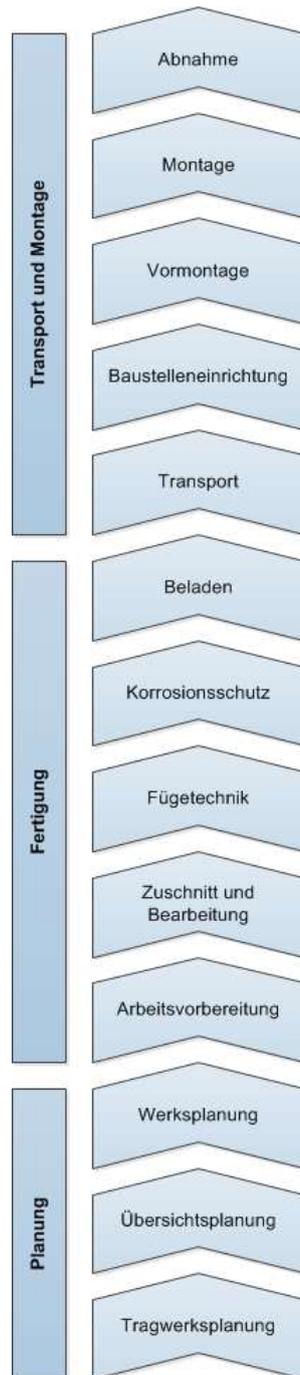


Abbildung 4-7: Herstellung von Stahlkonstruktionen

4.2.1 Planung

Der erste Hauptprozess, die Planung, gliedert sich in die untergeordneten Prozesse der Tragwerks-, Übersichts- und Werksplanung und ist in Abbildung 4-8 dargestellt.

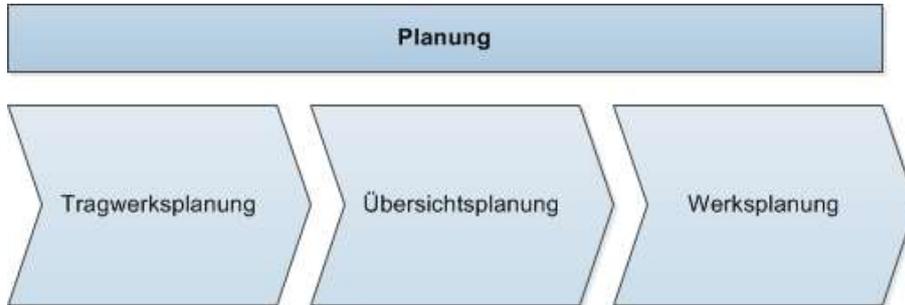


Abbildung 4-8: Herstellung von Stahlkonstruktionen - Planung

4.2.1.1 Tragwerksplanung

Die Tragwerksplanung wird entweder durch Zivilingenieure oder betriebsintern ausgeführt. Im Zuge der Tragwerksplanung erfolgt die statische Bearbeitung und Ausarbeitung einer Stahlkonstruktion.¹⁰⁴

Das geplante Tragwerk muss hierbei folgende Anforderungen erfüllen:

- Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)
- Widerstand gegen außergewöhnliche Ereignisse
- Dauerhaftigkeit
- Wirtschaftlichkeit¹⁰⁵

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist es unumgänglich, mehrere Varianten auszuarbeiten und zu vergleichen. Dabei sind nicht nur die Baukosten zu betrachten, sondern es sind auch später mögliche Erweiterungen oder eine veränderliche Nutzung für den Vergleich heranzuziehen.¹⁰⁶

Die Tragwerksplanung erfolgt mittels 2D bzw. 3D-Modellen und Statikprogrammen, die anhand von Einwirkungen (Eigengewicht, Nutzlasten, Schneelasten, Windlasten, usw.) die Schnittgrößen, Verformungen und Lagerreaktionen der Stahlkonstruktion berechnen.

Das Ergebnis der statischen Berechnung (siehe Abbildung 4-9) bildet die Grundlage für die nachfolgenden Planungsschritte und formuliert die Angaben an die Stahlkonstruktion, wie:

- die zu verwendenden Stahlprofile und -bleche,

¹⁰⁴ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 67

¹⁰⁵ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 70

¹⁰⁶ Vgl. DUBAS, P.; GEHRI, E.: Stahlhochbau: Grundlagen, Konstruktionsarten und Konstruktionselemente von Hallen- und Skelettbauten. S. 5

- Werkstoffeigenschaften der Profile und Bleche und
- Ausführung der Schrauben- und Schweißverbindungen.

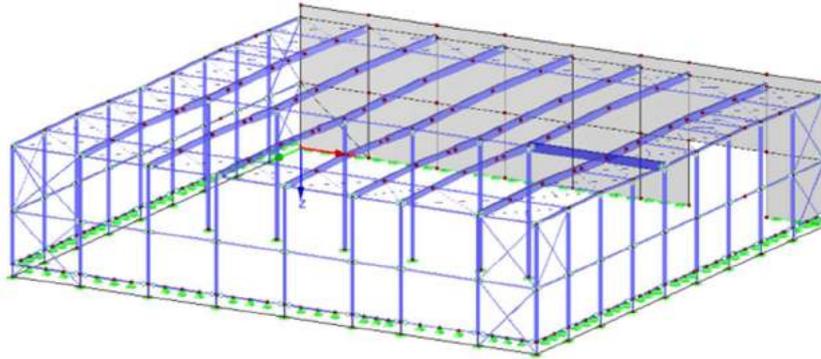


Abbildung 4-9: Tragwerksplanung Projekt C

4.2.1.2 Übersichtsplanung

Die Übersichtsplanung wird durch den Stahlbaukonstrukteur nach Vorgaben der Tragwerksplanung ausgeführt. Übersichtspläne werden in der Regel in den Maßstäben 1:50 bzw. 1:100 angefertigt. Durch detaillierte Übersichtszeichnungen verringert sich der Aufwand für die nachfolgenden Werkstattzeichnungen.¹⁰⁷

Übersichtspläne (siehe Abbildung 4-10) beinhalten:

- die Hauptposition in Grundrissen, Ansichten, Schnitten und Isometrien,
- Baugruppenpositionsnummer und Bauteilbezeichnung und
- Achs- und Hauptmaße sowie Höhenkoten.¹⁰⁸

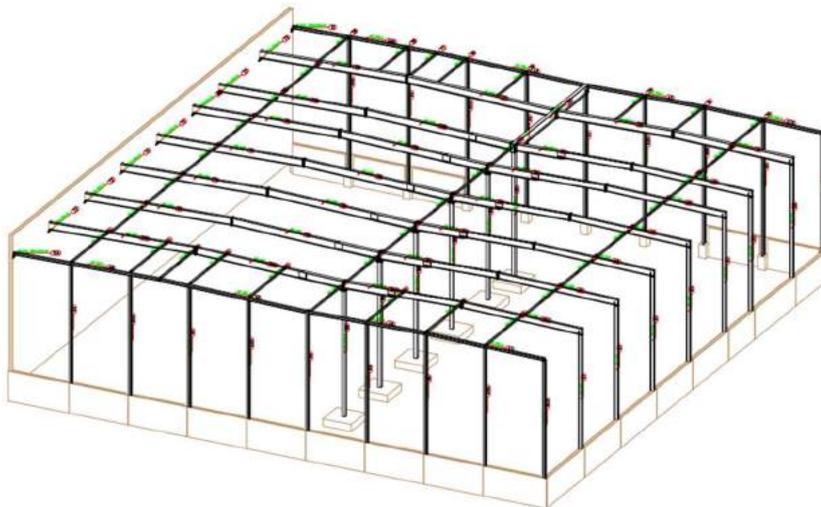


Abbildung 4-10: Übersichtsplanung Projekt C

¹⁰⁷ Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 29

¹⁰⁸ Vgl. STEINMANN, R. et al.: Richtlinie zur Erstellung von Ausführungsunterlagen für Stahlbauten. <http://dstvadmin.de/archiv/29012008152125.pdf>. Datum des Zugriffs: 15.Mai.20165

4.2.1.3 Werksplanung

Die Planungsphase von Stahlbauprojekten wird mit der Werksplanung abgeschlossen. Als Maßstab für die Werkstattzeichnungen werden die Maßstäbe 1:10 bis zu 1:20 verwendet. Details werden je nach Erfordernis in 1:1, 1:2 und 1:5 dargestellt.¹⁰⁹

Die Werkspläne (siehe Abbildung 4-11) besitzen den höchsten Detaillierungsgrad und beinhalten alle für die Fertigung des Bauteils notwendigen Angaben:

- Einzelteil- und Baugruppenbezeichnungen inkl. deren Qualitäten,
- Geometrieangaben,
- Angaben zu Schrauben- und Schweißverbindungen und
- Angaben zum Korrosionsschutz.¹¹⁰

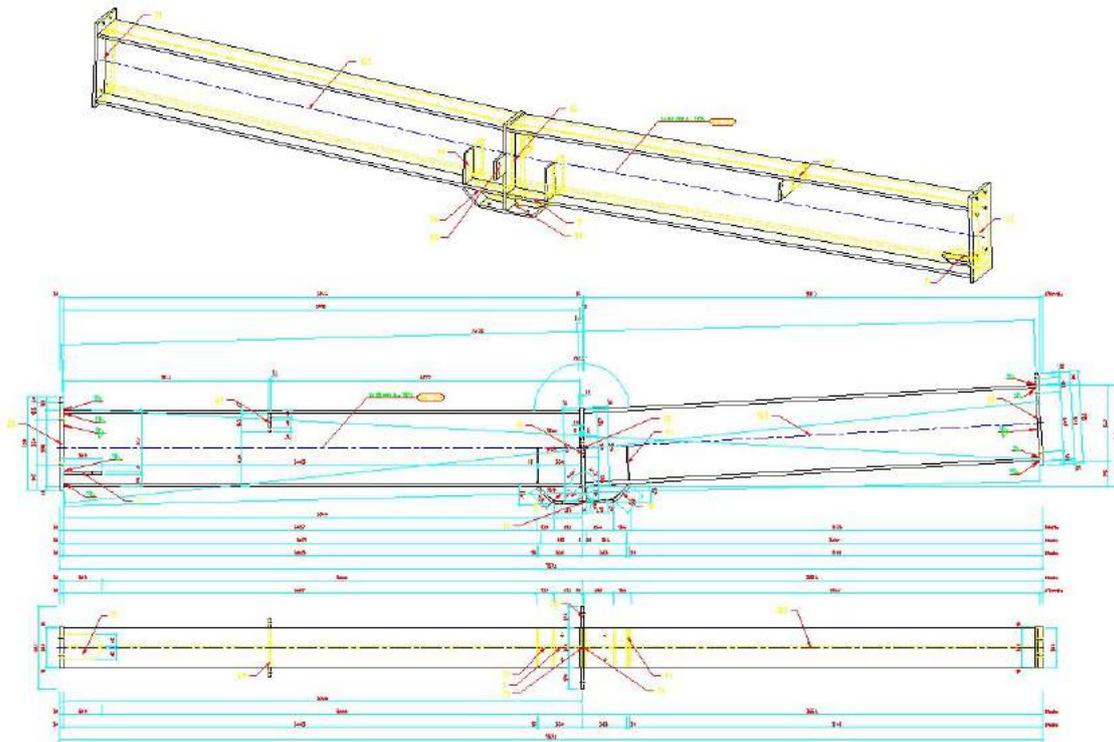


Abbildung 4-11: Werksplanung Projekt C - Übersicht für eine Baugruppe

¹⁰⁹ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung, S. 66

¹¹⁰ Vgl. STEINMANN, R. et al.: Richtlinie zur Erstellung von Ausführungsunterlagen für Stahlbauten. <http://dstvadmin.de/archiv/29012008152125.pdf>. Datum des Zugriffs: 15.Mai.2016 5 f.

4.2.2 Fertigung

Die Fertigung einer Konstruktion aus Stahl umfasst die Tätigkeiten Arbeitsvorbereitung, Zuschnitt und Bearbeitung, Fügetechnik, Korrosionsschutz und das Beladen. Die Prozesse der Fertigung sind in Abbildung 4-12 abgebildet.

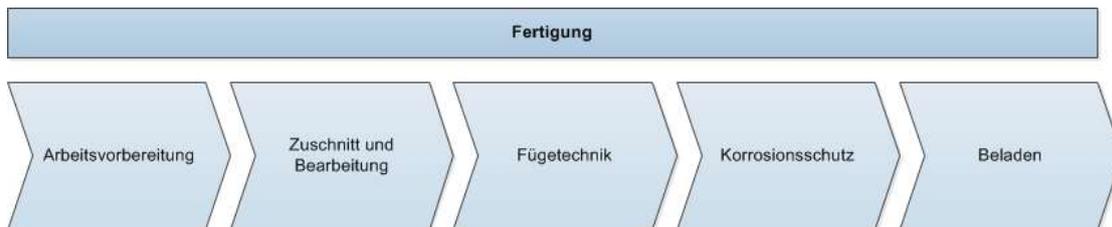


Abbildung 4-12: Herstellung von Stahlkonstruktionen - Fertigung

4.2.2.1 Arbeitsvorbereitung

Der Abschluss der Übersichts- und Werksplanung und der Beginn der Arbeitsvorbereitung sind zwei parallel ablaufende Prozesse.

Im Zuge der Arbeitsvorbereitung werden aus den Plänen, die mittels CAD-Programmen erstellt wurden, die **Stücklisten**, **Baugruppenlisten** und **Datenträger** der Stahlkonstruktion ausgearbeitet. Anhand der Stücklisten, welche die Menge, Form und Qualität des benötigten Materials ausweisen, erfolgt die **Materialbestellung** beim Stahlhändler bzw. es wird geprüft, ob das jeweilige Material im eigenen Lager vorrätig ist.

Die Datenträger werden für CNC-Bearbeitungsmaschinen (z.B.: Brennschneidanlage und Säge-Bohr-Anlage) benötigt. Früher mussten alle Bauteile per Hand „vorgezeichnet“ und „angekört“ werden, heute entfallen diese Vorgänge. Aus den CAD-Programmen, mit denen die Konstruktion geplant wurde, können die Datenträger direkt mit allen Informationen ausgegeben und auf die CNC-Maschinen übertragen werden.

Gleich zu Beginn der Arbeitsvorbereitung sollte ein **Bauzeitplan** erstellt werden und eine Abstimmung aller am Bau beteiligten Personen und Gewerke erfolgen. Ausgehend vom Bauzeitplan kann die **Kapazität** für die Fertigung und Montage geplant werden. Dabei wird unter anderem festgelegt welche Teile der Konstruktion von welchen Geräten hergestellt werden.

Nicht nur die Fertigung im Werk, auch die **Montage** muss geplant und vorbereitet werden. Dazu gehören die Begutachtung der Vor-Ort Situation auf der Baustelle, die Festlegung der Reihenfolge und Methode, nach welcher die Konstruktion montiert wird sowie die Transportplanung und die Terminplanung der Montage.¹¹¹

Alle im Zuge der Masterarbeit bearbeiteten Projekte (siehe *5 Projektbeschreibung*) wurden im abgebildeten Stahlbauwerk (siehe Abbildung 4-13)

¹¹¹ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung, S. 40 ff.

gefertigt. Die Fertigung erfolgt auf einer Fläche von rund 790 m², darin nicht enthalten sind die Lagerflächen für Stahlprofile und Grobbleche sowie das Fertigteillager.

Während der Fertigung – die Richtung wird durch rote Pfeile gekennzeichnet – werden folgende Arbeitsschritte durchlaufen:

1. **Transport** der Stahlprofile bzw. der Grobbleche von der jeweiligen **Lagerfläche** in den Bereich für **Zuschnitt und Bearbeitung**. Für den Transport werden Stapler (Gabel- oder Seitenstapler) eingesetzt.
2. **Zuschnitte und Bearbeitung** der Stahlprofile und Grobbleche (siehe 4.2.2.2 Zuschnitt und Bearbeitung). In diesem Arbeitsschritt werden die **Einzelteile** der Stahlkonstruktion hergestellt.
3. Nach Abschluss des 2. Arbeitsschrittes werden die **Einzelteile** in den dafür vorgesehenen **Lagerplätzen zwischengelagert**. Der Transport zu den Zwischenlagern kann per Stapler oder Hallenkran erfolgen.
4. **Transport** der **Einzelteile** von den **Zwischenlagern** in den Arbeitsbereich, in welchem der **Zusammenbau** stattfindet. Für den Transport werden wiederum Stapler oder Hallenkrane eingesetzt.
5. Im Bereich des **Zusammenbaus** werden die **Einzelteile** unter Anwendung der **Fügetechnik** (siehe 4.2.2.3 Fügetechnik) zu den **Baugruppen** zusammengefügt.
6. Nach dem **Zusammenbau** werden die Baugruppen mittels Stapler oder Hallenkran in den Bereich für den Korrosionsschutz bzw. in ein weiteres Zwischenlager gehoben.

Der 7. Arbeitsschritt ist abhängig von der gewählten Ausführungsvariante für den **Korrosionsschutz. Beschichtungen** (Arbeitsschritt 7a.) werden **betriebsintern** im Werk aufgetragen, das **Feuerverzinken** (Arbeitsschritt 7b.) erfolgt **extern** in einer Verzinkerei.

- 7a. **Beschichten:** Nach einer mechanischen Entrostung wird die **Konstruktion** durch Streichen oder Rollen **beschichtet** (siehe 4.2.2.4 *Korrosionsschutz - Beschichten*).
- 7b. **Feuerverzinken:** Die zwischengelagerten Baugruppen der **Konstruktion** werden von der Verzinkerei per Sattelzug im Werk abgeholt und anschließend in der Verzinkerei **feuerverzinkt** (siehe 4.2.2.4 *Korrosionsschutz - Feuerverzinken*).
Nach dem Feuerverzinken wird die Konstruktion von der Verzinkerei entweder zurück in das Werk geliefert und im Fertigteillager abgeladen oder direkt auf die Baustelle zugestellt.
8. **Transport** der Konstruktion in das **Fertigteillager**. Dieser Transport kann einerseits die Hubarbeiten für die beschichteten Baugruppen oder andererseits das Abladen der verzinkten Baugruppen vom Sattelzug

der Verzinkerei betreffen. Für den Transport werden wiederum Stapler oder Hallenkrane eingesetzt.

9. Die **Fertigung** der Konstruktion wird mit dem **Beladen** (siehe 4.2.2.5 *Beladen*) der firmeneigenen Sattelzüge **abgeschlossen**. Es folgen der Transport und die Montage der Konstruktion (siehe 4.2.3 *Transport und Montage*).

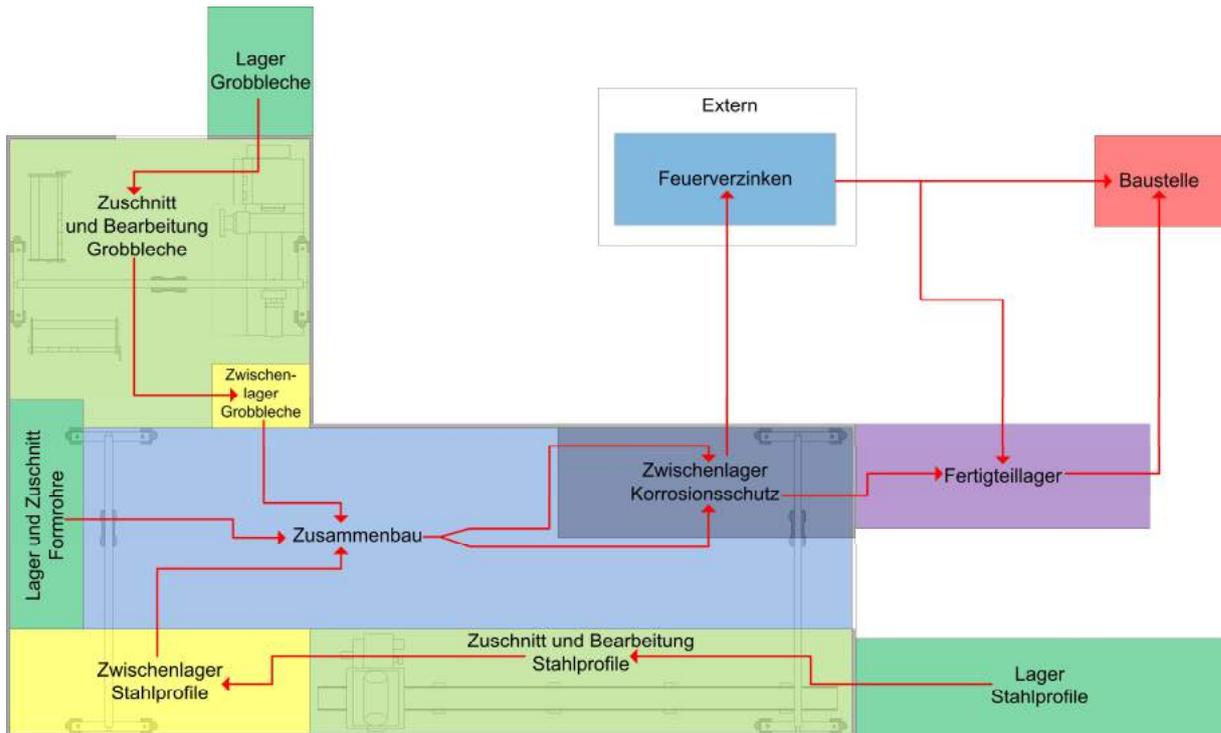


Abbildung 4-13: Schematischer Aufbau der Stahlbaufertigung

4.2.2.2 Zuschnitt und Bearbeitung

4.2.2.2.1 Schneiden

Das Schneiden von Grobblechen und Erzeugnissen aus Flachstahl erfolgt entweder durch Brenn-, Plasma- oder Laserschneiden. Dabei können nicht nur die jeweiligen Positionen aus den Blechen zugeschnitten, sondern auch die Löcher eingebrannt werden. Dadurch entfällt die Nachbearbeitung für das Bohren und Stanzen von Löchern.¹¹²

¹¹² Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 43 ff.

- **Brennschneiden:** Beim autogenen Brennschneiden, welches am häufigsten eingesetzt wird, werden Bleche mit einem Brenngas-Sauerstoffflamngemisch (Azetylen oder Propan) und Schneidsauerstoff geschnitten. Das Brennschneiden ist bis zu einer Materialdicke von bis zu 30mm geeignet.¹¹³
- **Plasmaschneiden:** Bei diesem Verfahren werden die Bleche durch einen Plasmastrahl geschmolzen. Der Plasmastrahl entsteht durch ein hoch erhitztes und leitfähiges Gas. Die Obergrenze der Schnittstärke liegt bei ca. 40mm.¹¹⁴
- **Laserschneiden:** Ein Laserstrahl schneidet dabei die zu bearbeitenden Bleche mit einer Materialstärke von bis zu 25mm. Vorteile des Laserschneidens sind einerseits die Schnittgeschwindigkeit und andererseits die präzise ausgeführten Schnittkanten.¹¹⁵

Abbildung 4-14 zeigt den Zuschnitt von Positionen aus Grobblech inkl. der Löcher.

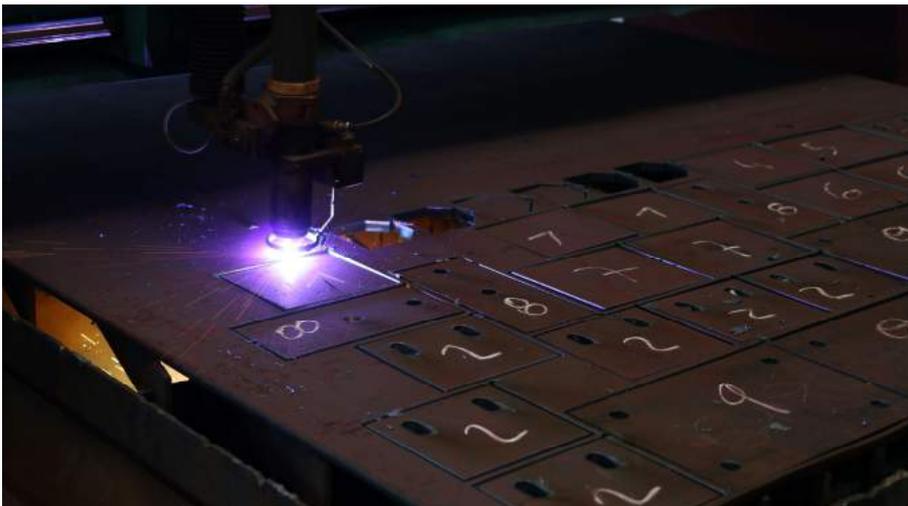


Abbildung 4-14: Brennschneiden

4.2.2.2 Bohren und Stanzen

Werden Löcher nicht im Zuge des Schneidverfahrens angefertigt, müssen sie entweder gebohrt oder gestanzt werden. Beide Verfahren verursachen Grate, die nachträglich beseitigt werden müssen.¹¹⁶

¹¹³ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 43 f.

¹¹⁴ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 44

¹¹⁵ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 44

¹¹⁶ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 45

- **Bohren:** Die Löcher werden direkt mit dem gewünschten Durchmesser in das zu bearbeitende Werkstück gebohrt.¹¹⁷
- **Stanzen:** Gestanzte Löcher werden mit Stempel durch das Blech gepresst. Im Unterschied zu Bohrungen können gestanzte Löcher nicht nur in kreisrunder Form, sondern je nach verfügbarer Stempelform beliebig ausgeführt werden. Stanzen ist bis zu einer Blechdicke von 25mm zulässig.¹¹⁸

4.2.2.2.3 Automatische Abläng- und Bohreinrichtungen

Das Ablängen und Bohren von Stahlprofilen erfolgt automatisch auf einer CNC-Säge-Bohr-Anlage. Dabei muss das zu bearbeitende Profil von der zuständigen Person („Bediener“) per Kran auf die Bearbeitungsmaschine gehoben werden, bevor es über Rollengänge der Abläng- und Bohreinrichtung zugeführt wird (siehe Abbildung 4-15). Die in der Arbeitsvorbereitung erstellten Datenträger enthalten alle Angaben zur Länge des Profils und der Lage der Bohrungen.¹¹⁹



Abbildung 4-15: Säge-Bohr-Anlage

4.2.2.3 Fügetechnik

Nachdem durch Zuschnitt und Bearbeitung alle Einzelteile der Stahlkonstruktion laut den Werkspänen hergestellt wurden, werden diese durch

¹¹⁷ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung, S. 45

¹¹⁸ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung, S. 45

¹¹⁹ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung, S. 45

Füge- und Verbindungstechniken zu den jeweiligen Baugruppen zusammengesetzt. Die verschiedenen Arten der Verbindungen wie Schweißen, Schrauben, Nieten und Kleben unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Lösbarkeit und Kraftübertragung (siehe Abbildung 4-16).¹²⁰

Füge- und Verbindungstechniken	
Kraftübertragung	Lösbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> ▪ punktweise: Schrauben und Nieten ▪ linienhaft: Schweißen ▪ flächenhaft: Kleben 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ lösbar: Schrauben ▪ nicht lösbar: Schweißen, Nieten und Kleben

Abbildung 4-16: Kraftübertragung und Lösbarkeit von Füge- und Verbindungstechniken¹²¹

Die wichtigsten und am häufigsten eingesetzten Verbindungsarten sind heutzutage Schweiß- und Schraubenverbindungen. Diese haben durch Nieten hergestellte Verbindungen abgelöst. Geklebte Verbindungen werden im Stahlhochbau derzeit nur vereinzelt ausgeführt und spielen deshalb eine untergeordnete Rolle. Die Ausführung und Berechnung von Verbindungen erfolgt nach ÖNORM EN 1993-1-8 (Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen).¹²²

4.2.2.3.4 Schweißen

Für die Fertigung im Werk ist das Schweißen die wichtigste und bedeutendste Verbindungstechnik. Beinahe alle Verbindungen werden durch Schweißen ausgeführt. Im Gegensatz dazu werden durch Baustellennähte – geschweißte Verbindungen, die auf der Baustelle hergestellt werden – nur untergeordnete Verbindungen geschweißt oder nach Möglichkeit mit einer anderen Verbindungstechnik umgangen. Die negativen Einflüsse auf Baustellennähte sind:

- die Zugänglichkeit zur Schweißstelle,
- arbeiten in Zwangslage,
- gesteigerte Rüstkosten,
- Witterung und
- Mehraufwand für die Qualitätssicherung.¹²³

¹²⁰ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 46

¹²¹ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 46

¹²² Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 137

¹²³ Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 216

Schweißen wird nach der EN 14610 definiert als:

„Vorgang, der Metall(e) unter Aufwand von Wärme und/oder Druck derart verbindet, dass sich ein kontinuierlicher innerer Aufbau des verbundenen Metalles bzw. der verbundenen Metalle ergibt.“¹²⁴

Die gebräuchlichsten Schweißnahtarten des Stahlhochbaus sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Hauptsächlich werden die Verbindungen in Form von Kehl- und Stumpfnahten hergestellt.

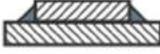
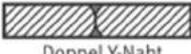
Schweißnahtart	Art der Verbindung		
	Stumpfstoß	T-Stoß	Überlappter Stoß
Kehlnaht			
durchgeschweißte Naht	 V-Naht	 HV-Naht	
	 Doppel V-Naht	 Doppel HV-Naht	
	 U-Naht	 J-Naht	
	 Doppel U-Naht	 Doppel J-Naht	
nicht durchgeschweißte Naht	 Doppel Y-Naht	 Doppel HY-Naht	
	 Doppel U-Naht		

Abbildung 4-17: Gebräuchliche Schweißnahtarten im Stahlbau¹²⁵

Im Stahlbau werden geschweißte Verbindungen entweder durch Pressschweißen (ohne Zusatzwerkstoff) oder Schmelzschweißen (mit Zusatzwerkstoff) hergestellt. Dabei wird hauptsächlich das Lichtbogen-Schmelzschweißverfahren eingesetzt. Das Pressschweißverfahren hat einen deutlich geringeren Stellenwert.¹²⁶

▪ **Pressschweißen:**

„Die Werkstücke werden an der Schweißstelle bis zum teigigen Zustand erwärmt und unter Druck ohne (oder mit) Zusatzstoffe(n) miteinander verschweißt.“¹²⁷

▪ **Schmelzschweißen:**

„Die Schweißflächen werden angeschmolzen und im flüssigen Zustand unter Beigabe von Zusatzwerkstoffen, den Schweißdrähten, miteinander verschweißt.“¹²⁸

¹²⁴ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMITTEL: ÖNORM EN 14610 - Schweißen und verwandte Prozesse - Begriffe für Metallschweißprozesse. Norm. S. 7

¹²⁵ BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 2.6 | Tragwerksplanung im Stahlbau, geschweißte Verbindungen. Arbeitshilfe. S. 1

¹²⁶ Vgl. UNTERWEGER, H.: STAHLBAU - Grundlagen. Skriptum. S. 5a-27

¹²⁷ LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 217

¹²⁸ LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 217

Die bedeutendsten und am häufigsten angewendeten Schmelzschweißverfahren im Stahlbau sind in Abbildung 4-18 dargestellt. Dabei wird zwischen Lichtbogen- und Gas-(Autogen-)schweißen unterschieden. Letzteres wird im konstruktiven Stahlbau nicht mehr eingesetzt. Beim Lichtbogenschmelzschweißen wird zwischen dem Werkstück und einer Elektrode ein Lichtbogen mit rund 4.000 °C abgebrannt. Als Schutz gegen die Atmosphäre kommen Elektroden, Schweißpulver oder Schutzgase zum Einsatz, da ansonsten mit einer deutlichen Beeinträchtigung der Werkstoffeigenschaften durch die Aufnahme von Stickstoff und Sauerstoff zu rechnen ist.¹²⁹

Schmelzschweißverfahren			
Lichtbogenschmelzschweißen (Elektroschweißen)			Gas (Autogen-)schweißen
offenes Lichtbogenschweißen	verdecktes Lichtbogenschweißen	Schutzgasschweißen	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ händisch ▪ automatisch 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterschienschweißen ▪ Unterpulverschweißen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ WIG Schweißen ▪ MIG Schweißen ▪ MAG Schweißen 	

Abbildung 4-18: Bedeutende Schmelzschweißverfahren im Stahlbau¹³⁰

Nachfolgend wird nur auf die Verfahren Elektrohandschweißen (Kennzahl 111 nach ISO 4063) und Metall-Aktivgas-Schweißen (MAG, Kennzahl 135 nach ISO 4063) eingegangen. Alle geschweißten Verbindungen im Rahmen der ausgewerteten Projekte wurden mit diesen Schweißverfahren hergestellt.

- **Elektrohandschweißen (111):** Mit Stabelektroden, die aus einem Kerndraht und einem Mantel zusammengesetzt sind, schmilzt der Kerndraht tropfenförmig in das Schmelzbad ab, der Mantel wird einerseits verdampft und andererseits zu Schlacke. Durch das Verdampfen des Mantels wird der Lichtbogen geschützt. Darüber hinaus schützt die entstehende Schlacke das Schmelzbad und reguliert zusätzlich das Auskühlen.¹³¹

Die Elektroden müssen vor dem Schweißen in einem Köcher bei rund 250 °C für 30 Minuten zwischengelagert werden, um trocken und vorgeheizt zu sein. Bei der Verarbeitung feuchter Elektroden kommt es zur Porenbildung und einer Wasserstoffversprödung der Schweißnaht.¹³²

¹²⁹ Vgl. UNTERWEGER, H.: STAHLBAU - Grundlagen. Skriptum. S. 5a-29 f.

¹³⁰ Vgl. UNTERWEGER, H.: STAHLBAU - Grundlagen. Skriptum. S. 5a-29

¹³¹ Vgl. UNTERWEGER, H.: STAHLBAU - Grundlagen. Skriptum. S. 5a-30

¹³² Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 220

- **MAG-Schweißen (135):** Der abbrennende Lichtbogen schmilzt eine Drahtelektrode und wird durch ein Schutzgas geschützt. Dadurch kommt es zu keiner Schlackenbildung (siehe Abbildung 4-19).¹³³ Als Schutzgas wird ein Mischgas, das in der Regel aus 82 % Argon und 18 % CO₂ besteht, eingesetzt.¹³⁴

Als das am häufigsten eingesetzte und wirtschaftlichste Verfahren hat sich das MAG-Schweißen im Stahlhochbau durchgesetzt. Die Vorzüge resultieren aus der großen Schweißleistung und der eingesetzten aktiven Schutzgase bzw. Mischgase des Schweißprozesses. Mögliche Einsparungen würden sich bei der Anwendung von reinem CO₂ anstatt dem teureren Mischgas ergeben. Da jedoch beim Schweißen mit reinem CO₂ erhebliche Abschläge bei der Güte der Schweißnähte auftreten würden, verwenden moderne Techniken Mischungen aus 85 % CO₂ und 15 % Argon.

Schweißarbeiten in Zwangslagen können durch die im Vergleich zu anderen Schweißverfahren relativ einfache Handhabung gut durchgeführt werden.

Ein Nachteil des MAG-Schweißen ist, dass es nahezu ausschließlich im Werk eingesetzt werden kann. Auf Baustellen kann durch Witterungseinflüsse die Schutzwirkung des Gases aufgehoben werden, wodurch die geforderte Qualität der Schweißarbeiten nicht erzielt werden kann.¹³⁵



Abbildung 4-19: MAG-Schweißen

¹³³ Vgl. UNTERWEGER, H.: STAHLBAU - Grundlagen. Skriptum. S. 5a-31 f.

¹³⁴ Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 219

¹³⁵ Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 219 f.

Kennwerte der Schweißprozesse 111 und 135:

Verfahren	Kennzahl nach ISO 4063	Schweißgeschwindigkeit [m/min]	Blechdickenbereich [mm]	erforderliche Handfertigkeit	Automatisierbarkeit	Baustellen-tauglichkeit	Anlagenkosten [T€]
Elektrohand-schweißen	111	0,15 - 0,30	1 - 100	groß	keine	sehr gut	2 - 4
MAG Schweißen	135	0,20 – 1,80	0,60 - 100	mäßig	sehr gut	gut	6 - 30

Abbildung 4-20: Kennwerte für die Schweißprozesse 111 und 135¹³⁶

Kriterien und Randbedingungen für geschweißte Verbindungen sind:

- **Witterung:** Durch zu schnelles und ungleichmäßiges Auskühlen einer Schweißnaht steigt die Sprödbruchgefahr. Sowohl während als auch nach dem Schweißen muss der Arbeitsbereich frei von Wind, Regen und Schnee gehalten werden. Darüber hinaus dürfen keine dynamischen Einwirkungen auftreten. Sinkt die Umgebungstemperatur unter den Gefrierpunkt, ist Schweißen verboten, es sei denn, die zu schweißenden Stellen werden ausreichend vorgewärmt.¹³⁷
- **Personal:** Die Qualität von Schweißarbeiten wird maßgeblich durch die Fähigkeit des Schweißers beeinflusst. Diese wird laufend überwacht und für Schmelzschweißprozesse anhand der ÖNORM EN ISO 9606-1 „Prüfung von Schweißern – Schmelzschweißen, Teil 1: Stähle“ geprüft.¹³⁸
- **Fertigungsgerechte Gestaltung:** Fertigungsgerecht gestaltete Konstruktionen senken den Aufwand für die Herstellung und steigern die Wirtschaftlichkeit. Dazu gehören unter anderem:
 - ♦ Geschweißte Verbindungen möglichst nur im Werk und in der größtmöglichen Baugruppengröße herzustellen,
 - ♦ Zugänglichkeit für spätere Prüfungen einzuplanen,
 - ♦ Korrosionsschutzgerechte Ausführung der Konstruktion ohne Hohlräume bzw. Anordnung von Entlüftungsöffnungen und
 - ♦ Schweißen in waagrechter Position unter Vermeidung von Zwangslagen.¹³⁹
- **Wirtschaftlichkeit:** Unter Beachtung der nachfolgenden Hinweise können die Kosten für geschweißte Konstruktionen verringert werden.
 - ♦ Reduzierung der Lagerkosten durch die Verwendung von möglichst wenigen unterschiedlichen Werkstoffen und Blechdicken. Als Folge

¹³⁶ Vgl. FAHRENWALDT, H.; SCHULER, V.; TWRDEK, J.: Praxiswissen Schweißtechnik - Werkstoffe, Prozesse, Fertigung. S. 4

¹³⁷ Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 220

¹³⁸ Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 222

¹³⁹ Vgl. FAHRENWALDT, H.; SCHULER, V.; TWRDEK, J.: Praxiswissen Schweißtechnik - Werkstoffe, Prozesse, Fertigung. S. 351 ff.

daraus können Restmassen eher verwertet und Einkaufskonditionen verbessert werden.

- ♦ Erhöhte Brennschnittgüten mit besseren Schnittkanten verringern die Nahtvorbereitungszeit, weil eine mechanische Nacharbeit (Schleifen) nicht mehr notwendig ist.
- ♦ Keine geschweißten Profile verwenden, sondern auf Walzprofile zurückgreifen und die Anzahl der Einzelteile, die für eine Konstruktion zusammengefügt werden müssen, geringhalten.
- ♦ Einbrand optimieren, gleichzeitig das a-Maß der Schweißnaht und die Nahtquerschnitte auf das nötige Minimum reduzieren (siehe Abbildung 4-21). Steigt das a-Maß von 3 auf 4mm, nimmt das Volumen der Naht um 78% zu.
- ♦ Kehlnähte nur bis zu einem maximalen a-Maß von 10mm schweißen und große Nahtlängen durch nicht durchgeschweißte Nähte umgehen.
- ♦ Durch einen höheren Grad an Automatisierung können Personalkosten verringert werden, wodurch die Produktion gesteigert werden kann.¹⁴⁰

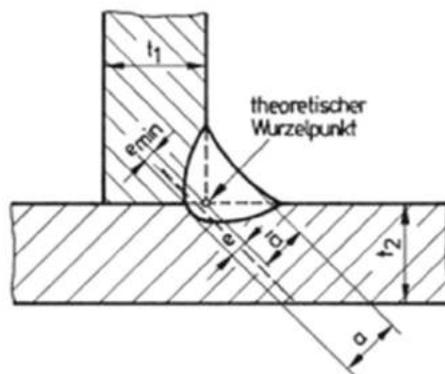


Abbildung 4-21: Definition a-Maß einer Kehlnaht mit tiefem Einbrand¹⁴¹

Bei der Prüfung von Schweißnähten wird zwischen zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfungen (ZfP) unterschieden.

- **Zerstörende Prüfungen:** Diese werden für Schweißer- oder Verfahrensprüfungen eingesetzt und ausschließlich an Prüfkörpern durchgeführt.¹⁴²
- **Zerstörungsfreien Prüfungen:** Nach der EN 1090 Teil 2 müssen sämtliche Nähte einer Konstruktion durch eine Sichtprüfung (VT) zu 100 % vom Schweißer geprüft und dabei auf Unregelmäßigkeiten an der Oberfläche untersucht werden. Zusätzlich müssen abhängig von der Ausführungsklasse (außer bei EXC 1), Nahtart und Beanspruchung

¹⁴⁰ Vgl. FAHRENWALDT, H.; SCHULER, V.; TWRDEK, J.: Praxiswissen Schweißtechnik - Werkstoffe, Prozesse, Fertigung. S. 545

¹⁴¹ FAHRENWALDT, H.; SCHULER, V.; TWRDEK, J.: Praxiswissen Schweißtechnik - Werkstoffe, Prozesse, Fertigung. S. 396

¹⁴² Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 239

ergänzende ZfP erfolgen (siehe Abbildung 4-22). Die möglichen Verfahren für die ergänzende ZfP sind:

- ◆ Eindringprüfung (PT) nach EN 571-1,
- ◆ Magnetpulverprüfung (MT) nach EN 1290,
- ◆ Ultraschallprüfung (UT) nach EN 1714, EN 1713,
- ◆ und Durchstrahlungsprüfung (RT) nach EN 1435.¹⁴³

Schweißnahtart	Werkstatt- und Baustellennähte		
	EXC2	EXC3	EXC4
Zugbeanspruchte querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte in zugbeanspruchten Stumpfstößen: $U \geq 0,5$ $U < 0,5$	10 % 0 %	20 % 10 %	100 % 50 %
Querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte: in Kreuzstößen in T-Stößen	10 % 5 %	20 % 10 %	100 % 50 %
Zug- oder scherbeanspruchte querverlaufende Kehlnähte: mit $a > 12$ mm oder $t > 20$ mm mit $a \leq 12$ mm und $t \leq 20$ mm	5 % 0 %	10 % 5 %	20 % 10 %
☒ Vollständig durchgeschweißte Längsnähte zwischen Steg und Obergurt bei Kranbahnträgern	10 %	20 %	100 % ☒
☒ Andere Längsnähte und Nähte angeschweißter Steifen	0 %	5 %	10 % ☒
ANMERKUNG 1 Längsnähte verlaufen parallel zur Bauteilachse. Alle anderen Nähte werden als querverlaufende Nähte betrachtet.			
ANMERKUNG 2 U = Ausnutzungsgrad von Schweißnähten unter quasi-statischen Einwirkungen. $U = E_d / R_d$, wobei E_d die größte Schweißnahtschnittgröße und R_d die Schweißnahtbeanspruchbarkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist.			
ANMERKUNG 3 Die Symbole a und t beziehen sich auf die Nahtdicken und den dicksten Grundwerkstoff im Anschluss.			

Abbildung 4-22: Umfang der ergänzenden ZfP¹⁴⁴

4.2.2.3.5 Schrauben

Im Gegensatz zu den vorhin beschriebenen geschweißten Verbindungen werden Schraubenverbindungen zumeist auf der Baustelle bzw. Montage eingesetzt. Die Gründe hierfür sind einerseits der wirtschaftlichere Einsatz von sogenannten geschraubten „Baustellenverbindungen“ und andererseits die mögliche Forderung nach lösbaren Verbindungen.¹⁴⁵

Abhängig von der Tragwirkung wird zwischen Scher-Lochleibungsverbindung (SL) und gleitfest, vorgespannten Verbindungen (GV) differenziert. Verbindungen mit Passschrauben (Lochspiel $\leq 0,3$ mm), ausgeführt als

¹⁴³ Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN 1090-2 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken. Norm. S. 90 ff.

¹⁴⁴ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN 1090-2 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken. Norm. S. 92

¹⁴⁵ Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 143

Scher-Lochleibungspassschraubenverbindung (SLP) oder gleitfest, vorgespannten Verbindungen mit Passschrauben (GVP), kommen im Stahlbau kaum zur Ausführung.¹⁴⁶

- **Scher-Lochleibungsverbindung:** Die Kraftübertragung erfolgt quer zur Achse der Verbindungsmittel durch Pressung. Dynamisch beanspruchte Verbindungen dürfen nicht als SL-Verbindung ausgeführt werden. Mögliche Versagensformen sind das Abscheren der Schrauben und Versagen bzw. Verformung der Löcher.¹⁴⁷
- **gleitfest, vorgespannten Verbindungen:** Durch das Vorspannen der hochfesten Schrauben (HV) entsteht eine Pressung in den Kontaktflächen. Kräfte quer zur Schraubenachse werden über Reibung abgetragen. Auftretende Zugkräfte beanspruchen die Verbindungsmittel.¹⁴⁸

Die Kennwerte für die Zugfestigkeit und Streckgrenze der verschiedenen Schraubenklassen sind in Abbildung 4-23 dargestellt.

Schraubenfestigkeitsklasse	normalfeste Schrauben		hochfeste Schrauben	
	4.6	5.6	8.8	10.9
Zugfestigkeit $f_{t,b}$ [N/mm ²]	400	500	800	1000
Streckgrenze $f_{y,b}$ [N/mm ²]	240	300	640	900

Abbildung 4-23: Nennwerte für Schraubenklassen

Nach der EN 1993-1-8 werden Schraubenverbindungen in Scherverbindungen (Kategorie A-C) und Zugverbindungen (Kategorie D und E) eingeteilt (siehe Abbildung 4-24 und Abbildung 4-25).

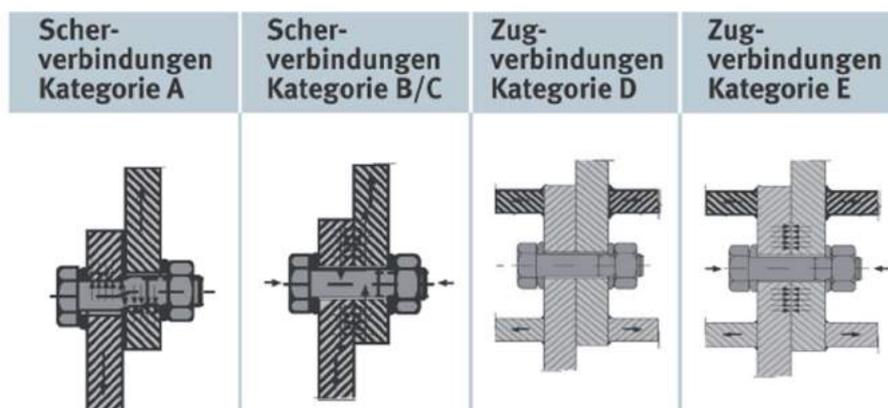


Abbildung 4-24: Wirkungsweisen der Ausführungen von Schraubenverbindungen¹⁴⁹

¹⁴⁶ Vgl. UNTERWEGER, H.: STAHLBAU - Grundlagen. Skriptum. S. 5a-2 f.

¹⁴⁷ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 53 f.

¹⁴⁸ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 54

¹⁴⁹ BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 2.3 | Geschraubte Verbindungen. Arbeitshilfe. S. 3

Kategorie	Nachweiskriterium	Anmerkungen
Scherverbindungen		
A Scher-/Lochleibungsverbindung	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Keine Vorspannung erforderlich. Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9 dürfen verwendet werden.
B Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	In der Regel sind hochfeste Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 zu verwenden. Gleitwiderstand für Gebrauchstauglichkeit siehe 3.9.
C Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\sum F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	In der Regel sind hochfeste Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 zu verwenden. Gleitwiderstand für Tragfähigkeit siehe 3.9. $N_{net,Rd}$ siehe 3.4.1(1)c).
Zugverbindungen		
D Nicht vorgespannt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Keine Vorspannung erforderlich. Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9 dürfen verwendet werden. $B_{p,Rd}$ siehe Tabelle 3.4.
E Vorgespannt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	In der Regel sind hochfeste Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 zu verwenden. $B_{p,Rd}$ siehe Tabelle 3.4.
Der Bemessungswert der einwirkenden Zugkraft $F_{t,Ed}$ sollte Beiträge aus Abstützkräften berücksichtigen, siehe 3.11. Schrauben unter Scher- und Zugbeanspruchung gelten in der Regel die Kriterien, die in Tabelle 3.4 angegeben sind.		

Abbildung 4-25: Kategorien von Schraubenverbindungen nach EN 1993-1-8¹⁵⁰

Abhängig von der Art der Verbindung, SL/SLP bzw. GV/GVP, werden die Schrauben unterschiedlich angezogen, wobei immer der Kopf der Schraube gehalten und die Mutter gedreht wird. SL- und SLP-Verbindungen werden lediglich handfest angezogen. Das Vorspannen von GV- und GVP-Verbindungen muss über das Drehmomenten-, Drehwinkelverfahren oder einer Kombination daraus erfolgen.¹⁵¹

Aus wirtschaftlichen Gründen ist es ratsam, alle Verbindungen mit HV-Schrauben auszuführen. Die Vorteile, trotz höherer Kosten für die Schrauben, sind:

- weniger erforderliche Schrauben in den Verbindungen,
- dadurch weniger Bohrarbeiten und Anziehvorgänge,
- sinkende Beschaffungspreise aufgrund größerer Bestellung von Schrauben einer Dimension und
- daraus resultierende geringere Lagerhaltungskosten.¹⁵²

4.2.2.4 Korrosionsschutz

Korrosion von Stahl ist ein Oxidationsprozess, der durch die gleichzeitige Wirkung von Sauerstoff und Wasser, Eisen zu Rost umwandelt. Eine erhöhte Korrosionsgefahr besteht bei einer relativen Luftfeuchtigkeit über 60

¹⁵⁰ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN 1993-1-8 - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen (konsolidierte Fassung). Norm. S. 26

¹⁵¹ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 56

¹⁵² Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 54

%, Temperaturen größer als 60 °C, zusätzlichen chemischen Angriffen sowie bei Bauteilen im Erdreich und Wasser.

Der Korrosionsschutz kann durch **Beschichten** oder **metallische Überzüge (z.B.: Feuerverzinken)** hergestellt werden.

Kriterien für ein geeignetes Korrosionsschutzsystem einer Konstruktion sind:

- die Korrosivität der Umgebung,
- die Schutzdauer und
- die Wirtschaftlichkeit des Schutzsystems.¹⁵³

Vor dem Aufbringen des Korrosionsschutzes müssen die Oberflächen der Konstruktion vorbereitet werden, um seine Beständigkeit zu gewährleisten. Durch die Oberflächenvorbereitung werden Verschmutzungen, Öle, Bindemittel, Zunder und Rost durch folgende Verfahren entfernt:

- mechanische Entrostung (Handentrostung, Strahlen),
- thermische Entrostung (Flammstrahlen) oder
- chemische Entrostung (Beizen).¹⁵⁴
- **Beschichten:** Beschichtungen setzen sich aus Grund- und Deckbeschichtungen zusammen. Als Grund werden ein bis zwei Schichten (je 50 - 60 µm) und für die Deckschicht (je 80 - 100 µm) ein bis drei Schichten auftragen. Der Korrosionsschutz in der Grundbeschichtung entsteht durch Pigmente, wie zum Beispiel Zinkstaub. Durch die Deckschicht erfolgt die Farbgebung und zusätzlich wird die Widerstandsfähigkeit gegen Nässe und UV-Strahlung verstärkt. Während dem Beschichten durch Streichen oder Rollen darf die Umgebungstemperatur nicht unter den Gefrierpunkt sinken. Müssen großflächige Bauteile beschichtet werden, empfiehlt es sich aus wirtschaftlichen Gründen, Airless-Spritzverfahren einzusetzen.¹⁵⁵ Der Korrosionsschutz durch Beschichtungen wird durch die Normenreihe EN ISO 12944 Teil 1 bis 8 geregelt.
- **Feuerverzinken (Stückverzinken):** Beim Feuerverzinken (siehe Abbildung 4-26) werden die Bauteile nach dem Vorbereiten (Entfetten, Spül-, Beiz-, Flussmittelbad und Trocknen) in ein Zinkbad mit ca. 450°C eingetaucht. Dadurch wird eine 40 - 95 µm starke Korrosionsschutzschicht aus Zink gebildet. Der Korrosionsschutz durch Feuerverzinken (Stückverzinken) wird durch die EN ISO 1461, sowie die Richtlinie „Richtlinien zum Stückverzinken von Stahlbauteilen“ geregelt.¹⁵⁶

¹⁵³ Vgl. LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. S. 39

¹⁵⁴ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 59

¹⁵⁵ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 60,61

¹⁵⁶ LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 61

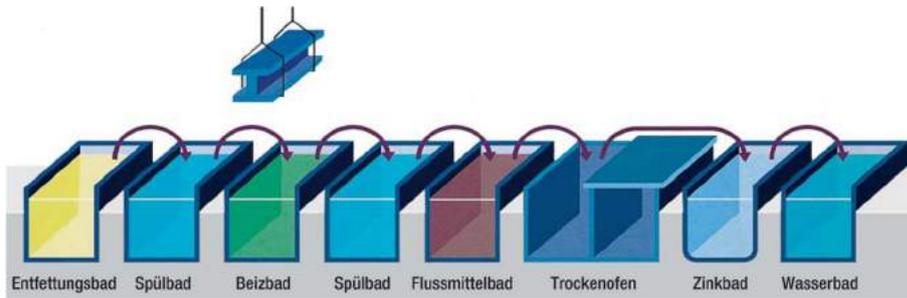


Abbildung 4-26: Schematischer Ablauf beim Feuerverzinken¹⁵⁷

Die maximale Abmessung einer Baugruppe, die verzinkt werden soll, richtet sich nach der Größe des Zinkbades in der Verzinkerei. Ebenso ist darauf zu achten, dass die Konstruktion verzinkungsgerecht ausgeführt wird. Geschlossene Hohlräume, wie sie bei Formrohrquerschnitten vorkommen können, müssen durch Löcher entlüftet werden. Wird dies nicht beachtet, herrscht beim Eintauchen in das Zinkbad Explosionsgefahr, da sich die Luft im geschlossenen Querschnitt erhitzt und überflüssiges Zink nicht entweichen kann.¹⁵⁸

Die Schutzdauer einer Feuerverzinkung ist abhängig von der Umgebung und der Dicke des Zinküberzuges (siehe Abbildung 4-27). Unter durchschnittlichen Rahmenbedingungen kann der Korrosionsschutz für 40 Jahre gewährleistet werden, höhere Beanspruchungen reduzieren die Dauer auf 25 Jahre.¹⁵⁹

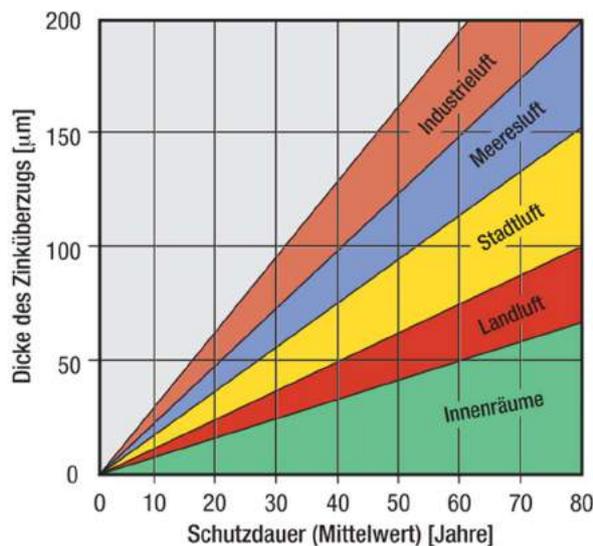


Abbildung 4-27: Schutzdauer von Zinküberzügen¹⁶⁰

¹⁵⁷ STAHL-INFORMATION-ZENTRUM: Merkblatt 329 "Korrosionsschutz durch Feuerverzinken (Stückverzinken)". Merkblatt. S. 6

¹⁵⁸ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 59

¹⁵⁹ STAHL-INFORMATION-ZENTRUM: Merkblatt 329 "Korrosionsschutz durch Feuerverzinken (Stückverzinken)". Merkblatt. S. 6

¹⁶⁰ STAHL-INFORMATION-ZENTRUM: Merkblatt 329 "Korrosionsschutz durch Feuerverzinken (Stückverzinken)". Merkblatt. S. 7

- **Duplex-System:** Ein Duplex-System ist die Kombination aus einem metallischen Überzug und einer anschließenden Beschichtung, wodurch der Korrosionsschutz deutlich erhöht werden kann.¹⁶¹

Die qualitative Kostenentwicklung der verschiedenen Korrosionsschutzsysteme ist in Abbildung 4-28 dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass sich Feuerverzinken hinsichtlich der Kosten für Herstellung, Instandhaltung und Wartung als besonders wirtschaftlich erweist.¹⁶²

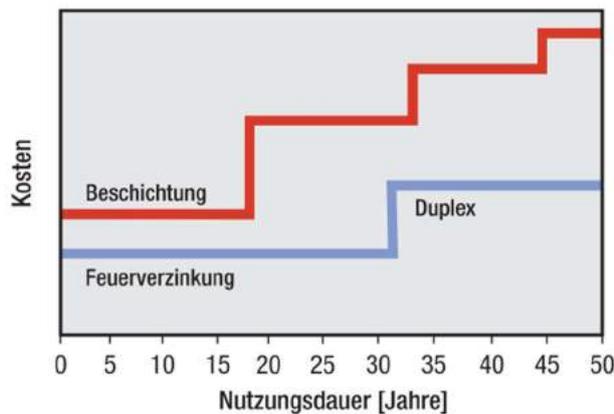


Abbildung 4-28: Kostenentwicklung bei Korrosionsschutzsystemen¹⁶³

4.2.2.5 Beladen

Die Fertigung wird mit dem Verladen der Stahlkonstruktion im Werk abgeschlossen. Dadurch wird die Art des Transportes auf die Baustelle festgelegt und dessen Durchführung und Wirtschaftlichkeit geplant.

Vor dem Beladen der Konstruktion auf das Transportgerät, mit oder ohne Zwischenlagerung im Werk oder auf dem Gelände, muss die Konstruktion bzw. müssen die Baugruppen ordnungsgemäß verpackt und gekennzeichnet werden.¹⁶⁴

Ein Großteil der Transporte zur Baustelle erfolgt auf der Straße. Schon während der Planung und dem Beladen müssen die zulässigen Abmessungen und Gesamtgewichte für Straßen-, Schwer- und Spezialtransporte beachtet werden (siehe Abbildung 4-29).

¹⁶¹ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 61

¹⁶² Vgl. STAHL-INFORMATION-ZENTRUM: Merkblatt 329 "Korrosionsschutz durch Feuerverzinken (Stückverzinken)". Merkblatt. S. 7

¹⁶³ STAHL-INFORMATION-ZENTRUM: Merkblatt 329 "Korrosionsschutz durch Feuerverzinken (Stückverzinken)". Merkblatt. S. 7

¹⁶⁴ Vgl. BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 5.5 | Ausführung von Stahlbauten – Transport. Arbeitshilfe. S. 1

	Straßentransporte ohne besondere Genehmigung				Schwer- und Spezialtransporte	
	Fahrzeuge mit 2 Achsen	Fahrzeuge mit über 2 Achsen	Sattelkraftfahrzeuge	Lastzüge	mit Jahresdauer-genehmigung	mit Einzelfahrt-genehmigung
Länge [m]	12,0	12,0	15,5 ¹⁾	18,0	25,0	> 25,0
Breite [m]	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	> 3,0
Höhe [m]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	> 4,0
Gesamtgewicht [t]	18,0	25,0	40,0	40,0	40,0 ²⁾	> 40,0

¹⁾nach Euro-Norm 16,50 m

²⁾42,0 t für unteilbare Lasten

Abbildung 4-29: Zulässige Abmessungen und Gesamtgewichte von Transporten¹⁶⁵

¹⁶⁵ BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 5.5 | Ausführung von Stahlbauten – Transport. Arbeitshilfe. S. 2

4.2.3 Transport und Montage

Der abschließende Hauptprozess - Transport und Montage - setzt sich aus Transport, Baustelleneinrichtung, Vormontage, Montage und der Abnahme zusammen.

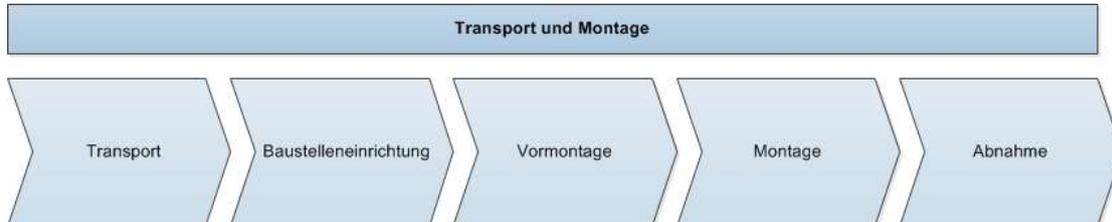


Abbildung 4-30: Herstellung von Stahlkonstruktionen - Transport und Montage

4.2.3.1 Transport

Im Gegensatz zu anderen Sparten des Baugewerbes besteht eine unvermeidliche Verbindung zwischen dem Stahlbau und dem Transport der Konstruktion vom Werk zur Baustelle. Dabei werden tendenziell immer größere und schwerere Bauteile hergestellt und dadurch immer höhere Anforderungen an die Planung der Transporte gestellt.¹⁶⁶

Die Planung der Transporte wird beeinflusst von:

- der Lage und Entfernung der Baustelle,
- dem Ausmaß und Gewicht der Bauteile,
- den Hebezeugen und Entlademöglichkeiten vor Ort,
- den Sicherungsmaßnahmen beim Transport,
- den rechtlichen Vorgaben und
- den Transportkosten.¹⁶⁷

Beim Transport wird zwischen dem **Transport zur Baustelle** und dem **Transport auf der Baustelle** unterschieden.

- **Transport zur Baustelle:** Für den Transport der Bauteile zur Baustelle hat sich der Transport auf der Straße per LKW als wichtigste Variante durchgesetzt. Die zulässigen Abmessungen und Gesamtgewichte für den Transport auf der Straße wurden unter *4.2.2.5 Beladen* beschrieben.

Die Kosten eines Transports werden bestimmt durch:

- ♦ das zu transportierende Gewicht,
- ♦ die Frequenz der Transporte,

¹⁶⁶ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 10 Transporte. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 10-1

¹⁶⁷ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 10 Transporte. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 10-2

- ♦ die Distanz zwischen Werk und Baustelle sowie
 - ♦ mögliche Zwischenlagerungen.¹⁶⁸
- **Transport auf der Baustelle:** Wurden die Bauteile auf die Baustelle transportiert, werden sie mit Hebezeugen gehoben bzw. versetzt. Dabei ist auf die richtige Auswahl des Hebezeuges zu achten, diese wird beeinflusst von den in Abbildung 4-31 dargestellten Faktoren.¹⁶⁹

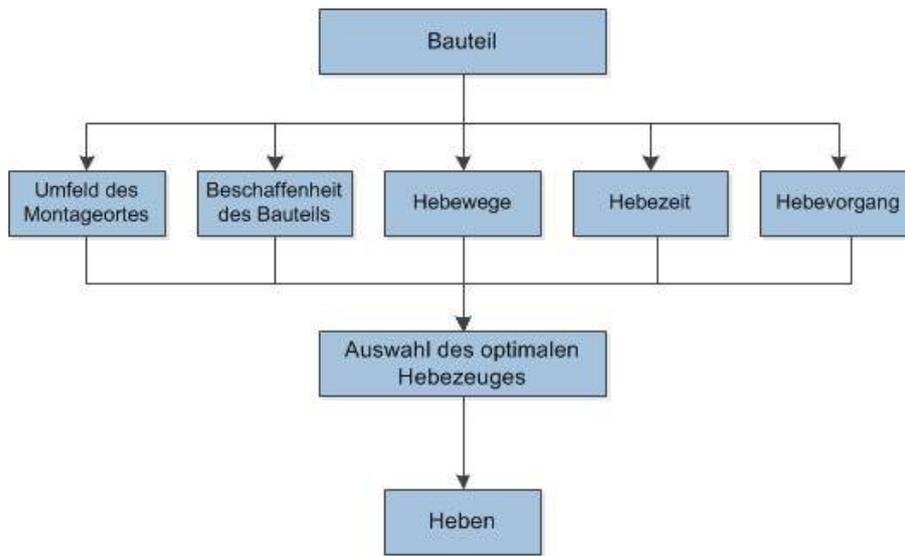


Abbildung 4-31: Einflussfaktoren für die Auswahl von Hebezeugen¹⁷⁰

4.2.3.2 Baustelleneinrichtung

Für die Umsetzung eines Bauvorhabens im Stahlbau ist die Errichtung einer temporären Betriebsstätte auf der Baustelle erforderlich.¹⁷¹ Die allgemeinen Grundlagen der Baustelleneinrichtung wurden unter 2.2.4 *Baustelleneinrichtung* beschrieben.

Die Planung und spätere Ausführung der Baustelleneinrichtung erfolgt in Abstimmung mit dem gewählten Transportverfahren, den Vormontagen und der Montage selbst. Die Einflussfaktoren, durch welche die Baustelleneinrichtung bestimmt wird, sind in Abbildung 4-32 dargestellt.¹⁷²

¹⁶⁸ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 10 Transporte. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 10-3

¹⁶⁹ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 10 Transporte. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 10-13

¹⁷⁰ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 10 Transporte. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 10-14

¹⁷¹ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 11 Baustelleneinrichtung im Stahlbau. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 11-1

¹⁷² Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 11 Baustelleneinrichtung im Stahlbau. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 11-3

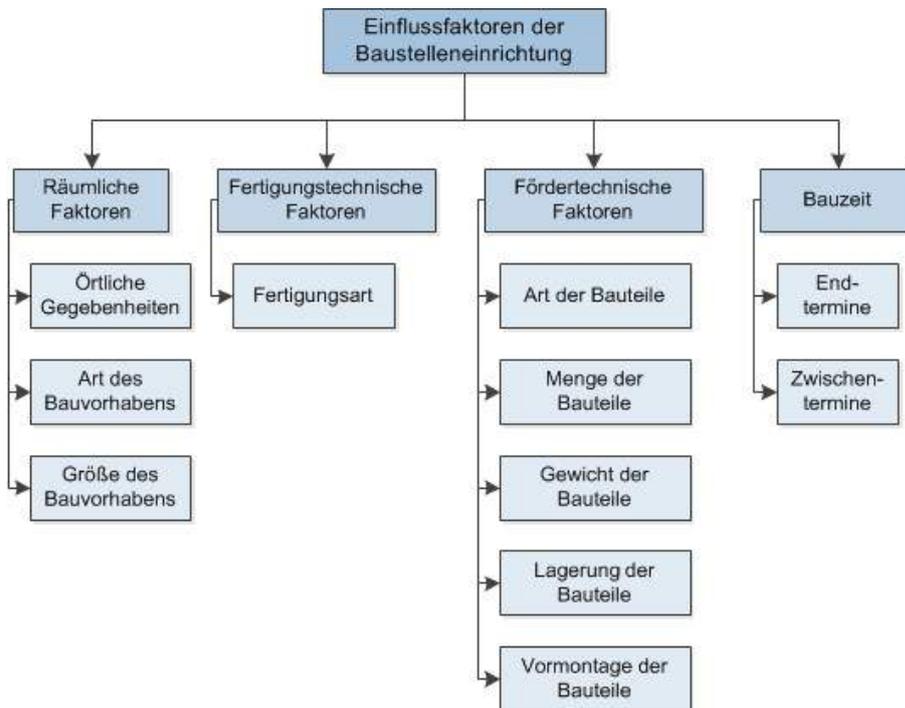


Abbildung 4-32: Einflussfaktoren der Baustelleneinrichtung¹⁷³

Die wesentlichen Elemente der Baustelleneinrichtung nach *Petzschmann/Skufca* sind:

- **Einrichtungen des Personals:** Zur Einrichtung für das Personal auf der Baustelle gehören die Büro-, Sanitär- und Aufenthaltscontainer.
- **Magazine und Werkstätten:** Abhängig von der Größe der Baustelle empfiehlt es sich, eigene Magazine und eine Werkstätte, wiederum aus Containern einzurichten. Darin kann eine sichere Verwahrung der Gerätschaften gewährleistet werden.
- **Lager- und Vorhalteplätze:** Damit zusätzliche Zwischenlagerungen vermieden werden, ist das Aufstellen der Stahlkonstruktion direkt vom Transportgerät aus anzustreben.
Sind Zwischenlagerungen und Vormontagen auf der Baustelle notwendig, sind diese Plätze im Arbeitsbereich der Hebezeuge anzuordnen.
- **Gerätewahl und -standorte:** Bei der Montage einer Stahlkonstruktion haben sich Auto- und Turmdrehkrane als die wichtigsten Hebezeuge durchgesetzt. Durch ihre Flexibilität werden Autokrane, trotz hoher Mietkosten, bevorzugt eingesetzt. Turmdrehkrane kommen bei der Stahlbaumontage dann zum Einsatz, wenn sie auch für Vorarbeiten und nachfolgende Arbeiten anderer Gewerke genutzt werden.
- **Zufahrten und Verkehrswege:** Verkehrswege auf Baustellen werden einerseits für die Anlieferung der Baustoffe (=Baustraße) und andererseits für die Baustellen internen Transporte (=Bauwege) genutzt. Die

¹⁷³ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 11 Baustelleneinrichtung im Stahlbau. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 11-3

Ausführung der Fahrbahnen ist abhängig von der Bauzeit und dem Verkehrsaufkommen.

Um die Umschlagzeiten bei der Anlieferung gering zu halten und unnötige Zwischentransporte zu vermeiden, müssen sich die Entlade- und Lagerplätze im Schwenkbereich der Hebezeuge befinden.

- **Verkehrssicherung:** Durch eine eindeutige Kennzeichnung von Baustellen können Gefahren und Störungen für den Verkehr minimiert werden.
- **Ver- und Entsorgungsnetze:** Als abschließendes Element der Baustelleneinrichtung ist die Ver- und Entsorgung mit Wasser, Strom, Druckluft und Telekommunikation zu planen.¹⁷⁴

Eine beispielhafte Darstellung für die Baustelleneinrichtung bei Errichtung einer Stahlhalle ist in Abbildung 4-33 dargestellt.

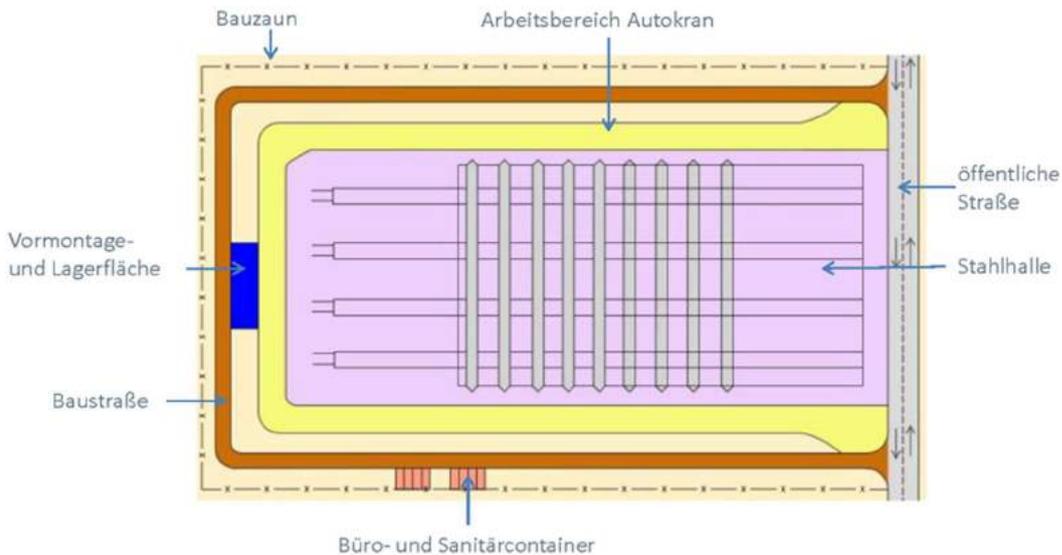


Abbildung 4-33: Beispiel einer Baustelleneinrichtung für eine Stahlhalle¹⁷⁵

4.2.3.3 Vormontage

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit (Witterungsschutz, leistungsfähigere Transporteinrichtungen und Zusammenbau ohne Arbeiten in Zwangslage) sollten die Bauteile möglichst im Werk zusammengebaut und ohne Vormontage auf der Baustelle montiert werden. Dabei ist auf die Transportierbarkeit und Montierbarkeit der Bauteile zu achten.¹⁷⁶

¹⁷⁴ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 11 Baustelleneinrichtung im Stahlbau. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 11-6

¹⁷⁵ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 11 Baustelleneinrichtung im Stahlbau. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 11-35

¹⁷⁶ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 4 Fertigungs- und montagegerechtes Konstruieren. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 4-2

Damit zusätzliche Zwischenlagerungen und Umschlagarbeiten vermieden werden, ist das Aufstellen der Stahlkonstruktion direkt vom Transportgerät aus anzustreben.

Ist eine Zwischenlagerung und Vormontage erforderlich, so empfiehlt es sich, das Zwischenlager und den Ort an dem die Vormontage durchgeführt wird („Vormontageplatz“) so anzuordnen, dass beide Orte im Schwenkbereich des für die Montage eingesetzten Hebezeuges liegen. Dadurch sind keine zusätzlichen Zwischentransporte auf der Baustelle notwendig.¹⁷⁷

4.2.3.4 Montage

Für die fristgemäße Montage einer Stahlkonstruktion ist es unabdinglich, dass Arbeitskräfte, Gerätschaften und Konstruktionsteile zur richtigen Zeit und am dafür vorgesehen Ort auf der Baustelle vorhanden sind. Ebenso müssen die für die Stahlkonstruktion notwendigen Vorarbeiten (z.B. Herstellen der Fundamente) abgeschlossen sein.

Während der Montage ist darauf zu achten, dass die Standsicherheit der einzelnen Komponenten gewährleistet ist oder durch Hilfskonstruktionen hergestellt wird.

Bei der Montage werden die Baugruppen mit Hebezeugen (Auto-, Mobil- oder Turmdrehkrane) versetzt und mithilfe von hydraulischen Pressen, Montagewindmühlen, Flaschen- oder Kettenzügen justiert. Baustellenverbindungen werden zum größten Teil als Schraubenverbindungen ausgeführt (siehe 4.2.2.3 *Fügetechnik*).

Hinsichtlich der Qualität und den Anforderungen an die Konstruktion gibt es keine Unterschiede zwischen der Montage und der Fertigung im Werk.¹⁷⁸

Bei der Montage einer Stahlkonstruktion werden folgende Geräte eingesetzt:

- **Krane, Hebezeuge:** Hebezeuge sind die wichtigsten Gerätschaften bei der Montage einer Stahlkonstruktion. Alle Bauteile werden mit Kranen an die Stelle gehoben, an der sie eingebaut werden. Durch ihre hohen Investitions- und Mietkosten muss der Einsatz bereits während der Angebotsbearbeitung berücksichtigt und geplant werden. Abhängig von Form, Abmessung und Gewicht der Bauteile, Platzbedarf und dem Montageablauf werden Auto-, Mobil- oder Turmdrehkrane eingesetzt. Alle genannten Krane unterscheiden sich hinsichtlich Tragkraft, Ausladung und Hubhöhe.
- **Kleinhebezeuge:** Nachdem die Bauteile der Stahlkonstruktion mit Hilfe von Kranen in die gewünschte Position gehoben wurden, können

¹⁷⁷ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 11 Baustelleneinrichtung im Stahlbau. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 11-10 f.

¹⁷⁸ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 63

diese mit Kleinhebezeugen exakt justiert werden. Zu den am häufigsten eingesetzten Kleinhebezeugen zählen hydraulische Pressen, Montagewinden, Flaschen- und Kettenzüge.

- **Bearbeitungsmaschinen:** Die wichtigsten Bearbeitungsmaschinen bei der Stahlbaumontage sind Bohrmaschinen, Schlagschrauber, Hämmer, Schweißgeräte und Drehmomentschlüssel. Sie unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Anwendung und der Antriebsart, welche entweder per Druckluft- oder Elektroantrieb erfolgen kann.
- **Krafterzeuger:** Ist eine Baustelle nicht in das öffentliche Stromnetz eingebunden, so muss durch kraftstoffbetriebene Stromerzeuger die Stromversorgung auf der Baustelle sichergestellt werden.
- **Fahrbare Hubarbeitsbühnen:** Aufgrund ihrer Effizienz bei Arbeiten in der Höhe haben sich fahrbare Hubarbeitsbühnen als unverzichtbares Arbeitsmittel bei der Montage von Stahlkonstruktionen bewährt. Abhängig von den Anforderungen kann zwischen Teleskopbühnen (mit bzw. ohne Gelenk), Stempelmastbühnen und Scherenbühnen gewählt werden.¹⁷⁹

Die Montagearbeiten mit Mobilkranen und fahrbaren Hubarbeitsbühnen bei der Errichtung einer Stahlhalle sind in Abbildung 4-34 dargestellt.



Abbildung 4-34: Montagearbeiten bei der Errichtung einer Stahlhalle

¹⁷⁹ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 8 Montagegeräte. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 8-1 ff.

4.2.3.5 Abnahme

Die Herstellung einer Stahlkonstruktion wird bereits im Zuge der Fertigung und Montage durch die EN 1090-2 ständig überwacht (siehe 4.1 Normen im Stahlbau).¹⁸⁰

Mit der CE-Kennzeichnung (siehe Abbildung 4-35) und den dazugehörigen Bauteilspezifikationen bestätigt das Stahlbauunternehmen dem Auftraggeber, die Stahlkonstruktion in gewünschter Qualität und unter Einhaltung der geforderten Normen hergestellt zu haben. Bei den Bauteilspezifikationen handelt es sich in der Regel um die Übersichts- und Werksplanung der Konstruktion.¹⁸¹

Die Abnahme der fertiggestellten Stahlkonstruktion durch den Auftraggeber kann entweder durch eine schriftliche Bescheinigung oder eine Abnahmeverhandlung erfolgen. Mögliche Mängel am Bauwerk, die im Zuge der Abnahme festgestellt werden, müssen vom Auftragnehmer behoben werden.¹⁸²



Abbildung 4-35: Beispiel einer CE-Kennzeichnung inkl. Produkteigenschaften¹⁸³

¹⁸⁰ Vgl. GREINER, L. et al.: Ausführung und Qualitätssicherung von Stahlbauten. Broschüre. S. 3

¹⁸¹ Vgl. GREINER, L. et al.: Ausführung und Qualitätssicherung von Stahlbauten. Broschüre. S. 8

¹⁸² Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 12 Auftragsabwicklung und Kontrolle. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 12-37

¹⁸³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMITTEL: ÖNORM EN 1090-1 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile. Norm. S. 35

4.2.4 Produktivitätsverluste bei Stahlhochbauten

Die Ursachen für Ablaufschwankungen (siehe Abbildung 4-36) und die daraus resultierenden Produktivitätsverluste sind nach *Petzschmann/Skufca*¹⁸⁴:

- *normale Witterungsbedingungen*
- *spezielle Standortbedingungen*
- *allgemeine Risiken der Baustellenarbeiten*
- *Urlaubszeiträume*
- *normaler Arbeitsausfall durch Krankheit*
- *kurzfristige Maschinenausfälle*
- *schwankendes Auftrags- und Montagevolumen*
- *Anlaufschwierigkeiten durch Einarbeitung*

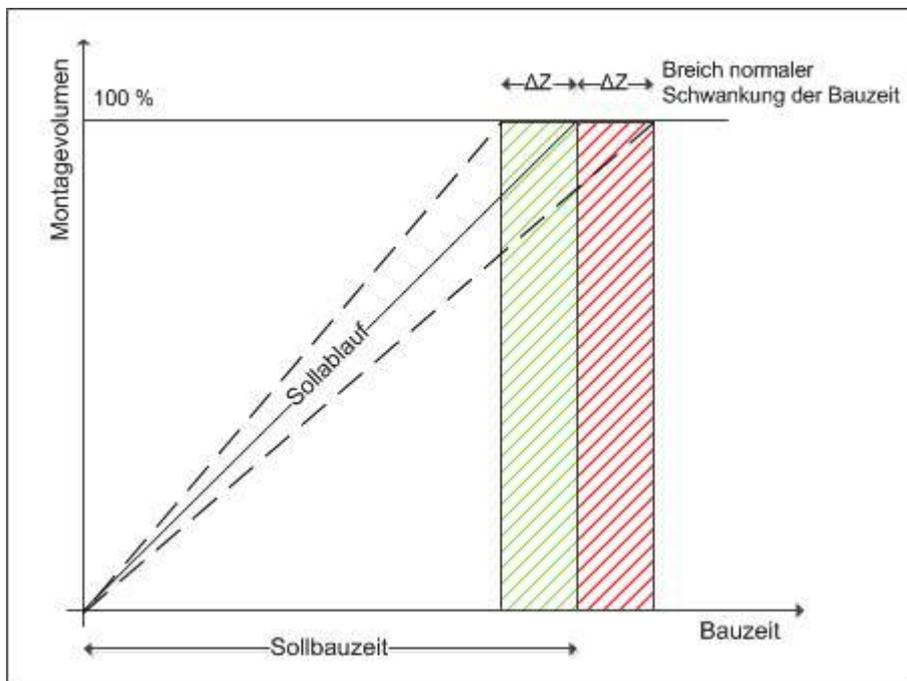


Abbildung 4-36: Ablaufschwankungen¹⁸⁵

Können Arbeiten nicht mit der vorgesehenen Geschwindigkeit vorange-
trieben oder die vorgeschriebenen Fristen nur mit ergänzenden baube-
trieblichen und finanziellen Mitteln eingehalten werden, wird von einem
gestörten Bauablauf gesprochen (siehe Abbildung 4-37).¹⁸⁶

¹⁸⁴ PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 12 Auftragsabwicklung und Kontrolle. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 12-29

¹⁸⁵ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 12 Auftragsabwicklung und Kontrolle. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 12-29

¹⁸⁶ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 12 Auftragsabwicklung und Kontrolle. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 12-28

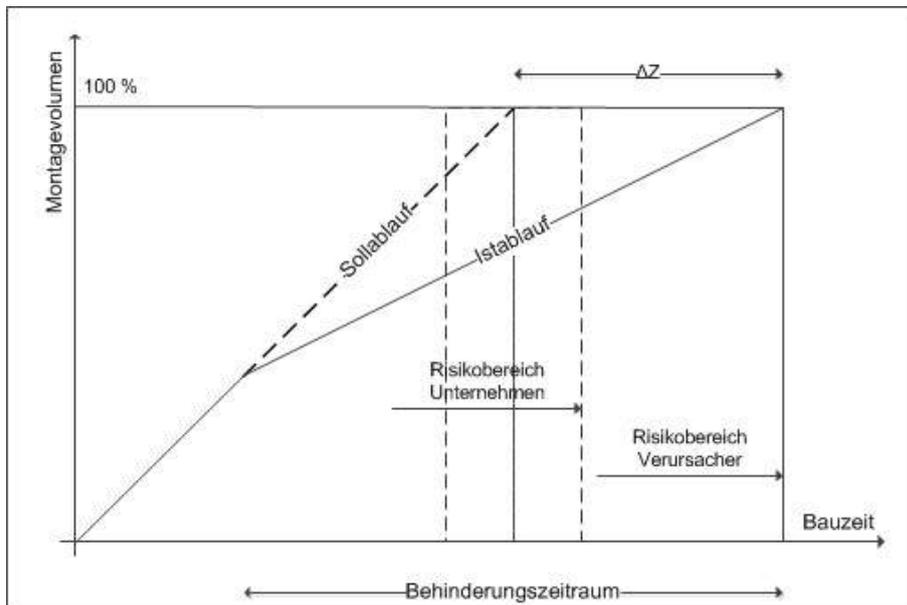


Abbildung 4-37: Gestörter Bauablauf¹⁸⁷

Externe Einwirkungen, die eine Störung des Bauprozesses nach sich ziehen, sind nach *Petzschmann/Skufca*¹⁸⁸ unter anderem:

- *Abweichungen vom Vertrag,*
- *fehlerhafte Ausschreibungen,*
- *unvollständige Ausschreibungen,*
- *verspätete Freigabe des Bauraums,*
- *verspätet erteilte Baugenehmigungen,*
- *Mengenänderungen,*
- *Planänderungen und Umplanungen,*
- *verspätete Planbeistellung,*
- *von der Ausschreibung abweichende Baugrundverhältnisse usw.*

Interne Einwirkungen, die sich negativ auf den Bauprozess auswirken, sind nach *Petzschmann/Skufca*¹⁸⁹ beispielsweise:

- *ungeeignetes oder fehlerhaftes Gerät,*
- *fehlende oder unzureichende Montagevorbereitung,*
- *fehlende oder unzureichende Ablaufplanung,*
- *unzureichende Personalplanung,*
- *fehlende Materialien usw.*

¹⁸⁷ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 12 Auftragsabwicklung und Kontrolle. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 12-29

¹⁸⁸ PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 12 Auftragsabwicklung und Kontrolle. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 12-30

¹⁸⁹ PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 12 Auftragsabwicklung und Kontrolle. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. S. 12-30

Die wesentlichen Einflüsse auf die Arbeits-, Betriebsmittel- und Stoffproduktivität sowie die dispositive Produktivität bei der Fertigung und Montage einer Konstruktion für den Stahlhochbau wurden von *Hofstadler* abgeleitet.

Auf mögliche Produktivitätsverluste der in Kapitel 5 *Projektbeschreibung* beschriebenen Projekte wird beim jeweiligen Projekt unter *Umstände der Leistungserbringung* eingegangen.

4.2.4.1 Arbeitsproduktivität

- **Qualitative Verfügbarkeit:** Grundsätzlich wird versucht, Arbeiter mit der entsprechenden Erfahrung und Qualifikation für die anstehende Tätigkeit zu betrauen. Bei kurzfristiger Über- bzw. Unterforderungen ist nicht mit Produktivitätsverlusten zu rechnen. Werden die Arbeiter jedoch andauernd über- oder unterfordert, schwindet der Ansporn und es kommt zu Produktivitätsverlusten.¹⁹⁰

- **Arbeitsgruppen – Größe und Zusammenstellung:** Bei der Fertigung und Montage einer Stahlkonstruktion sind immer mehrere Arbeiter gleichzeitig an den auszuführenden Tätigkeiten beteiligt. Die Gruppengröße der unter Kapitel 5 *Projektbeschreibung* beschriebenen Projekte liegt durchschnittlich bei drei bis vier Arbeitskräften (siehe 5.14.5 *Arbeitskräfte*).

Bei Abweichungen von der idealen Gruppengröße und Zusammenstellung kommt es zu Produktivitätsverlusten. Diese sind nach *Lang*¹⁹¹ wie folgt begründet:

- ♦ *Erhöhung der ablaufbedingten Wartezeiten und persönlichen Verteilzeiten, da auf andere Tätigkeiten gewartet werden muss.*
 - ♦ *Gegenseitige Behinderung, wenn zu viele AK an der selben Stelle arbeiten.*
 - ♦ *Geringere Auslastung der Arbeitskräfte, wenn momentan zu wenig Arbeit vorhanden ist.*
 - ♦ *Unter- und Überforderung bei einer falschen Zusammensetzung der Arbeitsgruppe.*
 - ♦ *Schlechtere Zusammenarbeit, wenn ein eingespieltes Team auseinandergerissen oder unzweckmäßig erweitert wird.*
 - ♦ *Geringere Leistung, wenn mit Überstunden fehlende Leistungen nachgeholt werden müssen.*
- **Tägliche Arbeitszeit:** Ein Produktivitätsverlust aufgrund längerer Arbeitszeit ergibt sich aus der sinkenden Motivation, dem erhöhten Bedarf an Pausen und möglicherweise mangelhaft werdender Arbeit. Wie

¹⁹⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 19

¹⁹¹ LANG, A.: Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung. S. 103/104

stark sich dieser Produktivitätsverlust auswirkt, wird jedoch beispielsweise davon beeinflusst, wie oft Überstunden anfallen, bei welcher Witterung gearbeitet wird und wie die Überstunden entlohnt werden. Die Montage ist stärker von einer Verlängerung der täglichen Arbeitszeit betroffen als die Fertigung im Werk.¹⁹²

- **Einsatzortwechsel und Einarbeitung:** Wird eine Tätigkeit unterbrochen und mit einer neuen begonnen bzw. werden mehrere Tätigkeiten an einem Tag ausgeführt, geht der Einarbeitungseffekt verloren und dadurch sinkt die Produktivität.¹⁹³ Davon ist die Fertigung um ein Vielfaches stärker betroffen als die Montage (siehe 5.14.4 *Brutto-/Netto-Arbeitstage*).
- **Witterung:** Montagearbeiten werden stark von Produktivitätsverlusten aufgrund der Witterung (Niederschlag, Temperatur, Wind, ...) beeinflusst. Niedrige Temperaturen erfordern dickere Kleidung, wodurch die Agilität der Arbeiter reduziert wird und die Tätigkeiten wegen Aufwärmphasen unterbrochen werden müssen. Den erhöhten Bedarf an Flüssigkeit müssen die Arbeiter bei hohen Temperaturen durch zusätzliche Trinkpausen ausgleichen. Bei starkem bzw. böigem Wind müssen Hebearbeiten aufgrund der Arbeitssicherheit abgebrochen werden.¹⁹⁴ Der Einfluss der Witterung auf Schweißarbeiten wurde unter 4.2.2.3.4 *Schweißen* erläutert.

4.2.4.2 Betriebsmittelproduktivität

- **Quantitative Verfügbarkeit:** Im Stahlhochbau, vor allem bei der Montage, ist der Kran das wichtigste Betriebsmittel. Ist kein Kran bzw. ein Kran mit zu geringer Hubkraft oder Reichweite für die Montagearbeiten vorhanden, kommt es zu Produktivitätsverlusten.¹⁹⁵
- **Arbeitsraum:** Bei der Planung der Arbeitsräume ist besonders auf die Transportwege, Zwischenlagerflächen und den Schwenkbereich des Krans zu achten. Sind diese Flächen zu klein dimensioniert oder falsch angeordnet, wird die Produktivität gemindert.¹⁹⁶ (siehe 4.2.3.2 *Baustelleneinrichtung*)

¹⁹² Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 79

¹⁹³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 20

¹⁹⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 77/78

¹⁹⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 20

¹⁹⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 20

4.2.4.3 Stoffproduktivität

- **Bearbeitbarkeit:** Vor allem die Schweißarbeiten während der Montage werden stark von der Witterung beeinflusst. Die notwendigen Schutzmaßnahmen gegen Nässe und Kälte, um die Arbeiten durchführen zu können, wirken sich negativ auf die Produktivität aus.¹⁹⁷ (siehe 4.2.2.3.4 *Schweißen*)
- **Lagerfähigkeit und Nachbearbeitung:** Werden Stahlbauteile vor der Bearbeitung im Freien gelagert, kommt es zu Rostbildung. Dadurch wird vor Beginn der Arbeit der Aufwand für die Entrostung erhöht und die Produktivität gesenkt.¹⁹⁸
- **Transportfähigkeit und Montierbarkeit:** Durch Bauteile, die aufgrund ihrer Größe oder ihrem Gewicht nur unter erschwerten Bedingungen zum Einbauort befördert werden können, sinkt die Produktivität.¹⁹⁹ (siehe 4.2.2.5 *Beladen*, 4.2.3.1 *Transport* und 4.2.3.4 *Montage*)

4.2.4.4 Dispositive Produktivität

- **Planvorlauf und Qualität der Planung:** Eine ideale Verknüpfung der Produktionsfaktoren kann nur bei fristgerechter und fehlerfreier Planung erfolgen. Abweichungen der Pläne hinsichtlich der Vorlaufzeiten und Qualität führen zu Produktivitätsverlusten im dispositiven und elementaren Bereich.²⁰⁰

Vor allem die Vorlaufzeiten der Pläne beeinflussen die elementaren Produktivitätsverfahren, dazu zählen beispielsweise:

- ♦ **Arbeitsproduktivität:** Arbeiten können nicht mit der geplanten Mannschaft durchgeführt werden.
- ♦ **Betriebsmittelproduktivität:** Betriebsmittel wie Krane oder Hubarbeitsbühnen müssen kurzfristig bestellt oder für einen längeren Zeitraum gemietet werden.
- ♦ **Stoffproduktivität:** Kurzfristige Materialbestellungen zu schlechteren Konditionen.²⁰¹
- **Organisation:** Die optimale Abwicklung eines Projektes erfordert eine klare Festlegung der Verantwortungen und Befugnisse der Arbeiter.²⁰²

¹⁹⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 21

¹⁹⁸ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 21

¹⁹⁹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 21

²⁰⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 86

²⁰¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 88

²⁰² Vgl. HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. S. 22

4.3 Stahlhochbau - Hallenbau

Die wesentlichen Elemente einer Halle sind die Dacheindeckung, Wandverkleidung, Pfetten, Wandriegel, Binder, Dachträger, Stützen und Verbände. Man unterscheidet zwischen Primär- und Sekundärstruktur.²⁰³

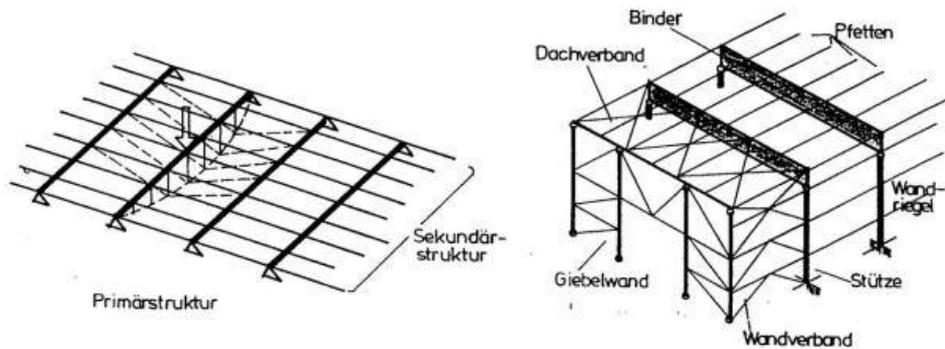


Abbildung 4-38: Bauelemente im Hallenbau²⁰⁴

4.3.1 Dacheindeckung und Wandverkleidung

Die Funktion der Dacheindeckung und der Wandverkleidung ist es, Personen und Güter im Inneren der Halle vor Witterungseinflüssen zu schützen, den Schallschutz zu gewährleisten und - wenn erforderlich - für eine ausreichende Belichtung mit natürlichem Licht zu sorgen.

Mögliche Varianten für die Dacheindeckung sind Trapezblechprofile, Leichtbauplatten und Sandwichpaneelen. Der Abstand der Pfetten wird durch die Dacheindeckung vorgegeben und beträgt bei Trapezblechprofilen 3,50 bis 5,0 m.

Sowohl die Wandverkleidung als auch die Dacheindeckung können aus Trapezblechen und Sandwichpaneelen ausgeführt werden, aber auch die Ausführung als Schwerfassade aus Leichtbetonplatten ist möglich.²⁰⁵

Mögliche Ausführungsvarianten eines wärmedämmten Daches sind in Abbildung 4-39 dargestellt. Das linke Teilbild zeigt ein unbelüftetes Foliendach, das rechte Teilbild ein unbelüftetes zweischaliges Metaldach. Beide Varianten sind auf Trapezblechprofile aufgebaut.

²⁰³ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-4 ff.

²⁰⁴ UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-4

²⁰⁵ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-12

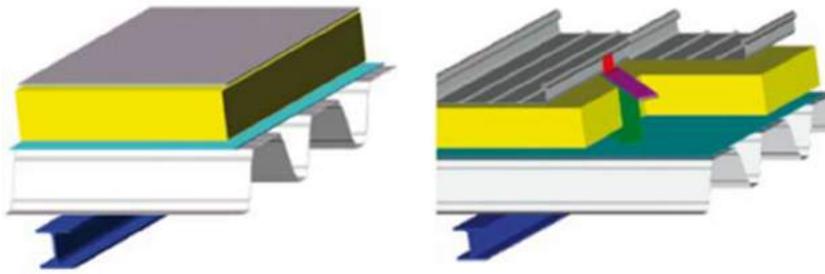


Abbildung 4-39: Ausführungsvarianten der Dacheindeckung²⁰⁶

4.3.2 Pfetten und Wandriegel

Pfetten und Wandriegel dienen zur Abtragung der Lasten auf die Dachträger und Stützen sowie zu deren Sicherung gegen Knicken und Kippen und zur Aussteifung gegen Windlasten.

Durch die Bauart der Pfetten ergeben sich unterschiedliche Spannweiten:

- Kaltprofile: 4,0 bis 7,50 m
- Walzprofile: 5,0 bis 12,0 m
- Fachwerkpfetten: > 10,0 m

Die Spannweiten der Pfetten entsprechen dem Abstand der Binder.²⁰⁷

4.3.3 Binder und Dachträger

Als wichtigstes Bau- und Tragelement einer Hallenkonstruktion ist es die Aufgabe der Binder, die Lasten der Pfetten in die Stütz- und Wandkonstruktionen abzuleiten.²⁰⁸

Als Ausführungsformen für die Binder, deren Abstand durch die Spannweite der Pfetten bestimmt wird, sind mehrere Varianten möglich:

- Fachwerke (siehe Abbildung 4-40) oder Vollwandträger (siehe Abbildung 4-41)
- Gelenkig auf den Stützen gelagert oder als Rahmensystem (siehe Abbildung 4-42)²⁰⁹

²⁰⁶ KOCKER, R.; MÖLLER, R.: Typenhallen aus Stahl. Publikation. S. 10

²⁰⁷ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-16 f.

²⁰⁸ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 223

²⁰⁹ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-23

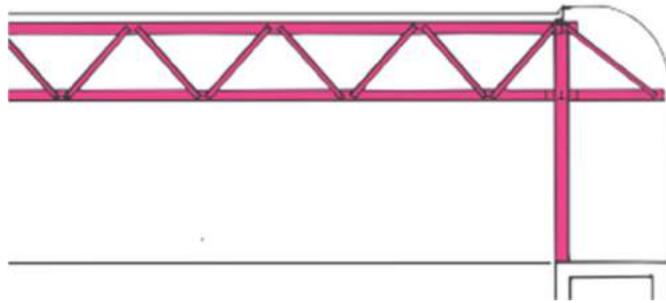


Abbildung 4-40: Binder aus Fachwerkträger²¹⁰



Abbildung 4-41: Binder aus Vollwandprofilen²¹¹

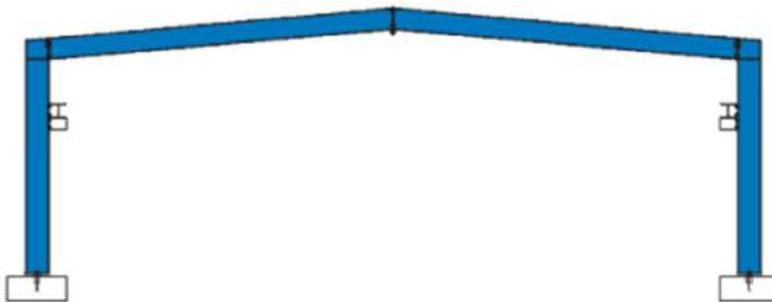


Abbildung 4-42: Zweigelenkrahmen²¹²

4.3.4 Stützen

Die Stützen einer Hallenkonstruktion dienen zur Ableitung der Lasten der Binder in die Fundamente. Sie werden vor allem auf Druck und Biegung beansprucht. Stützen werden zumeist als I-Profile ausgeführt.

Die Konstruktionsart einer Stütze ist abhängig von der Belastung (Rahmensystem, Pendelstütze, ...) und der Ausbildung der Stützenfüße. Stützenfüße können entweder gelenkig (zentrische Druckkraft, geringer Verdrehungsbedarf, Pendelstützen und Rahmenstiele) oder eingespannt (verankerter Stützenfuß, Köcherfundament) ausgebildet werden.²¹³

²¹⁰ GRIMM, F.; KOCKER, R.: Hallen aus Stahl - Planungsleitfaden. Publikation. S. 13

²¹¹ GRIMM, F.; KOCKER, R.: Hallen aus Stahl - Planungsleitfaden. Publikation. S. 13

²¹² GRIMM, F.; KOCKER, R.: Hallen aus Stahl - Planungsleitfaden. Publikation. S. 17

²¹³ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-31 ff.

In Abbildung 4-43 ist im linken Teilbild ein Köcherfundament und im rechten Teilbild ein gelenkiger Stützenfußpunkt dargestellt.

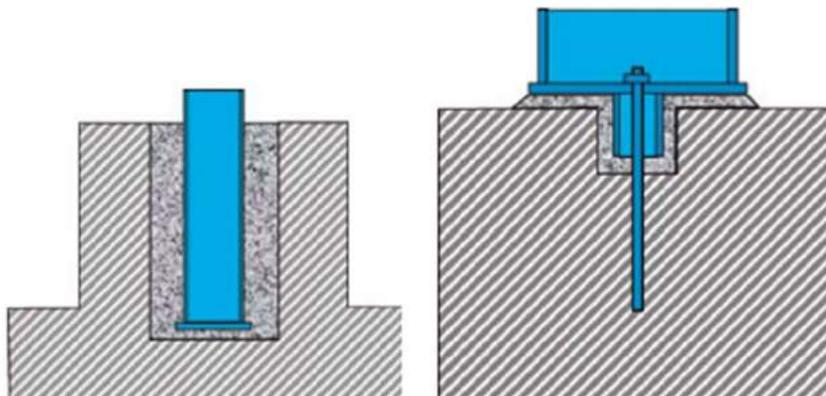


Abbildung 4-43: Köcherfundament und gelenkiger Stützenfußpunkt²¹⁴

4.3.5 Verbände

Aufgabe der Verbände ist es, Lasten abzutragen sowie für die Gesamtstabilität einer Konstruktion und die örtliche Lastverteilung zu sorgen. Neben den Verbänden werden im Besonderen Trapezbleche zur Aussteifung und Stabilisierung der Dach- und Wandebene genutzt. Diese Maßnahme wird als Schubfeldwirkung bezeichnet.²¹⁵

4.4 Brandschutz im Stahlhochbau

Ein besonderes Augenmerk wird beim Stahlhochbau auf den Brandschutz gelegt. Wird eine Stahlkonstruktion auf über 500 °C erhitzt besitzen ungeschützte Teile keine Tragfähigkeit mehr.²¹⁶

Der Brandschutz wird in den betrieblichen Brandschutz (Brandmeldeanlagen, Sprinkleranlagen, ...) und den baulichen Brandschutz unterteilt.²¹⁷

Die ÖNORM EN 13501-2 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten“ regelt die Zuordnung von Stahlbauteilen zu den jeweiligen Brandwiderstandsklassen. Mit Ausnahme von Sonderbauwerken kommen vor allem die Klassen R30, R60 und R90 zur Anwendung (R30 = 30 Minuten Mindestbrandwiderstandszeit). Bauliche Brandschutzmaßnahmen können ausgeführt werden als:

²¹⁴ KOCKER, R.; MÖLLER, R.: Typenhallen aus Stahl. Publikation. S. 11

²¹⁵ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-37 ff.

²¹⁶ Vgl. <https://www.bauforumstahl.de/brandschutz-grundlagen-und-bemessung>. Datum des Zugriffs: 23.August.2016

²¹⁷ Vgl. UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. S. 9-74 ff.

- Beschichtungen (Brandschutzanstriche)
- Spritzputze aus Mineralfasern, Vermiculite und Perlite
- Verkleidungen mit Platten aus Gipskarton, Vermiculite, Perlite, Mineralfasern
- Verkleidungen aus Beton bzw. Mauerwerk
- Hohlprofile mit Wasser gefüllt²¹⁸

4.5 Vorteile von Stahlkonstruktionen

Laut *bauforumstahl* e.V.²¹⁹ sind die Vorteile von Stahlkonstruktionen:

... für die Architektur

- *vielfältige Formensprache*
- *innovative Baustrukturen*
- *elegante, transparente, leichte und filigrane Konstruktionen*
- *kleine Querschnitte*
- *optimaler Einsatz beim Bauen im Bestand*
- *gute Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Materialien, wie Beton, Glas und Membranen, Holz*
- *viele Möglichkeiten für Installationen*
- *kleine Fundamente durch leichte Tragstruktur*

... für die Nutzung

- *große Spannweiten für stützenfreie Flächen*
- *hohe Nutzungsflexibilität*
- *leichte Umnutzung/Modernisierung/Umbau*
- *höhere Nutzfläche pro m² umbauten Raumes*
- *frühe Nutzung durch kurze Bauzeit*
- *langlebige Baustrukturen*

... für den Bauprozess

- *effizientes Zeit- und Kostenmanagement mit Just-in-Time-Abläufen*
- *industrialisierter Bauprozess durch typisierte, vorgefertigte Bauteile*
- *industrielle Qualitätssicherung*
- *Maßgenauigkeit und Planungssicherheit*
- *witterungsunabhängige Montage*
- *kurze Bauzeit*
- *kleine Baustelleneinrichtung*
- *weniger Transportaufwand*
- *leichte und schnelle Demontage oder Wiederaufbau*

... für die Finanzierung/Rentabilität

²¹⁸ Vgl. LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. S. 225

²¹⁹ <https://www.bauforumstahl.de/nutzung-vorteile-von-stahlkonstruktionen>. Datum des Zugriffs: 15.April.2016

- *geldwerte Vorteile aus integrierter Planung*
- *frühe Nutzung durch kurze Bauzeit*
- *geringere Zwischenfinanzierung*
- *hervorragendes Raumnutzungsverhältnis/ größere vermietbare Fläche durch kleine Querschnittsabmessungen*
- *problemlose Umnutzung, Zweit- und Drittnutzung*
- *bessere Vermietbarkeit*
- *lange Nutzungsdauer*
- *Erlös bei Recycling*

... für die Umwelt

- *ressourcenschonende, industrielle Herstellung der Stahlbauteile*
- *kleine Baustelleneinrichtung*
- *weniger Verkehrsbehinderungen im öffentlichen Raum*
- *weniger Transportaufwand*
- *geringere Emissionen an der Baustelle*
- *geringere Flächenbeanspruchung/ Flächenversiegelung*
- *beim Brückenbau: Vermeidung der Sperrung von Verkehrswegen (Autobahnen, Bahn, Schifffahrtswegen)*
- *Wiederverwendbarkeit oder 100 %iges Recycling für einen geschlossenen Werkstoffkreislauf*

5 Projektbeschreibung

In diesem Kapitel werden elf Projekte (Projekt A - K) aus dem Bereich Stahlhochbau-Hallenbau vorgestellt und beschrieben.

Die Beschreibung der Projekte umfasst die Punkte:

- **Nutzung** (Lagerhalle, Produktionshalle, ...)
- **Konstruktion** (Dachform, Gewicht, ...)
- **Abmessungen, Fläche und Rauminhalt** (Brutto-Grundrissfläche, Brutto-Rauminhalt, ...)
- **Ortsspezifische Lastangaben** (Schnee- und Windlasten)
- **Leistungen** (z.B. Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Hallenkonstruktion)
- **Umstände der Leistungserbringung:** Dabei werden unter anderem die Komplexität der Konstruktion, der Leistungszeitraum, die Anzahl der durchschnittlichen am Projekt beteiligten Arbeiter, die Projektdauer und die Brutto- bzw. Netto-Arbeitstage beschrieben. Ebenso wird auf mögliche Produktivitätsverluste eingegangen.

Anhand der Beschreibung und Spezifikation der einzelnen Projekte sollen die Ergebnisse und Abweichungen, die bei der Auswertung der Projekte auftreten (siehe *6 Kennzahlen - Projekte*), erklärt werden.

5.1 Datenerfassung

Die Datenerfassung der Projekte umfasst die Konstruktion, die Leistungen sowie die Kosten und Stundenaufzeichnungen der Projekte.

5.1.1 Konstruktion und Konstruktionsdetails

Die Erfassung der Brutto-Grundfläche, des Brutto-Rauminhalts und des Gewichts der Stahlkonstruktion erfolgte mittels 3D Software für den Stahl- und Metallbau, die auf dem CAD-System AutoCAD basiert. Mithilfe dieser Software wurden ebenso die Stücklisten für die Baugruppen und für die Einzelteile erstellt.

5.1.2 Leistungen und Kosten

Aus der Schlussrechnung können sowohl die Schlussrechnungssumme des gesamten Projektes als auch die ausgeführten Leistungen und der Leistungszeitraum entnommen werden.

5.1.3 Stundenaufzeichnungen

Die Lohnstunden für jedes Projekt werden auf zweierlei Arten erfasst. Einerseits erfolgen die Aufzeichnungen durch eine Zeiterfassung mit computergestützten Buchungen und andererseits durch händisch geschriebene Wochenberichte. Eine Vorlage für den Wochenbericht ist im Anhang angefügt.

Jedem Projekt wird eine vierstellige Projektnummer, bezeichnet als Kostenträger (KTR), zugeordnet. Jeder Mitarbeiter besitzt eine Personalnummer, durch die er sich bei der Zeiterfassung und beim Wochenbericht identifiziert.

Der Vorteil der Zeiterfassung gegenüber den Wochenberichten liegt darin, dass die Ermittlung der Lohnstunden, welche für die Fertigung und Montage eines Projektes notwendig sind, automatisch und ohne zusätzliche administrative Arbeiten erfolgt. Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass nicht auf die Wochenberichte verzichtet werden kann. Umstände wie ungenaue Buchungen der Mitarbeiter, Buchungen auf einen falschen KTR und Systemausfälle können mit den Wochenberichten nachvollzogen werden.

Bei den Projekten B und K stehen nur die gesamten Lohnstunden zur Verfügung, eine Trennung der Stunden in Fertigung und Montage war im Nachhinein nicht mehr möglich, weil diese beiden Projekte, ebenso wie das Projekt A, vor Einführung der Zeiterfassung abgewickelt wurden. Für das Projekt A war es möglich, die Lohnstunden für, Fertigung und Montage händisch zu trennen, aber eine genaue Rückverfolgung der geleisteten Lohnstunden je Tag und Arbeiter, wie bei den Projekten mit Zeiterfassung, war auch hier nicht mehr durchführbar.

5.1.3.1 Ablauf der Zeiterfassung bzw. der Buchungen

Am Beginn des Arbeitstages bucht sich jeder Mitarbeiter via Zeiterfassung an einem Computer auf das Projekt ein, an dem er gerade arbeitet („Kommen“). Dazu benötigt er seine Personalnummer, den KTR des jeweiligen Projektes und die Kostenstelle. Die Kostenstelle beschreibt die Tätigkeit, die der Mitarbeiter ausführen wird, z.B. Fertigung Stahlbau oder Montage Stahlbau. Bei den Kostenstellen handelt es sich ebenfalls um vierstellige Nummern, z.B. Montage Stahlbau ist die Kostenstelle 1621. Ist das Einbuchen abgeschlossen, kann mit der Arbeit begonnen werden. Bei Montagetätigkeiten außerhalb des Betriebs erfolgen die Buchungen via Mobiltelefon mittels SMS an die Zeiterfassung. Der Ablauf der Buchungen bleibt grundsätzlich unverändert.

Ändert sich im Laufe des Tages die Arbeitsaufgabe für einen Mitarbeiter oder sind die Arbeiten abgeschlossen, so muss er sich auf einen neuen KTR oder eine andere Kostenstelle umbuchen („Umbuchen“).

Durch dieses System kann gewährleistet werden, dass bei mehreren parallelaufenden Projekten, sowohl in der Fertigung als auch bei der Montage, die Stunden jedes Mitarbeiters projektbezogen erfasst werden.

Am Ende des Arbeitstages bucht sich jeder Mitarbeiter aus („Gehen“).

Die Zeitdifferenz zwischen „Kommen“ und „Gehen“, abzüglich der vorgeschriebenen Pausen, ergibt die Arbeitszeit des jeweiligen Tages.

5.1.3.2 Beispiel Einbuchen

Mitarbeiter (Personalnummer 8) beginnt mit der Fertigung der Stahlkonstruktion (Kostenstelle 1620) des Projektes C (KTR 9426).

- Ablauf einbuchen: „Kommen“ → 8 → 9426 → 1620

5.1.3.3 Beispiel Umbuchen

Mitarbeiter (Personalnummer 8) beginnt mit der Fertigung der Stahlkonstruktion (Kostenstelle 1620) des Projektes C (KTR 9426). Nachdem die Fertigung der Stahlkonstruktion des Projektes C (KTR 9426) abgeschlossen ist, beginnt er mit der Fertigung der Stahlkonstruktion des Projektes D (KTR 9416) und muss sich von KTR 9426 auf KTR 9416 umbuchen.

- Der Mitarbeiter hat sich auf KTR 9426 eingebucht (siehe 5.1.3.2 *Beispiel Einbuchen*)
- Ablauf umbuchen: „Umbuchen“ → 8 → 9416 → 1620

5.1.3.4 Beispiel Ausbuchen

Ausbuchen: Arbeitstag des Mitarbeiters (Personalnummer 8) ist beendet.

- Ablauf ausbuchen: „Gehen“ → 8

5.2 Anmerkungen zur Projektbeschreibung

Nachfolgend werden Begriffe, die zur Beschreibung der Projekte verwendet werden, definiert.

5.2.1 Baugruppe

Eine Baugruppe wird definiert als:

„Bezeichnung für eine Gruppe von Einzelteilen, die als Einheit in das Endprodukt eingeht. Viele Industrieprodukte bestehen aus mehreren Einzelteilen, die durch Montagearbeitsgänge zu Baugruppen und schließlich zu Endprodukten zusammengefügt werden.“²²⁰

Abbildung 5-1 zeigt ein Beispiel für eine Baugruppe, dargestellt in der Ansicht und der Draufsicht. Die BG 86 mit dem Hauptprofil IPE 200 setzt sich aus den Einzelteilen mit den Nummern 10 (angeschweißte Laschen, mit denen in späterer Folge die Verbände an das IPE-Profil angeschlossen werden), 20 (schräge Stirnplatte), 66 (gerade Stirnplatte), 113 und 118 (angeschweißte gleichschenklige Winkel, mit unterschiedlicher Länge) zusammen. Die gesamte Länge der Baugruppe, gemessen in der Achse der BG (hier in blau dargestellt), beträgt 4.546 mm.

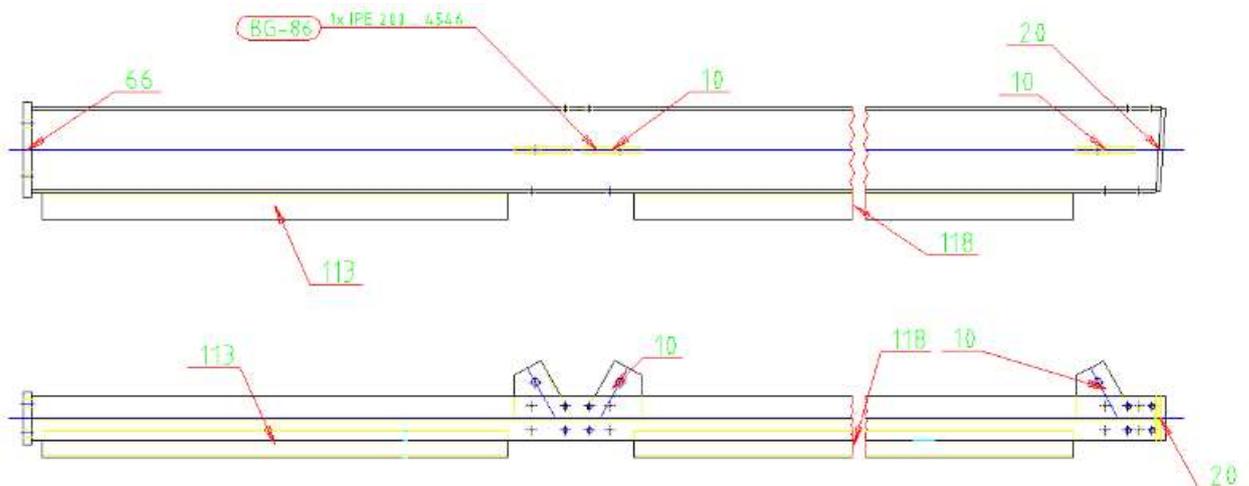


Abbildung 5-1: Beispiel für eine Baugruppe

²²⁰ <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/72542/baugruppe-v5.html>. Datum des Zugriffs: 31. August 2015

5.2.2 Komplexität der Konstruktion

Die Komplexität der Konstruktion wird nach Abbildung 5-2 bewertet.

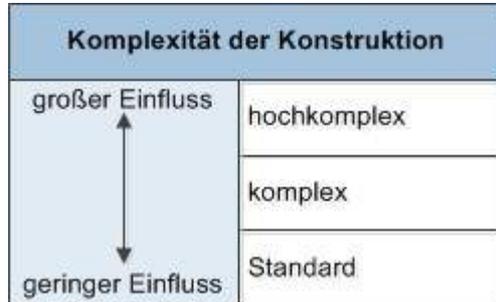


Abbildung 5-2: Komplexität der Konstruktion²²¹

5.2.3 Brutto-, Netto- und Differenz-Arbeitstag

- **Brutto-Arbeitstag:** Als Brutto-Arbeitstag eines Mitarbeiters für ein Projekt wird jeder Tag gezählt, an dem von dem Mitarbeiter eine Buchung auf das Projekt getätigt wurde. Dabei wird nicht unterschieden, ob die Arbeitszeit an einem Projekt am jeweiligen Tag beispielsweise 0,50 Stunden oder 10 Stunden betrug. Beide Fälle zählen als ein Brutto-Arbeitstag.
- **Netto-Arbeitstag:** Im Gegensatz zum Brutto-Arbeitstag wird ein Arbeitstag eines Mitarbeiters für ein Projekt nur als Netto-Arbeitstag gezählt, wenn am jeweiligen Tag eine Buchung ≥ 8 Stunden auf das Projekt getätigt wurde. Die erforderlichen 8 Stunden müssen aber nicht in einem Stück gebucht werden, sondern können auch durch andere Projekte unterbrochen werden.
- **Differenz-Arbeitstag:** Differenz-Arbeitstage errechnen sich durch die Anzahl der Brutto-Arbeitstage abzüglich der Netto-Arbeitstage.

²²¹ Vgl. STEMPKOWSKI, R.; POIER, S.: 3.8.3.5. Produktivitätsverlust aufgrund längerer Arbeitszeit. In: Handbuch Claim-Management. S. 513

5.3 Projekt A

Projekt A beschreibt und spezifiziert eine Lagerhalle, die zur Auslieferung von Waren genutzt wird. Die Stahlkonstruktion ist in Abbildung 5-3 dargestellt.

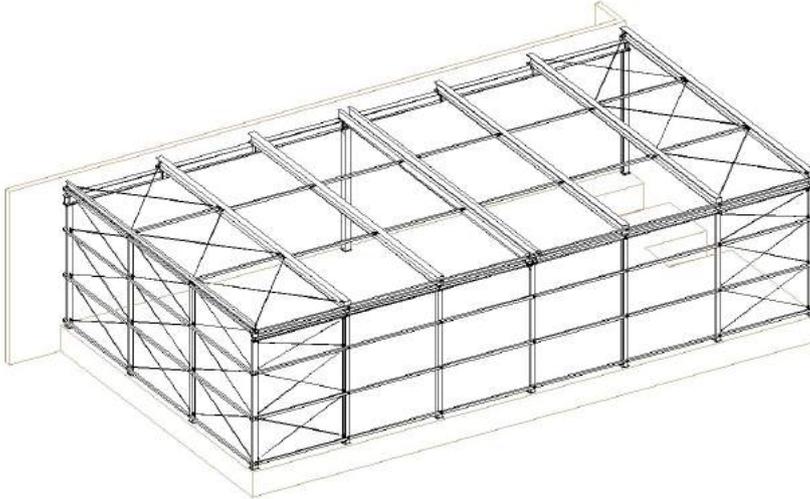


Abbildung 5-3: Projekt A - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.3.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ♦ Binder, Pfetten und Stützen: gewalzte I-Profile
 - ♦ Stützenfußpunkte: gelenkige Verdübelung
 - ♦ Wandriegel: FRQ-Profile
 - ♦ Verbände: Rundstahl
 - ♦ Kranbahn: keine
- Dachform: Flachdach
- Gewicht der Stahlkonstruktion: 25.737,97 kg
- Anzahl der Einzelteile: 881 Stück in 110 Positionen
- Anzahl der Baugruppen: 122 Stück in 48 Positionen
- Material: S 235
- Oberfläche: Feuerverzinkt

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

5.3.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 27 x 15 x 7 m
- Brutto-Grundrissfläche: 423,3 m²
- Brutto-Rauminhalt: 2.950,6 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.3.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 1,09 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 27,00 m/s

5.3.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Hallenkonstruktion
- Anfertigung, Lieferung und Montage einer Kastenrinne
- Dach- und Wandeindeckung aus Trapezblechen inkl. sämtlicher Anschlüsse
- Statische Berechnung (extern) und Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 140.000,00 €
- Lohnstunden:
 - ♦ Std_{Fertigung}: 335,00
 - ♦ Std_{Montage}: 775,00
 - ♦ Std_{Gesamt}: 1.110,00

5.3.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Standard
- Leistungszeitraum: Oktober bis Dezember 2008

5.4 Projekt B

Projekt B beschreibt und spezifiziert eine zweigeschossige Produktionshalle. Die Stahlkonstruktion des Projektes B ist in Abbildung 5-4 dargestellt.

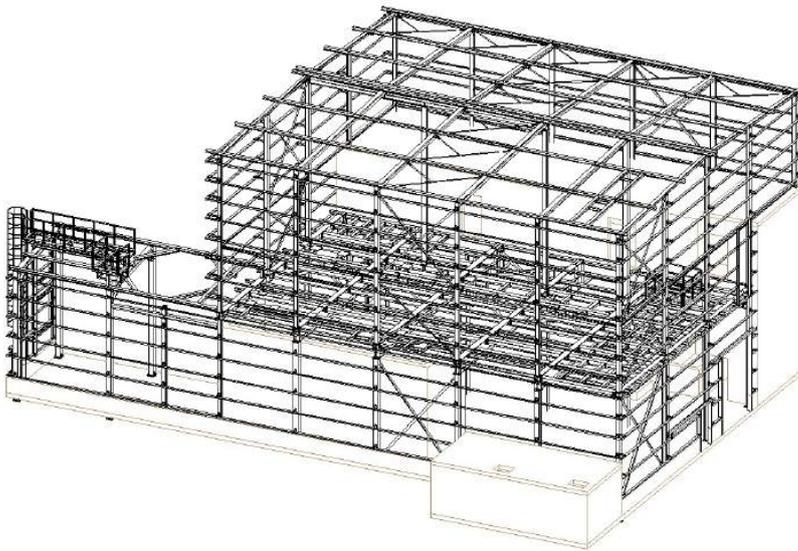


Abbildung 5-4: Projekt B - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.4.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ♦ Binder, Pfetten und Stützen: gewalzte I-Profile
 - ♦ Stützenfußpunkte: gelenkige Verdübelung
 - ♦ Wandriegel: gewalzte U-Profile
 - ♦ Verbände: Rundstahl und L-Profile
 - ♦ Kranbahn: keine
- Dachform: Flachdach
- Gewicht der Stahlkonstruktion: 105.930,97 kg
- Anzahl der Einzelteile: 8.140 Stück in 672 Positionen
- Anzahl der Baugruppen: 968 Stück in 366 Positionen
- Material: S 235
- Oberfläche: Feuerverzinkt

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

5.4.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 21,5 x 19 x 15 m
- Brutto-Grundrissfläche: 869,43 m²
- Brutto-Rauminhalt: 6.081,07 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.4.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 1,31 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 22,50 m/s

5.4.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Hallenkonstruktion
- Gitterroste liefern und montieren
- Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 351.017,14 €
- Lohnstunden:
 - ◆ Std_{Gesamt}: 3.950,00

5.4.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Komplex
- Leistungszeitraum: Oktober 2008 bis März 2009
- Witterung: kalte Temperaturen, teilweise Schnee
- Montage: erhöhte Sicherheitsvorschriften

5.5 Projekt C

Projekt C beschreibt und spezifiziert eine Lagerhalle, die zur Auslieferung von Waren genutzt wird. Die Stahlkonstruktion des Projektes C ist in Abbildung 5-5 dargestellt.

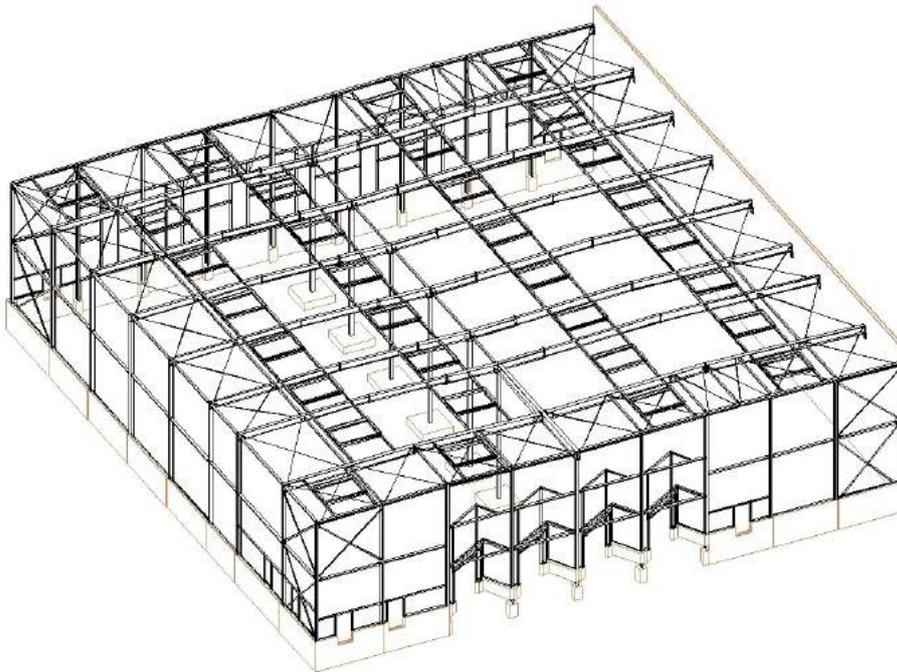


Abbildung 5-5: Projekt C - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.5.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ♦ Binder, Pfetten und Stützen: gewalzte I-Profile
 - ♦ Stützenfußpunkte: Einspannung mittels Schweißgrund
 - ♦ Wandriegel: FRQ-Profile
 - ♦ Verbände: Rundstahl und L-Profile
 - ♦ Kranbahn: keine
- Dachform: Flachdach
- Gewicht der Stahlkonstruktion: 100.419,31 kg
- Anzahl der Einzelteile: 3.616 Stück in 312 Positionen
- Anzahl der Baugruppen: 531 Stück in 228 Positionen
- Material: S 235

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

- Oberfläche: Feuerverzinkt

5.5.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 48 x 45 (=20+25) x 11 m
- Brutto-Grundrissfläche: 2.155,38 m²
- Brutto-Rauminhalt: 23.136,72 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.5.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 1,36 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 27,00 m/s

5.5.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Hallenkonstruktion
- Fluchtstiegenpodeste (3 Stück) inkl. Geländer in verzinkter Ausführung anfertigen, liefern und montieren
- Fluchtleiter mit Rückenschutzkorb anfertigen, liefern und montieren
- Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 239.410,03 €
- Lohnstunden:
 - ♦ Std_{Fertigung}: 1.047,00
 - ♦ Std_{Montage}: 964,50
 - ♦ Std_{Gesamt}: 2.011,50

5.5.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Standard
- Leistungszeitraum: Dezember 2014 bis April 2015
- Witterung: kalte Temperaturen, teilweise Schnee
- Arbeitskräfte:
 - ♦ AK_{Fertigung}: 3

- ◆ AK_{Montage}: 5
- ◆ AK_{Gesamt}: 5
- Projektdauer:

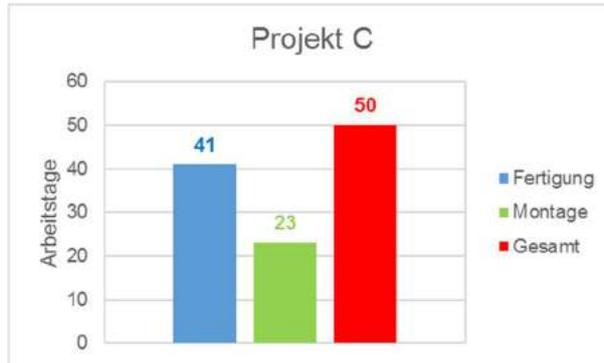


Abbildung 5-6: Arbeitstage des Projekt C

- Brutto- und Netto-Arbeitstage aller am Projekt beteiligten Mitarbeiter:

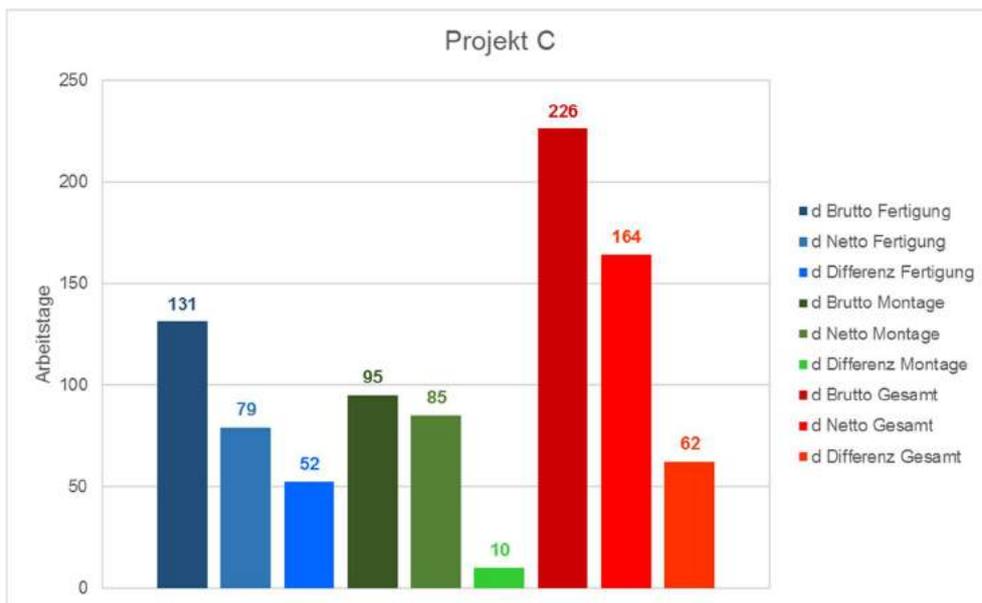


Abbildung 5-7: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt C

5.6 Projekt D

Projekt D beschreibt und spezifiziert eine Lagerhalle, die zur Auslieferung von Waren genutzt wird. Die Stahlkonstruktion des Projektes D ist in Abbildung 5-8 dargestellt.

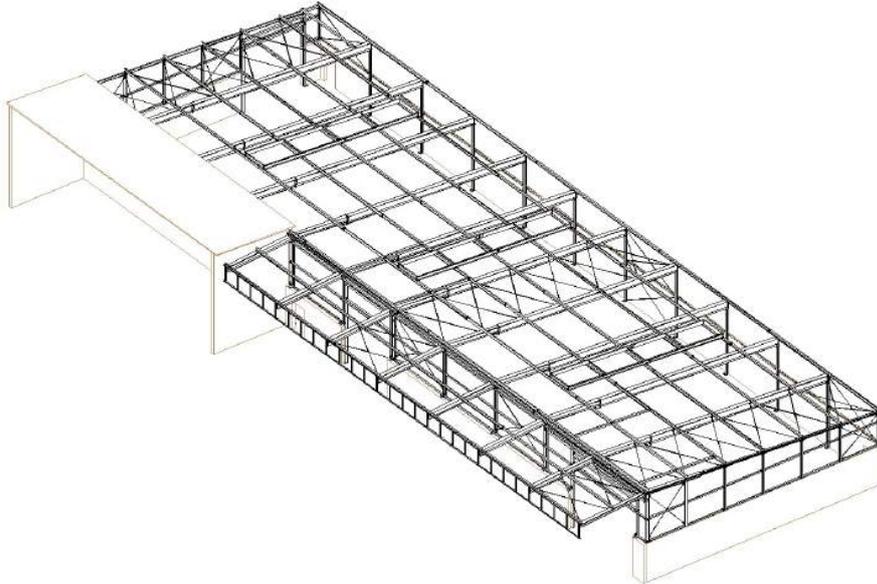


Abbildung 5-8: Projekt D - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.6.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ◆ Binder, Pfetten und Stützen: gewalzte I-Profile
 - ◆ Stützenfußpunkte: gelenkige Verdübelung
 - ◆ Wandriegel: FRQ-Profile
 - ◆ Verbände: Rundstahl
 - ◆ Kranbahn: keine
- Dachform: Flachdach
- Gewicht der Stahlkonstruktion: 67.029,31 kg
- Anzahl der Einzelteile: 2.667 in 209 Positionen
- Anzahl der Baugruppen: 277 in 130 Positionen
- Material: S 235
- Oberfläche: Feuerverzinkt

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

5.6.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 62 x 20 x 7,5 m
- Brutto-Grundrissfläche: 1.229,68 m²
- Brutto-Rauminhalt: 8.221,48 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.6.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 1,82 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 18,00 m/s

5.6.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Hallenkonstruktion
- Dacheindeckung mit PU-Paneelen samt Tonnenoberlichtbändern
- Wandverkleidung mit PU-Wandpaneelen
- Spenglerarbeiten
- Sektionaltore (3 Stück) inkl. Unterkonstruktion, Schlüsselschalter, Montage und TÜV-Abnahme
- RWA Lüftung
- Statische Berechnung (extern) und Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 252.581,0 €
- Lohnstunden:
 - ♦ Std_{Fertigung}: 569,50
 - ♦ Std_{Montage}: 1.166,75
 - ♦ Std_{Gesamt}: 1.736,25

5.6.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Standard
- Leistungszeitraum: Juni bis September 2014
- Arbeitskräfte:
 - ♦ AK_{Fertigung}: 2

- ◆ AK_{Montage}: 3
- ◆ AK_{Gesamt}: 4
- Projektdauer:

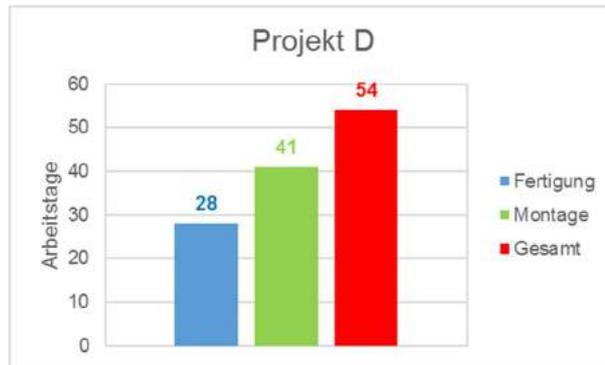


Abbildung 5-9: Arbeitstage des Projekt D

- Brutto- und Netto-Arbeitstage aller am Projekt beteiligten Mitarbeiter:

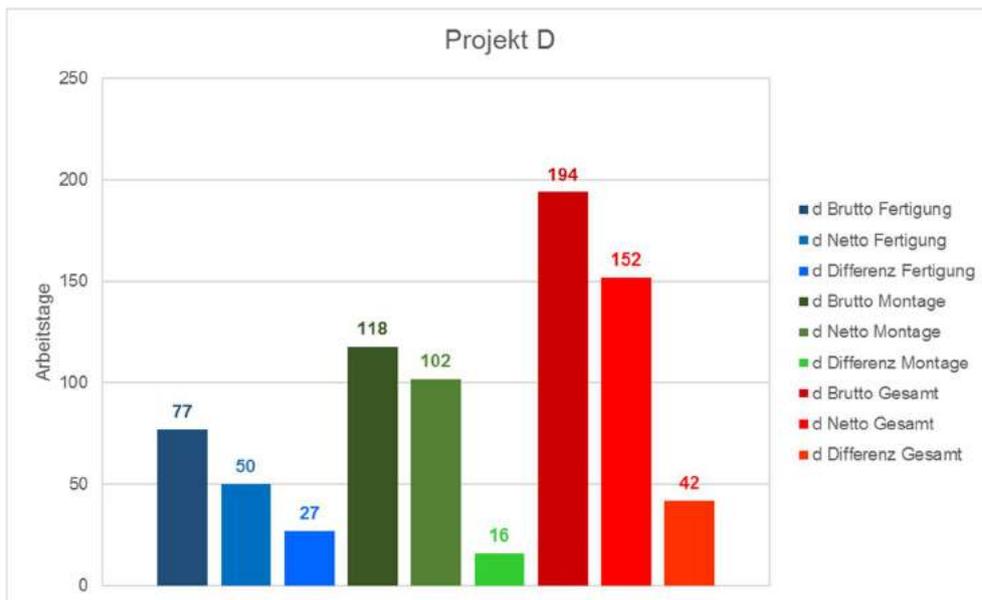


Abbildung 5-10: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt D

5.7 Projekt E

Projekt E beschreibt und spezifiziert eine Lagerhalle, die zur Auslieferung von Waren genützt wird. Die Stahlkonstruktion des Projektes E ist in Abbildung 5-11 dargestellt.

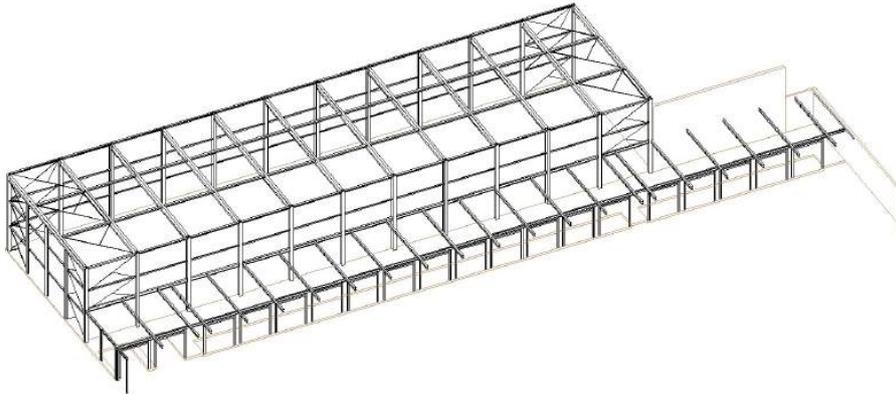


Abbildung 5-11: Projekt E - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.7.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ♦ Binder, Pfetten und Stützen: gewalzte I-Profile
 - ♦ Stützenfußpunkte: Einspannung mittels Schweißgrund
 - ♦ Wandriegel: FRQ-Profile
 - ♦ Verbände: Rundstahl
 - ♦ Kranbahn: keine
- Dachform: Flachdach
- Gewicht der Stahlkonstruktion: 77.364,79 kg
- Anzahl der Einzelteile: 2.926 in 167 Positionen
- Anzahl der Baugruppen: 357 in 89 Positionen
- Material: S 235
- Oberfläche: Feuerverzinkt

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

5.7.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 56 x 21 x 8 m
- Brutto-Grundrissfläche: 1.283,65 m²
- Brutto-Rauminhalt: 8.470,10 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.7.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 1,95 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 20,40 m/s

5.7.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Hallenkonstruktion
- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Vordach- und Waschplatzkonstruktion
- Anfertigung, Lieferung und Montage von Stiegenkonstruktionen (3 Stück) inkl. Edelstahlgeländer
- Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 238.671,57 €
- Lohnstunden:
 - ♦ Std_{Fertigung}: 675,75
 - ♦ Std_{Montage}: 696,25
 - ♦ Std_{Gesamt}: 1.372,00

5.7.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Standard
- Leistungszeitraum: Jänner bis Mai 2013
- Witterung: kalte Temperaturen, teilweise Schnee
- Arbeitskräfte:
 - ♦ AK_{Fertigung}: 2
 - ♦ AK_{Montage}: 2

- ◆ AK Gesamt: 3
- Projektdauer:

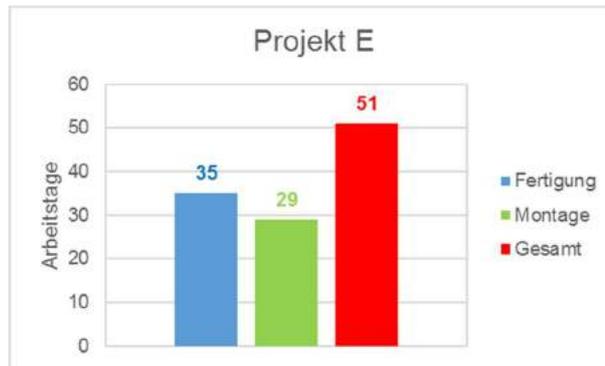


Abbildung 5-12: Arbeitstage des Projekt E

- Brutto- und Netto-Arbeitstage aller am Projekt beteiligten Mitarbeiter:

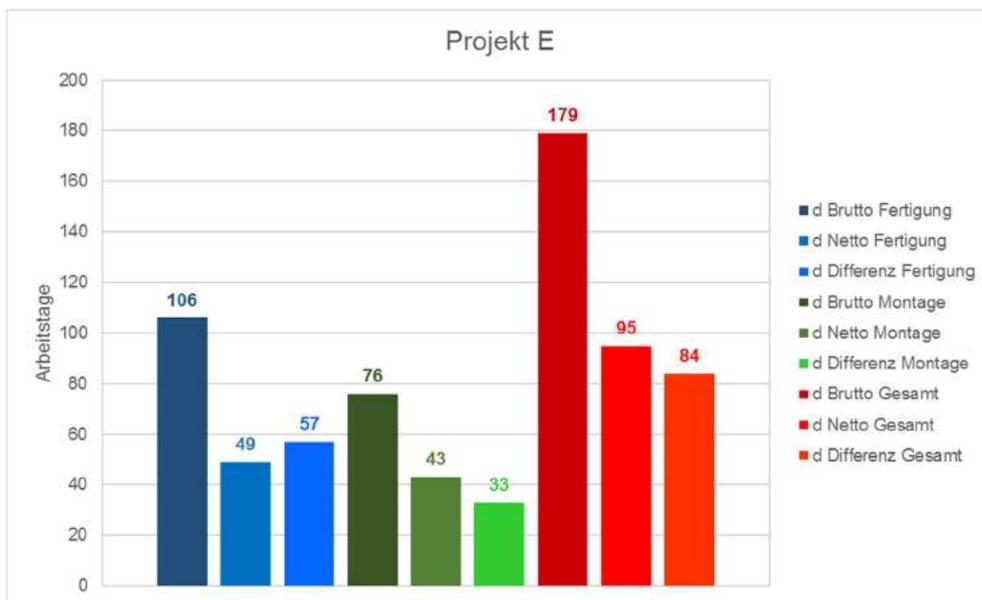


Abbildung 5-13: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt E

5.8 Projekt F

Projekt F beschreibt und spezifiziert eine Lagerhalle, die zur Auslieferung von Waren genutzt wird. Die Stahlkonstruktion des Projektes F ist in Abbildung 5-14 dargestellt.

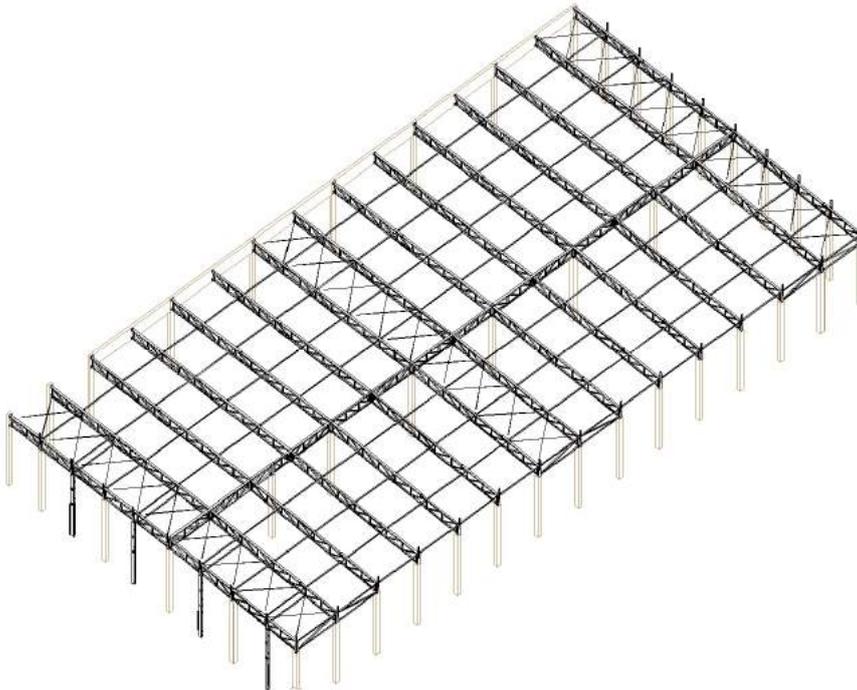


Abbildung 5-14: Projekt F - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.8.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ♦ Binder: Fachwerksystem mit Ober- und Untergurt bestehend aus gewalzten I-Profilen und Streben aus FRQ-Profilen
 - ♦ Pfetten: FRQ-Profile
 - ♦ Stützen: gewalzte I-Profile, Hauptstützen aus Stahlbeton
 - ♦ Stützenfußpunkte: gelenkige Verdübelung
 - ♦ Wandriegel: FRQ-Profile
 - ♦ Verbände: Rundstahl
 - ♦ Kranbahn: keine
- Dachform: Flachdach

- Gewicht der Stahlkonstruktion: 81.064,68 kg
- Anzahl der Einzelteile: 7.230 Stück in 264 Positionen
- Anzahl der Baugruppen: 642 Stück in 145 Positionen
- Material: S 235
- Oberfläche: Feuerverzinkt

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

5.8.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 73 x 39 (=17,5+21,5) x 10,5 m
- Brutto-Grundrissfläche: 2.831,15 m²
- Brutto-Rauminhalt: 29.103,06 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.8.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 2,28 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 21,30 m/s

5.8.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Hallenkonstruktion inkl. Stahlstiege mit Edelstahlhandlauf für den Zugang
- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Vordachkonstruktion und Stahlkonstruktion für ein Verwaltungsgebäude
- Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 241.901,02 €
- Lohnstunden:
 - ◆ Std_{Fertigung}: 1.104,75
 - ◆ Std_{Montage}: 974,50
 - ◆ Std_{Gesamt}: 2.079,25

5.8.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Komplex
- Leistungszeitraum: Oktober 2011 bis April 2012

- Witterung: kalte Temperaturen, teilweise Schnee
- Arbeitskräfte:
 - ◆ AK_{Fertigung}: 2
 - ◆ AK_{Montage}: 2
 - ◆ AK_{Gesamt}: 3
- Projektdauer:

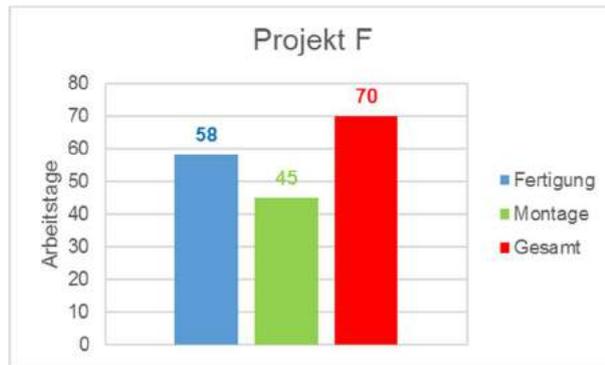


Abbildung 5-15: Arbeitstage des Projekt F

- Brutto- und Netto-Arbeitstage aller am Projekt beteiligten Mitarbeiter:

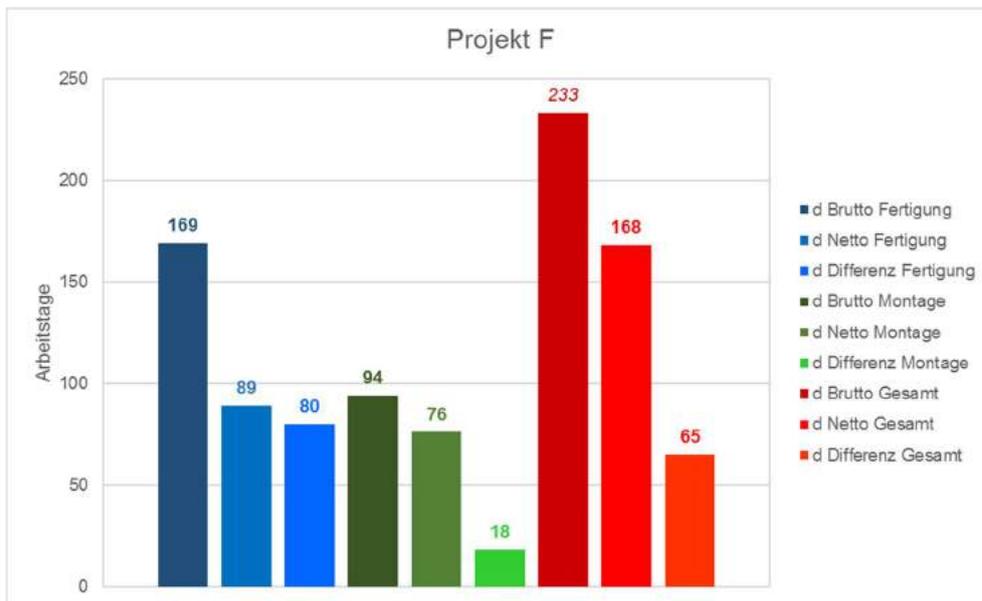


Abbildung 5-16: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt F

5.9 Projekt G

Projekt G beschreibt und spezifiziert eine Lagerhalle, die zur Auslieferung von Waren genutzt wird. Die Stahlkonstruktion des Projektes G ist in Abbildung 5-17 dargestellt.

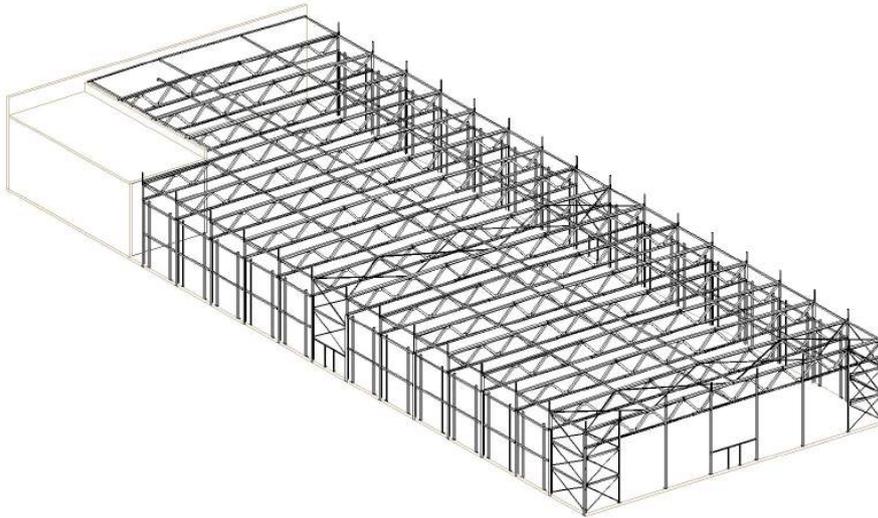


Abbildung 5-17: Projekt G - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.9.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ♦ Binder: Fachwerkssystem mit Ober- und Untergurt bestehend aus gewalzten I-Profilen und Streben aus FRQ-Profilen
 - ♦ Pfetten: FRQ-Profile
 - ♦ Stützen: gewalzte I-Profile
 - ♦ Stützenfußpunkte: Einspannung mittels Schweißgrund
 - ♦ Wandriegel: FRQ-Profile
 - ♦ Verbände: L-Profile
 - ♦ Kranbahn: keine
- Dachform: Flachdach
- Gewicht der Stahlkonstruktion: 97.704,50 kg
- Anzahl der Einzelteile: 4.193 in 128 Positionen
- Anzahl der Baugruppen: 478 in 65 Positionen
- Material: S 235

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

- Oberfläche: Feuerverzinkt

5.9.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 85 x 33 x 8,5 m
- Brutto-Grundrissfläche: 2.630,12 m²
- Brutto-Rauminhalt: 21.504,26 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.9.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 2,31 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 21,30 m/s

5.9.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Hallenkonstruktion
- Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 226.615,45 €
- Lohnstunden:
 - ♦ Std_{Fertigung}: 1.736,00
 - ♦ Std_{Montage}: 706,00
 - ♦ Std_{Gesamt}: 2.442,00

5.9.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Komplex
- Leistungszeitraum: Februar bis Juni 2011
- Witterung: kalte Temperaturen, teilweise Schnee
- Arbeitskräfte:
 - ♦ AK_{Fertigung}: 3
 - ♦ AK_{Montage}: 3
 - ♦ AK_{Gesamt}: 4

- Projektdauer:

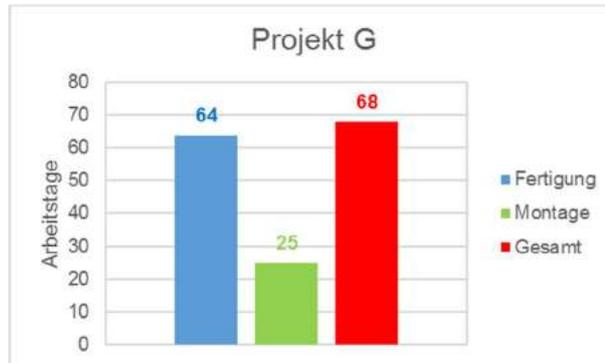


Abbildung 5-18: Arbeitstage des Projekt G

- Brutto- und Netto-Arbeitstage aller am Projekt beteiligten Mitarbeiter:

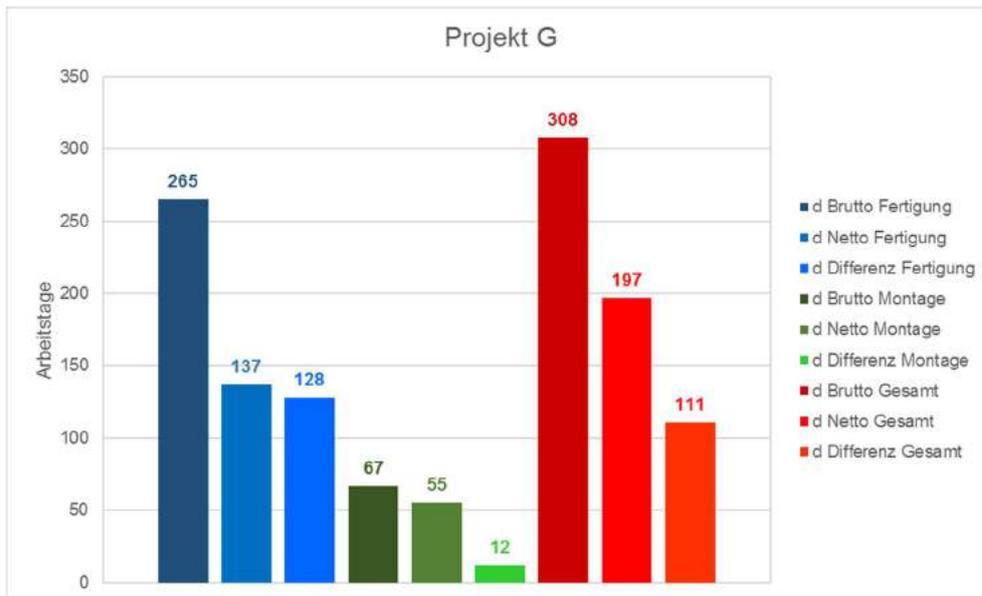


Abbildung 5-19: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt G

5.10 Projekt H

Projekt H beschreibt und spezifiziert eine Werkshalle, die zur Prüfung diverser Erzeugnisse genützt wird. Die Stahlkonstruktion des Projektes H ist in Abbildung 5-20 dargestellt.

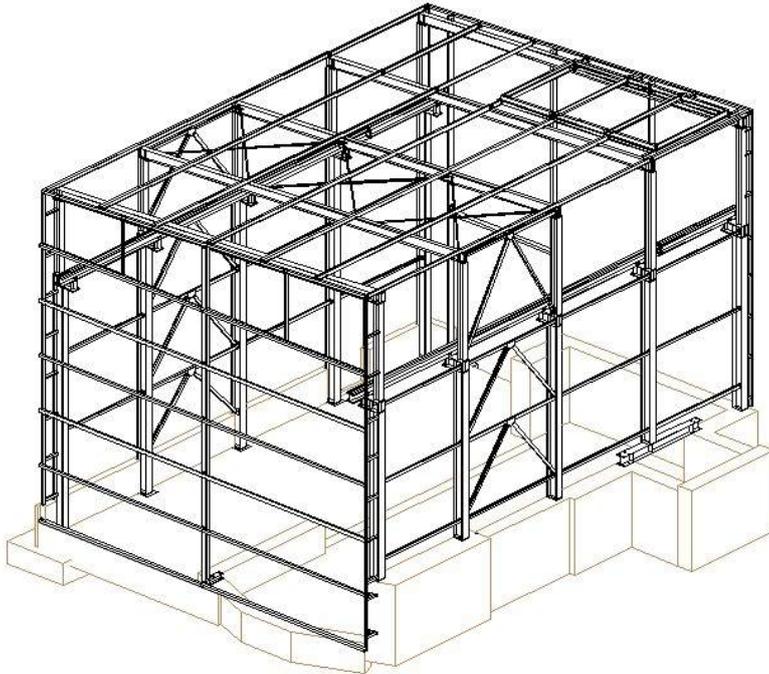


Abbildung 5-20: Projekt H - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.10.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ♦ Binder, Pfetten und Stützen: gewalzte I-Profile
 - ♦ Stützenfußpunkte: gelenkige Verdübelung
 - ♦ Wandriegel: FRQ-Profile
 - ♦ Verbände: L-Profile
 - ♦ Kranbahn: bestehend aus gewalzten I-Profilen
- Dachform: Pultdach (Dachneigung 5°)
- Gewicht der Stahlkonstruktion: 37.385,84 kg
- Anzahl der Einzelteile: 1.530 in 142 Positionen
- Anzahl der Baugruppen: 115 in 63 Positionen
- Material: S 235

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

- Oberfläche: grundierte und beschichtete Ausführung

5.10.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 19 x 14,5 x 13,5 m
- Brutto-Grundrissfläche: 272,45 m²
- Brutto-Rauminhalt: 3.615,09 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.10.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 1,65 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 20,40 m/s

5.10.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer Hallenkonstruktion inkl. Kranbahn in grundierter und beschichteter Ausführung
- Dach- und Wandeindeckung aus Paneelen inkl. sämtlicher Anschlüsse
- Anfertigung, Lieferung und Montage der Dachrinne, Rinnenkessel und Fallrohre in verzinkter Ausführung
- Statische Berechnung (extern) und Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 145.985,27 €
- Lohnstunden:
 - ♦ Std_{Fertigung}: 541,25
 - ♦ Std_{Montage}: 367,50
 - ♦ Std_{Gesamt}: 908,75

5.10.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Standard
- Leistungszeitraum: Jänner bis Mai 2012
- Witterung: kalte Temperaturen, teilweise Schnee
- Montage unter beengten Bedingungen, mit bestehenden Gebäuden auf der einen und einem Fluss auf der anderen Seite

- **Arbeitskräfte:**
 - ◆ AK _{Fertigung}: 2
 - ◆ AK _{Montage}: 2
 - ◆ AK _{Gesamt}: 3
- **Projektdauer:** Abbildung 5-21

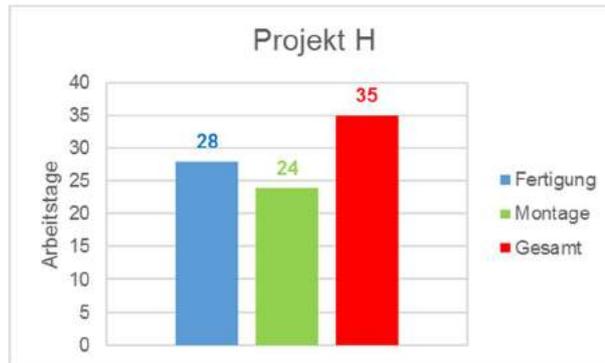


Abbildung 5-21: Arbeitstage des Projekt H

- **Brutto- und Netto-Arbeitstage aller am Projekt beteiligten Mitarbeiter:**

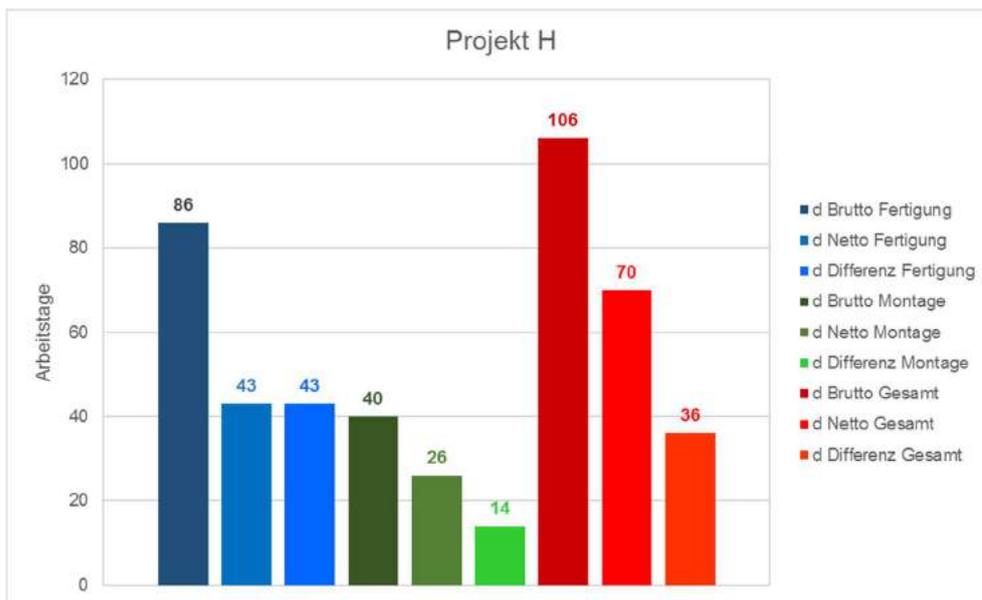


Abbildung 5-22: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt H

5.11 Projekt I

Projekt I beschreibt und spezifiziert eine Lagerhalle, die als Mülllager genutzt wird. Die Stahlkonstruktion des Projektes I ist in Abbildung 5-23 dargestellt.

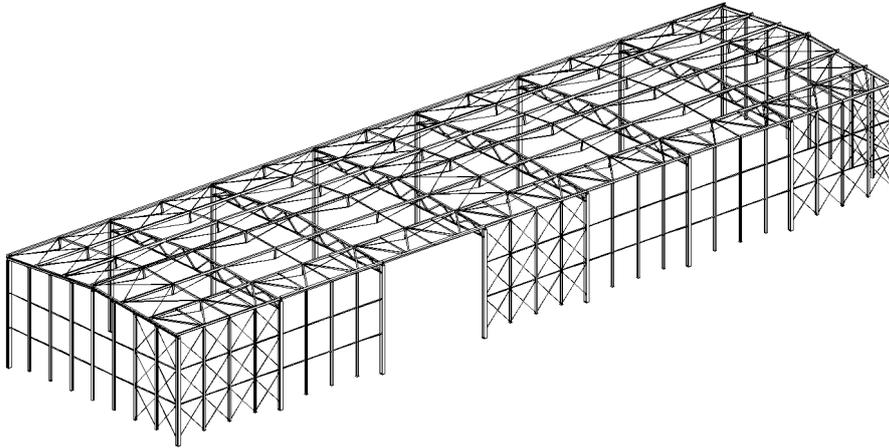


Abbildung 5-23: Projekt I - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.11.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ♦ Binder: Fachwerkssystem mit Ober- und Untergurt bestehend aus gewalzten I-Profilen und Streben aus FRQ-Profilen
 - ♦ Pfetten: gewalzte I-Profile unterspannt mit Rundstahl
 - ♦ Stützen: gewalzte I-Profile (Haupt- und Zwischenstützen)
 - ♦ Hauptstützen - Stützenfußpunkte: verankerter Stützenfuß
 - ♦ Zwischenstützen - Stützenfußpunkte: gelenkige Verdübelung
 - ♦ Wandriegel: FRQ-Profile
 - ♦ Verbände: Rundstahl
 - ♦ Kranbahn: keine
- Dachform: Satteldach (Dachneigung 5°)
- Gewicht der Stahlkonstruktion: 75.327,57 kg
- Anzahl der Einzelteile: 4.129 in 140 Positionen
- Anzahl der Baugruppen: 575 in 84 Positionen
- Material: S 355

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

- Oberfläche: Feuerverzinkt

5.11.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 80 x 22 x 11 m
 - ◆ Traufenhöhe: 10,0 m
 - ◆ Firsthöhe: 11,0 m
- Brutto-Grundrissfläche: 1.760,00 m²
- Brutto-Rauminhalt: 18.761,20 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.11.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 1,36 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 27,00 m/s

5.11.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Hallenkonstruktion
- Dacheindeckung und Wandverblechung aus Trapezblechen inkl. sämtlicher Anschlüsse und Profulfüller
- Anfertigung, Lieferung und Montage der Dachrinne, Rinnenkessel und Fallrohre in verzinkter Ausführung
- Statische Berechnung (extern) und Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 248.000,00 €
- Lohnstunden:
 - ◆ Std_{Fertigung}: 778,50
 - ◆ Std_{Montage}: 530,50
 - ◆ Std_{Gesamt}: 1.309,00

5.11.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Komplex
- Leistungszeitraum: Juni bis Oktober 2013

- Arbeitskräfte:
 - ◆ AK _{Fertigung}: 4
 - ◆ AK _{Montage}: 4
 - ◆ AK _{Gesamt}: 4
- Projektdauer:

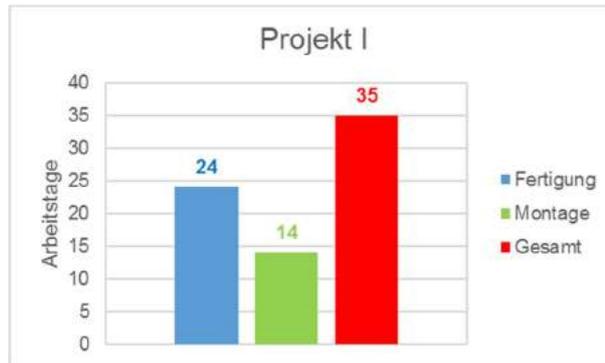


Abbildung 5-24: Arbeitstage des Projekt I

- Brutto- und Netto-Arbeitstage aller am Projekt beteiligten Mitarbeiter:

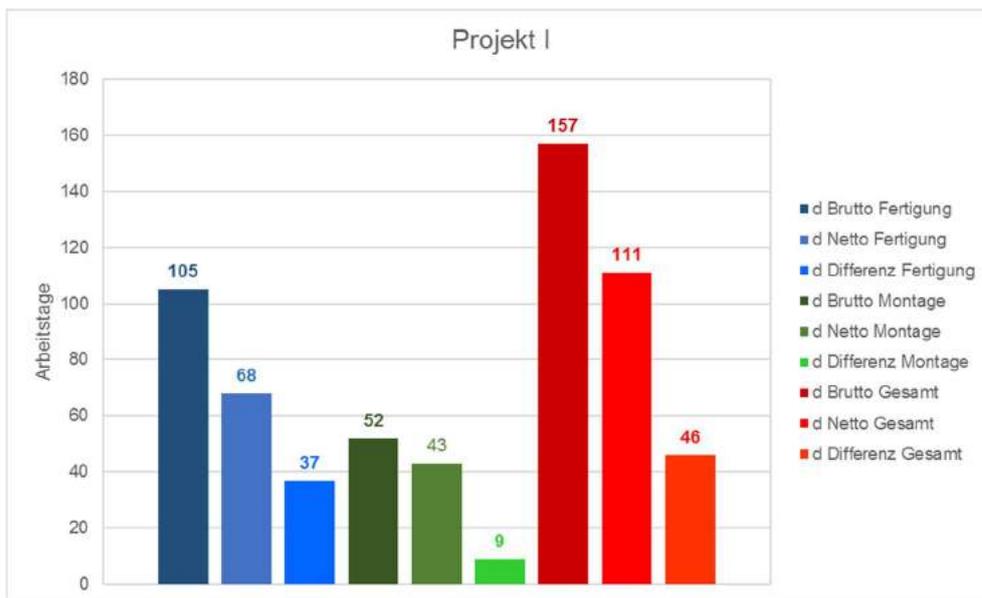


Abbildung 5-25: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt I

5.12 Projekt J

Projekt J beschreibt und spezifiziert eine Leichtbauhalle, die als Abstellfläche für KFZ genützt wird. Die Stahlkonstruktion des Projektes J ist in Abbildung 5-26 dargestellt.

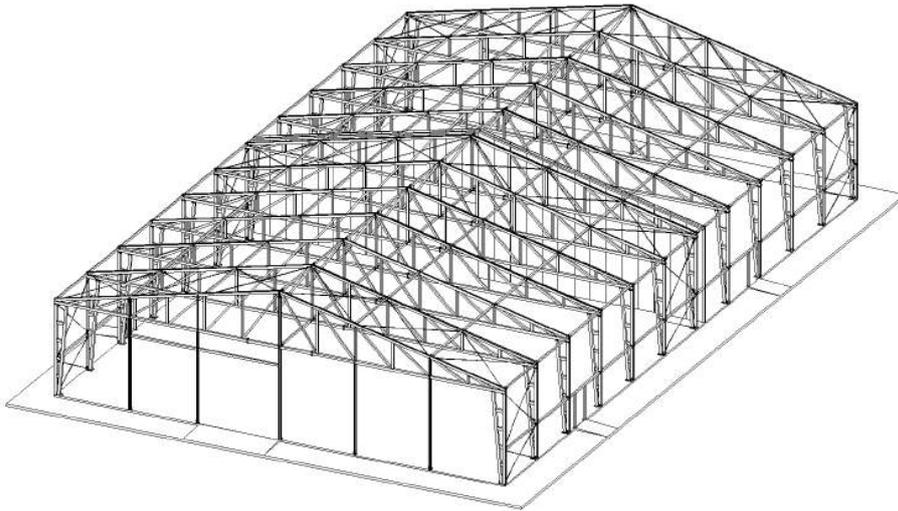


Abbildung 5-26: Projekt J - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.12.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ♦ Binder: Fachwerkssystem mit Ober- und Untergurt sowie Streben aus FRQ-Profilen
 - ♦ Pfetten: FRQ-Profile
 - ♦ Stützen: Fachwerkstützen aus FRQ-Profilen
 - ♦ Stützenfußpunkte: gelenkige Verdübelung
 - ♦ Wandriegel: FRQ-Profile
 - ♦ Verbände: Rundstahl
 - ♦ Kranbahn: keine
- Dachform: Satteldach (Dachneigung 13°)
- Gewicht der Stahlkonstruktion: 45.649,20 kg
- Anzahl der Einzelteile: 3.198 in 90 Positionen
- Anzahl der Baugruppen: 272 in 51 Positionen
- Material: S 235

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

- Oberfläche: Feuerverzinkt

5.12.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 44 x 28 x 9,5 m
 - ◆ Traufenhöhe: 6,0 m
 - ◆ Firsthöhe: 9,5 m
- Brutto-Grundrissfläche: 1.235,92 m²
- Brutto-Rauminhalt: 11.337,13 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.12.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 2,35 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 24,00 m/s

5.12.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer Hallenkonstruktion inkl. Korrosionsschutzbeschichtung
- Dach- und Wandverkleidungen aus brandhemmendem Polyestergerewebe
- F30 Trennwand ausgeführt in Steinwollpaneel inkl. Leisten und Abschlusskonstruktionen
- Schiebetore (3 Stück)
- Fluchtwegtüren (4 Stück)
- Statische Berechnung (extern) und Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 262.962,70 €
- Lohnstunden:
 - ◆ Std_{Fertigung}: 445,00
 - ◆ Std_{Montage}: 532,50
 - ◆ Std_{Gesamt}: 987,50

5.12.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Komplex
- Leistungszeitraum: November bis Dezember 2012
- Witterung: kalte Temperaturen, teilweise Schnee und Schneeräumung
- Arbeitskräfte:
 - ◆ AK Fertigung: 3
 - ◆ AK Montage: 4
 - ◆ AK Gesamt: 5
- Projektdauer: siehe Abbildung 5-27

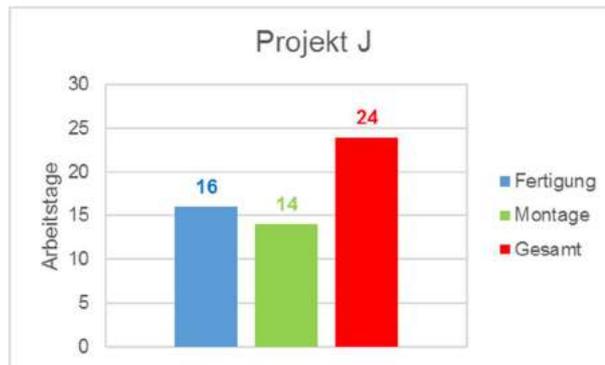


Abbildung 5-27: Arbeitstage des Projekt J

- Brutto- und Netto-Arbeitstage aller am Projekt beteiligten Mitarbeiter:

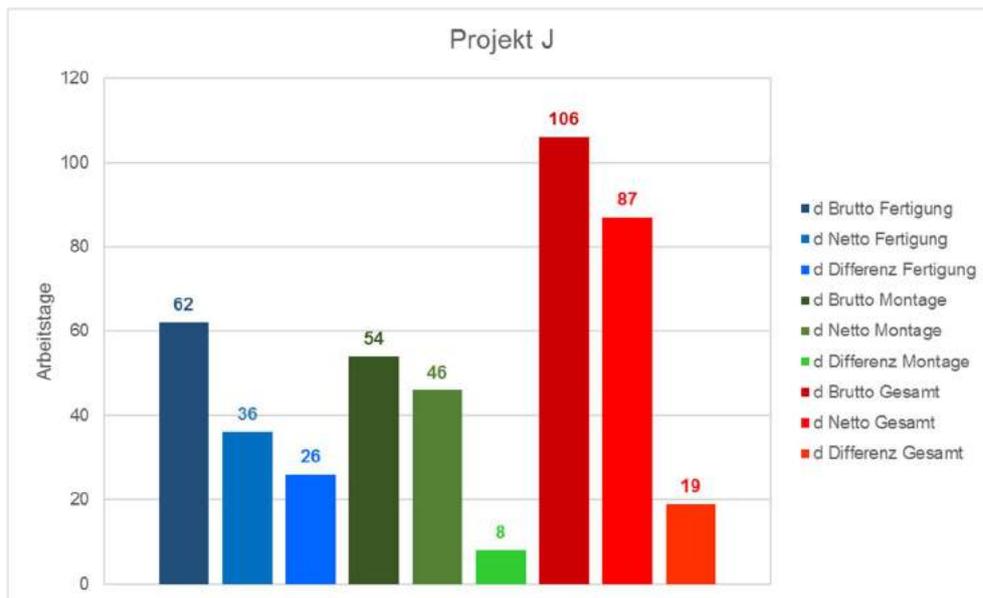


Abbildung 5-28: Brutto-/Netto-Arbeitstage aller Mitarbeiter des Projekt J

5.13 Projekt K

Projekt K beschreibt und spezifiziert drei baugleiche Lagerhallen, mit unterschiedlichen Längen, die zur Lagerung von Produkten für die Lebensmittelindustrie genutzt werden. Die Stahlkonstruktion einer Halle des Projektes K ist in Abbildung 5-29 dargestellt.

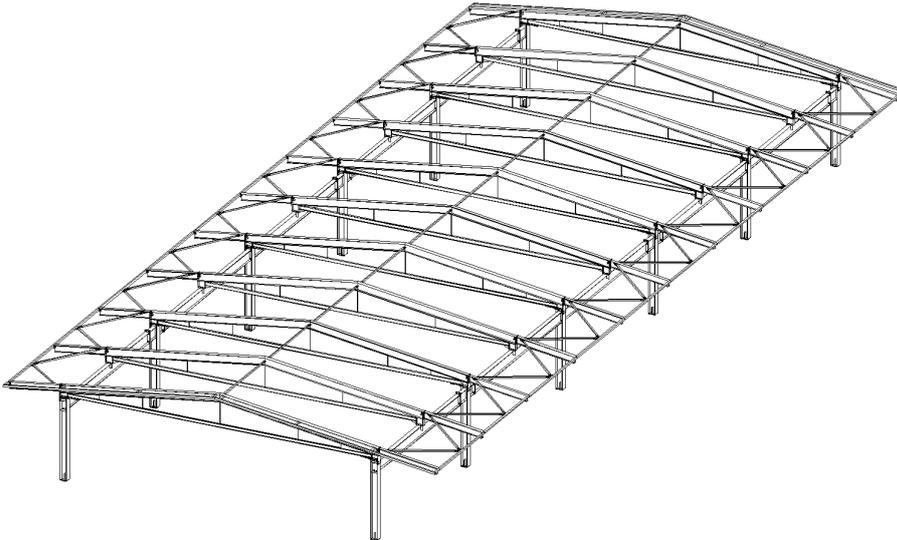


Abbildung 5-29: Projekt K - Isometrie der Stahlkonstruktion

5.13.1 Konstruktion

- Stahlkonstruktion bestehend aus:
 - ♦ Binder: Fachwerksystem mit Ober- und Untergurt bestehend aus gewalzten I-Profilen, abgespannt mit Rundstahl
 - ♦ Pfetten: FRQ-Profile
 - ♦ Stützen: gewalzte I-Profile
 - ♦ Stützenfußpunkte: gelenkige Verdübelung
 - ♦ Wandriegel: keine
 - ♦ Verbände: FRQ-Profile
 - ♦ Kranbahn: keine
- Dachform: Satteldach (Dachneigung 8°)
- Gewicht der Stahlkonstruktion: 102.381,96 kg
- Anzahl der Einzelteile: 5.196 Stück in 256 Positionen

Gewicht:
(inkl. Verbindungsmittel,
ohne Eindeckung)

- Anzahl der Baugruppen: 677 Stück in 143 Positionen
- Material: S 235
- Oberfläche: Feuerverzinkt

5.13.2 Abmessungen, Fläche und Rauminhalt

- Abmessungen: 45/50/10 x 15 x 5,5 m
 - ♦ Traufenhöhe: 4,5 m
 - ♦ Firsthöhe: 5,5 m
- Brutto-Grundrissfläche: 1.619,61 m²
- Brutto-Rauminhalt: 7.918,96 m³

Abmessungen:
Länge x Breite x Höhe

5.13.3 Ortsspezifische Lastangaben

- Schnee - s_k : 2,92 kN/m²
- Wind - $v_{b,o}$: 21,50 m/s

5.13.4 Leistungen

- Anfertigung, Lieferung und Montage einer feuerverzinkten Hallenkonstruktion
- Anfertigung, Lieferung und Montage einer Stahlkonstruktion für das Stiegenhaus und Stiege in feuerverzinkter Ausführung inkl. Edelstahlgeländer
- Werksplanung
- Schlussrechnungssumme (exkl. USt): 260.851,32 €
- Lohnstunden:
 - ♦ Std_{Gesamt}: 2.245,50

5.13.5 Umstände der Leistungserbringung

- Komplexität der Konstruktion: Standard
- Leistungszeitraum: April bis September 2008
- Montage in zwei Abschnitten

5.14 Projektbeschreibung – Zusammenfassung

Die Zusammenfassung der Projektbeschreibung umfasst die Punkte:

- Gewicht, Baugruppen und Einzelteile
- Brutto-Grundrissfläche und
- Projektdauer
- Brutto-/Netto-Arbeitstage
- Arbeitskräfte

5.14.1 Gewicht, Baugruppen und Einzelteile

In der Tabelle 5-1 sind die Gewichte der Hallenkonstruktionen zusammengefasst.

Lfd.Nr.	Projekt	Gewicht
[A]	[B]	[C]
1	A	25.737,97 kg
2	B	105.930,97 kg
3	C	100.419,31 kg
4	D	67.029,31 kg
5	E	77.364,79 kg
6	F	81.064,68 kg
7	G	97.704,50 kg
8	H	37.385,84 kg
9	I	75.327,57 kg
10	J	45.649,20 kg
11	K	102.381,96 kg
12	Mittelwert	74.181,46 kg

Tabelle 5-1: Projekte - Gewicht

In Abbildung 5-30 sind die Gewichte inkl. Verbindungsmittel der elf Projekte abgebildet.

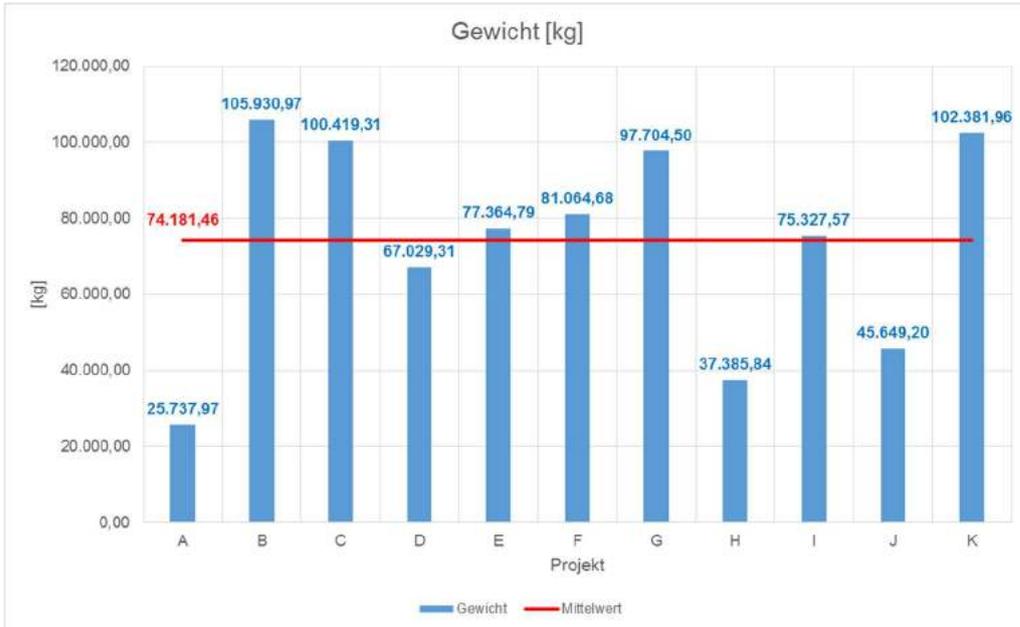


Abbildung 5-30: Projekte - Gewicht

Abbildung 5-31 zeigt die Gewichte inkl. Verbindungsmittel der elf Projekte, ansteigend, beginnend mit Projekt A mit dem geringsten Gewicht, bis zu Projekt B mit dem höchsten Gewicht.

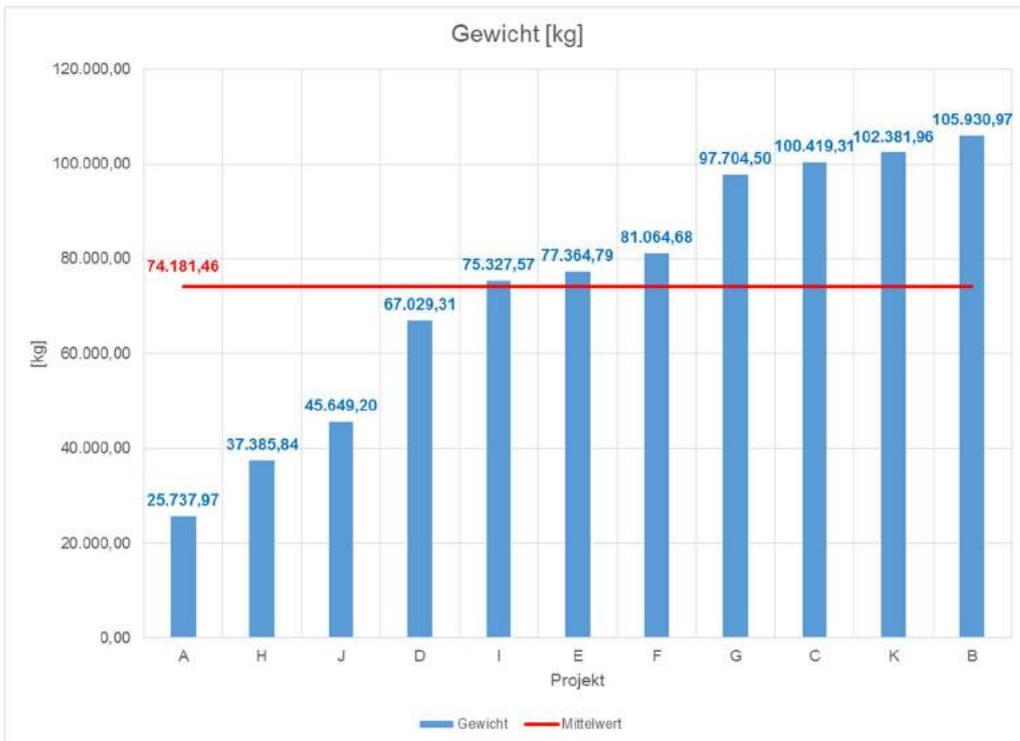


Abbildung 5-31: Gewichte je Projekt, aufsteigend sortiert

Tabelle 5-2 zeigt die Anzahl der Baugruppen und Einzelteile der Hallenkonstruktionen

Lfd.Nr.	Projekt	Baugruppen	Baugruppen Positionen	Einzelteile	Einzelteile Positionen
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]
1	A	122 Stk	48 Stk	881 Stk	110 Stk
2	B	968 Stk	366 Stk	8.140 Stk	672 Stk
3	C	531 Stk	228 Stk	3.616 Stk	312 Stk
4	D	277 Stk	130 Stk	2.667 Stk	209 Stk
5	E	357 Stk	89 Stk	2.926 Stk	167 Stk
6	F	642 Stk	145 Stk	7.230 Stk	264 Stk
7	G	478 Stk	65 Stk	4.193 Stk	128 Stk
8	H	115 Stk	63 Stk	1.530 Stk	142 Stk
9	I	575 Stk	84 Stk	4.129 Stk	140 Stk
10	J	272 Stk	51 Stk	3.198 Stk	90 Stk
11	K	677 Stk	143 Stk	5.196 Stk	256 Stk
12	Mittelwert	456 Stk	128 Stk	3.973 Stk	226 Stk

Tabelle 5-2: Projekte - Baugruppen und Einzelteile

In Abbildung 5-32 ist die Anzahl der Baugruppen, aus der jedes der elf Projekte besteht, abgebildet.

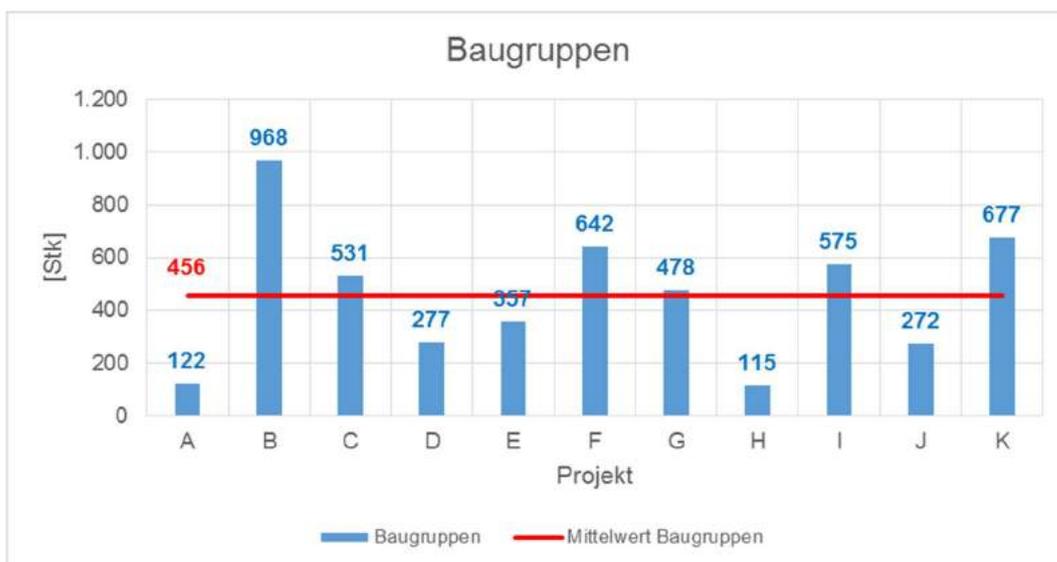


Abbildung 5-32: Anzahl der Baugruppen der Projekte

Abbildung 5-33 zeigt die Anzahl der Baugruppen der elf Projekte, ansteigend sortiert von Projekt A mit den wenigsten Baugruppen, bis zu Projekt B, das die meisten Baugruppen beinhaltet.

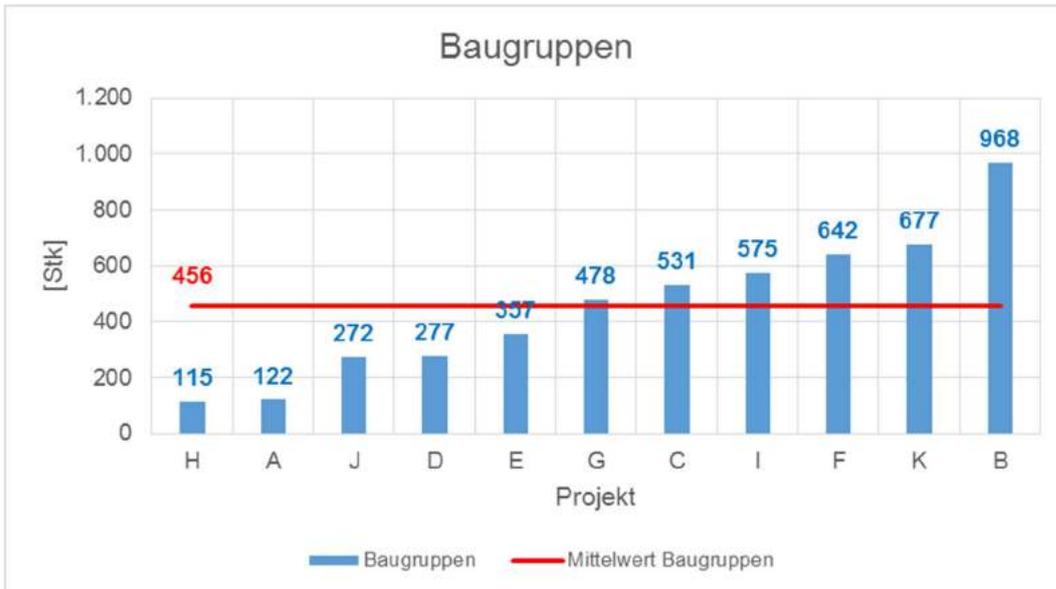


Abbildung 5-33: Anzahl der Baugruppen je Projekt, aufsteigend sortiert

In Abbildung 5-34 ist die Anzahl der verschiedenen Baugruppenpositionen je Projekt abgebildet.

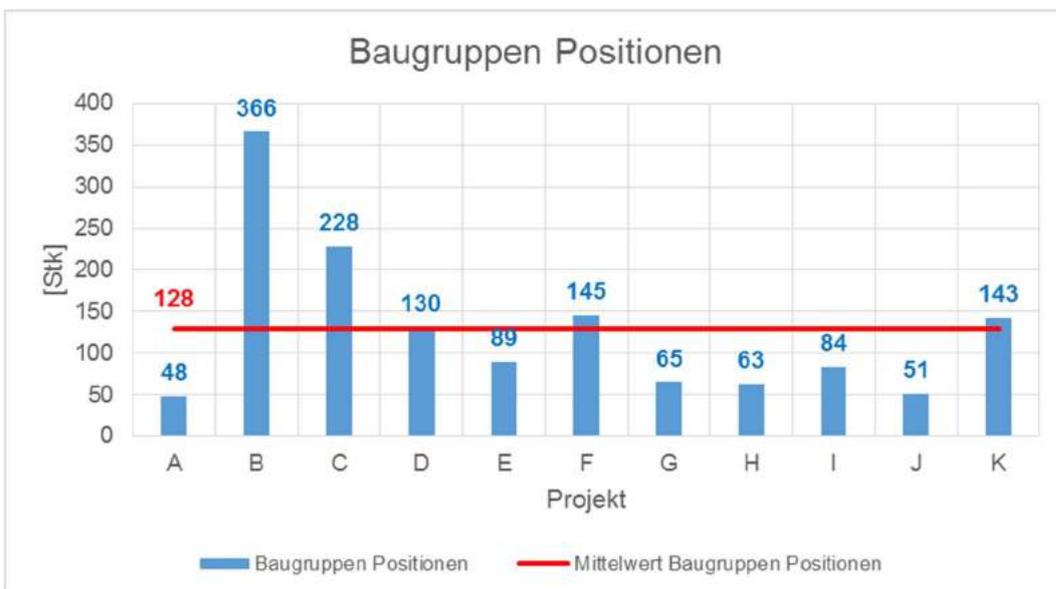


Abbildung 5-34: Anzahl der verschiedenen Baugruppenpositionen je Projekt

In Abbildung 5-35 ist die Anzahl der Einzelteile, aus der jedes der elf Projekte besteht, dargestellt.

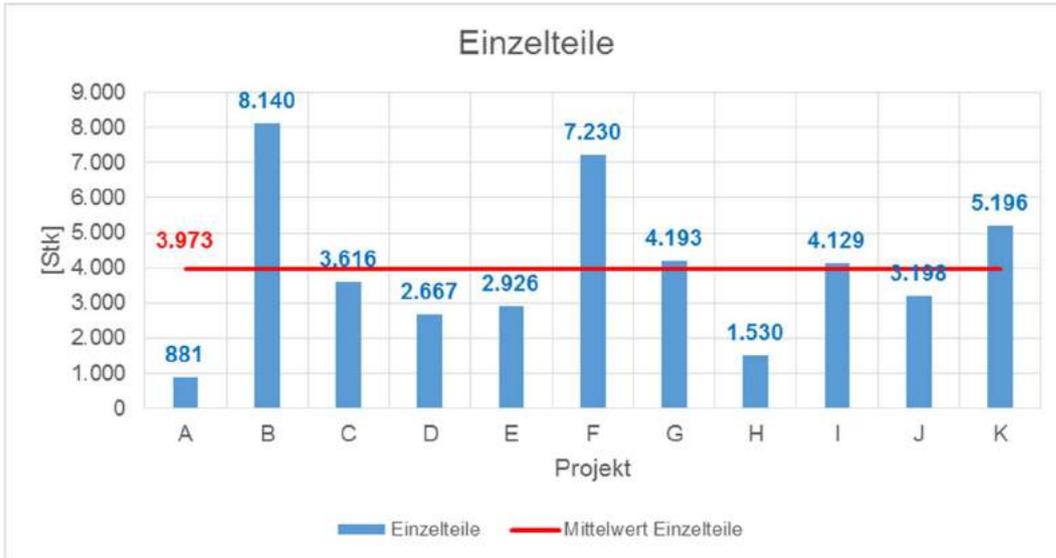


Abbildung 5-35: Anzahl der Einzelteile der Projekte

Abbildung 5-36 zeigt die Anzahl der Einzelteile der elf Projekte, ansteigend sortiert von Projekt A mit den wenigsten Einzelteilen bis zu Projekt B, das aus den meisten Einzelteilen besteht.

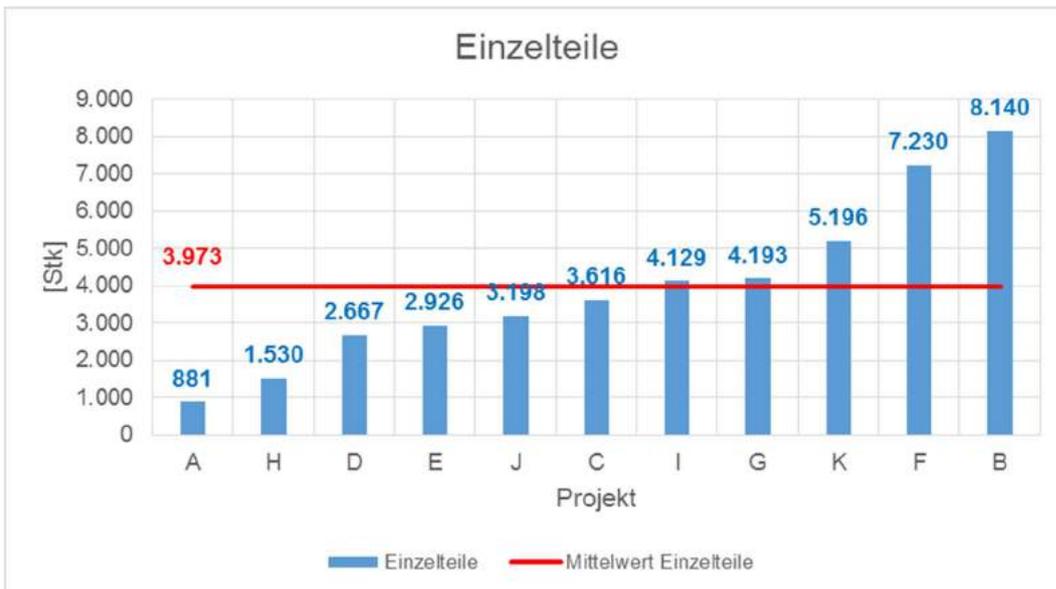


Abbildung 5-36: Anzahl der Einzelteile je Projekt, aufsteigend sortiert

Abbildung 5-37 zeigt die Anzahl der verschiedenen Einzelteilpositionen.

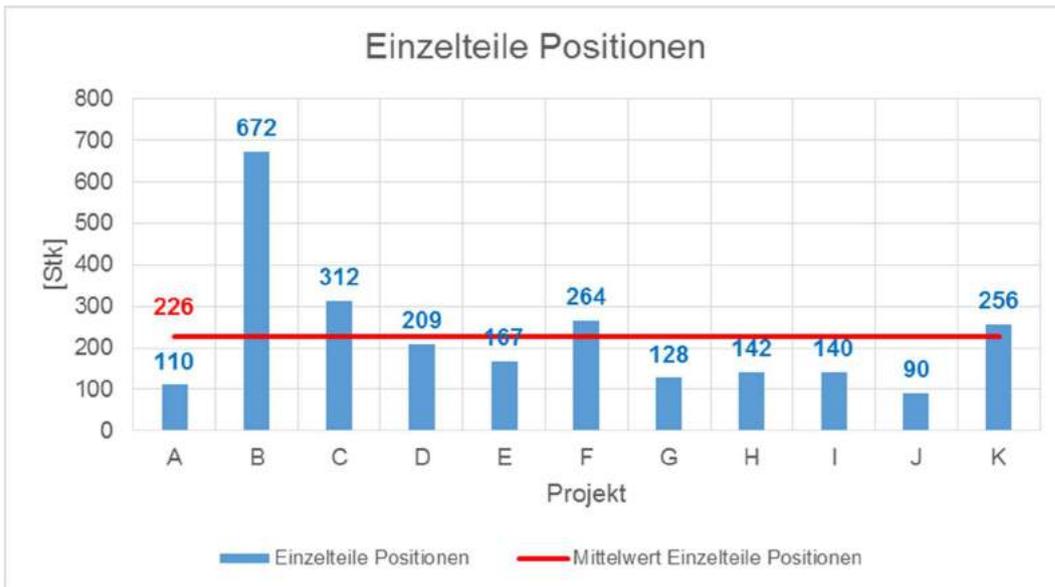


Abbildung 5-37: Anzahl der verschiedenen Einzelteilpositionen je Projekt

5.14.2 Brutto-Grundrissfläche und Brutto-Rauminhalt

Tabelle 5-3 zeigt die Brutto-Grundrissfläche und den Brutto-Rauminhalt.

Lfd.Nr.	Projekt	BGF	BRI
[A]	[B]	[C]	[D]
1	A	423,33 m ²	2.950,61 m ³
2	B	869,43 m ²	6.081,07 m ³
3	C	2.155,38 m ²	23.136,72 m ³
4	D	1.229,68 m ²	8.221,48 m ³
5	E	1.283,65 m ²	8.470,10 m ³
6	F	2.831,15 m ²	29.103,06 m ³
7	G	2.630,12 m ²	21.504,26 m ³
8	H	272,45 m ²	3.615,09 m ³
9	I	1.760,00 m ²	18.761,20 m ³
10	J	1.235,92 m ²	11.337,13 m ³
11	K	1.619,61 m ²	7.918,96 m ³
12	Mittelwert	1.482,79 m²	12.827,24 m³

Tabelle 5-3: Projekte - Brutto-Grundrissfläche und Brutto-Rauminhalt

In Abbildung 5-38 sind die Brutto-Grundrissflächen der einzelnen Hallenkonstruktionen der elf Projekte dargestellt.



Abbildung 5-38: Brutto-Grundrissfläche der Projekte

Abbildung 5-39 zeigt die Brutto-Grundrissfläche der elf Projekte in ansteigender Reihenfolge.

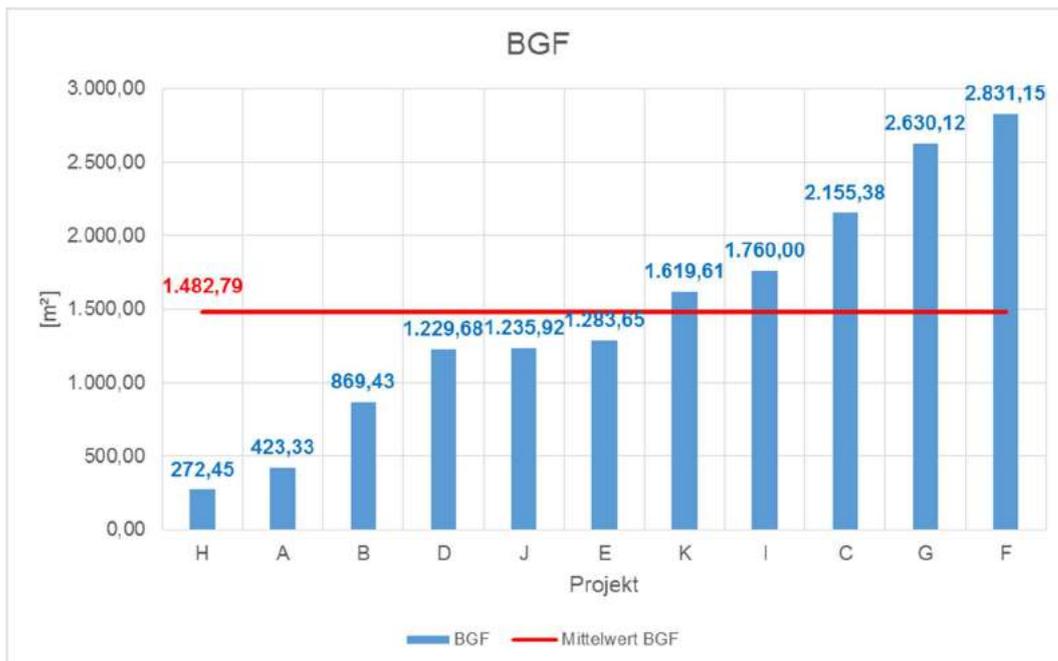


Abbildung 5-39: Brutto-Grundrissfläche der Projekte, aufsteigend sortiert

In Abbildung 5-40 sind die Brutto-Rauminhalte der einzelnen Hallenkonstruktionen der elf Projekte dargestellt.



Abbildung 5-40: Brutto-Rauminhalt der Projekte

Abbildung 5-41 zeigt den Brutto-Rauminhalt der elf Projekte, sortiert in aufsteigender Reihenfolge.

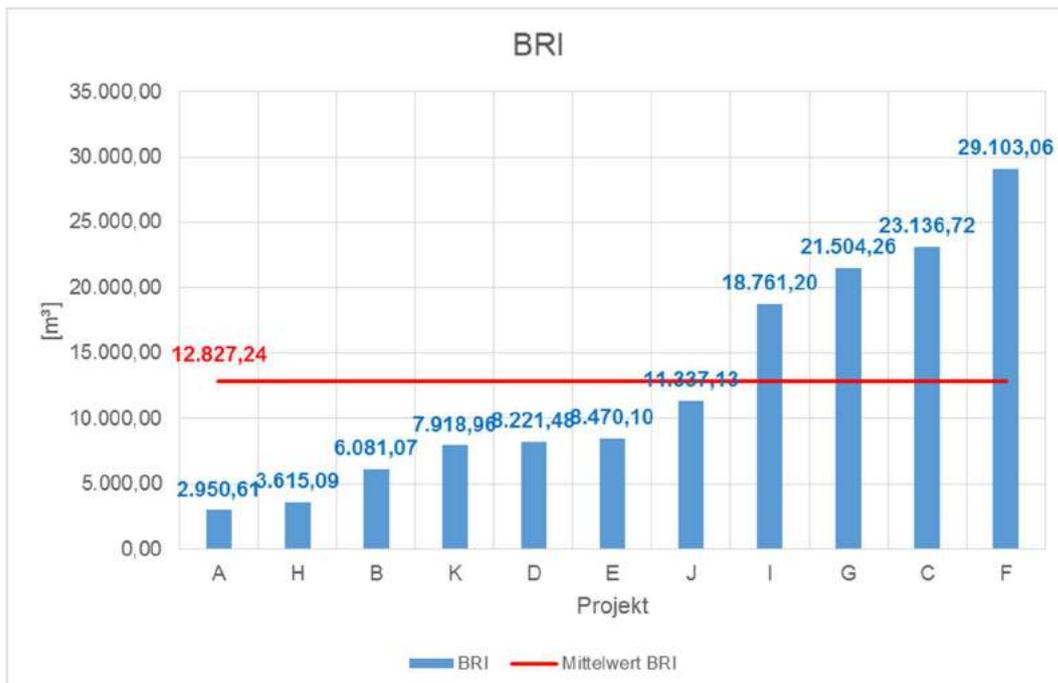


Abbildung 5-41: Brutto-Rauminhalt der Projekte, aufsteigend sortiert

5.14.3 Projektdauer

Die Arbeitstage, die für jedes Projekt aufgewendet wurden bzw. die Projektdauern sind in Abbildung 5-42 dargestellt.

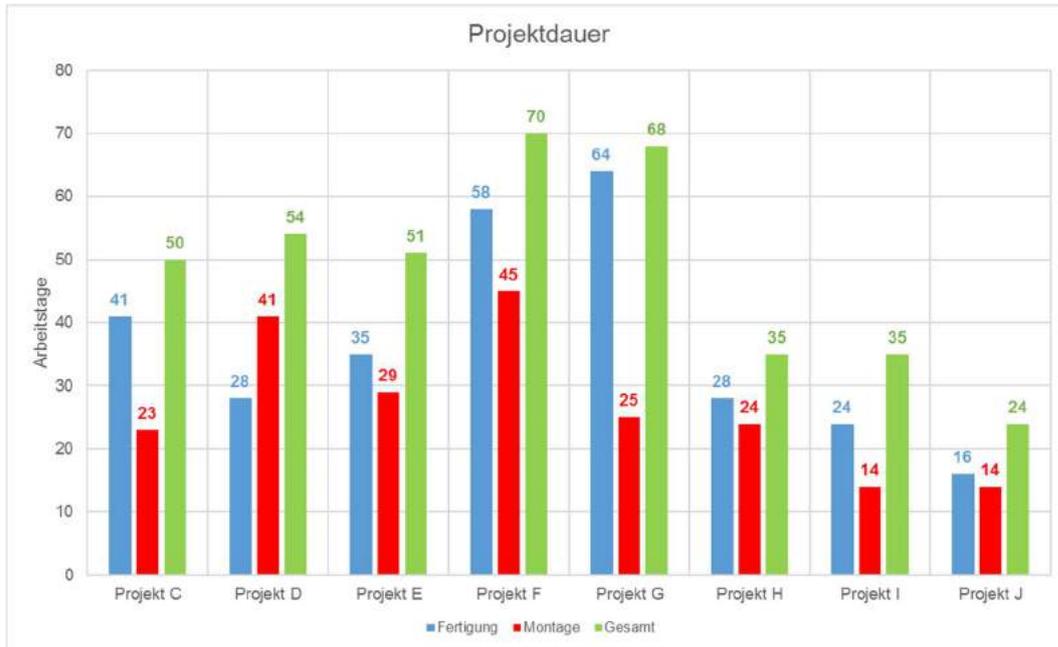


Abbildung 5-42: Projektdauer der Projekte C bis J

5.14.4 Brutto-/Netto-Arbeitstage

Die Brutto-, Netto- und Differenz-Arbeitstage für Fertigung (siehe Abbildung 5-43), Montage (siehe Abbildung 5-44) und Gesamt (siehe Abbildung 5-45) der Projekte C bis J sind nachfolgend abgebildet.

Dabei wird ersichtlich, dass die Differenz-Arbeitstage der Fertigung um ein vielfaches höher sind als jene bei der Montage. Im Durchschnitt beträgt die Differenz zwischen Brutto- und Netto-Arbeitstagen bei der Fertigung 56 Arbeitstage und bei der Montage nur 15 Arbeitstage.

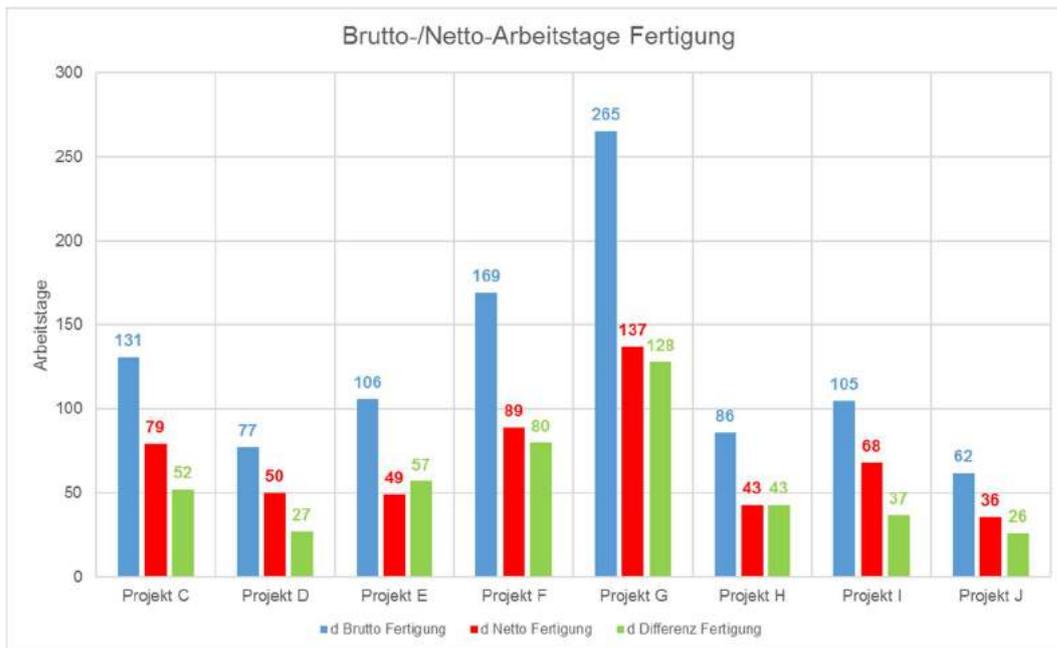


Abbildung 5-43: Brutto-/Netto-Arbeitstage der Fertigung aller Mitarbeiter

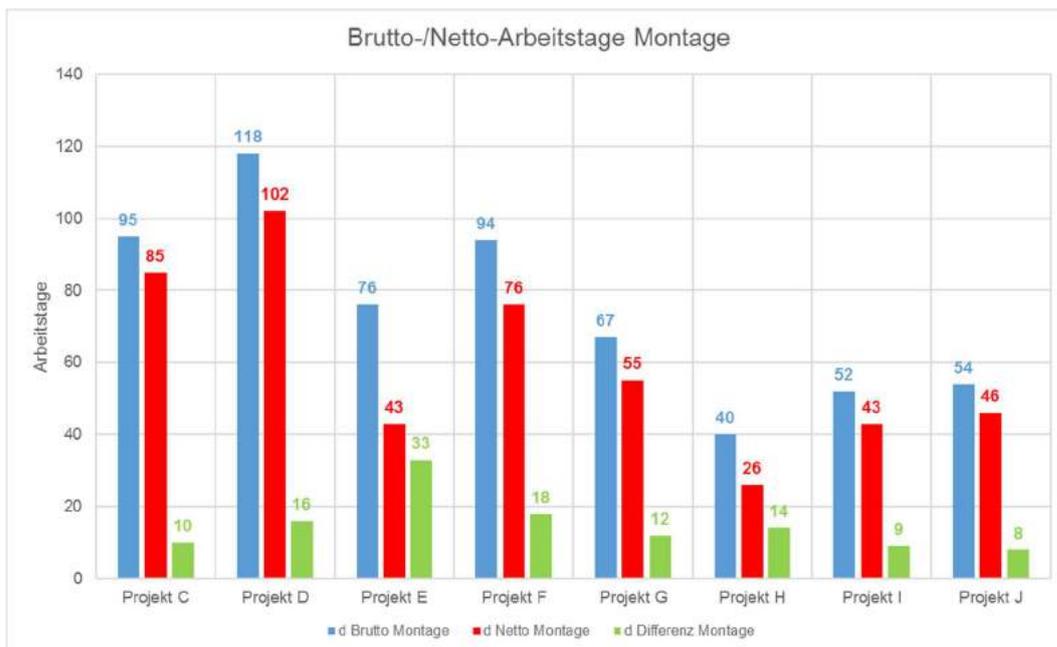


Abbildung 5-44: Brutto-/Netto-Arbeitstage der Montage aller Mitarbeiter

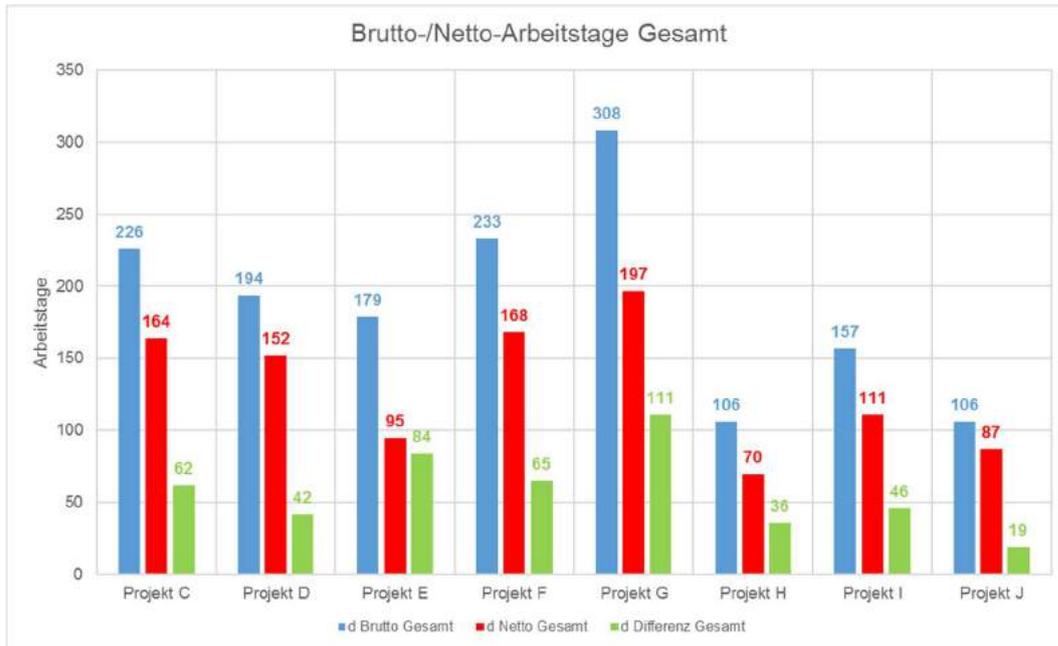


Abbildung 5-45: Brutto-/Netto-Arbeitstage Gesamt aller Mitarbeiter

5.14.5 Arbeitskräfte

Die Anzahl der am Projekt beteiligten Arbeitskräfte ist in Abbildung 5-46 dargestellt.

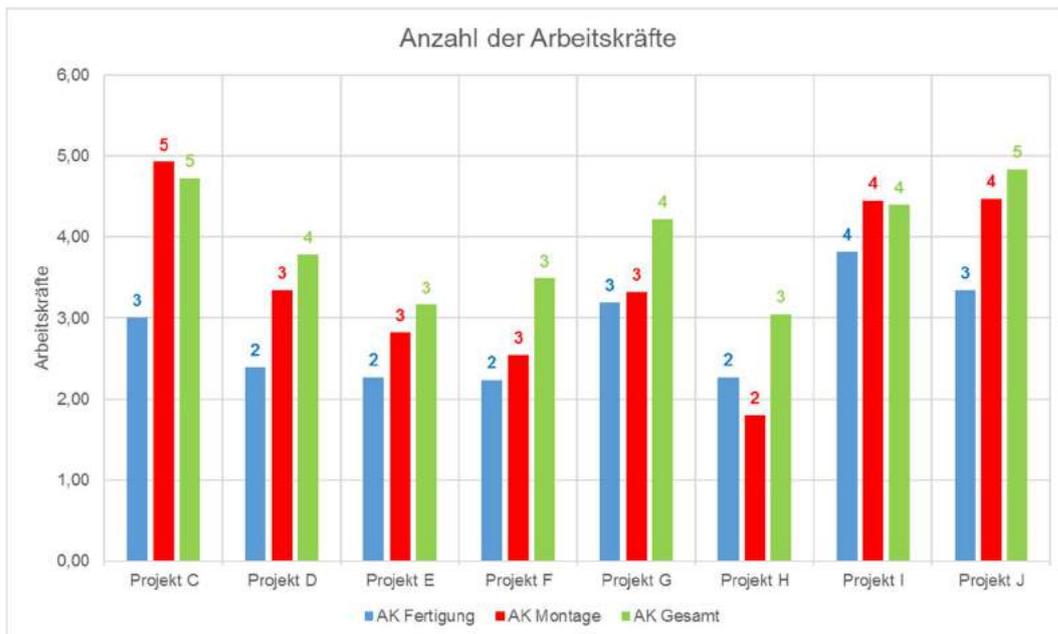


Abbildung 5-46: Anzahl der Arbeitskräfte der Projekte C bis J

6 Kennzahlen - Projekte

In diesem Kapitel werden die vorgestellten sowie spezifizierten Projekte ausgewertet, dadurch die Kennzahlen ermittelt und die Mittelwerte sowie Bandbreiten für die jeweiligen Kennzahlen angegeben.

Bei den erhobenen Kennzahlen handelt es sich um:

- **Beziehungszahlen**
- **Aufwandswerte**
- **Produktivitätskennzahlen**

Zum Abschluss der Auswertung der jeweiligen Kategorie werden die berechneten Kennzahlen verglichen. Durch die Spezifikationen (siehe 5 *Projektbeschreibung*) können mögliche Abweichungen erklärt werden. Die Ursachen der Abweichungen nach oben bzw. nach unten werden in der Folge bei jedem einzelnen Projekt im Detail erläutert.

Um verfälschte Ergebnisse bei den Kennzahlen auszuschließen, wurden die nachfolgenden Tabellen und Abbildungen bereinigt dargestellt. Dabei wurden überdurchschnittlich niedrige bzw. hohe Werte einzelner Projekte eliminiert, da ansonsten die berechneten Mittelwerte der Kennzahlen ihre Aussagekraft verloren hätten. Deshalb scheinen bei der Auswertung der Kennzahlen nicht in jeder Kategorie alle elf Projekte (Projekt A bis K) auf.

6.1 Beziehungszahlen

Die Beziehungszahlen werden unterteilt in:

- Gewicht pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche (kg/m^2 BGF)
- Gewicht pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt (kg/m^3 BRI)
- Kosten pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche ($\text{€}/\text{m}^2$ BGF)
- Kosten pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt ($\text{€}/\text{m}^3$ BRI)
- Kosten pro Kilogramm ($\text{€}/\text{kg}$)

6.1.1 Gewicht pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche

Der Mittelwert für kg/m² BGF liegt je nach Gewichtung zwischen **44,35** und **47,88 kg/m² BGF** (siehe Tabelle 6-1 und Abbildung 6-1).

Lfd.Nr.	Projekt	Gewicht	BGF	kg/m ² BGF
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	A	25.737,97 kg	423,33 m ²	60,80 kg/m ² BGF
2	C	100.419,31 kg	2.155,38 m ²	46,59 kg/m ² BGF
3	D	67.029,31 kg	1.229,68 m ²	54,51 kg/m ² BGF
4	E	77.364,79 kg	1.283,65 m ²	60,27 kg/m ² BGF
5	F	81.064,68 kg	2.831,15 m ²	28,63 kg/m ² BGF
6	G	97.704,50 kg	2.630,12 m ²	37,15 kg/m ² BGF
7	I	75.327,57 kg	1.760,00 m ²	42,80 kg/m ² BGF
8	J	45.649,20 kg	1.235,92 m ²	36,94 kg/m ² BGF
9	K	102.381,96 kg	1.619,61 m ²	63,21 kg/m ² BGF
10	Mittelwert			47,88 kg/m² BGF
11	Mittelwert gewichtet nach Gewicht			47,41 kg/m² BGF
12	Mittelwert gewichtet nach BGF			44,35 kg/m² BGF

Tabelle 6-1: Beziehungszahlen - kg/m² BGF

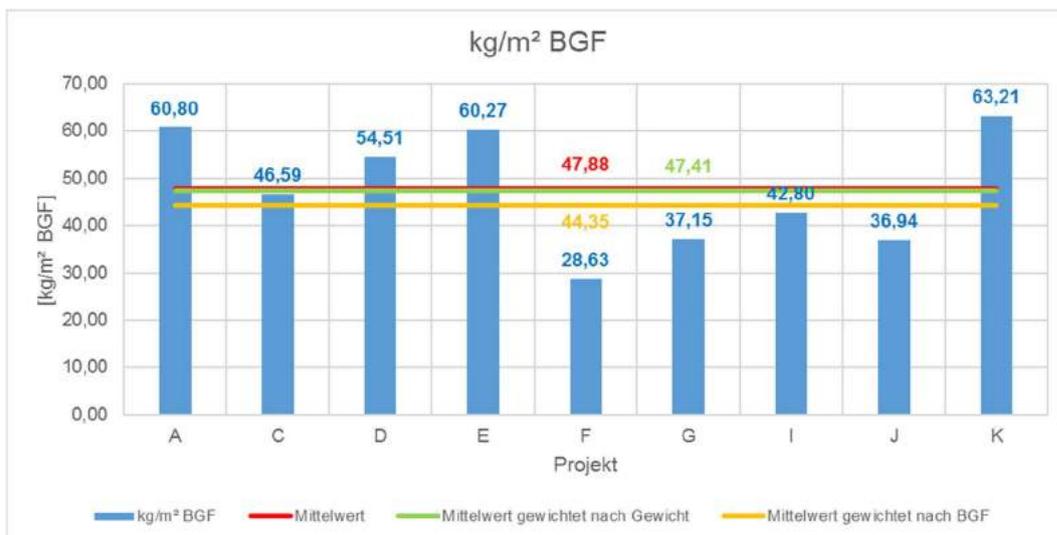


Abbildung 6-1: Beziehungszahlen - kg/m² BGF

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt A: geringste Brutto-Grundrissfläche der Projekte in der Auswertung
- Projekt E: geringe Brutto-Grundrissfläche und hohe Schneelast
- Projekt K: höchste Schneelast aller Projekte

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekt F: Nur die Binder, Pfetten und Nebenstützen wurden in Stahl hergestellt. Die Hauptstützen der Hallenkonstruktion bestehen aus Stahlbeton. Das Projekt F hat die größte Brutto-Grundrissfläche aller Projekte.
- Projekt G: Fachwerkhalle und zweit größte Brutto-Grundrissfläche nach dem Projekt F
- Projekt J: Leichtbauhalle, ausschließlich aus FRQ-Fachwerksystemen hergestellt

Die Kennzahlen für kg/m^2 BGF liegen in einem Bereich von **37,04 bis 60,53 kg/m^2 BGF** (siehe Abbildung 6-2).

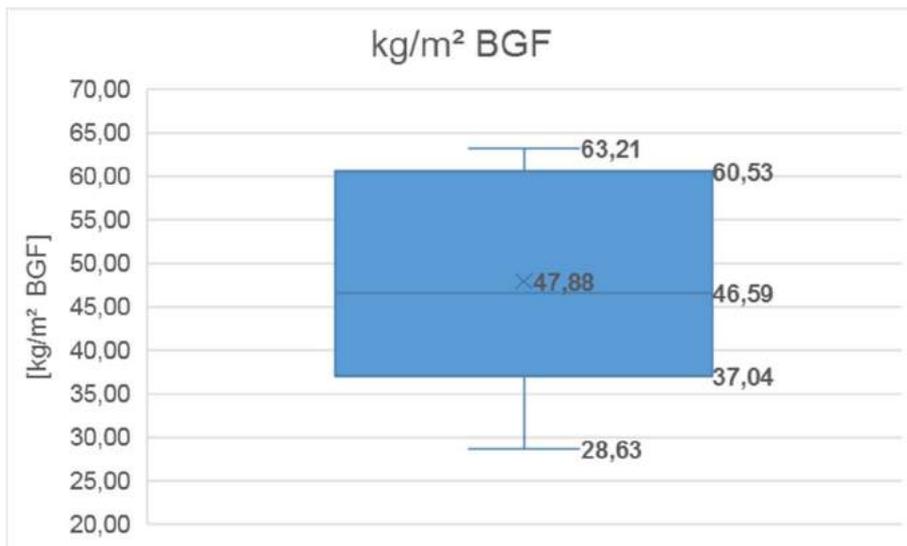


Abbildung 6-2: Beziehungszahlen - Bereich für kg/m^2 BGF

6.1.2 Gewicht pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt

Der Mittelwert für kg/m^3 BRI liegt je nach Gewichtung zwischen **5,26** und **6,90 kg/m^3 BRI** (siehe Tabelle 6-2 und Abbildung 6-3).

Lfd.Nr.	Projekt	Gewicht	BRI	kg/m^3 BRI
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	A	25.737,97 kg	2.950,61 m^3	8,72 kg/m^3 BRI
2	C	100.419,31 kg	23.136,72 m^3	4,34 kg/m^3 BRI
3	D	67.029,31 kg	8.221,48 m^3	8,15 kg/m^3 BRI
4	E	77.364,79 kg	8.470,10 m^3	9,13 kg/m^3 BRI
5	F	81.064,68 kg	29.103,06 m^3	2,79 kg/m^3 BRI
6	G	97.704,50 kg	21.504,26 m^3	4,54 kg/m^3 BRI
7	H	37.385,84 kg	3.615,09 m^3	10,34 kg/m^3 BRI
8	I	75.327,57 kg	18.761,20 m^3	4,02 kg/m^3 BRI
9	J	45.649,20 kg	11.337,13 m^3	4,03 kg/m^3 BRI
10	K	102.381,96 kg	7.918,96 m^3	12,93 kg/m^3 BRI
11	Mittelwert			6,90 kg/m^3 BRI
12	Mittelwert gewichtet nach Gewicht			6,73 kg/m^3 BRI
13	Mittelwert gewichtet nach BRI			5,26 kg/m^3 BRI

Tabelle 6-2: Beziehungszahlen - kg/m^3 BRI

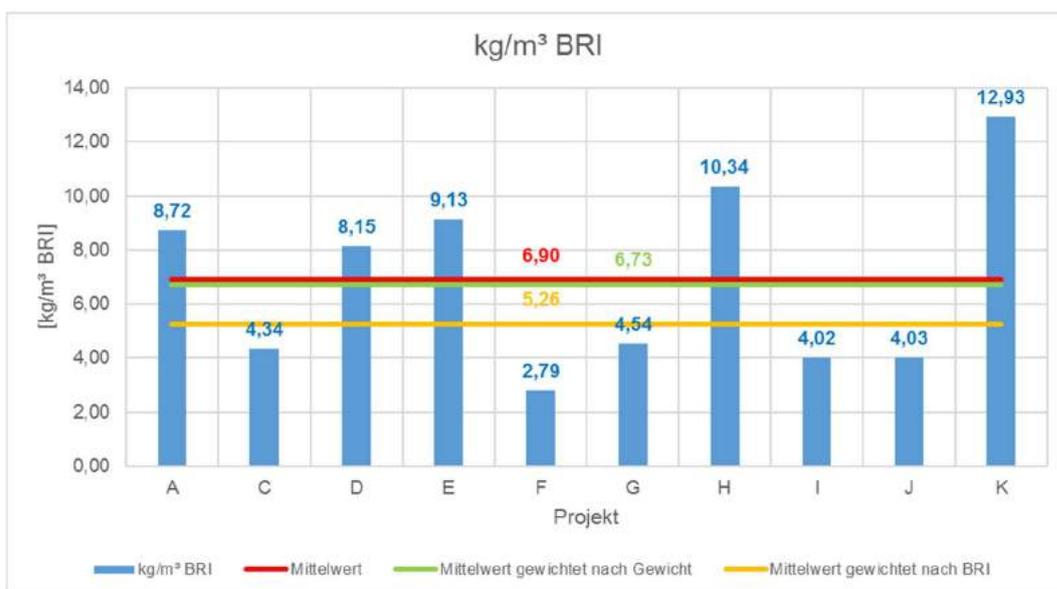


Abbildung 6-3: Beziehungszahlen - kg/m^3 BRI

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt H: die einzige Halle mit einer Kranbahn
- Projekt K: Hallen mit der geringsten Höhe
- Projekte H und K: Hallen mit dem niedrigsten Brutto-Rauminhalt, wodurch sich das Gewicht je m^3 erhöht

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte C, G und I: Hallen mit dem höchsten Brutto-Rauminhalt (abgesehen von Projekt F), wodurch sich das Gewicht je m^3 reduziert
- Projekt F: Nur die Binder, Pfetten und Nebenstützen wurden in Stahl hergestellt. Die Hauptstützen der Hallenkonstruktion bestehen aus Stahlbeton.
- Projekt J: Leichtbauhalle, ausschließlich aus FRQ-Fachwerksystemen hergestellt

Die Kennzahlen für kg/m^3 BRI liegen in einem Bereich von **4,02 bis 9,44 kg/m^3 BRI** (siehe Abbildung 6-4).

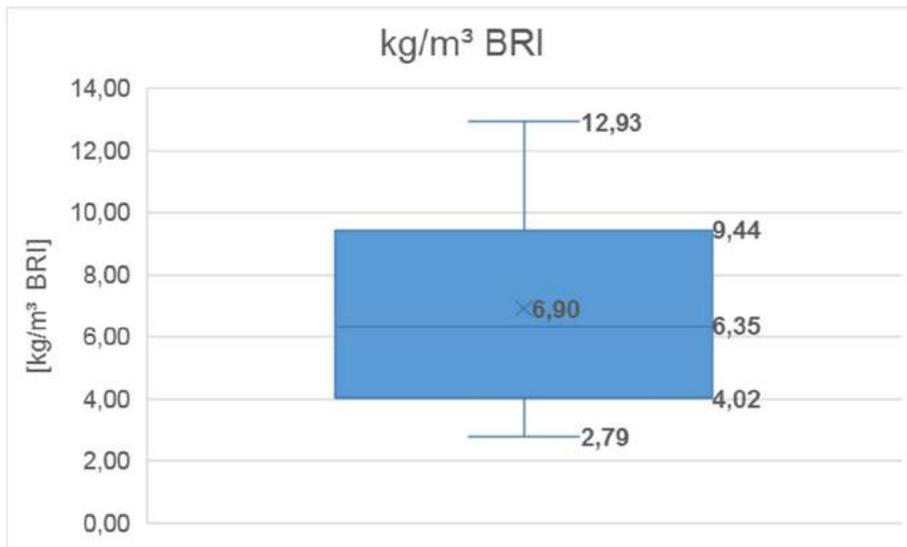


Abbildung 6-4: Beziehungszahlen - Bereich für kg/m^3 BRI

6.1.3 Kosten pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche

Der Mittelwert für €/m² BGF liegt je nach Gewichtung zwischen **153,67** und **196,55 €/m² BGF** (siehe Tabelle 6-3 und Abbildung 6-5).

Lfd.Nr.	Projekt	SR exkl. USt	BGF	€/m ² BGF
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	A	140.000,00 €	423,33 m ²	330,71 €/m ² BGF
2	B	351.017,14 €	869,43 m ²	403,73 €/m ² BGF
3	C	239.410,03 €	2.155,38 m ²	111,08 €/m ² BGF
4	D	252.581,00 €	1.229,68 m ²	205,40 €/m ² BGF
5	E	238.671,57 €	1.283,65 m ²	185,93 €/m ² BGF
6	F	244.501,02 €	2.831,15 m ²	86,36 €/m ² BGF
7	G	226.615,45 €	2.630,12 m ²	86,16 €/m ² BGF
8	I	248.000,00 €	1.760,00 m ²	140,91 €/m ² BGF
9	J	262.962,70 €	1.235,92 m ²	212,77 €/m ² BGF
10	K	260.851,32 €	1.619,61 m ²	161,06 €/m ² BGF
11	Mittelwert			192,41 €/m² BGF
12	Mittelwert gewichtet nach SR			196,55 €/m² BGF
13	Mittelwert gewichtet nach BGF			153,67 €/m² BGF

Tabelle 6-3: Beziehungszahlen - €/m² BGF

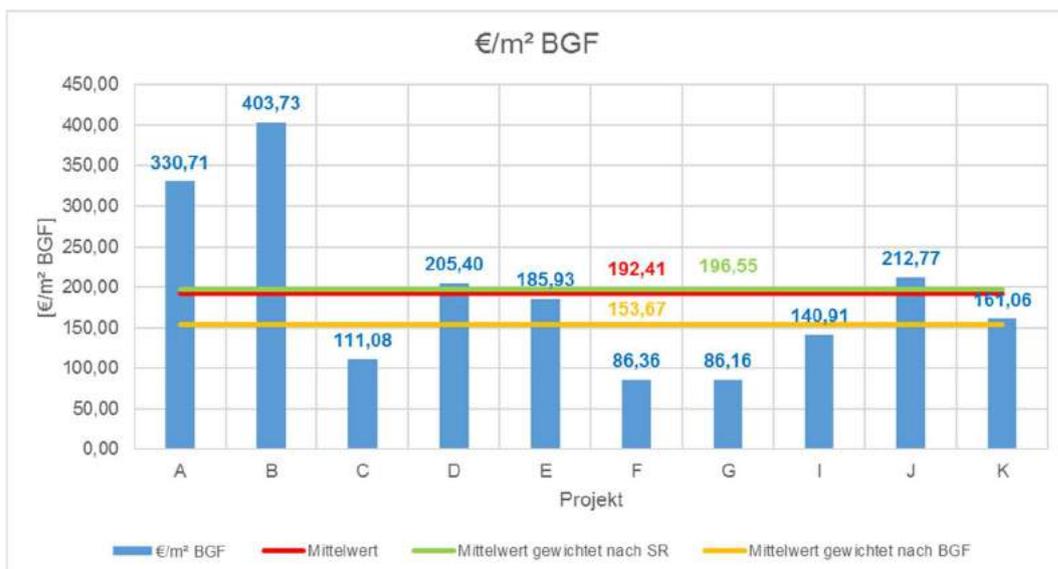


Abbildung 6-5: Beziehungszahlen - €/m² BGF

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekte A und B: niedrigste Brutto-Grundrissfläche aller Projekte in der Auswertung, daher die höchsten Kosten je m²
- Projekt B: einzige zweigeschossige Halle mit der größten Nutzlast, wodurch sich die Kosten je m² Brutto-Grundrissfläche zusätzlich erhöhen

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte C, F, G und I: größte Brutto-Grundrissfläche, wodurch sich die Kosten je m² vermindern
- Projekt F: nur die Binder, Pfetten und Nebenstützen in Stahl hergestellt, daher sind die Kosten je m² am geringsten

Die Kennzahlen für €/m² BGF liegen in einem Bereich von **104,90 bis 242,25 €/m² BGF** (siehe Abbildung 6-6).

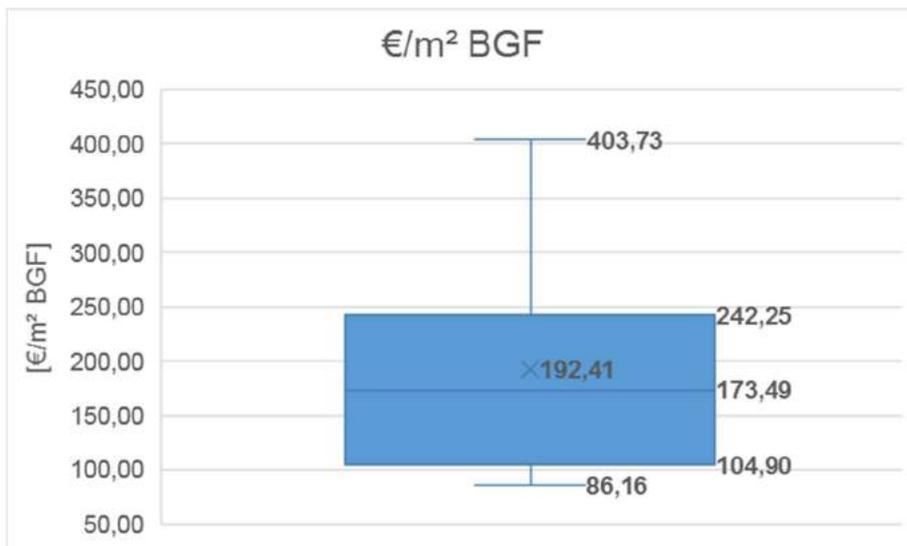


Abbildung 6-6: Beziehungszahlen - Bereich für €/m² BGF

6.1.4 Kosten pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt

Der Mittelwert für €/m³ BRI liegt je nach Gewichtung zwischen **18,50** und **27,65 €/m³ BRI** (siehe Tabelle 6-4 und Abbildung 6-7)

Lfd.Nr.	Projekt	SR exkl. USt	BRI	€/m ³ BRI
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	A	140.000,00 €	2.950,61 m ³	47,45 €/m ³ BRI
2	B	351.017,14 €	6.081,07 m ³	57,72 €/m ³ BRI
3	C	239.410,03 €	23.136,72 m ³	10,35 €/m ³ BRI
4	D	252.581,00 €	8.221,48 m ³	30,72 €/m ³ BRI
5	E	238.671,57 €	8.470,10 m ³	28,18 €/m ³ BRI
6	F	244.501,02 €	29.103,06 m ³	8,40 €/m ³ BRI
7	G	226.615,45 €	21.504,26 m ³	10,54 €/m ³ BRI
8	H	145.985,27 €	3.615,09 m ³	40,38 €/m ³ BRI
9	I	248.000,00 €	18.761,20 m ³	13,22 €/m ³ BRI
10	J	262.962,70 €	11.337,13 m ³	23,19 €/m ³ BRI
11	K	260.851,32 €	7.918,96 m ³	32,94 €/m ³ BRI
12	Mittelwert			27,55 €/m³ BRI
13	Mittelwert gewichtet nach SR			27,65 €/m³ BRI
14	Mittelwert gewichtet nach BRI			18,50 €/m³ BRI

Tabelle 6-4: Beziehungszahlen - €/m³ BRI

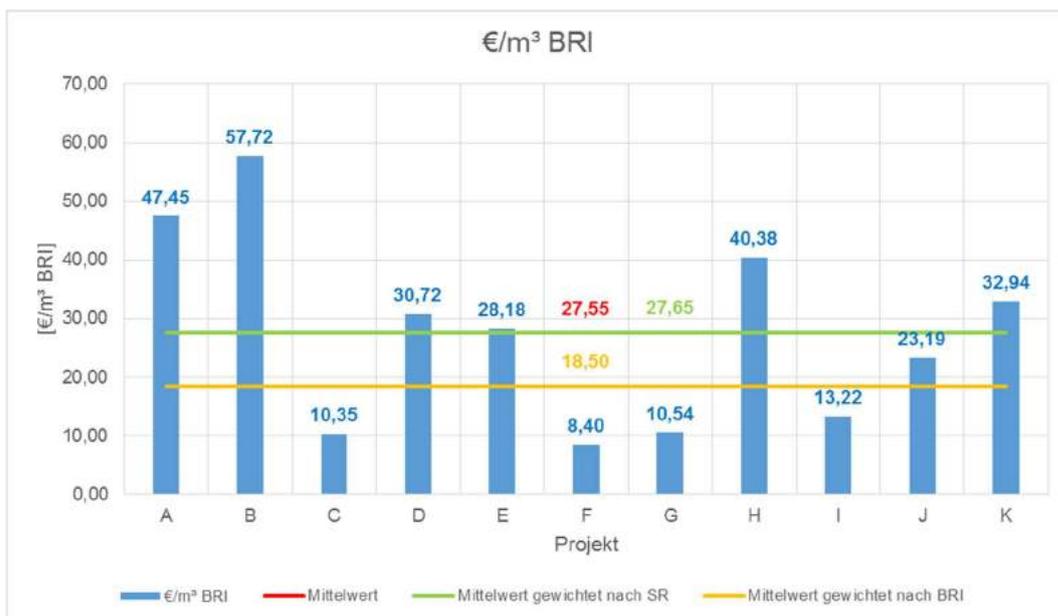


Abbildung 6-7: Beziehungszahlen - €/m³ BRI

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekte A, B und H: Projekte mit dem niedrigsten Brutto-Rauminhalt, daher die höchsten Kosten je m³

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte C, F, G und I: Projekte mit dem größten Brutto-Rauminhalt, wodurch sich die Kosten je m³ verringern

Die Kennzahlen für €/m³ BRI liegen in einem Bereich von **10,54 bis 4,38** €/m³ BRI (siehe Abbildung 6-8).

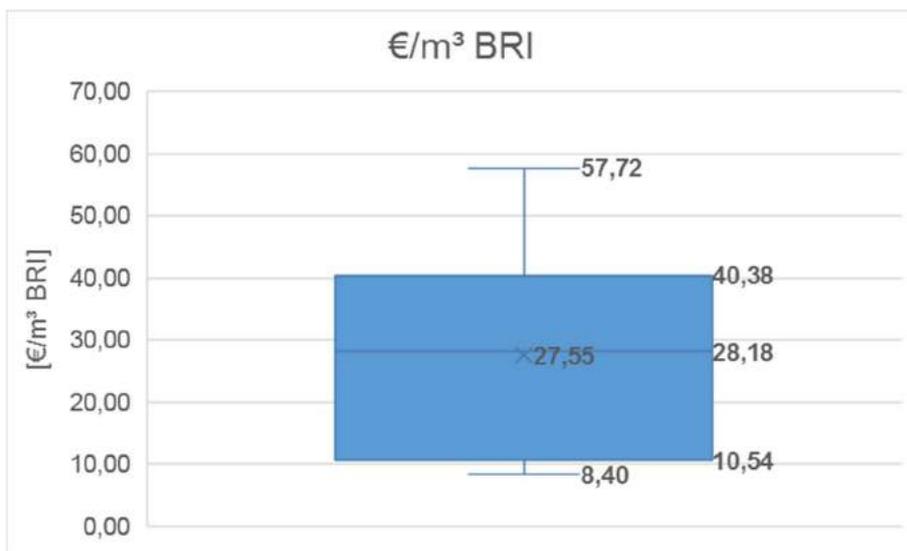


Abbildung 6-8: Beziehungszahlen - Bereich für €/m³ BRI

6.1.5 Kosten pro Kilogramm

Der Mittelwert für €/kg liegt je nach Gewichtung zwischen **2,96** und **3,07 €/kg** (siehe Tabelle 6-5 und Abbildung 6-9).

Lfd.Nr.	Projekt	SR exkl. USt	Gewicht	€/kg
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	B	351.017,14 €	105.930,97 kg	3,31 €/kg
2	C	239.410,03 €	100.419,31 kg	2,38 €/kg
3	D	252.581,00 €	67.029,31 kg	3,77 €/kg
4	E	238.671,57 €	77.364,79 kg	3,09 €/kg
5	F	244.501,02 €	81.064,68 kg	3,02 €/kg
6	G	226.615,45 €	97.704,50 kg	2,32 €/kg
7	H	145.985,27 €	37.385,84 kg	3,90 €/kg
8	I	248.000,00 €	75.327,57 kg	3,29 €/kg
9	K	260.851,32 €	102.381,96 kg	2,55 €/kg
10	Mittelwert			3,07 €/kg
11	Mittelwert gewichtet nach SR			3,05 €/kg
12	Mittelwert gewichtet nach Gewicht			2,96 €/kg

Tabelle 6-5: Beziehungszahlen - €/kg

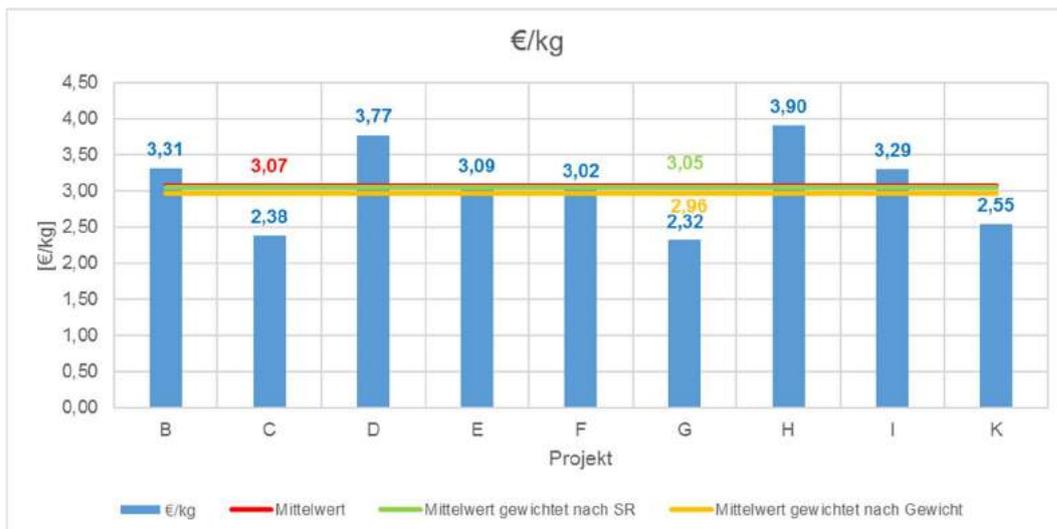


Abbildung 6-9: Beziehungszahlen - €/kg

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

Ein wesentlicher Faktor für die Kosten der Konstruktion ist ihre Komplexität.

- Projekt D: Zusätzlich zur Stahlkonstruktion wurden die Dach- und Wandeindeckung, die gesamten Spenglerarbeiten sowie der Einbau der Sektionaltore und der RWA Lüftung ausgeführt.
- Projekt H: die einzige Halle mit einer Kranbahn

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte C, G und K: Die drei Projekte weisen, abgesehen von Projekt B, die höchste Tonnage aller Projekte auf und es wurden nur die Stahlbauarbeiten ausgeführt.

Die Kennzahlen für €/kg liegen in einem Bereich von **2,47 bis 3,54 €/kg** (siehe Abbildung 6-10).

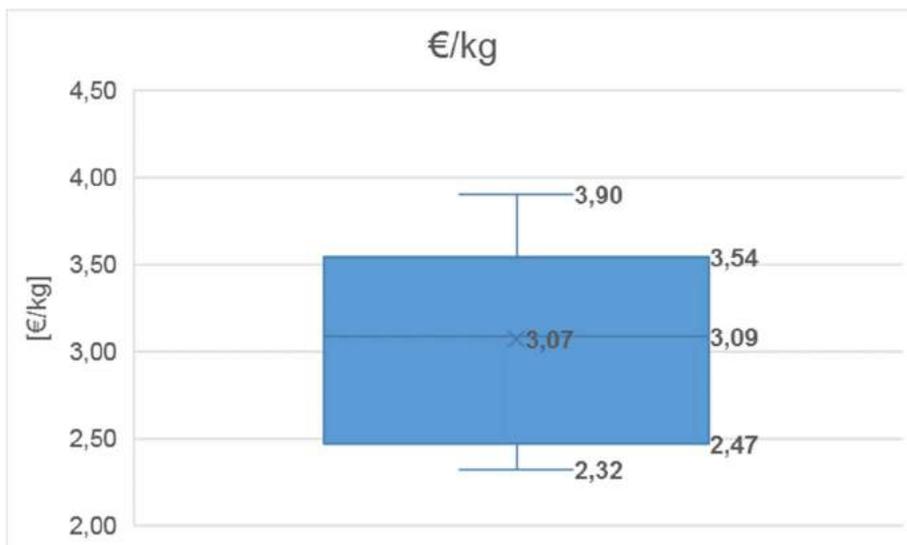


Abbildung 6-10: Beziehungszahlen - Bereich für €/kg

6.2 Aufwandswerte

Die Aufwandswerte werden ermittelt für:

- Lohnstunden pro Tonne für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/t_{Fertigung}, Std/t_{Montage} und Std/t_{Gesamt})
- Lohnstunden pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/m² BGF_{Fertigung}, Std/m² BGF_{Montage} und Std/m² BGF_{Gesamt})
- Lohnstunden pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/m³ BRI_{Fertigung}, Std/m³ BRI_{Montage} und Std/m³ BRI_{Gesamt})

6.2.1 Lohnstunden pro Tonne in der Fertigung

Der Mittelwert für Std/t_{Fertigung} liegt je nach Gewichtung zwischen **11,87** und **12,75 Std/t Fertigung** (siehe Tabelle 6-6 und Abbildung 6-11).

Lfd.Nr.	Projekt	Std _{Fertigung}	Gewicht	Std/t _{Fertigung}
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	A	335,00 Std	25,74 t	13,02 Std/t
2	C	1.047,00 Std	100,42 t	10,43 Std/t
3	D	569,50 Std	67,03 t	8,50 Std/t
4	E	675,75 Std	77,36 t	8,73 Std/t
5	F	1.104,75 Std	81,06 t	13,63 Std/t
6	G	1.736,00 Std	97,70 t	17,77 Std/t
7	H	541,25 Std	37,39 t	14,48 Std/t
8	I	778,50 Std	75,33 t	10,33 Std/t
9	J	455,00 Std	45,65 t	9,97 Std/t
10	Mittelwert			11,87 Std/t
11	Mittelwert gewichtet nach Std_{Fertigung}			12,75 Std/t
12	Mittelwert gewichtet nach Gewicht			11,92 Std/t

Tabelle 6-6: Aufwandswerte - Std/t_{Fertigung}



Abbildung 6-11: Aufwandswerte - Std/t_{Fertigung}

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

Der bestimmende Faktor für den Aufwand in der Fertigung ist die Komplexität der Konstruktion.

- Projekte G und F: gehören zur Kategorie Komplex. Durch die Fachwerkbinder wird der Wert für $\text{Std/t}_{\text{Fertigung}}$ erhöht.
- Projekt H: Die Konstruktion wird als Standard eingestuft, jedoch umfasst die Halle eine Kranbahn, wodurch der Aufwand in der Fertigung wiederum erhöht wird.

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte D und E: Binder, Pfetten und Stützen wurden aus gewalzten I-Profilen angefertigt und die Konstruktion der beiden Hallen entspricht der Kategorie Standard.

Die Kennzahlen für $\text{Std/t}_{\text{Fertigung}}$ liegen in einem Bereich von **9,35 bis 14,05** $\text{Std/t}_{\text{Fertigung}}$ (siehe Abbildung 6-12).

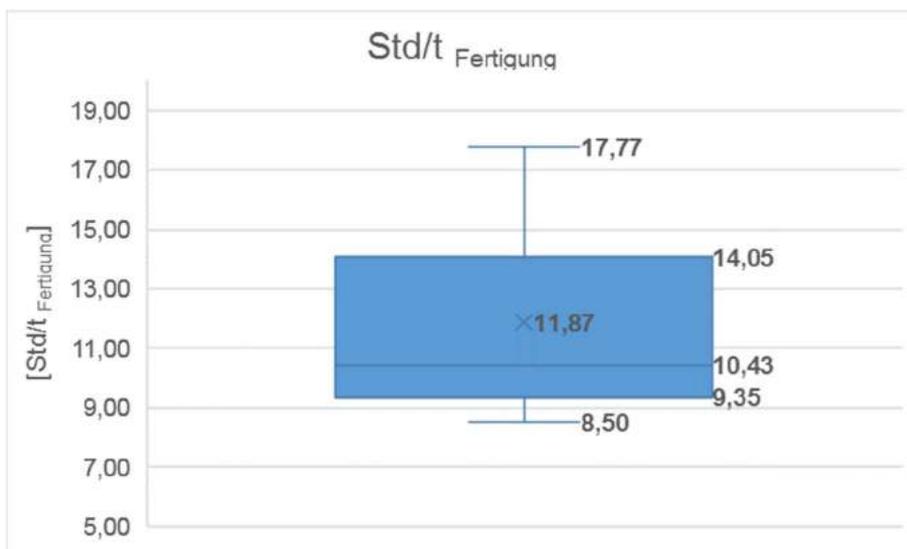


Abbildung 6-12: Aufwandswerte - Bereich für $\text{Std/t}_{\text{Fertigung}}$

6.2.2 Lohnstunden pro Tonne für die Montage

Der Mittelwert für Std/t_{Montage} liegt je nach Gewichtung zwischen **10,20** und **11,15 Std/t Montage** (siehe Tabelle 6-7 und Abbildung 6-13).

Lfd.Nr.	Projekt	Std _{Montage}	Gewicht	Std/t _{Montage}
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	C	964,50 Std	100,42 t	9,60 Std/t
2	D	1.166,75 Std	67,03 t	17,41 Std/t
3	E	696,25 Std	77,36 t	9,00 Std/t
4	F	974,50 Std	81,06 t	12,02 Std/t
5	G	706,00 Std	97,70 t	7,23 Std/t
6	H	367,50 Std	37,39 t	9,83 Std/t
7	I	530,50 Std	75,33 t	7,04 Std/t
8	J	532,50 Std	45,65 t	11,67 Std/t
9	Mittelwert			10,47 Std/t
10	Mittelwert gewichtet nach Std_{Montage}			11,15 Std/t
11	Mittelwert gewichtet nach Gewicht			10,20 Std/t

Tabelle 6-7: Aufwandswerte - Std/t_{Montage}



Abbildung 6-13: Aufwandswerte - Std/t_{Montage}

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt D: Zusätzlich zur Montage der Stahlkonstruktion wurden die Dach- und Wandeindeckung, die gesamten Spenglerarbeiten sowie der Einbau der Sektionaltore und der RWA Lüftung ausgeführt.

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte G und I: Die Hallenkonstruktionen bestehen in Relation zum Gewicht und verglichen mit den anderen Projekten aus wenigen Baugruppen. Durch die geringere Anzahl der Baugruppen reduziert sich der Aufwand bei der Montage.

Die Kennzahlen für $\text{Std/t}_{\text{Montage}}$ liegen in einem Bereich von **7,67 bis 11,93** $\text{Std/t}_{\text{Montage}}$ (siehe Abbildung 6-14).

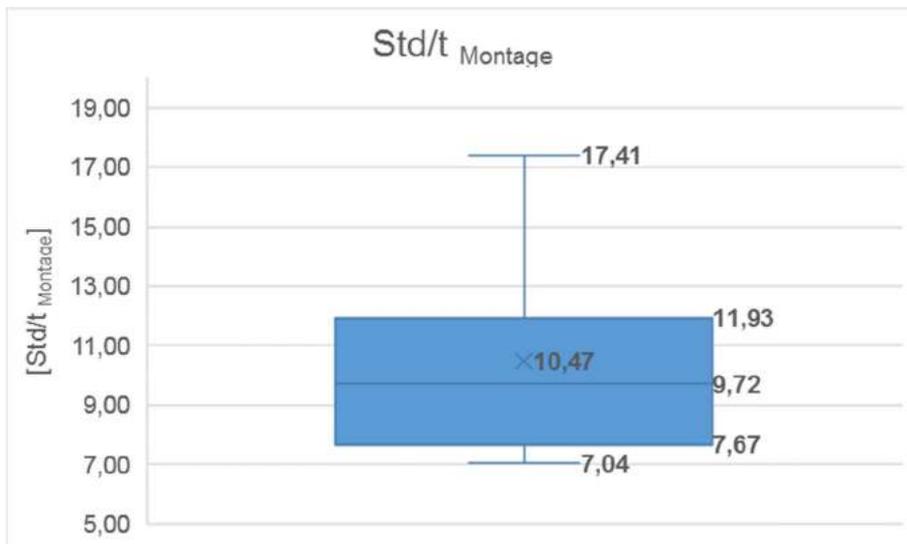


Abbildung 6-14: Aufwandswerte - Bereich für $\text{Std/t}_{\text{Montage}}$

6.2.3 Lohnstunden pro Tonne Gesamt

Der Mittelwert für Std/t_{Gesamt} liegt je nach Gewichtung zwischen **23,68 und 25,56 Std/t Gesamt** (siehe Tabelle 6-8 und Abbildung 6-15).

Lfd.Nr.	Projekt	Std _{Gesamt}	Gewicht	Std/t _{Gesamt}
[A]	[B]	[E]	[D]	[E]
1	B	3.950,00 Std	105,93 t	37,29 Std/t
2	C	2.011,50 Std	100,42 t	20,03 Std/t
3	D	1.736,25 Std	67,03 t	25,90 Std/t
4	E	1.372,00 Std	77,36 t	17,73 Std/t
5	F	2.079,25 Std	81,06 t	25,65 Std/t
6	G	2.442,00 Std	97,70 t	24,99 Std/t
7	H	908,75 Std	37,39 t	24,31 Std/t
8	I	1.309,00 Std	75,33 t	17,38 Std/t
9	J	987,50 Std	45,65 t	21,63 Std/t
10	K	2.245,50 Std	102,38 t	21,93 Std/t
11	Mittelwert			23,68 Std/t
12	Mittelwert gewichtet nach Std_{Gesamt}			25,56 Std/t
13	Mittelwert gewichtet nach Gewicht			24,10 Std/t

Tabelle 6-8: Aufwandswerte - Std/t_{Gesamt}



Abbildung 6-15: Aufwandswerte - Std/t_{Gesamt}

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt B: Dieses Projekt besteht sowohl aus den meisten Baugruppen, als auch den meisten Einzelteilen. Trotz des größten Gewichts aller Projekte sind die Brutto-Grundrissfläche und der Brutto-Rauminhalt des Projektes B, verglichen mit den anderen Projekten, eher gering. Aufgrund dieser Faktoren ergibt sich ein sehr hoher Aufwand in der Fertigung und Montage, die Montage wurde zusätzlich noch in einem sehr kleinen Arbeitsbereich durchgeführt.

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekt E: Durch die einfache Art der Konstruktion werden die $\text{Std/t}_{\text{Fertigung}}$ reduziert.
- Projekt I: hohes Gewicht je Baugruppe, dadurch werden die $\text{Std/t}_{\text{Montage}}$ reduziert

Die Kennzahlen für $\text{Std/t}_{\text{Gesamt}}$ liegen in einem Bereich von **19,46 bis 25,71 $\text{Std/t}_{\text{Gesamt}}$** (siehe Abbildung 6-16).

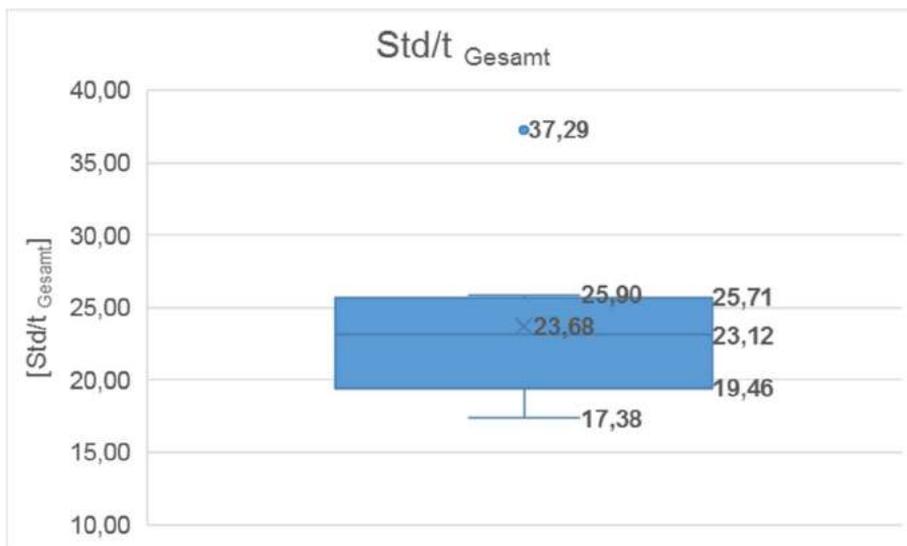


Abbildung 6-16: Aufwandswerte - Bereich für $\text{Std/t}_{\text{Gesamt}}$

6.2.4 Lohnstunden pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche in der Fertigung

Der Mittelwert für Std/m² BGF_{Fertigung} liegt je nach Gewichtung zwischen **0,49** und **0,52** Std/m² BGF_{Fertigung} (siehe Tabelle 6-9 und Abbildung 6-17).

Lfd.Nr.	Projekt	Std _{Fertigung}	BGF	Std/m ² BGF _{Fertigung}
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	A	335,00 Std	423,33 m ²	0,79 Std/m ² BGF
2	C	1.047,00 Std	2.155,38 m ²	0,49 Std/m ² BGF
3	D	569,50 Std	1.229,68 m ²	0,46 Std/m ² BGF
4	E	675,75 Std	1.283,65 m ²	0,53 Std/m ² BGF
5	F	1.104,75 Std	2.831,15 m ²	0,39 Std/m ² BGF
6	G	1.736,00 Std	2.630,12 m ²	0,66 Std/m ² BGF
7	I	778,50 Std	1.760,00 m ²	0,44 Std/m ² BGF
8	J	455,00 Std	1.235,92 m ²	0,37 Std/m ² BGF
9	Mittelwert			0,52 Std/m² BGF
10	Mittelwert gewichtet nach Std_{Fertigung}			0,52 Std/m² BGF
11	Mittelwert gewichtet nach m² BGF			0,49 Std/m² BGF

Tabelle 6-9: Aufwandswerte - Std/m² BGF_{Fertigung}

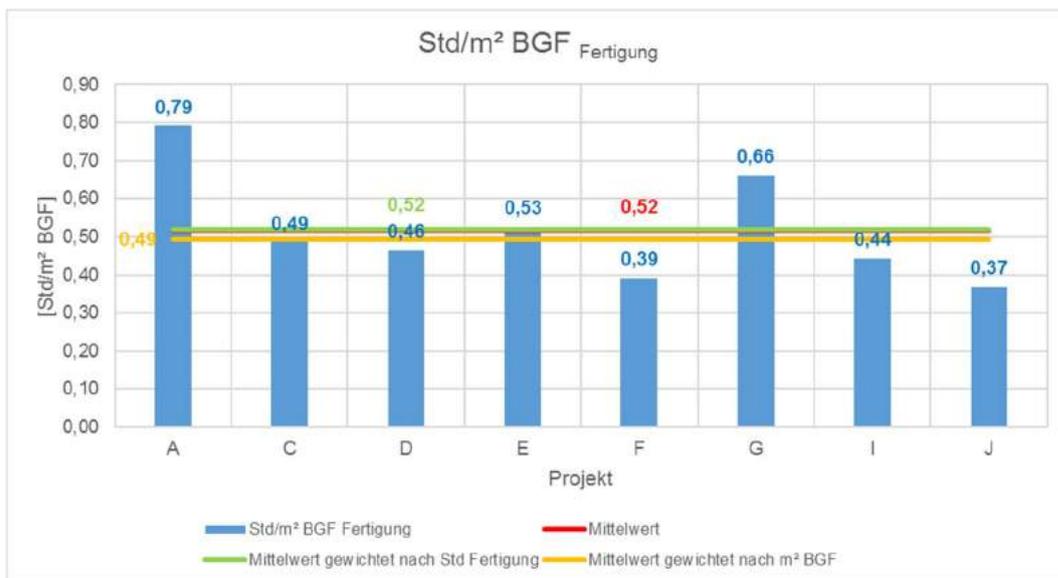


Abbildung 6-17: Aufwandswerte - Std/m² BGF_{Fertigung}

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt A: geringste Brutto-Grundrissfläche in der Auswertung
- Projekt G: höchste Anzahl der Std_{Fertigung} in der Auswertung

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekt F: Nur die Binder, Pfetten und Nebenstützen wurden in Stahl hergestellt. Die Hauptstützen der Hallenkonstruktion bestehen aus Stahlbeton. Das Projekt F hat die größte Brutto-Grundrissfläche aller Projekte.
- Projekt J: geringste Anzahl der Std_{Fertigung} in der Auswertung

Die Kennzahlen für Std/m² BGF_{Fertigung} liegen in einem Bereich von **0,40 bis 0,63 Std/m² BGF_{Fertigung}** (siehe Abbildung 6-18).

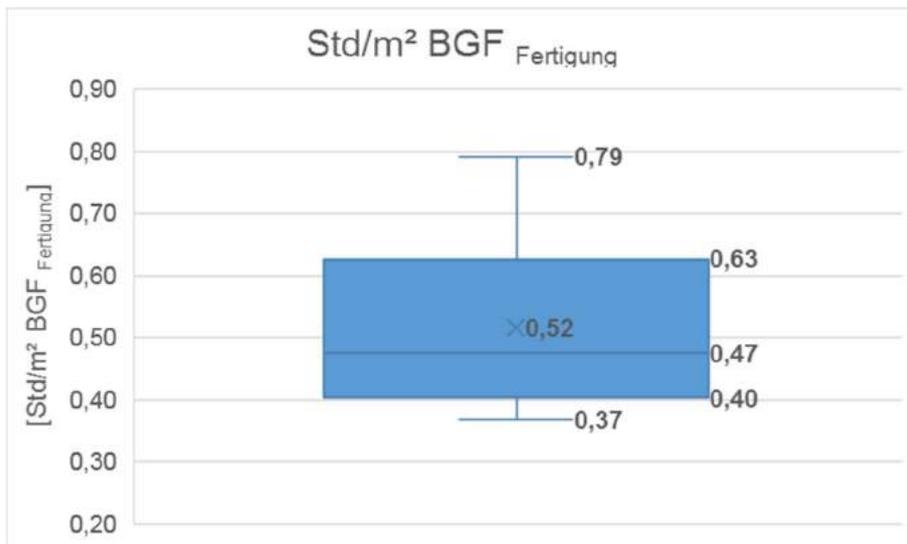


Abbildung 6-18: Aufwandswerte - Bereich für Std/m² BGF_{Fertigung}

6.2.5 Lohnstunden pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche für die Montage

Der Mittelwert für Std/m² BGF_{Montage} liegt je nach Gewichtung zwischen **0,44** und **0,58 Std/m² BGF Montage** (siehe Tabelle 6-10 und Abbildung 6-19).

Lfd.Nr.	Projekt	Std _{Montage}	BGF	Std/m ² BGF _{Montage}
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	C	964,50 Std	2.155,38 m ²	0,45 Std/m ² BGF
2	D	1.166,75 Std	1.229,68 m ²	0,95 Std/m ² BGF
3	E	696,25 Std	1.283,65 m ²	0,54 Std/m ² BGF
4	F	974,50 Std	2.831,15 m ²	0,34 Std/m ² BGF
5	G	706,00 Std	2.630,12 m ²	0,27 Std/m ² BGF
6	H	367,50 Std	272,45 m ²	1,35 Std/m ² BGF
7	I	530,50 Std	1.760,00 m ²	0,30 Std/m ² BGF
8	J	532,50 Std	1.235,92 m ²	0,43 Std/m ² BGF
9	Mittelwert			0,58 Std/m² BGF
10	Mittelwert gewichtet nach Std_{Montage}			0,56 Std/m² BGF
11	Mittelwert gewichtet nach m² BGF			0,44 Std/m² BGF

Tabelle 6-10: Aufwandswerte - Std/m² BGF_{Montage}

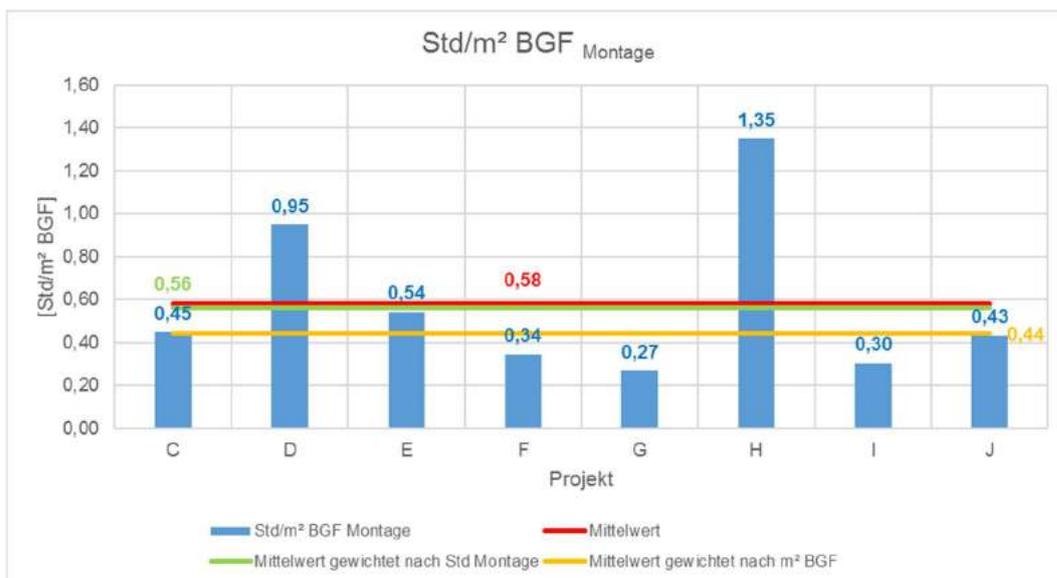


Abbildung 6-19: Aufwandswerte - Std/m² BGF_{Montage}

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt D: Zusätzlich zur Montage der Stahlkonstruktion wurden die Dach- und Wandeindeckung, die gesamten Spenglerarbeiten sowie der Einbau der Sektionaltore und der RWA Lüftung ausgeführt.
- Projekt H: Montage unter erschwerten Bedingungen, mit bestehenden Gebäuden auf der einen und einem Bach auf der anderen Seite

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekt F: Nur die Binder, Pfetten und Nebenstützen wurden in Stahl hergestellt. Die Hauptstützen der Hallenkonstruktion bestehen aus Stahlbeton. Das Projekt F hat die größte Brutto-Grundrissfläche aller Projekte.
- Projekte G und I: Die Hallenkonstruktionen bestehen in Relation zum Gewicht und verglichen mit den anderen Projekten aus wenigen Baugruppen.
Durch die geringere Anzahl der Baugruppen reduziert sich der Aufwand bei der Montage.

Die Kennzahlen für $\text{Std/m}^2 \text{ BGF}_{\text{Montage}}$ liegen in einem Bereich von **0,31 bis 0,85 $\text{Std/m}^2 \text{ BGF}_{\text{Montage}}$** (siehe Abbildung 6-20).



Abbildung 6-20: Aufwandswerte - Bereich für $\text{Std/m}^2 \text{ BGF}_{\text{Montage}}$

6.2.6 Lohnstunden pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche Gesamt

Der Mittelwert für $\text{Std/m}^2 \text{BGF}_{\text{Gesamt}}$ liegt je nach Gewichtung zwischen **0,96** und **1,02 $\text{Std/m}^2 \text{BGF}_{\text{Gesamt}}$** (siehe Tabelle 6-11 und Abbildung 6-21).

Lfd.Nr.	Projekt	Std _{Gesamt}	BGF	Std/m ² BGF _{Gesamt}
[A]	[B]	[E]	[D]	[E]
3	C	2.011,50 Std	2.155,38 m ²	0,93 Std/m ² BGF
4	D	1.736,25 Std	1.229,68 m ²	1,41 Std/m ² BGF
5	E	1.372,00 Std	1.283,65 m ²	1,07 Std/m ² BGF
6	F	2.079,25 Std	2.831,15 m ²	0,73 Std/m ² BGF
7	G	2.442,00 Std	2.630,12 m ²	0,93 Std/m ² BGF
9	I	1.309,00 Std	1.760,00 m ²	0,74 Std/m ² BGF
10	J	987,50 Std	1.235,92 m ²	0,80 Std/m ² BGF
11	K	2.245,50 Std	1.619,61 m ²	1,39 Std/m ² BGF
12	Mittelwert			1,00 Std/m² BGF
13	Mittelwert gewichtet nach Std_{Gesamt}			1,02 Std/m² BGF
14	Mittelwert gewichtet nach m² BGF			0,96 Std/m² BGF

Tabelle 6-11: Aufwandswerte - $\text{Std/m}^2 \text{BGF}_{\text{Gesamt}}$

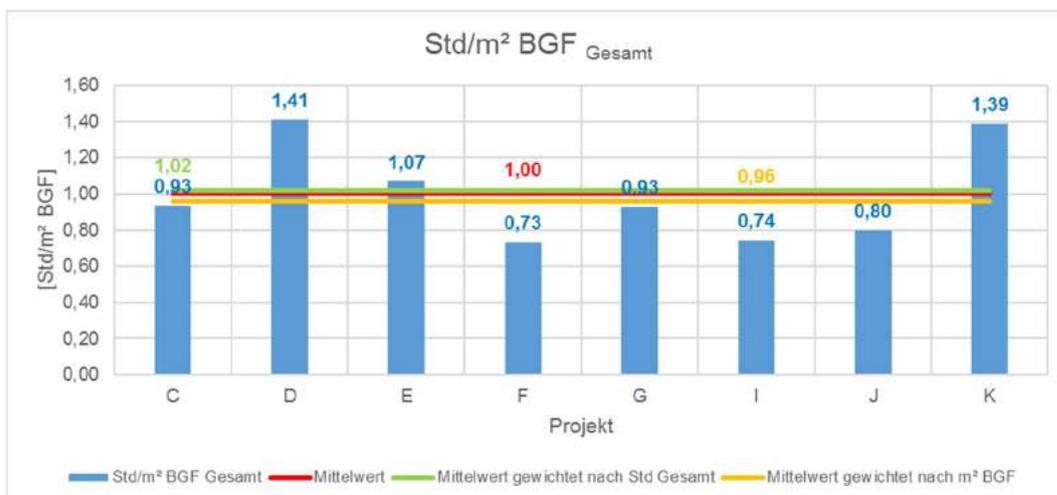


Abbildung 6-21: Aufwandswerte - $\text{Std/m}^2 \text{BGF}_{\text{Gesamt}}$

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt D: Der hohe Wert wird maßgeblich vom Aufwandswert bei der Montage beeinflusst.
- Projekt K: größte Anzahl an Baugruppen in dieser Auswertung und höchste Schneelast aller Projekte

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte F, I und J: Durch die niedrigen Aufwandswerte, sowohl bei der Fertigung als auch bei der Montage, wird der gesamte Aufwandswert reduziert.

Die Kennzahlen für $\text{Std/m}^2 \text{ BGF}_{\text{Gesamt}}$ liegen in einem Bereich von **0,76 bis 1,31** $\text{Std/m}^2 \text{ BGF}_{\text{Gesamt}}$ (siehe Abbildung 6-22).

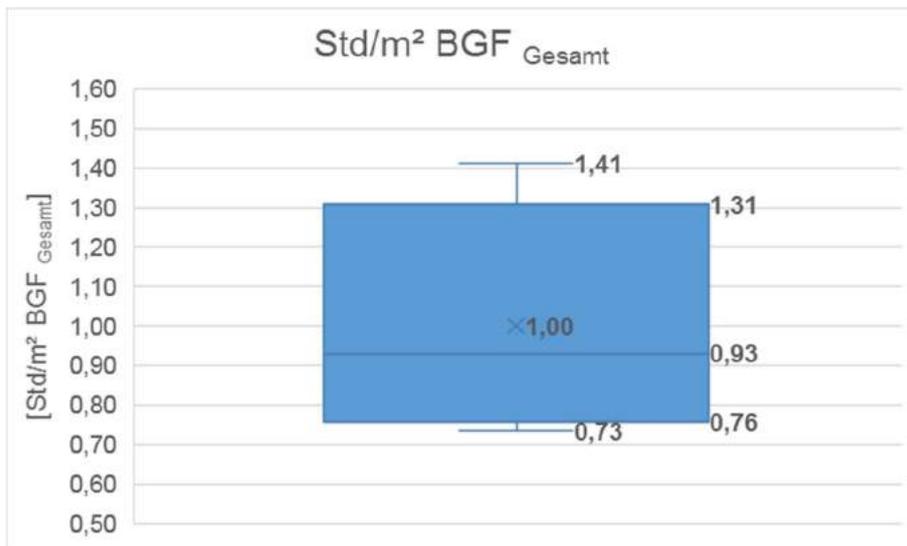


Abbildung 6-22: Aufwandswerte - Bereich für $\text{Std/m}^2 \text{ BGF}_{\text{Gesamt}}$

6.2.7 Lohnstunden pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt in der Fertigung

Der Mittelwert für Std/m³ BRI_{Fertigung} liegt je nach Gewichtung zwischen **0,05** und **0,06 Std/m³ BRI Fertigung** (siehe Tabelle 6-12 und Abbildung 6-23).

Lfd.Nr.	Projekt	Std _{Fertigung}	BRI	Std/m ³ BRI _{Fertigung}
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	A	335,00 Std	2.950,61 m ³	0,11 Std/m ³ BRI
2	C	1.047,00 Std	23.136,72 m ³	0,05 Std/m ³ BRI
3	D	569,50 Std	8.221,48 m ³	0,07 Std/m ³ BRI
4	E	675,75 Std	8.470,10 m ³	0,08 Std/m ³ BRI
5	F	1.104,75 Std	29.103,06 m ³	0,04 Std/m ³ BRI
6	G	1.736,00 Std	21.504,26 m ³	0,08 Std/m ³ BRI
7	I	778,50 Std	18.761,20 m ³	0,04 Std/m ³ BRI
8	J	455,00 Std	11.337,13 m ³	0,04 Std/m ³ BRI
9	Mittelwert			0,06 Std/m³ BRI
10	Mittelwert gewichtet nach Std_{Fertigung}			0,06 Std/m³ BRI
11	Mittelwert gewichtet nach m³ BRI			0,05 Std/m³ BRI

Tabelle 6-12: Aufwandswerte - Std/m³ BRI_{Fertigung}

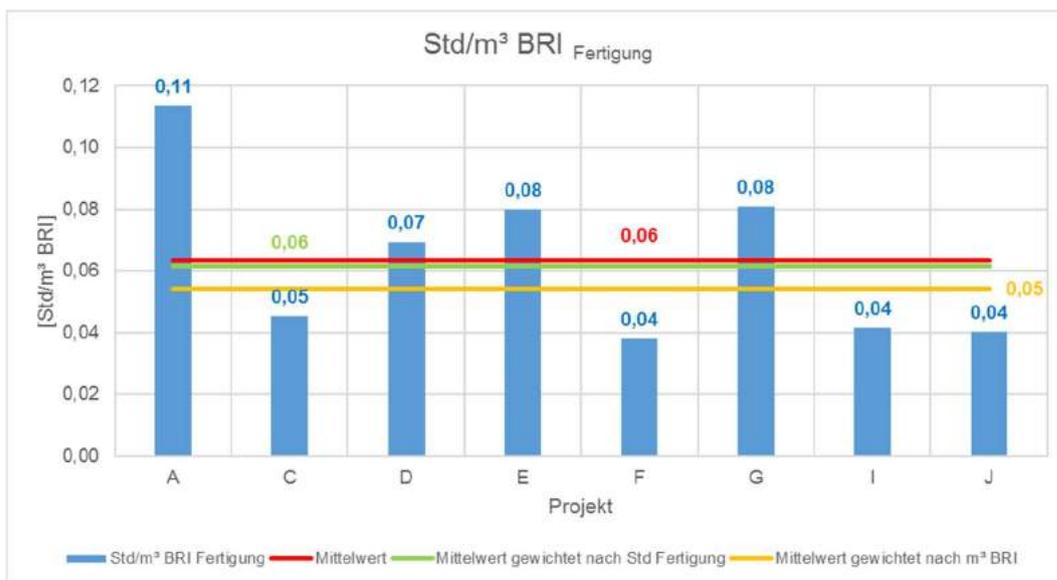


Abbildung 6-23: Aufwandswerte - Std/m³ BRI_{Fertigung}

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt A: geringster Brutto-Rauminhalt aller Projekte

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekt C: zweitgrößter Brutto-Rauminhalt nach Projekt F
- Projekt F: Beim Projekt F wurden nur die Binder, Pfetten und Nebensützen in Stahl hergestellt. Die Hauptstützen der Hallenkonstruktion bestehen aus Stahlbeton. Das Projekt weist die größte Brutto-Grundrissfläche auf.
- Projekt I: geringe Anzahl der Std_{Fertigung} verglichen mit der Tonnage
- Projekt J: geringste Anzahl der Std_{Fertigung} in der Auswertung

Die Kennzahlen für Std/m³ BRI_{Fertigung} liegen in einem Bereich von **0,04 bis 0,08 Std/m³ BRI_{Fertigung}** (siehe Abbildung 6-24).

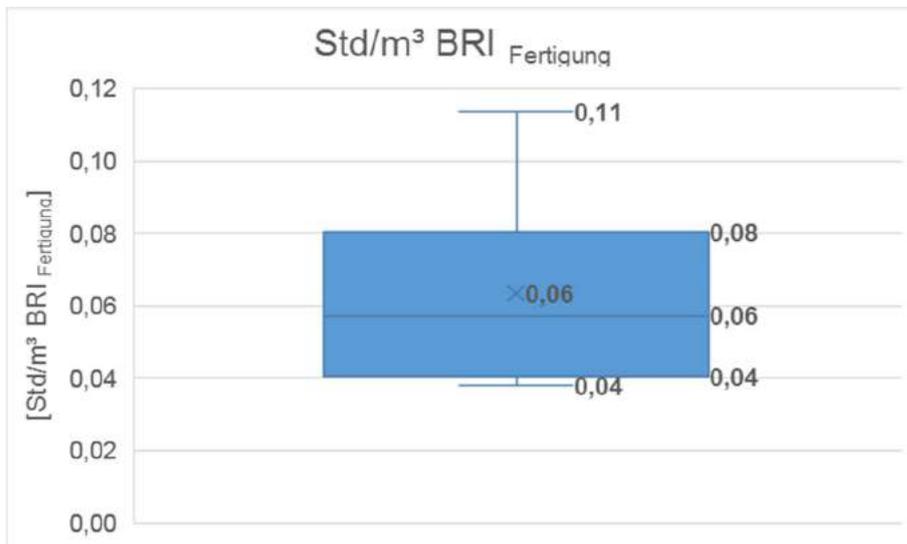


Abbildung 6-24: Aufwandswerte - Bereich für Std/m³ BRI_{Fertigung}

6.2.8 Lohnstunden pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt für die Montage

Der Mittelwert für $\text{Std/m}^3 \text{BRI}_{\text{Montage}}$ liegt je nach Gewichtung zwischen **0,05** und **0,07 $\text{Std/m}^3 \text{BRI}_{\text{Montage}}$** (siehe Tabelle 6-13 und Abbildung 6-25).

Lfd.Nr.	Projekt	Std _{Montage}	BRI	Std/m ³ BRI _{Montage}
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	C	964,50 Std	23.136,72 m ³	0,04 Std/m ³ BRI
2	D	1.166,75 Std	8.221,48 m ³	0,14 Std/m ³ BRI
3	E	696,25 Std	8.470,10 m ³	0,08 Std/m ³ BRI
4	F	974,50 Std	29.103,06 m ³	0,03 Std/m ³ BRI
5	G	706,00 Std	21.504,26 m ³	0,03 Std/m ³ BRI
6	H	367,50 Std	3.615,09 m ³	0,10 Std/m ³ BRI
7	I	530,50 Std	18.761,20 m ³	0,03 Std/m ³ BRI
8	J	532,50 Std	11.337,13 m ³	0,05 Std/m ³ BRI
9	Mittelwert			0,06 Std/m³ BRI
10	Mittelwert gewichtet nach Std_{Montage}			0,07 Std/m³ BRI
11	Mittelwert gewichtet nach m³ BRI			0,05 Std/m³ BRI

Tabelle 6-13: Aufwandswerte - $\text{Std/m}^3 \text{BRI}_{\text{Montage}}$

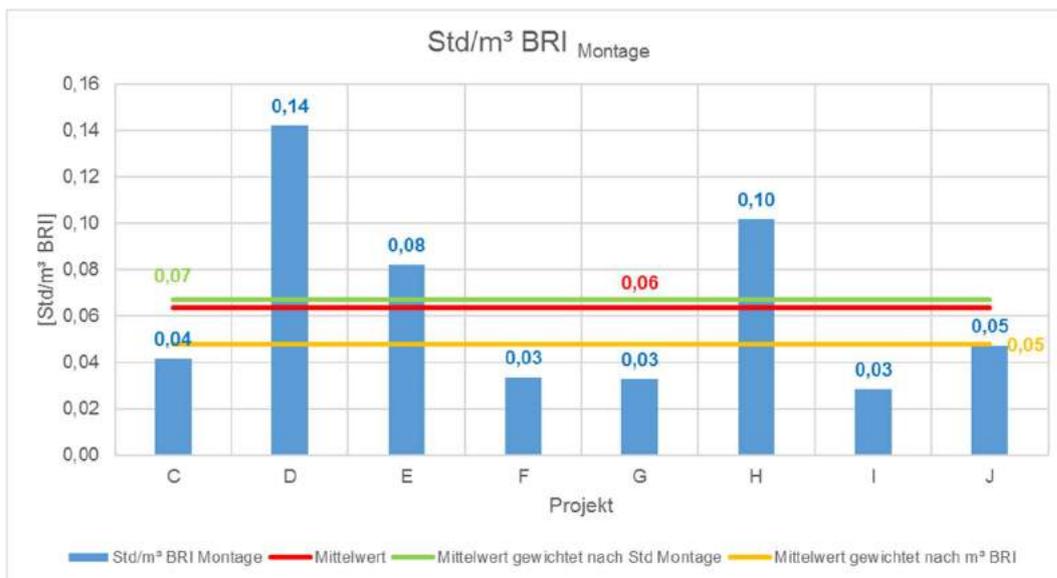


Abbildung 6-25: Aufwandswerte - $\text{Std/m}^3 \text{BRI}_{\text{Montage}}$

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt D: Zusätzlich zur Montage der Stahlkonstruktion wurden die Dach- und Wandeindeckung, die gesamten Spenglerarbeiten sowie der Einbau der Sektionaltore und der RWA Lüftung ausgeführt.
- Projekt H: Montage unter erschwerten Bedingungen, mit bestehenden Gebäuden auf der einen und einem Bach auf der anderen Seite

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte C, F, G und I: Projekte mit dem größten Brutto-Rauminhalt, wodurch sich die Kosten je m^3 verringern
- Projekt F: Beim Projekt F wurden nur die Binder, Pfetten und Nebenzstützen in Stahl hergestellt. Die Hauptstützen der Hallenkonstruktion bestehen aus Stahlbeton. Das Projekt weist den größten Brutto-Rauminhalt auf.

Die Kennzahlen für $\text{Std}/m^3 \text{BRI}_{\text{Montage}}$ liegen in einem Bereich von **0,03 bis 0,10 $\text{Std}/m^3 \text{BRI}_{\text{Montage}}$** (siehe Abbildung 6-26).

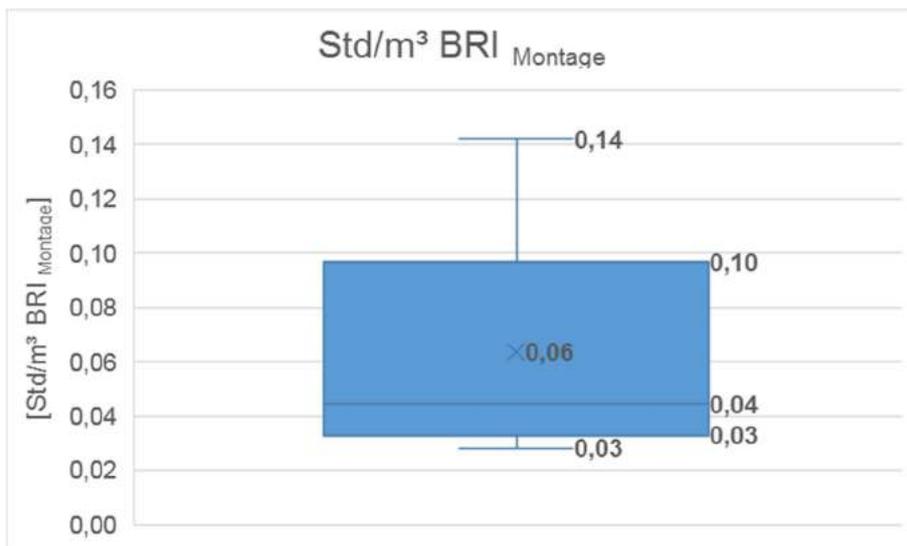


Abbildung 6-26: Aufwandswerte - Bereich für $\text{Std}/m^3 \text{BRI}_{\text{Montage}}$

6.2.9 Lohnstunden pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt Gesamt

Der Mittelwert für $\text{Std/m}^3 \text{ BRI}_{\text{Gesamt}}$ liegt je nach Gewichtung zwischen **0,11** und **0,15 $\text{Std/m}^3 \text{ BRI}_{\text{Gesamt}}$** (siehe Tabelle 6-14 und Abbildung 6-27).

Lfd.Nr.	Projekt	Std _{Gesamt}	BRI	Std/m ³ BRI _{Gesamt}
[A]	[B]	[E]	[D]	[E]
1	C	2.011,50 Std	23.136,72 m ³	0,09 Std/m ³ BRI
2	D	1.736,25 Std	8.221,48 m ³	0,21 Std/m ³ BRI
3	E	1.372,00 Std	8.470,10 m ³	0,16 Std/m ³ BRI
4	F	2.079,25 Std	29.103,06 m ³	0,07 Std/m ³ BRI
5	G	2.442,00 Std	21.504,26 m ³	0,11 Std/m ³ BRI
6	H	908,75 Std	3.615,09 m ³	0,25 Std/m ³ BRI
7	I	1.309,00 Std	18.761,20 m ³	0,07 Std/m ³ BRI
8	J	987,50 Std	11.337,13 m ³	0,09 Std/m ³ BRI
9	K	2.245,50 Std	7.918,96 m ³	0,28 Std/m ³ BRI
10	Mittelwert			0,15 Std/m³ BRI
11	Mittelwert gewichtet nach Std_{Gesamt}			0,15 Std/m³ BRI
12	Mittelwert gewichtet nach m³ BRI			0,11 Std/m³ BRI

Tabelle 6-14: Aufwandswerte - Std/m³ BRI_{Gesamt}

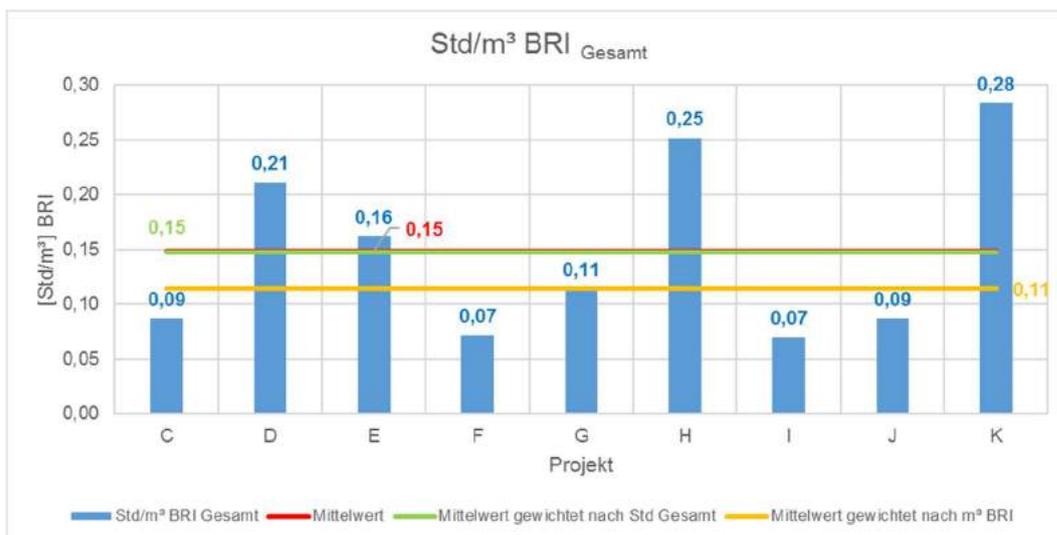


Abbildung 6-27: Aufwandswerte - Std/m³ BRI_{Gesamt}

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekte D und H: Erhöhung des gesamten Aufwandswertes durch den hohen Aufwandswert bei der Montage
- Projekt K: größte Anzahl an Baugruppen in dieser Auswertung und höchste Schneelast aller Projekte

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte C, F, I und J: Durch die niedrigen Aufwandswerte, sowohl bei der Fertigung als auch bei der Montage, wird der gesamte Aufwandswert reduziert.

Die Kennzahlen für $\text{Std/m}^3 \text{BRI}_{\text{Gesamt}}$ liegen in einem Bereich von **0,08 bis 0,23 $\text{Std/m}^3 \text{BRI}_{\text{Gesamt}}$** (siehe Abbildung 6-28).

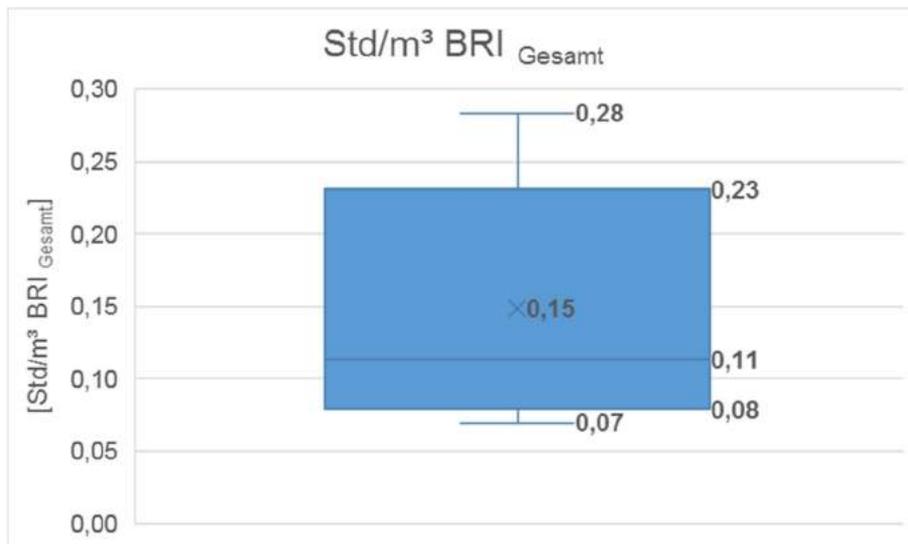


Abbildung 6-28: Aufwandswerte - Bereich für $\text{Std/m}^3 \text{BRI}_{\text{Gesamt}}$

6.3 Produktivitätskennzahlen

Die erhobenen Produktivitätskennzahlen sind:

- Bauproduktionswert je Beschäftigte (€/AK)
- Bauproduktionswert je produktive Stunden auf der Baustelle (€/Std)
- Wertschöpfung je Beschäftigte (€/AK)
- Wertschöpfung je produktive Stunden auf der Baustelle (€/Std)

Bei der Auswertung der Produktivitätskennzahlen konnten, wegen der unter 5.1.3 *Stundenaufzeichnungen* beschriebenen Problematik, nur die Projekte C bis J betrachtet werden.

6.3.1 Bauproduktionswert je Beschäftigte

Der Mittelwert für den Bauproduktionswert je Beschäftigtem liegt je nach Gewichtung zwischen **71.950,72** und **74.551,73 €/AK** (siehe Tabelle 6-15 und Abbildung 6-29).

Lfd.Nr.	Projekt	Bauproduktionswert	Beschäftigte	Bauproduktionswert / Beschäftigte
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	C	287.292,04 €	5,00 AK	57.458,41 €/AK
2	D	303.097,20 €	4,00 AK	75.774,30 €/AK
3	E	286.405,88 €	3,00 AK	95.468,63 €/AK
4	F	293.401,22 €	3,00 AK	97.800,41 €/AK
5	G	271.938,54 €	4,00 AK	67.984,64 €/AK
6	H	175.182,32 €	3,00 AK	58.394,11 €/AK
7	I	297.600,00 €	4,00 AK	74.400,00 €/AK
8	J	315.555,24 €	5,00 AK	63.111,05 €/AK
9	Mittelwert			73.798,94 €/AK
10	Mittelwert gewichtet nach Bauproduktionswert			74.551,73 €/AK
11	Mittelwert gewichtet nach Beschäftigten			71.950,72 €/AK

Tabelle 6-15: Produktivitätskennzahlen - Bauproduktionswert je Beschäftigte

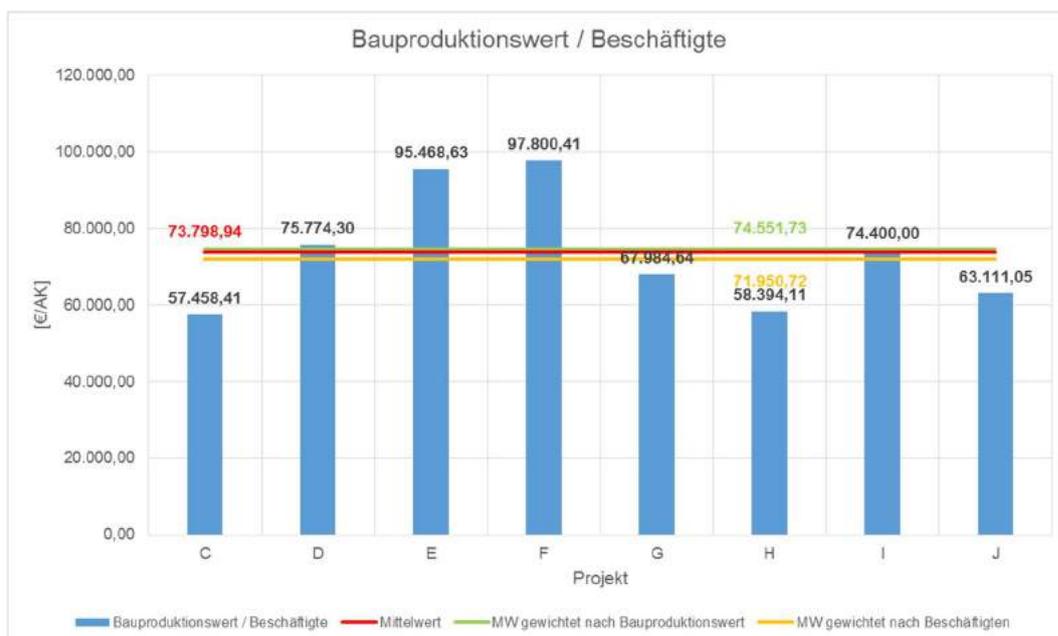


Abbildung 6-29: Produktivitätskennzahlen - Bauproduktionswert je Beschäftigte

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekte E und F: geringste Anzahl der durchschnittlich am Projekt beteiligten AK aller Projekte

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte C und J: höchste Anzahl der durchschnittlich am Projekt beteiligten AK aller Projekte
- Projekt H: Projekt mit dem geringsten Bauproduktionswert

Die Kennzahlen für den Bauproduktionswert je Beschäftigtem liegen in einem Bereich von **59.573,34 bis 90.545,05 €/AK** (siehe Abbildung 6-30).

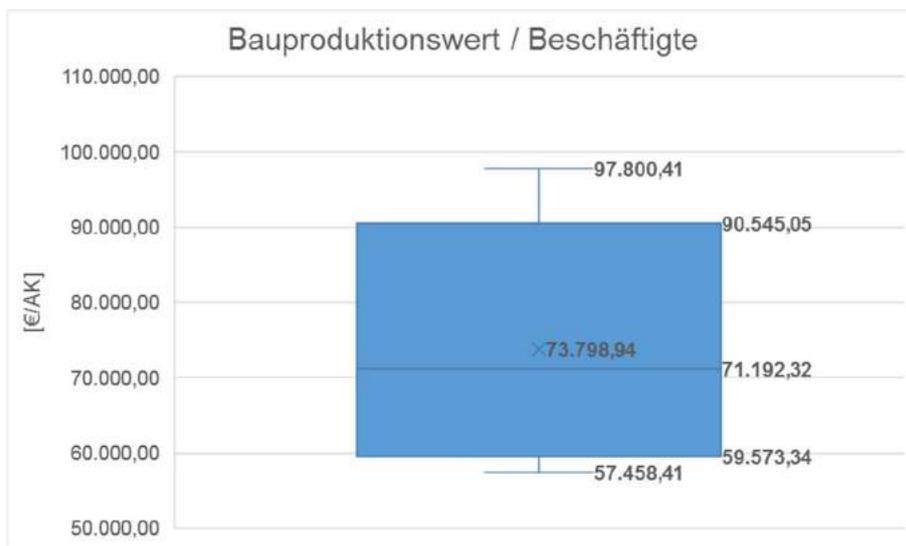


Abbildung 6-30: Produktivitätskennzahlen - Bereich für Bauproduktionswert je Beschäftigte

6.3.2 Bauproduktionswert je produktive Stunden auf der Baustelle

Der Mittelwert für den Bauproduktionswert je produktiver Stunde auf der Baustelle liegt je nach Gewichtung zwischen **173,63** und **191,74 €/Std** (siehe Tabelle 6-16 und Abbildung 6-31).

Lfd.Nr.	Projekt	Bauproduktionswert	produktive Stunden auf der Baustelle	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	C	287.292,04 €	2.011,50 Std	142,82 €/Std
2	D	303.097,20 €	1.736,25 Std	174,57 €/Std
3	E	286.405,88 €	1.372,00 Std	208,75 €/Std
4	F	293.401,22 €	2.079,25 Std	141,11 €/Std
5	G	271.938,54 €	2.442,00 Std	111,36 €/Std
6	H	175.182,32 €	908,75 Std	192,77 €/Std
7	I	297.600,00 €	1.309,00 Std	227,35 €/Std
8	J	315.555,24 €	987,50 Std	319,55 €/Std
9	Mittelwert			189,79 €/Std
10	Mittelwert gewichtet nach Bauproduktionswert			191,74 €/Std
11	Mittelwert gewichtet nach produktiven Stunden			173,63 €/Std

Tabelle 6-16: Produktivitätskennzahlen - Bauproduktionswert je produktive Stunden auf der Baustelle

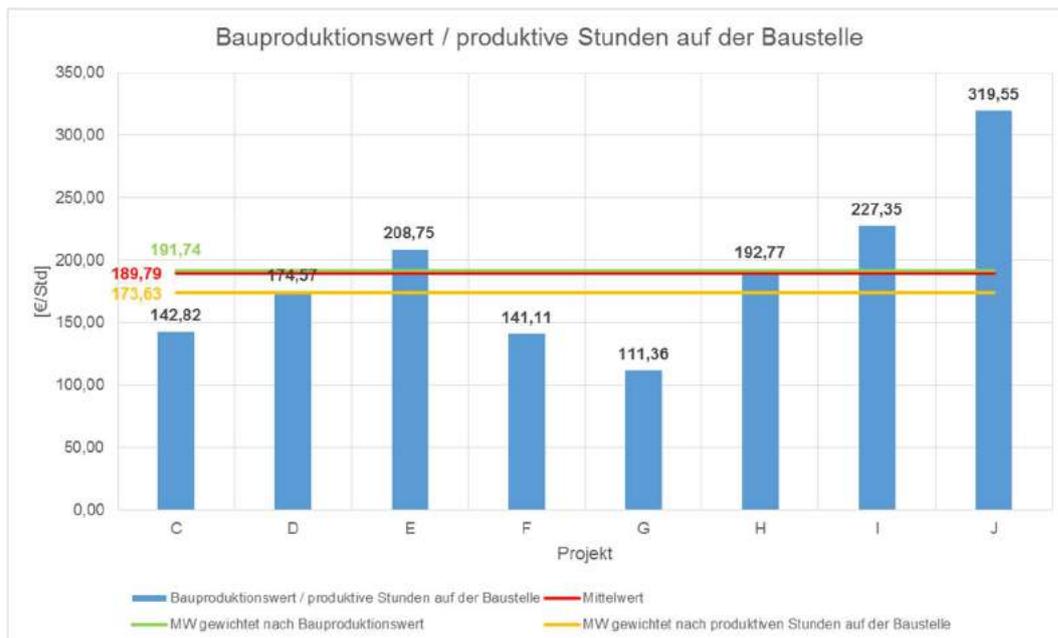


Abbildung 6-31: Produktivitätskennzahlen - Bauproduktionswert je produktive Stunden auf der Baustelle

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt J: geringe Anzahl der produktiven Stunden auf der Baustelle

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte C, F und G: Projekte mit den meisten produktiven Stunden auf der Baustelle

Die Kennzahlen für den Bauproduktionswert je produktiver Stunde auf der Baustelle liegen in einem Bereich von **141,54 bis 222,70 €/Std** (siehe Abbildung 6-32).



Abbildung 6-32: Produktivitätskennzahlen - Bereich für Bauproduktionswert je prod. Stunde auf der Baustelle

6.3.3 Wertschöpfung je Beschäftigte

Der Mittelwert für die Wertschöpfung je Beschäftigtem liegt je nach Gewichtung zwischen **34.632,93** und **36.583,21 €/AK** (siehe Tabelle 6-17 und Abbildung 6-33).

Lfd.Nr.	Projekt	Wertschöpfung	Beschäftigte	Wertschöpfung / Beschäftigte
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	C	192.407,04 €	5,00 AK	38.481,41 €/AK
2	D	149.487,20 €	4,00 AK	37.371,80 €/AK
3	E	157.004,88 €	3,00 AK	52.334,96 €/AK
4	F	102.030,22 €	3,00 AK	34.010,07 €/AK
5	G	147.185,54 €	4,00 AK	36.796,39 €/AK
6	H	59.038,32 €	3,00 AK	19.679,44 €/AK
7	I	101.515,00 €	4,00 AK	25.378,75 €/AK
8	J	165.053,24 €	5,00 AK	33.010,65 €/AK
9	Mittelwert			34.632,93 €/AK
10	Mittelwert gewichtet nach Wertschöpfung			36.583,21 €/AK
11	Mittelwert gewichtet nach Beschäftigten			34.636,18 €/AK

Tabelle 6-17: Produktivitätskennzahlen - Wertschöpfung je Beschäftigte

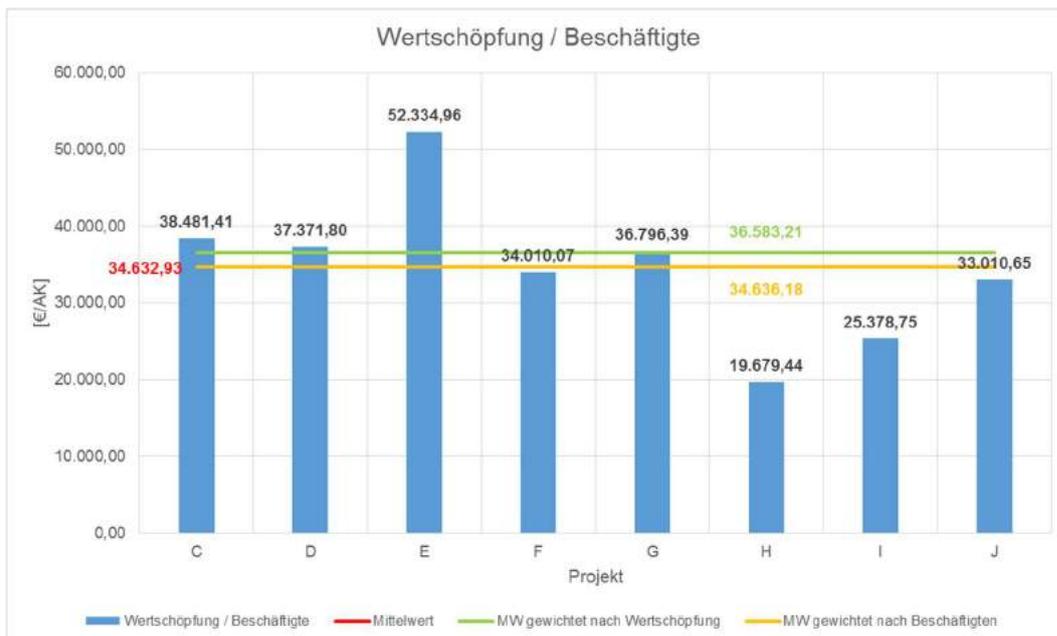


Abbildung 6-33: Produktivitätskennzahlen - Wertschöpfung je Beschäftigte

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt E: hohe Wertschöpfung in Relation zu den Arbeitskräften

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekte H und I: geringe Wertschöpfung durch hohen Anteil an Subunternehmereinsatz

Die Kennzahlen für die Wertschöpfung je Beschäftigtem liegen in einem Bereich von **27.286,72 bis 38.204,01 €/AK** (siehe Abbildung 6-34).

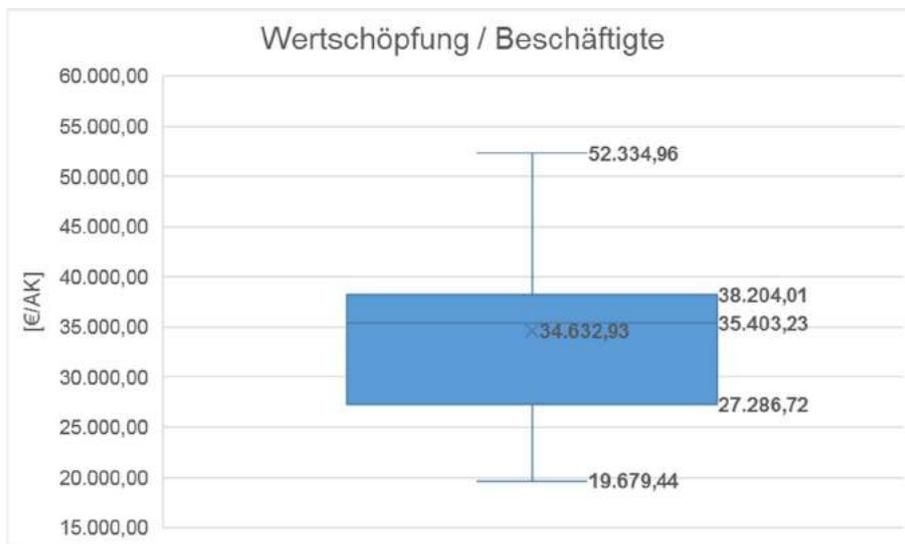


Abbildung 6-34: Produktivitätskennzahlen - Bereich für die Wertschöpfung je Beschäftigtem

6.3.4 Wertschöpfung je produktive Stunden auf der Baustelle

Der Mittelwert für die Wertschöpfung je produktiver Stunde auf der Baustelle liegt je nach Gewichtung zwischen **83,58** und **95,38 €/Std** (siehe Tabelle 6-18 und Abbildung 6-35).

Lfd.Nr.	Projekt	Wertschöpfung	produktive Stunden auf der Baustelle	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	C	192.407,04 €	2.011,50 Std	95,65 €/Std
2	D	149.487,20 €	1.736,25 Std	86,10 €/Std
3	E	157.004,88 €	1.372,00 Std	114,44 €/Std
4	F	102.030,22 €	2.079,25 Std	49,07 €/Std
5	G	147.185,54 €	2.442,00 Std	60,27 €/Std
6	H	59.038,32 €	908,75 Std	64,97 €/Std
7	I	101.515,00 €	1.309,00 Std	77,55 €/Std
8	J	165.053,24 €	987,50 Std	167,14 €/Std
9	Mittelwert			89,40 €/Std
10	Mittelwert gewichtet nach Wertschöpfung			95,38 €/Std
11	Mittelwert gewichtet nach produktiven Stunden			83,58 €/Std

Tabelle 6-18: Produktivitätskennzahlen - Wertschöpfung je produktive Stunden auf der Baustelle

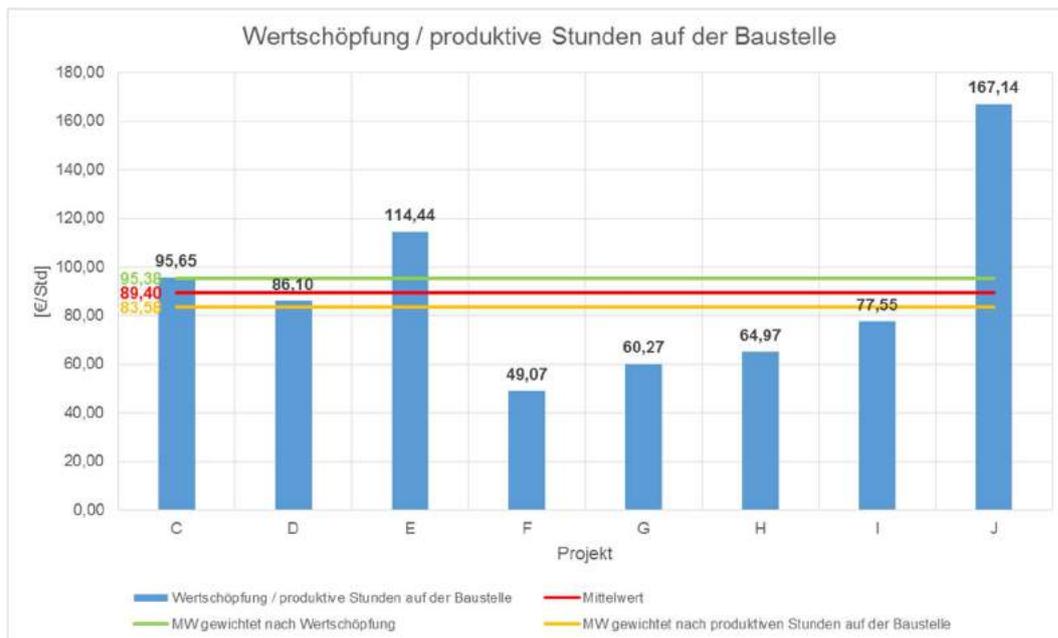


Abbildung 6-35: Produktivitätskennzahlen - Wertschöpfung je produktive Stunden auf der Baustelle

Abweichungen der Kennzahlen nach oben:

- Projekt J: geringe Anzahl der produktiven Stunden auf der Baustelle

Abweichungen der Kennzahlen nach unten:

- Projekt F: geringe Wertschöpfung durch hohen Anteil von Leihpersonal
- Projekt G: höchste Anzahl der produktiven Stunden auf der Baustelle
- Projekt H: geringe Wertschöpfung durch hohen Anteil an Subunternehmerereinsatz

Die Kennzahlen für die Wertschöpfung je produktiver Stunde auf der Baustelle liegen in einem Bereich von **61,45 bis 109,74 €/Std** (siehe Abbildung 6-36).

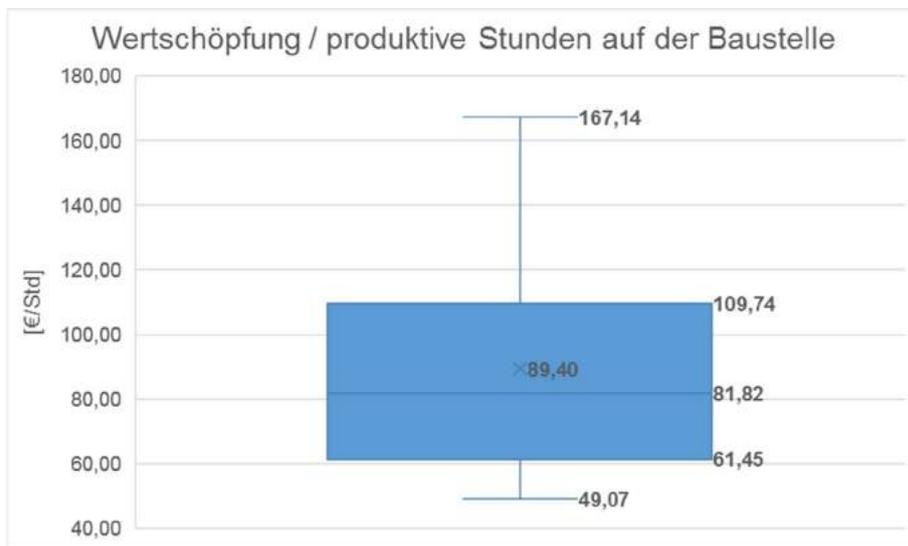


Abbildung 6-36: Produktivitätskennzahlen - Bereich für Wertschöpfung je prod. Stunde auf der Baustelle

6.4 Kennzahlen der Projekte – Zusammenfassung

Eine Zusammenfassung der Kennzahlen der Projekte (Beziehungszahlen und Aufwandswerte) ist in der Tabelle 6-19 dargestellt.

Lfd.Nr.	Kategorie	Projekt										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G]	[H]	[I]	[J]	[K]	[L]	[M]
1	kg/m ² BGF	60,80	121,84	46,59	54,51	60,27	28,63	37,15	137,22	42,80	36,94	63,21
2	kg/m ³ BRI	8,72	17,42	4,34	8,15	9,13	2,79	4,54	10,34	4,02	4,03	12,93
3	€/m ² BGF	330,71	403,73	111,08	205,40	185,93	86,36	86,16	535,83	140,91	212,77	161,06
4	€/m ³ BRI	47,45	57,72	10,35	30,72	28,18	8,40	10,54	40,38	13,22	23,19	32,94
5	€/kg	5,44	3,31	2,38	3,77	3,09	3,02	2,32	3,90	3,29	5,76	2,55
6	Std/t Fertigung	13,02	-	10,43	8,50	8,73	13,63	17,77	14,48	10,33	9,97	-
7	Std/t Montage	30,11	-	9,60	17,41	9,00	12,02	7,23	9,83	7,04	11,67	-
8	Std/t Gesamt	43,13	37,29	20,03	25,90	17,73	25,65	24,99	24,31	17,38	21,63	21,93
9	Std/m ² BGF Fertigung	0,79	-	0,49	0,46	0,53	0,39	0,66	1,99	0,44	0,37	-
10	Std/m ² BGF Montage	1,83	-	0,45	0,95	0,54	0,34	0,27	1,35	0,30	0,43	-
11	Std/m ² BGF Gesamt	2,62	4,54	0,93	1,41	1,07	0,73	0,93	3,34	0,74	0,80	1,39
12	Std/m ³ BRI Fertigung	0,11	-	0,05	0,07	0,08	0,04	0,08	0,15	0,04	0,04	-
13	Std/m ³ BRI Montage	0,26	-	0,04	0,14	0,08	0,03	0,03	0,10	0,03	0,05	-
14	Std/m ³ BRI Gesamt	0,38	0,65	0,09	0,21	0,16	0,07	0,11	0,25	0,07	0,09	0,28

Tabelle 6-19: Zusammenfassung der Kennzahlen der Projekte

Eine Zusammenfassung der Produktivitätskennzahlen der Projekte ist in der Tabelle 6-20 dargestellt.

Lfd.Nr.	Kategorie	Projekt									
		C	D	E	F	G	H	I	J		
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G]	[H]	[I]	[J]		
1	Bauproduktionswert / Beschäftigte [€/AK]	57.458,41	75.774,30	95.468,63	97.800,41	67.984,64	58.394,11	74.400,00	63.111,05		
2	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle [€/Std]	142,82	174,57	208,75	141,11	111,36	192,77	227,35	319,55		
3	Wertschöpfung / Beschäftigte [€/AK]	38.481,41	37.371,80	52.334,96	34.010,07	36.796,39	19.679,44	25.378,75	33.010,65		
4	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle [€/Std]	95,65	86,10	114,44	49,07	60,27	64,97	77,55	167,14		

Tabelle 6-20: Zusammenfassung der Produktivitätskennzahlen der Projekte

Die Bandbreiten für die Beziehungszahlen der Projekte sind in Tabelle 6-21 dargestellt.

Lfd.Nr.	Kategorie	Bandbreite der Beziehungszahlen
[A]	[B]	[C]
1	kg/m ² BGF	37,00 - 60,50 kg/m ² BGF
2	kg/m ³ BRI	4,00 - 9,40 kg/m ³ BRI
3	€/m ² BGF	104,90 - 242,30 €/m ² BGF
4	€/m ³ BRI	10,50 - 40,40 €/m ³ BRI
5	€/kg	2,50 - 3,50 €/kg

Tabelle 6-21: Bandbreite der Beziehungszahlen

Die Bandbreiten für die Aufwandswerte der Projekte sind in Tabelle 6-22 dargestellt.

Lfd.Nr.	Kategorie	Bandbreite der Aufwandswerte
[A]	[B]	[C]
1	Std/t Fertigung	9,40 - 14,10 Std/t Fertigung
2	Std/t Montage	7,70 - 11,90 Std/t Montage
3	Std/t Gesamt	19,50 - 25,70 Std/t Gesamt
4	Std/m ² BGF Fertigung	0,40 - 0,60 Std/m ² BGF Fertigung
5	Std/m ² BGF Montage	0,30 - 0,90 Std/m ² BGF Montage
6	Std/m ² BGF Gesamt	0,80 - 1,30 Std/m ² BGF Gesamt
7	Std/m ³ BRI Fertigung	0,05 - 0,10 Std/m ³ BRI Fertigung
8	Std/m ³ BRI Montage	0,05 - 0,10 Std/m ³ BRI Montage
9	Std/m ³ BRI Gesamt	0,10 - 0,20 Std/m ³ BRI Gesamt

Tabelle 6-22: Bandbreite der Aufwandswerte

Die Bandbreiten für die Produktivitätskennzahlen der Projekte sind in Tabelle 6-23 dargestellt.

Lfd.Nr.	Kategorie	Bandbreite der Produktivitätskennzahlen
[A]	[B]	[C]
1	Bauproduktionswert / Beschäftigte	59.570,00 - 90.550,00 €/AK
2	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle	140,00 - 220,00 €/Std
3	Wertschöpfung / Beschäftigte	27.290,00 - 38.200,00 €/AK
4	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle	60,00 - 110,00 €/Std

Tabelle 6-23: Bandbreite der Produktivitätskennzahlen

7 Kennzahlen – Literaturkennwerte

In diesem Kapitel werden Kennzahlen aus der Literatur vorgestellt, die zur Planung und Kalkulation von Stahlbauten herangezogen werden können.

Die angegebenen Kosten für die Stahlbauarbeiten verstehen sich immer exklusive Mehrwertsteuer.

7.1 Kosten im Stahlbau 2015

Die bereits vierte Ausgabe der vom *bauforumstahl e.V.* herausgegebenen Publikation *Kosten im Stahlbau 2015 - Basisinformationen zur Kalkulation* soll Bauherren, Architekten, Ingenieure und Planer dabei unterstützen, die wesentlichen Baukosten für ein Stahlbauprojekt zu kalkulieren.

Randbedingungen der Angaben:

- Gebäudefläche von 800 bis 1400 m² Brutto-Grundrissfläche
- einfache Zugänglichkeit zu Baustelle
- Schneelastzone 2, Windzone 2 (Binnenland) und Höhenlage bis max. 500 m üNN
- Rahmenkonstruktion umfasst Stützen, Träger und alle Verbindungsmittel, Dachpfetten und Fassadenriegel sind nicht enthalten

Kosten je Tonne der Rahmenkonstruktion (siehe Tabelle 7-1):

Lfd.Nr.	Art des Tragsystems	Rahmenkonstruktion
[A]	[B]	[C]
1	Asymmetrische Deckenträger	1,80 - 2,20 €/kg
2	Walzträger	1,60 - 2,05 €/kg
3	Lochstegträger	1,95 - 2,45 €/kg
4	Fachwerkträger	2,05 - 2,50 €/kg
5	Schweißträger	1,85 - 2,25 €/kg

Tabelle 7-1: Kennzahlen - €/kg aus *Kosten im Stahlbau*²²²

²²² Vgl. BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): *Kosten im Stahlbau 2015 - Basisinformationen zur Kalkulation*. Broschüre. S. 12 f.

Rahmenkonstruktion aus Walzträger - kg/m² BGF bei einer Spannweite von 8 - 18 m (siehe Tabelle 7-2):

Lfd.Nr.	Walzträger - Eingeschoßige Gebäude (Achsabstand der Rahmen von ca. 5,5 m - 6,5 m)	Spannweite	
		8 - 18 m	
[A]	[B]	[C]	
1	Ohne Hallenkran bis 6,0 m lichte Höhe	25,00	35,00 kg/m ² BGF
2	Ohne Hallenkran von 6,0 m bis 12,0 m lichte Höhe	35,00	55,00 kg/m ² BGF
3	Mit Hallenkran (5,0 t NL) bis 6,0 m lichte Höhe	55,00	80,00 kg/m ² BGF
4	Mit Hallenkran (5,0 t NL) 6,0 m - 12,0m lichte Höhe	85,00	110,00 kg/m ² BGF

Tabelle 7-2: Kennzahlen - kg/m² BGF (Spw. 8-18 m) aus *Kosten im Stahlbau*²²³

Rahmenkonstruktion aus Lochstegträger - kg/m² BGF bei einer Spannweite von 10 - 35 m (siehe Tabelle 7-3):

Lfd.Nr.	Lochstegträger - Eingeschoßige Gebäude (Achsabstand der Rahmen von ca. 5,5 m - 6,5 m)	Spannweite	
		10 - 35 m	
[A]	[B]	[D]	
1	Ohne Hallenkran bis 6,0 m lichte Höhe	25,00	40,00 kg/m ² BGF
2	Ohne Hallenkran von 6,0 m bis 12,0 m lichte Höhe	30,00	50,00 kg/m ² BGF
3	Mit Hallenkran (5,0 t NL) bis 6,0 m lichte Höhe	50,00	80,00 kg/m ² BGF
4	Mit Hallenkran (5,0 t NL) 6,0 m - 12,0m lichte Höhe	80,00	110,00 kg/m ² BGF

Tabelle 7-3: Kennzahlen - kg/m² BGF (Spw. 10-35 m) aus *Kosten im Stahlbau*²²⁴

Rahmenkonstruktion aus Fachwerkträger - kg/m² BGF bei einer Spannweite von 15 - 45 m (siehe Tabelle 7-4):

Lfd.Nr.	Fachwerkträger - Eingeschoßige Gebäude (Achsabstand der Rahmen von ca. 5,5 m - 6,5 m)	Spannweite	
		15 - 45 m	
[A]	[B]	[E]	
1	Ohne Hallenkran bis 6,0 m lichte Höhe	20,00	35,00 kg/m ² BGF
2	Ohne Hallenkran von 6,0 m bis 12,0 m lichte Höhe	22,00	40,00 kg/m ² BGF
3	Mit Hallenkran (5,0 t NL) bis 6,0 m lichte Höhe	75,00	110,00 kg/m ² BGF
4	Mit Hallenkran (5,0 t NL) 6,0 m - 12,0 m lichte Höhe	85,00	130,00 kg/m ² BGF

Tabelle 7-4: Kennzahlen - kg/m² BGF (Spw. 15-45 m) aus *Kosten im Stahlbau*²²⁵

²²³ Vgl. BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Kosten im Stahlbau 2015 - Basisinformationen zur Kalkulation. Broschüre. S. 12 f.

²²⁴ Vgl. BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Kosten im Stahlbau 2015 - Basisinformationen zur Kalkulation. Broschüre. S. 12 f.

²²⁵ Vgl. BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Kosten im Stahlbau 2015 - Basisinformationen zur Kalkulation. Broschüre. S. 12 f.

Rahmenkonstruktion aus Schweißträger - kg/m² BGF bei einer Spannweite von 15 - 45 m (siehe Tabelle 7-5):

Lfd.Nr.	Schweißträger - Eingeschoßige Gebäude (Achsabstand der Rahmen von ca. 5,5 m - 6,5 m)	Spannweite		
		15 - 45 m		
[A]	[B]	[F]		
1	Ohne Hallenkran bis 6,0 m lichte Höhe	22,00	-	33,00 kg/m ² BGF
2	Ohne Hallenkran von 6,0 m bis 12,0 m lichte Höhe	32,00	-	53,00 kg/m ² BGF
3	Mit Hallenkran (5,0 t NL) bis 6,0 m lichte Höhe	50,00	-	80,00 kg/m ² BGF
4	Mit Hallenkran (5,0 t NL) 6,0 m - 12,0m lichte Höhe	80,00	-	110,00 kg/m ² BGF

Tabelle 7-5: Kennzahlen - kg/m² BGF (Spw. 15-45 m) aus *Kosten im Stahlbau*²²⁶

7.2 Typenhallen aus Stahl

Die Publikation *Typenhallen aus Stahl* herausgegeben vom *bauforumstahl* e. V. bezieht sich auf 18 typengeprüfte Standardstahlhallen mit einer Tragkonstruktion aus gewalzten Stahlprofilen.

Die Stahlmassen je m² (siehe Tabelle 7-6) gelten für Hallen von 60 m Länge und für zwei unterschiedliche Systeme.

- System 1: Querstabilisierung mittels eingespannter Stützen
- System 2: Zweigelenrahmen

Lfd.Nr.	System	Spannweite	Schneelast	Schneelast	Schneelast
			0,75 kN/m ²	1,20 kN/m ²	2,00 kN/m ²
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]
1	1	12 m	22,86 kg/m ²	25,01 kg/m ²	27,78 kg/m ²
2	2	12 m	24,89 kg/m ²	28,10 kg/m ²	32,11 kg/m ²
3	1	15 m	28,13 kg/m ²	31,19 kg/m ²	35,49 kg/m ²
4	2	15 m	28,62 kg/m ²	31,97 kg/m ²	39,39 kg/m ²
5	1	20 m	34,92 kg/m ²	43,43 kg/m ²	55,68 kg/m ²
6	2	20 m	37,08 kg/m ²	42,02 kg/m ²	61,78 kg/m ²

Tabelle 7-6: Kennzahlen - kg/m² aus *Typenhallen aus Stahl*²²⁷

²²⁶ Vgl. BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): *Kosten im Stahlbau 2015 - Basisinformationen zur Kalkulation*. Broschüre. S. 12 f.

²²⁷ Vgl. KOCKER, R.; MÖLLER, R.: *Typenhallen aus Stahl*. Publikation. S. 10

7.3 Handbuch der Stahlbaumontage

Die Angaben für die Aufwandswerte bei der Montage von Industriehallen aus dem Buch *Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals* herausgegeben von *Petzschmann/Skufca* sind in Tabelle 7-7 dargestellt.

Die Aufwandswerte, siehe Tabelle 7-7, werden mit h/t bzw. h/m² angegeben. Um Verwechslungen zwischen Lohn- und Zeitstunde auszuschließen, müsste die Dauer mit Std bezeichnet werden.

Lfd.Nr.	Typ	Aufwand
[A]	[B]	[C]
1	Fachwerkbinder	14,00 - 20,00 h/t
2	Vollwandbinder	10,00 - 16,00 h/t
3	Pfetten	14,00 - 18,00 h/t
4	Wandkonstruktion	12,00 - 16,00 h/t
5	Stützenkonstruktion	6,00 - 8,00 h/t
6	Kranbahnen	8,00 - 14,00 h/t
7	Dacheindeckung	0,40 - 0,60 h/m ²
8	Fassadenverkleidung	0,30 - 0,60 h/m ²

Tabelle 7-7: Kennzahlen - h/t und h/m² aus *Handbuch der Stahlbaumontage*²²⁸

²²⁸ Vgl. PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 3 Angebotsbearbeitung. In: *Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals*. S. 3-39

7.4 BKI Baukosten Gebäude

Das Fachbuch *BKI Baukosten Gebäude 2014: Statistische Kostenkennwerte Teil 1* herausgegeben vom *Baukosteninformationszentrum* kann als Grundlage zur Kostenschätzung und Kostenberechnung von wichtigen Gebäudearten und für Leistungsbereiche herangezogen werden.

In der Tabelle 7-8 sind die Kosten je m² BGF verschiedener Objekttypen für den Leistungsbereich 017 Stahlbauarbeiten abgebildet.

Lfd.Nr.	Typ	€/m ² BGF
[A]	[B]	[C]
1	Industrielle Produktionsgebäude, Massivbauweise	42,86 €/m ² BGF
2	Industrielle Produktionsgebäude, überwiegend Skelettbauweise	80,67 €/m ² BGF
3	Betriebs- und Werkstätten, eingeschossig	172,27 €/m ² BGF
4	Betriebs- und Werkstätten, mehrgeschossig, geringer Hallenanteil	25,21 €/m ² BGF
5	Betriebs- und Werkstätten, mehrgeschossig, hoher Hallenanteil	69,75 €/m ² BGF
6	Lagergebäude ohne Mischnutzung	73,95 €/m ² BGF
7	Lagergebäude mit bis zu 25 % Mischnutzung	74,79 €/m ² BGF
8	Lagergebäude mit mehr als 25 % Mischnutzung	169,75 €/m ² BGF
9	Hochgaragen	96,64 €/m ² BGF
10	Feuerwehrrhäuser	10,08 €/m ² BGF
11	öffentliche Bereitschaftsdienste	73,95 €/m ² BGF
12	Gebäude für kulturelle und musische Zwecke	10,92 €/m ² BGF
13	Theater	28,57 €/m ² BGF

Tabelle 7-8: Kennzahlen - €/m² BGF aus *BKI Baukosten Gebäude*²²⁹

²²⁹ Vgl. BKI (HRSG.): *BKI Baukosten Gebäude 2014: Statistische Kostenkennwerte Teil 1*. S. 642 ff.

7.5 BKI Baukosten Bauelemente

Das Fachbuch *BKI Baukosten Bauelemente 2014: Statistische Kostenkennwerte Teil 2* herausgegeben vom *Baukosteninformationszentrum* kann als Grundlage zur Kostenberechnung mit Kostenkennwerten von Bauelementen verwendet werden.

In der Tabelle 7-9 sind die Kosten je m² verschiedener Bauelemente für den Leistungsbereich 017 Stahlbauarbeiten abgebildet.

Lfd.Nr.	Typ	Einheit	€/Einheit
[A]	[B]	[C]	[D]
1	Stahlträger aus Profilstahl	m ² Dachfläche	126,05 €/m ²
2	Fachwerkträger aus Profilstahl	m ² Dachfläche	161,09 €/m ²
3	Konstruktionswände, feuerverzinkt/gründiert	m ² Wandfläche	48,74 €/m ²
4	Profilstahlstützen für Dachkonstruktionen	m Stützenlänge	59,66 €/m
5	Stahlstützen, feuerverzinkt	m Stützenlänge	79,83 €/m
6	Stahlstützen inkl. Brandschutzmaßnahmen	m Stützenlänge	126,05 €/m

Tabelle 7-9: Kennzahlen - €/m² und €/m aus BKI *Baukosten Bauelemente*²³⁰

²³⁰ Vgl. BKI (HRSG.): BKI Baukosten Bauelemente 2014: Statistische Kostenkennwerte Teil 2. S. 464 ff.

7.6 BKI Baupreise - Neubau

Das Fachbuch *BKI Baupreise kompakt 2015 Neubau: Statistische Baupreise für Positionen mit Kurztexten* herausgegeben vom *Baukosteninformationszentrum* enthält Baupreise zu Positionen von 44 Leistungsbereichen.

In der Tabelle 7-10 sind die Kosten je Abrechnungseinheit für verschiedene Positionen des Leistungsbereiches 017 Stahlbauarbeiten abgebildet.

Lfd.Nr.	Typ	€/kg
[A]	[B]	[C]
1	Profilstahlkonstruktion, UNP/UPE	3,10 €/kg
2	Profilstahlkonstruktion, IPE	3,30 €/kg
3	Profilstahlkonstruktion, HEA	2,40 €/kg
4	Rundstahl, Zugstange bis 36mm	3,90 €/kg
5	Stahlstütze, Rundrohrprofil	3,90 €/kg
6	Stahlkonstruktion, nicht rostend	9,50 €/kg
7	Verzinken, Stahlprofile	0,40 €/kg
8	Kleineisenteile, Einbauteile/Hilfskonstruktionen	4,60 €/kg
9	Dachdeckung, Trapezblech, Stahl	30,00 €/m ²
10	Dachdeckung, Trapezblech, Stahl, gewölbt	48,00 €/m ²
11	Randverstärkung, Übergangsblech, Trapezblechdeckung	29,00 €/m
12	Handlauf, Rohrprofil, beschichtet	69,00 €/m
13	Bohrungen, Stahl bis 16mm	8,60 €/Stk
14	Brandschutzbeschichtung, F30	51,00 €/m ²
15	Brandschutzbeschichtung, Stahlbauteile, Decklack	18,30 €/m ²
16	Stundensatz Facharbeiter	48,00 €/h
17	Stundensatz Helfer	38,00 €/h

Tabelle 7-10: Kennzahlen - Positionen aus *BKI Baupreise - Neubau*²³¹

²³¹ Vgl. BKI (HRSG.): BKI Baupreise 2015 - Neubau: Statistische Baupreise für Positionen mit Kurztexten. S. 106 ff.

7.7 BKI Objektdaten - Neubau

Das Buch *BKI Objektdaten: Kosten abgerechneter Bauwerke N13 Neubau* herausgegeben vom *Baukosteninformationszentrum* enthält Kostenkennwerte zu neu errichteten Objekten diverser Nutzungsarten.

In der Tabelle 7-11 sind die Kosten je m² BGF für verschiedene Objekttypen des Leistungsbereiches 017 Stahlbauarbeiten dargestellt.

Lfd.Nr.	Typ	BGF	017 Stahlbauarbeiten	€/m ² BGF
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	Lagerhalle	267,99 m ²	11.253,78 €	41,99 €/m ² BGF
2	Produktionshalle & Büro	2.469,47 m ²	201.083,19 €	81,43 €/m ² BGF
3	Produktionshalle, Lager	2.579,17 m ²	563.445,38 €	218,46 €/m ² BGF
4	Produktionshalle	2.911,16 m ²	364.931,09 €	125,36 €/m ² BGF

Tabelle 7-11: Kennzahlen - €/m² BGF aus *BKI Objektdaten*²³²

In der Tabelle 7-12 sind die Kosten je m³ BRI für verschiedene Objekttypen des Leistungsbereiches 017 Stahlbauarbeiten abgebildet.

Lfd.Nr.	Typ	BRI	017 Stahlbauarbeiten	€/m ³ BRI
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
1	Lagerhalle	1.551,68 m ³	11.253,78 €	7,25 €/m ³ BRI
2	Produktionshalle & Büro	11.143,00 m ³	201.083,19 €	18,05 €/m ³ BRI
3	Produktionshalle, Lager	17.395,20 m ³	563.445,38 €	32,39 €/m ³ BRI
4	Produktionshalle	28.011,86 m ³	364.931,09 €	13,03 €/m ³ BRI

Tabelle 7-12: Kennzahlen - €/m³ BRI aus *BKI Objektdaten*²³³

²³² Vgl. BKI (HRSG.): *BKI Objektdaten: Kosten abgerechneter Bauwerke N13 Neubau*. S. 794 ff.

²³³ Vgl. BKI (HRSG.): *BKI Objektdaten: Kosten abgerechneter Bauwerke N13 Neubau*. S. 794 ff.

7.8 Sirados Zeitwert-Tabellen

Das Buch *Sirados Zeitwert-Tabellen – Rohbau* enthält Leistungspositionen je Abrechnungseinheit und Angaben zum durchschnittliche Mittellohn verschiedener Gewerke, für den Neubau als auch für den Altbau.

In der Tabelle 7-13 sind die Zeitwerte je Abrechnungseinheit verschiedener Tätigkeiten bzw. Bauteile und der durchschnittliche Mittellohn für den Leistungsbereich 017 Stahlbauarbeiten dargestellt.

Bei der angegebenen Dauer, in der Tabelle 7-13 bezeichnet mit h, handelt es sich um Lohnstunden. Um Verwechslungen zwischen Lohn- und Zeitstunde auszuschließen, müsste die Dauer mit Std bezeichnet werden.

Lfd.Nr.	Tätigkeit bzw. Bauteil	Einheit	Dauer
[A]	[B]	[C]	[D]
1	Baustelleneinrichtung	PA	30,00 h
2	Einbauteile, Hilfskonstruktionen	t	11,00 h
3	Stahlkonstruktion, S235 JR	t	11,00 h
4	Stahlprofile gebogen, S235 JR	t	30,00 h
5	Stahlkonstruktion, Fachwerkbinder	t	40,00 h
6	Kleineisenteile, grundiert bzw. feuerverzinkt	kg	0,02 h
7	Windverbände	kg	0,02 h
8	Kopfbolzendübel	Stk	0,03 h
9	Brandschutzbeschichtung	m ²	0,50 h
10	Beschichtung auf Grundierung bzw. Verzinkung	m ²	0,05 h
11	Trapezblech	m ²	0,15 h
12	Dämmpaneele	m ²	0,28 h
13	Mittellohn Stahlbauarbeiten	h	45,30 €/h

Tabelle 7-13: Kennzahlen - Positionen aus *Sirados Zeitwert-Tabellen*²³⁴

²³⁴ Vgl. DAM, F. et al.: *Sirados Zeitwert-Tabellen – Rohbau*. S. 101 ff.

7.9 Bauen in Stahl

Die Tabelle 7-14 enthält Kennzahlen für kg/m^2 und kg/m^3 .

Als Quelle dienen die Bücher *Bauen in Stahl. [1] - Hallenbauten, Stockwerkbauten, Vordächer und Treppen* und *Bauen in Stahl. [2] - Hallen, Stockwerkbauten, Brücken, Stahlkonstruktionen für verschiedene Anwendungszwecke* herausgegeben vom Schweizer Stahlbauverband.

Die in beiden Fachbüchern beschriebenen Projekte aus dem Bereich des Stahlhochbaues wurden in Kategorien, abhängig vom Gewicht, eingeteilt und anschließend die Kennzahlen ermittelt. Nachteilig an den beiden Quellen ist jedoch, dass sie bereits in den Jahren 1956 und 1962 veröffentlicht wurden und daher nicht aktuell sind.

Lfd.Nr.	Gewicht	kg/m^2	kg/m^3
[A]	[B]	[C]	[D]
1	25,00 - 50,00 t	55,11 kg/m^2	11,51 kg/m^3
2	50,00 - 75,00 t	52,04 kg/m^2	6,19 kg/m^3
3	76,00 - 100,00 t	87,11 kg/m^2	10,54 kg/m^3
4	101,00 - 125,00 t	75,77 kg/m^2	10,42 kg/m^3
5	125,00 - 150,00 t	71,96 kg/m^2	9,40 kg/m^3

Tabelle 7-14: Kennzahlen - kg/m^2 und kg/m^3 aus Bauen in Stahl [1] und [2]

8 Vergleich der Kennzahlen

In diesem Kapitel werden ausgewählte Kennzahlen aus den Projekten mit den Kennzahlen aus der Literatur verglichen.

8.1 Gewicht pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche

In der Tabelle 8-1 sind die vergleichbaren Kennzahlen für kg/m^2 BGF dargestellt.

Beim Vergleich der Ergebnisse der Kennzahlen aus den Projekten mit den Kennzahlen aus *Typenhallen aus Stahl* zeigt sich, dass sich die ermittelten Kennzahlen mit den Literaturkennwerten decken und daher plausibel sind.

Die Werte aus *Kosten im Stahlbau 2015 - Basisinformationen zur Kalkulation* sind niedriger, beziehen sich jedoch nur auf die Rahmenkonstruktion und nicht auf die gesamte Stahlkonstruktion.

Lfd.Nr.	kg/m^2 BGF	Quelle
[A]	[B]	[C]
1	37,00 - 60,50 kg/m^2 BGF	Projekte
2	35,00 - 55,00 kg/m^2 BGF	Kosten im Stahlbau 2015 - Walzträger
3	22,00 - 40,00 kg/m^2 BGF	Kosten im Stahlbau 2015 - Fachwerkträger
4	55,68 kg/m^2	Typenhallen aus Stahl (System 1, 20m, 2,00 kN/m^2)
5	61,78 kg/m^2	Typenhallen aus Stahl (System 2, 20m, 2,00 kN/m^2)

Tabelle 8-1: Vergleich der Kennzahlen - kg/m^2 BGF

8.2 Kosten pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche

Tabelle 8-2 zeigt die vergleichbaren Kennzahlen für €/m² BGF.

Sämtliche Angaben aus *BKI Baukosten Gebäude 2014: Statistische Kostenkennwerte Teil 1* liegen unter dem Bereich der Projektkennzahlen. Verglichen mit *BKI Baukosten Bauelemente 2014: Statistische Kostenkennwerte Teil 2* stimmen die errechneten Kennzahlen überein.

Bei der Gegenüberstellung der Kennwerte aus *BKI Objektdaten: Kosten abgerechneter Bauwerke N13 Neubau* und der Kennzahlen aus den Projekten sind zwei Werte niedriger als der berechnete Kennzahlenbereich und zwei Werte stimmen überein.

Die niedrigen Werte von 42,86 €/m² BGF und 41,99 €/m² BGF, ergeben sich dadurch, dass der Anteil des Leistungsbereiches 017 Stahlbauarbeiten nur 4,7 % und 5,4 % der Bauwerkskosten einnimmt.

Lfd.Nr.	€/m ² BGF	Quelle
[A]	[B]	[C]
1	104,90 - 242,30 €/m ² BGF	Projekte
2	42,86 €/m ² BGF	BKI Gebäude, Industrielle Produktionsgebäude, Massivbauweise
3	80,67 €/m ² BGF	BKI Gebäude, Produktionsgebäude, überwiegend Skelettbauweise
4	73,95 €/m ² BGF	BKI Gebäude, Lagergebäude ohne Mischnutzung
5	74,79 €/m ² BGF	BKI Gebäude, Lagergebäude mit bis zu 25 % Mischnutzung
6	126,05 €/m ² BGF	BKI Bauelemente, Stahlträger aus Profilstahl
7	161,09 €/m ² BGF	BKI Bauelemente, Fachwerkträger aus Profilstahl
8	41,99 €/m ² BGF	BKI Objektdaten Neubau, Lagerhalle
9	81,43 €/m ² BGF	BKI Objektdaten Neubau, Produktionshalle & Büro
10	218,46 €/m ² BGF	BKI Objektdaten Neubau, Produktionshalle, Lager
11	125,36 €/m ² BGF	BKI Objektdaten Neubau, Produktionshalle

Tabelle 8-2: Vergleich der Kennzahlen - €/m² BGF

8.3 Kosten pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt

In der Tabelle 8-3 sind die vergleichbaren Kennzahlen für €/m³ BRI dargestellt.

Der berechnete Kennzahlenbereich der Projekte deckt sich mit den Angaben aus *BKI Objektdaten - Kosten abgerechneter Bauwerke N13 Neubau*.

Lfd.Nr.	€/m ³ BRI	Quelle
[A]	[B]	[C]
1	10,50 - 40,40 €/m ³ BRI	Projekte
2	7,25 €/m ³ BRI	BKI Objektdaten Neubau, Lagerhalle
3	18,05 €/m ³ BRI	BKI Objektdaten Neubau, Produktionshalle & Büro
4	32,39 €/m ³ BRI	BKI Objektdaten Neubau, Produktionshalle, Lager
5	13,03 €/m ³ BRI	BKI Objektdaten Neubau, Produktionshalle

Tabelle 8-3: Vergleich der Kennzahlen - €/m³ BRI

8.4 Kosten pro Kilogramm

Tabelle 8-4 zeigt die vergleichbaren Kennzahlen für €/kg.

Bei der Gegenüberstellung der Kennzahlen wird ersichtlich, dass die Angaben aus *Kosten im Stahlbau 2015 - Basisinformationen zur Kalkulation* niedriger sind als die Kennzahlen aus den Projekten. Die Werte aus *Kosten im Stahlbau 2015 - Basisinformationen zur Kalkulation* beziehen sich jedoch nur auf die Rahmenkonstruktion und nicht auf die gesamte Stahlkonstruktion.

Verglichen mit den Werten aus *BKI Baupreise kompakt 2015 Neubau - Statistische Baupreise für Positionen mit Kurztexen* stimmen die Ergebnisse überein.

Lfd.Nr.	€/kg	Quelle
[A]	[B]	[C]
1	2,50 - 3,50 €/kg	Projekte
2	1,60 - 2,05 €/kg	Kosten im Stahlbau 2015 - Walzträger
3	2,05 - 2,50 €/kg	Kosten im Stahlbau 2015 - Fachwerkträger
4	3,10 €/kg	BKI Baupreise, Profilstahlkonstruktion, UNP/UPE
5	3,30 €/kg	BKI Baupreise, Profilstahlkonstruktion, IPE
6	2,40 €/kg	BKI Baupreise, Profilstahlkonstruktion, HEA

Tabelle 8-4: Vergleich der Kennzahlen - €/kg

9 Resümee

Die Variantenvielfalt im Stahlhochbau und die auf den Kunden abgestimmten, individuellen Produkte sowie die unterschiedlichen Randbedingungen in der Fertigung und während der Montage stellen Unternehmen in der Kalkulation und Planung vor große Herausforderungen.

Aufgrund dieser Individualität gibt es in der Literatur wenige, auf den Stahlhochbau abgestimmte, spezielle Kennzahlen die zur Planung und Kalkulation von Projekten herangezogen werden können. Häufig stützt sich die Kalkulation von Stahlbauwerken auf betriebsinterne Erfahrungswerte.

In der vorliegenden Arbeit wurden aus fertiggestellten und abgerechneten Stahlhochbauprojekten Daten erfasst und daraus spezifische Kennzahlen entwickelt. Aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen der Projekte, weisen die erarbeiteten Kennzahlen Bandbreiten auf, die beim Vergleich der Ergebnisse berücksichtigt werden mussten.

Vor der Ermittlung der Kennzahlen wurde durch die Beschreibung der baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Grundlagen und der Grundlagen zu Kennzahlen, sowie einer Einführung in den Stahlhochbau die Basis für die späteren Berechnungen geschaffen.

Um die Kennzahlen aus den Projekten vergleichbar zu machen, wurde diesen, soweit möglich, Kennzahlen aus der Literatur gegenübergestellt.

Für eine umfassende Analyse der Projekte aus baubetrieblicher und bauwirtschaftlicher Sicht, wurden für die Hallenbauten folgende Kennzahlen erhoben:

Beziehungszahlen:

- Gewicht pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche (kg/m^2 BGF)
- Gewicht pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt (kg/m^3 BRI)
- Kosten pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche ($\text{€}/\text{m}^2$ BGF)
- Kosten pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt ($\text{€}/\text{m}^3$ BRI)
- Kosten pro Kilogramm ($\text{€}/\text{kg}$)

Aufwandswerte:

- Lohnstunden pro Tonne für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/t Fertigung, Std/t Montage und Std/t Gesamt)
- Lohnstunden pro Quadratmeter Brutto-Grundrissfläche für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/m^2 BGF Fertigung, Std/m^2 BGF Montage und Std/m^2 BGF Gesamt)
- Lohnstunden pro Kubikmeter Brutto-Rauminhalt für die Fertigung, Montage und Gesamt (Std/m^3 BRI Fertigung, Std/m^3 BRI Montage und Std/m^3 BRI Gesamt)

Produktivitätskennzahlen:

- Bauproduktionswert je Beschäftigte (€/AK)
- Bauproduktionswert je produktive Stunden auf der Baustelle (€/Std)
- Wertschöpfung je Beschäftigte (€/AK)
- Wertschöpfung je produktive Stunden auf der Baustelle (€/Std)

Faktoren und Randbedingungen, die die einzelnen Kennzahlen maßgebend beeinflussen werden nachfolgend aufgezeigt.

Die Kennzahlen für kg/m^2 BGF, kg/m^3 BRI, €/m² BGF und €/m³ BRI werden bei vergleichbaren Randbedingungen nur durch die Größe der Brutto-Grundrissfläche und durch den Brutto-Rauminhalt beeinflusst. Vergrößert sich die Brutto-Grundrissfläche bzw. der Brutto-Rauminhalt, reduzieren sich sowohl das Gewicht als auch die Kosten je m² und m³.

Die Kennzahl für €/kg wird einerseits durch die Komplexität der Konstruktion beeinflusst, andererseits ist sie aber auch von der herzustellenden Tonnage abhängig. Eine höhere Komplexität führt zu steigenden Kosten, während bei zunehmender Tonnage die Kennzahl für €/kg sinkt.

Die Kennzahl für $\text{Std/t}_{\text{Gesamt}}$, bestehend aus $\text{Std/t}_{\text{Fertigung}}$ und $\text{Std/t}_{\text{Montage}}$, ist bei vergleichbaren Randbedingungen im Gegensatz zu den oben genannten Kennzahlen von mehreren Faktoren abhängig. Wesentlicher Faktor für $\text{Std/t}_{\text{Fertigung}}$ ist die Komplexität der Konstruktion. Mit steigender Komplexität erhöht sich der Fertigungsaufwand. Die $\text{Std/t}_{\text{Montage}}$ werden einerseits durch die Gegebenheiten am Montageort beeinflusst, aus der Auswertung der Projekte geht aber auch hervor, dass bei einer geringeren Anzahl der Baugruppen, die dann ein höheres Gewicht aufweisen, der Aufwand für die Montage reduziert wird.

Die Kennzahlen für Std/m^2 BGF und Std/m^3 BRI, sowohl für die Fertigung als auch für die Montage, werden bei vergleichbaren Randbedingungen wiederum hauptsächlich durch die Größe der Brutto-Grundrissfläche und den Brutto-Rauminhalt beeinflusst. Vergrößert sich die Brutto-Grundrissfläche bzw. der Brutto-Rauminhalt, reduzieren sich die Lohnstunden je m² bzw. m³.

Die Produktivitätskennzahlen, in Abhängigkeit von der Wertschöpfung, werden durch den Einsatz von Leihpersonal und Subunternehmern beeinflusst. Beide Faktoren verschlechtern das Ergebnis der Produktivitätskennzahlen.

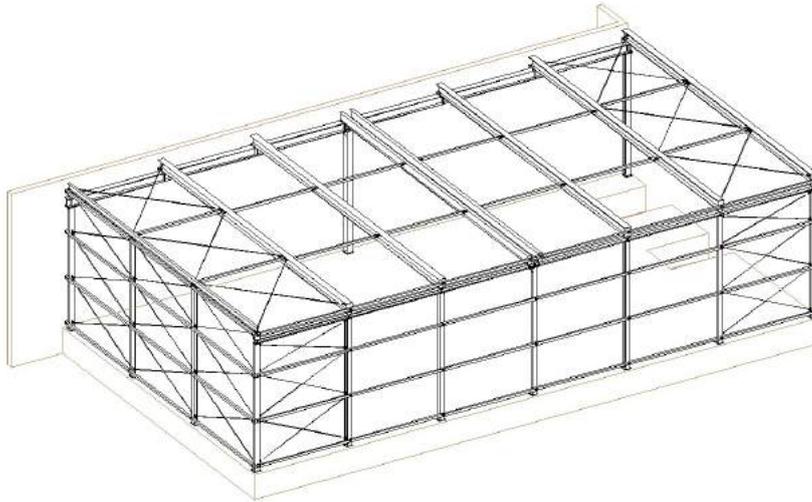
Neben der Nachkalkulation können die aus den bereits realisierten Projekten entwickelten Kennzahlen in Kombination mit Kennzahlen aus der Literatur für die Kalkulation und Planung zukünftiger Projekte eingesetzt werden. Durch stetige Aktualisierung der Erfahrungswerte sollen diese spezifischen Kennzahlen stets weiterentwickelt und verfeinert werden und somit ein wichtiges Instrumentarium für die Planung, Kalkulation und Kontrolle von Projekten darstellen.

10 Anhang

Inhalt Anhang:

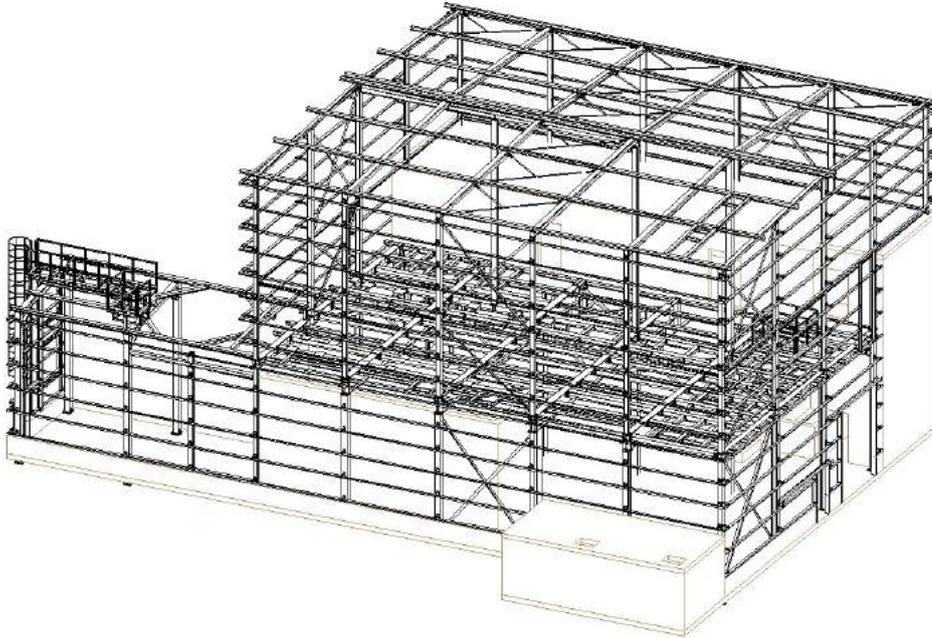
- Zusammenfassung der Kennzahlen der Projekte A bis K (Isometrie, Beziehungszahlen, Aufwandswerte und Produktivitätskennzahlen)
- Vorlage Wochenbericht

Projekt A:



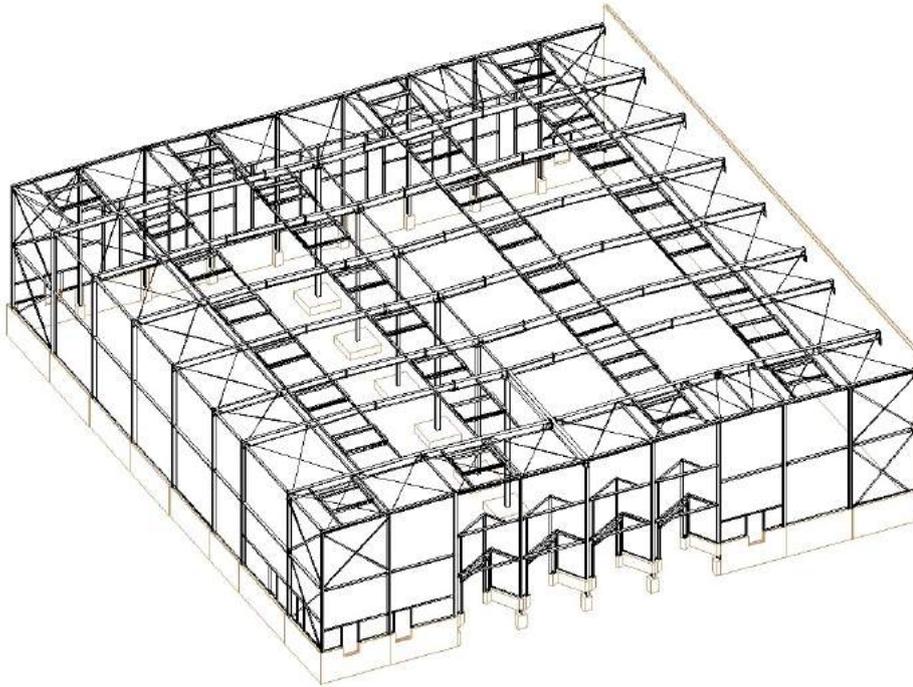
Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	A	kg/m ² BGF	60,80 kg/m ² BGF
2	A	kg/m ³ BRI	8,72 kg/m ³ BRI
3	A	€/m ² BGF	330,71 €/m ² BGF
4	A	€/m ³ BRI	47,45 €/m ³ BRI
5	A	€/kg	5,44 €/kg
6	A	Std/t Fertigung	13,02 Std/t Fertigung
7	A	Std/t Montage	30,11 Std/t Montage
8	A	Std/t Gesamt	43,13 Std/t Gesamt
9	A	Std/m ² BGF Fertigung	0,79 Std/m ² BGF Fertigung
10	A	Std/m ² BGF Montage	1,83 Std/m ² BGF Montage
11	A	Std/m ² BGF Gesamt	2,62 Std/m ² BGF Gesamt
12	A	Std/m ³ BRI Fertigung	0,11 Std/m ³ BRI Fertigung
13	A	Std/m ³ BRI Montage	0,26 Std/m ³ BRI Montage
14	A	Std/m ³ BRI Gesamt	0,38 Std/m ³ BRI Gesamt

Projekt B:



Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	B	kg/m ² BGF	121,84 kg/m ² BGF
2	B	kg/m ³ BRI	17,42 kg/m ³ BRI
3	B	€/m ² BGF	403,73 €/m ² BGF
4	B	€/m ³ BRI	57,72 €/m ³ BRI
5	B	€/kg	3,31 €/kg
6	B	Std/t Gesamt	37,29 Std/t Gesamt
7	B	Std/m ² BGF Gesamt	4,54 Std/m ² BGF Gesamt
8	B	Std/m ³ BRI Gesamt	0,65 Std/m ³ BRI Gesamt

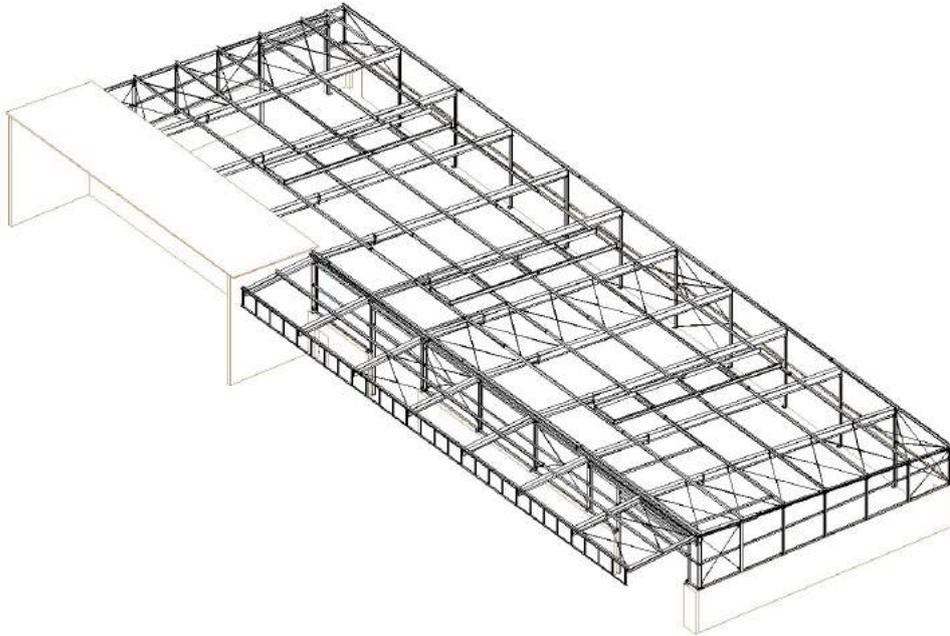
Projekt C:



Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	C	kg/m ² BGF	46,59 kg/m ² BGF
2	C	kg/m ³ BRI	4,34 kg/m ³ BRI
3	C	€/m ² BGF	111,08 €/m ² BGF
4	C	€/m ³ BRI	10,35 €/m ³ BRI
5	C	€/kg	2,38 €/kg
6	C	Std/t Fertigung	10,43 Std/t Fertigung
7	C	Std/t Montage	9,60 Std/t Montage
8	C	Std/t Gesamt	20,03 Std/t Gesamt
9	C	Std/m ² BGF Fertigung	0,49 Std/m ² BGF Fertigung
10	C	Std/m ² BGF Montage	0,45 Std/m ² BGF Montage
11	C	Std/m ² BGF Gesamt	0,93 Std/m ² BGF Gesamt
12	C	Std/m ³ BRI Fertigung	0,05 Std/m ³ BRI Fertigung
13	C	Std/m ³ BRI Montage	0,04 Std/m ³ BRI Montage
14	C	Std/m ³ BRI Gesamt	0,09 Std/m ³ BRI Gesamt

Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Produktivitätskennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	C	Bauproduktionswert / Beschäftigte	57.458,41 €/AK
2	C	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle	142,82 €/Std
3	C	Wertschöpfung / Beschäftigte	38.481,41 €/AK
4	C	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle	95,65 €/Std

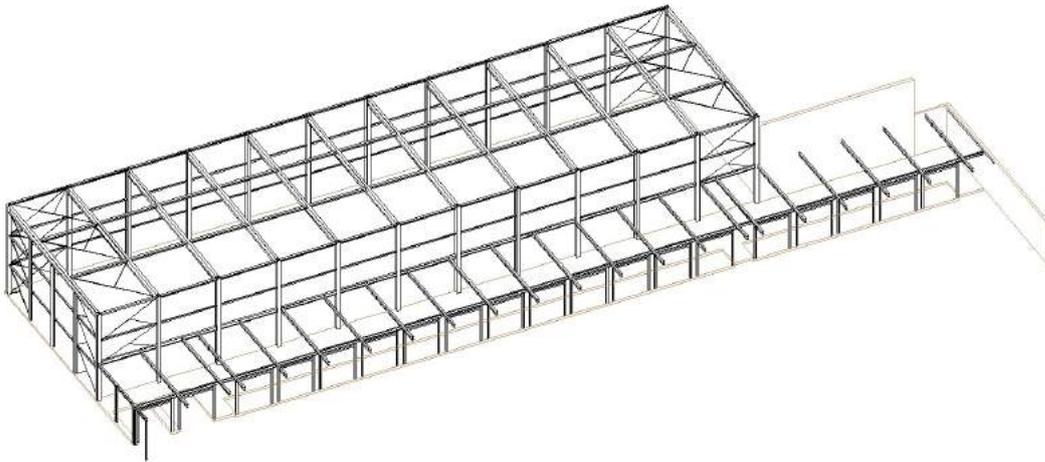
Projekt D:



Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	D	kg/m ² BGF	54,51 kg/m ² BGF
2	D	kg/m ³ BRI	8,15 kg/m ³ BRI
3	D	€/m ² BGF	205,40 €/m ² BGF
4	D	€/m ³ BRI	30,72 €/m ³ BRI
5	D	€/kg	3,77 €/kg
6	D	Std/t Fertigung	8,50 Std/t Fertigung
7	D	Std/t Montage	17,41 Std/t Montage
8	D	Std/t Gesamt	25,90 Std/t Gesamt
9	D	Std/m ² BGF Fertigung	0,46 Std/m ² BGF Fertigung
10	D	Std/m ² BGF Montage	0,95 Std/m ² BGF Montage
11	D	Std/m ² BGF Gesamt	1,41 Std/m ² BGF Gesamt
12	D	Std/m ³ BRI Fertigung	0,07 Std/m ³ BRI Fertigung
13	D	Std/m ³ BRI Montage	0,14 Std/m ³ BRI Montage
14	D	Std/m ³ BRI Gesamt	0,21 Std/m ³ BRI Gesamt

Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Produktivitätskennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	D	Bauproduktionswert / Beschäftigte	75.774,30 €/AK
2	D	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle	174,57 €/Std
3	D	Wertschöpfung / Beschäftigte	37.371,80 €/AK
4	D	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle	86,10 €/Std

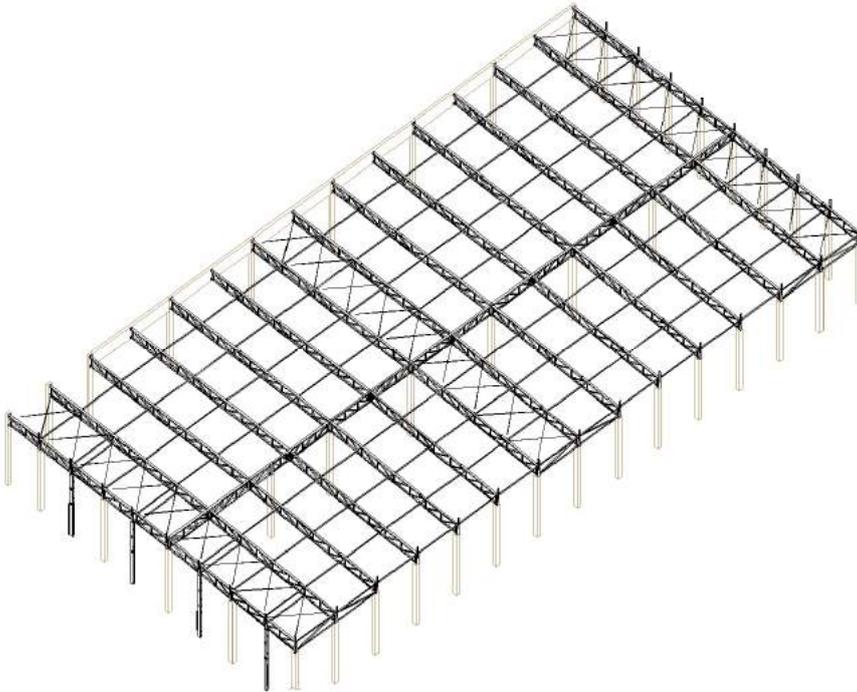
Projekt E:



Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	E	kg/m ² BGF	60,27 kg/m ² BGF
2	E	kg/m ³ BRI	9,13 kg/m ³ BRI
3	E	€/m ² BGF	185,93 €/m ² BGF
4	E	€/m ³ BRI	28,18 €/m ³ BRI
5	E	€/kg	3,09 €/kg
6	E	Std/t Fertigung	8,73 Std/t Fertigung
7	E	Std/t Montage	9,00 Std/t Montage
8	E	Std/t Gesamt	17,73 Std/t Gesamt
9	E	Std/m ² BGF Fertigung	0,53 Std/m ² BGF Fertigung
10	E	Std/m ² BGF Montage	0,54 Std/m ² BGF Montage
11	E	Std/m ² BGF Gesamt	1,07 Std/m ² BGF Gesamt
12	E	Std/m ³ BRI Fertigung	0,08 Std/m ³ BRI Fertigung
13	E	Std/m ³ BRI Montage	0,08 Std/m ³ BRI Montage
14	E	Std/m ³ BRI Gesamt	0,16 Std/m ³ BRI Gesamt

Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Produktivitätskennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	E	Bauproduktionswert / Beschäftigte	95.468,63 €/AK
2	E	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle	208,75 €/Std
3	E	Wertschöpfung / Beschäftigte	52.334,96 €/AK
4	E	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle	114,44 €/Std

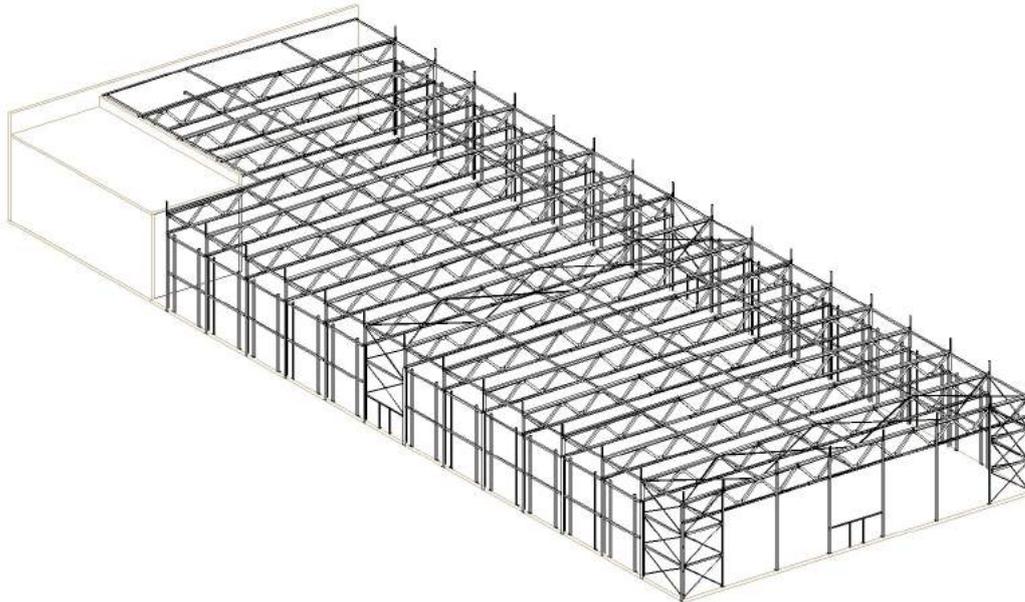
Projekt F:



Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	F	kg/m ² BGF	28,63 kg/m ² BGF
2	F	kg/m ³ BRI	2,79 kg/m ³ BRI
3	F	€/m ² BGF	86,36 €/m ² BGF
4	F	€/m ³ BRI	8,40 €/m ³ BRI
5	F	€/kg	3,02 €/kg
6	F	Std/t Fertigung	13,63 Std/t Fertigung
7	F	Std/t Montage	12,02 Std/t Montage
8	F	Std/t Gesamt	25,65 Std/t Gesamt
9	F	Std/m ² BGF Fertigung	0,39 Std/m ² BGF Fertigung
10	F	Std/m ² BGF Montage	0,34 Std/m ² BGF Montage
11	F	Std/m ² BGF Gesamt	0,73 Std/m ² BGF Gesamt
12	F	Std/m ³ BRI Fertigung	0,04 Std/m ³ BRI Fertigung
13	F	Std/m ³ BRI Montage	0,03 Std/m ³ BRI Montage
14	F	Std/m ³ BRI Gesamt	0,07 Std/m ³ BRI Gesamt

Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Produktivitätskennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	F	Bauproduktionswert / Beschäftigte	97.800,41 €/AK
2	F	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle	141,11 €/Std
3	F	Wertschöpfung / Beschäftigte	34.010,07 €/AK
4	F	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle	49,07 €/Std

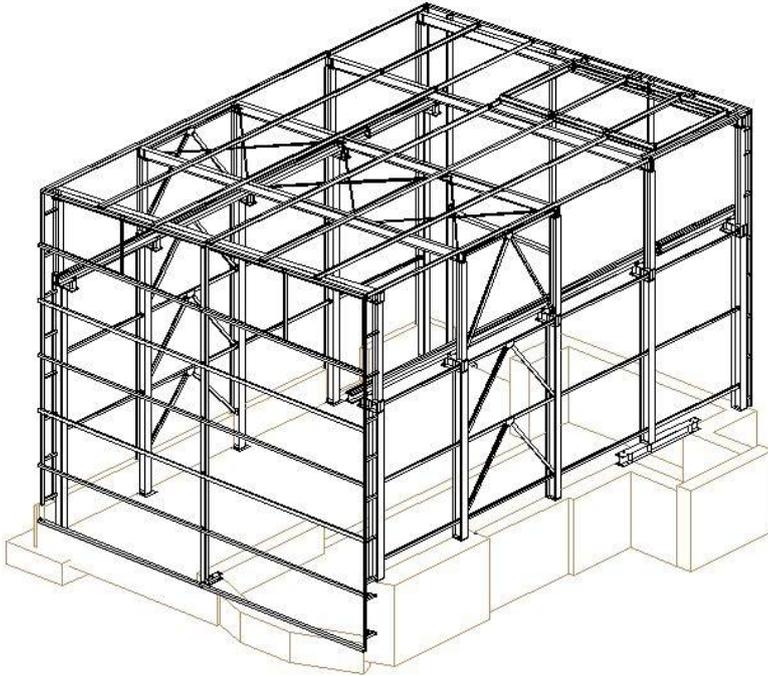
Projekt G:



Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	G	kg/m ² BGF	37,15 kg/m ² BGF
2	G	kg/m ³ BRI	4,54 kg/m ³ BRI
3	G	€/m ² BGF	86,16 €/m ² BGF
4	G	€/m ³ BRI	10,54 €/m ³ BRI
5	G	€/kg	2,32 €/kg
6	G	Std/t Fertigung	17,77 Std/t Fertigung
7	G	Std/t Montage	7,23 Std/t Montage
8	G	Std/t Gesamt	24,99 Std/t Gesamt
9	G	Std/m ² BGF Fertigung	0,66 Std/m ² BGF Fertigung
10	G	Std/m ² BGF Montage	0,27 Std/m ² BGF Montage
11	G	Std/m ² BGF Gesamt	0,93 Std/m ² BGF Gesamt
12	G	Std/m ³ BRI Fertigung	0,08 Std/m ³ BRI Fertigung
13	G	Std/m ³ BRI Montage	0,03 Std/m ³ BRI Montage
14	G	Std/m ³ BRI Gesamt	0,11 Std/m ³ BRI Gesamt

Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Produktivitätskennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	G	Bauproduktionswert / Beschäftigte	67.984,64 €/AK
2	G	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle	111,36 €/Std
3	G	Wertschöpfung / Beschäftigte	36.796,39 €/AK
4	G	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle	60,27 €/Std

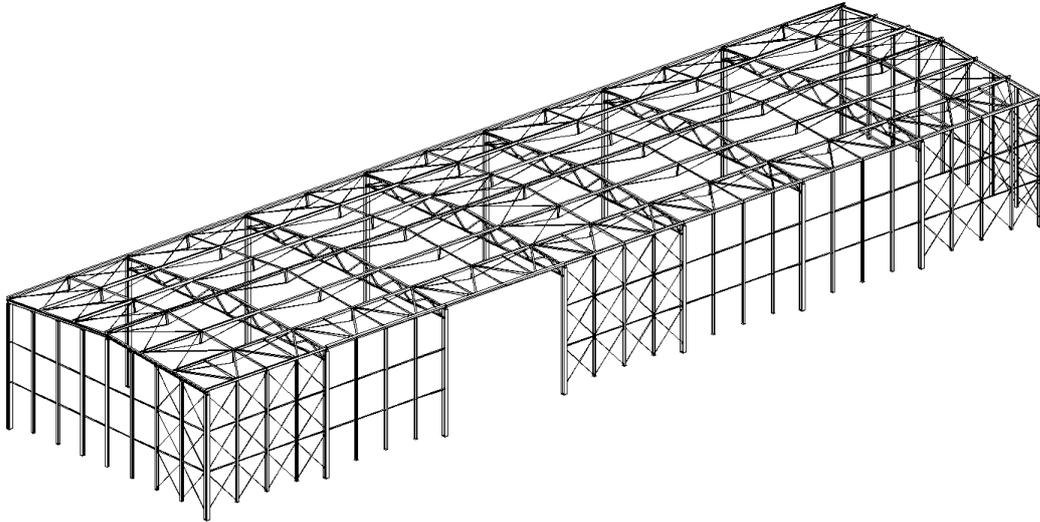
Projekt H:



Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	H	kg/m ² BGF	137,22 kg/m ² BGF
2	H	kg/m ³ BRI	10,34 kg/m ³ BRI
3	H	€/m ² BGF	535,83 €/m ² BGF
4	H	€/m ³ BRI	40,38 €/m ³ BRI
5	H	€/kg	3,90 €/kg
6	H	Std/t Fertigung	14,48 Std/t Fertigung
7	H	Std/t Montage	9,83 Std/t Montage
8	H	Std/t Gesamt	24,31 Std/t Gesamt
9	H	Std/m ² BGF Fertigung	1,99 Std/m ² BGF Fertigung
10	H	Std/m ² BGF Montage	1,35 Std/m ² BGF Montage
11	H	Std/m ² BGF Gesamt	3,34 Std/m ² BGF Gesamt
12	H	Std/m ³ BRI Fertigung	0,15 Std/m ³ BRI Fertigung
13	H	Std/m ³ BRI Montage	0,10 Std/m ³ BRI Montage
14	H	Std/m ³ BRI Gesamt	0,25 Std/m ³ BRI Gesamt

Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Produktivitätskennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	H	Bauproduktionswert / Beschäftigte	58.394,11 €/AK
2	H	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle	192,77 €/Std
3	H	Wertschöpfung / Beschäftigte	19.679,44 €/AK
4	H	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle	64,97 €/Std

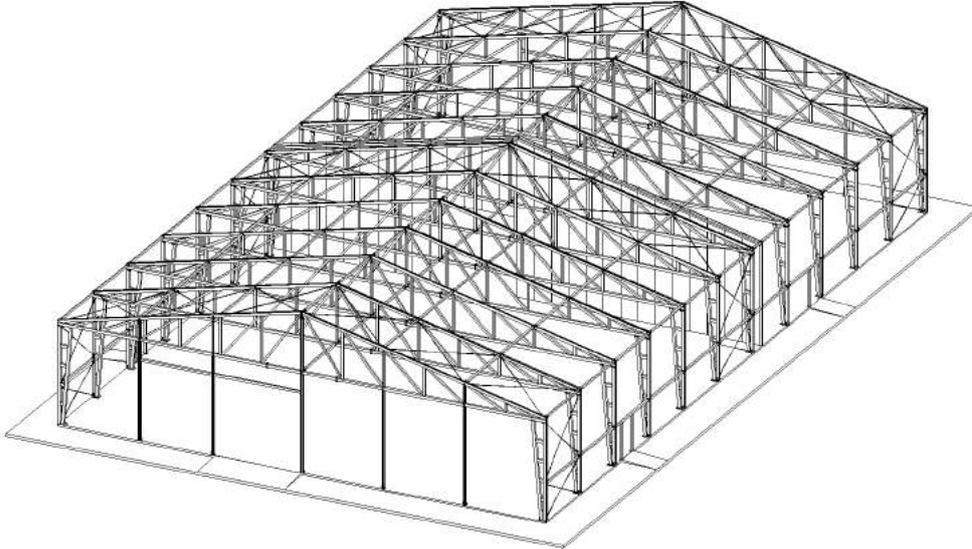
Projekt I:



Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	I	kg/m ² BGF	42,80 kg/m ² BGF
2	I	kg/m ³ BRI	4,02 kg/m ³ BRI
3	I	€/m ² BGF	140,91 €/m ² BGF
4	I	€/m ³ BRI	13,22 €/m ³ BRI
5	I	€/kg	3,29 €/kg
6	I	Std/t Fertigung	10,33 Std/t Fertigung
7	I	Std/t Montage	7,04 Std/t Montage
8	I	Std/t Gesamt	17,38 Std/t Gesamt
9	I	Std/m ² BGF Fertigung	0,44 Std/m ² BGF Fertigung
10	I	Std/m ² BGF Montage	0,30 Std/m ² BGF Montage
11	I	Std/m ² BGF Gesamt	0,74 Std/m ² BGF Gesamt
12	I	Std/m ³ BRI Fertigung	0,04 Std/m ³ BRI Fertigung
13	I	Std/m ³ BRI Montage	0,03 Std/m ³ BRI Montage
14	I	Std/m ³ BRI Gesamt	0,07 Std/m ³ BRI Gesamt

Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Produktivitätskennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	I	Bauproduktionswert / Beschäftigte	74.400,00 €/AK
2	I	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle	227,35 €/Std
3	I	Wertschöpfung / Beschäftigte	25.378,75 €/AK
4	I	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle	77,55 €/Std

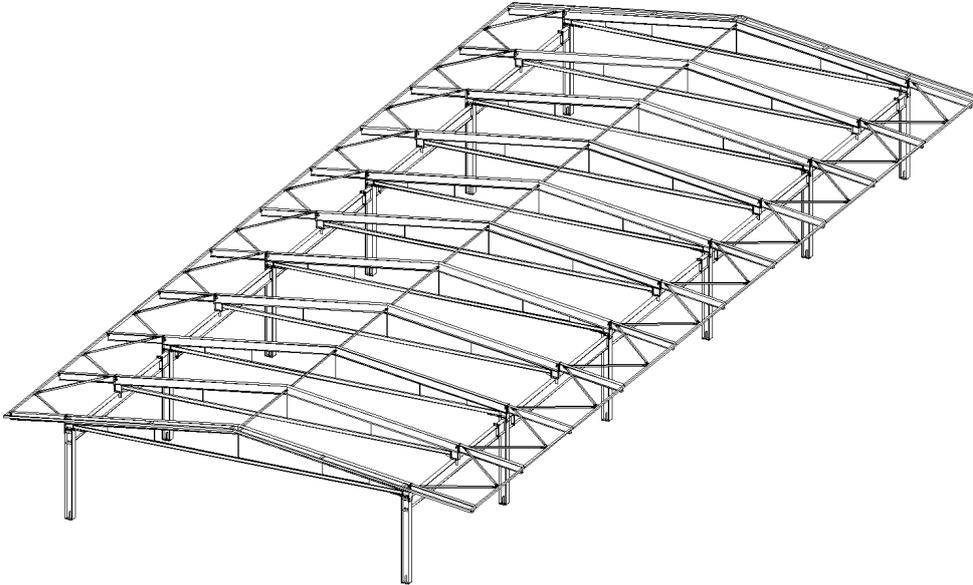
Projekt J:



Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	J	kg/m ² BGF	36,94 kg/m ² BGF
2	J	kg/m ³ BRI	4,03 kg/m ³ BRI
3	J	€/m ² BGF	212,77 €/m ² BGF
4	J	€/m ³ BRI	23,19 €/m ³ BRI
5	J	€/kg	5,76 €/kg
6	J	Std/t Fertigung	9,97 Std/t Fertigung
7	J	Std/t Montage	11,67 Std/t Montage
8	J	Std/t Gesamt	21,63 Std/t Gesamt
9	J	Std/m ² BGF Fertigung	0,37 Std/m ² BGF Fertigung
10	J	Std/m ² BGF Montage	0,43 Std/m ² BGF Montage
11	J	Std/m ² BGF Gesamt	0,80 Std/m ² BGF Gesamt
12	J	Std/m ³ BRI Fertigung	0,04 Std/m ³ BRI Fertigung
13	J	Std/m ³ BRI Montage	0,05 Std/m ³ BRI Montage
14	J	Std/m ³ BRI Gesamt	0,09 Std/m ³ BRI Gesamt

Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Produktivitätskennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	J	Bauproduktionswert / Beschäftigte	63.111,05 €/AK
2	J	Bauproduktionswert / produktive Stunden auf der Baustelle	319,55 €/Std
3	J	Wertschöpfung / Beschäftigte	33.010,65 €/AK
4	J	Wertschöpfung / produktive Stunden auf der Baustelle	167,14 €/Std

Projekt K:



Lfd.Nr.	Projekt	Kategorie	Kennzahl
[A]	[B]	[C]	[D]
1	K	kg/m ² BGF	63,21 kg/m ² BGF
2	K	kg/m ³ BRI	12,93 kg/m ³ BRI
3	K	€/m ² BGF	161,06 €/m ² BGF
4	K	€/m ³ BRI	32,94 €/m ³ BRI
5	K	€/kg	2,55 €/kg
6	K	Std/t Gesamt	21,93 Std/t Gesamt
7	K	Std/m ² BGF Gesamt	1,39 Std/m ² BGF Gesamt
8	K	Std/m ³ BRI Gesamt	0,28 Std/m ³ BRI Gesamt

Glossar

Baukosten	Kosten, die sich als Summe aus den Kostenbereichen 1 bis 6 ergeben. ²³⁵
Bauproduktionswert	Produktionswert von Baustellen aus reiner Bautätigkeit (an Auftraggeber verrechenbare Eigenleistungen, Rohstoffe und Fremdleistungen). Noch nicht abgerechnete Bauleistungen werden mit Hilfe fundierter Schätzungen bewertet. Der B. wird in der EU-konformen Konjunkturstatistik als Eigenproduktion bezeichnet. (Vgl. auch Brutto-Produktionswert, Bauumsatz.) ²³⁶
Brutto-Grundrissfläche	Summe aller Grundrissflächen einer Grundriss-ebene, z.B. Keller-, Erd- und Dachgeschoß, oder auch die unterbaute Fläche [s. ÖN B 1800, Pkt. 4.1]. ²³⁷
Brutto-Rauminhalt	Der BRI eines Bauwerkes ergibt sich als Produkt der Brutto-Grundrissfläche und der dazugehörigen Höhen. Als Höhe gilt i.d.R. der Abstand der Oberfläche des Fußbodens von der Oberfläche des darüberliegenden Fußbodens (= Geschoßhöhe). [S. ÖN B 1800, Pkt. 5; vgl. DIN 277, Pkt. 2.7.]. ²³⁸
Kosten	Aufwendungen für Güter, Lieferungen, Leistungen und Abgaben, die für die Planung und Ausführung von Baumaßnahmen erforderlich sind. ²³⁹
Wertschöpfung	Unter W. in der Bauwirtschaft wird die Wertvermehrung durch die Bauproduktionstätigkeit verstanden. Analog zur volkswirtschaftlichen W. kann einerseits die Entstehung betrachtet werden (Brutto-Produktionswert minus Vorleistungen), andererseits die Verwendung (Aufwendungen plus Gewinn). ²⁴⁰
Wirtschaftlichkeit	Wirtschaftlichkeit (W) ist eine Kennzahl, die das Verhältnis von Ertrag und Aufwand bzw. Leistung und Kosten zum Ausdruck bringt: Wirtschaftlichkeit = Ertrag/Aufwand Wirtschaftlichkeit = Leistung/Kosten ²⁴¹

²³⁵ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 1801-1 - Kosten im Hoch- und Tiefbau - Kostengliederung. Norm. S. 2

²³⁶ OBERNDORFER, W.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. S. 42

²³⁷ OBERNDORFER, W.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. S. 55

²³⁸ OBERNDORFER, W.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. S. 55

²³⁹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM B 1801-1 - Kosten im Hoch- und Tiefbau - Kostengliederung. Norm. S. 2

²⁴⁰ OBERNDORFER, W.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. S. 156

²⁴¹ <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/wirtschaftlichkeit-wirtschaftlichkeitsprinzip/wirtschaftlichkeit-wirtschaftlichkeitsprinzip.htm>
Datum des Zugriffs: 17. August 2016

Literaturverzeichnis

- <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/wirtschaftlichkeit-wirtschaftlichkeitsprinzip/wirtschaftlichkeit-wirtschaftlichkeitsprinzip.htm>. Datum des Zugriffs: 17.August.2016.
- <https://www.tuv.at/loesungen/industry-energy/en-1090/>. Datum des Zugriffs: 18.Mai.2016.
- AMBROS SCHMELZER & SOHN GMBH & CO.KG: Stahlpreisindex. <http://www.a-schmelzer.de/bilder/Stahlpreisindex.pdf>. Datum des Zugriffs: 13.April.2016.
- BAUER, H.: Baubetrieb. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag, 2007.
- <https://www.bauforumstahl.de/nutzung-vorteile-von-stahlkonstruktionen>. Datum des Zugriffs: 15.April.2016.
- <https://www.bauforumstahl.de/ausfuehrung-baukosten>. Datum des Zugriffs: 13.April.2016.
- <https://www.bauforumstahl.de/brandschutz-grundlagen-und-bemessung>. Datum des Zugriffs: 23.August.2016.
- BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 2.3 | Geschraubte Verbindungen. Arbeitshilfe. Düsseldorf. bauforumstahl e.V., 2012.
- BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 2.6 | Tragwerksplanung im Stahlbau, geschweißte Verbindungen. Arbeitshilfe. Düsseldorf. bauforumstahl e.V., 2012.
- BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 5.5 | Ausführung von Stahlbauten – Transport. Arbeitshilfe. Düsseldorf. bauforumstahl e.V., 2013.
- BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Arbeitshilfe 5.6 | Ausführung von Stahlbauten – Baustelleneinrichtung. Arbeitshilfe. Düsseldorf. bauforumstahl e.V., 2013.
- BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Baubetrieb im Stahlbau. Vorlesungsunterlage. Düsseldorf. bauforumstahl e.V., 2016.
- BAUFORUMSTAHL E.V. (HRSG.): Kosten im Stahlbau 2015 - Basisinformationen zur Kalkulation. Broschüre. Düsseldorf. bauforumstahl e.V., 2015.
- BERNER, F.; SCHACH, R.; KOCHENDÖRFER, B.: Grundlagen der Baubetriebslehre 2 - Baubetriebsplanung. Wiesbaden. Springer Fachmedien, 2013.
- BKI (HRSG.): BKI Baukosten Gebäude 2014: Statistische Kostenkennwerte Teil 1. Stuttgart. BKI, 2014.
- BKI (HRSG.): BKI Baukosten Bauelemente 2014: Statistische Kostenkennwerte Teil 2. Stuttgart. BKI, 2014.

- BKI (HRSG.): BKI Baupreise 2015 - Neubau: Statistische Baupreise für Positionen mit Kurztexen. Stuttgart. BKI, 2014.
- BKI (HRSG.): BKI Objektdaten: Kosten abgerechneter Bauwerke N13 Neubau. Stuttgart. BKI, 2015.
- DAM, F. et al.: Sirados Zeitwert-Tabellen – Rohbau. Kissing. WEKA-Media, 2013.
- DREES, G.; PAUL, W.: Kalkulation von Baupreisen. Berlin, Wien, Zürich. Beuth Verlag GmbH, 2014.
- DREES, G.; SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. Wiesbaden und Berlin. Bauverlag GmbH, 1976.
- DUBAS, P.; GEHRI, E.: Stahlhochbau: Grundlagen, Konstruktionsarten und Konstruktionselemente von Hallen-und Skelettbauten. Berlin [u.a.] . Springer-Verlag, 1988.
- FAHRENWALDT, H.; SCHULER, V.; TWRDEK, J.: Praxiswissen Schweißtechnik - Werkstoffe, Prozesse, Fertigung. Wiesbaden . Springer Fachmedien, 2014.
- GREINER, L. et al.: Ausführung und Qualitätssicherung von Stahlbauten. Broschüre. Wien. Österreichischer Stahlbauverband (Hrsg.), 2010.
- GRIMM, F.; KOCKER, R.: Hallen aus Stahl - Planungsleitfaden. Publikation. Düsseldorf. bauforumstahl e.V. (Hrsg.), 2011.
- GÜNTZER, K. H.; HAMMACHER, P.: 11 Stahlpreise. In: Stahlbau Kalender 2009. Hrsg.: KUHLMANN, U.: Berlin. Ernst & Sohn, 2009.
- HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten - Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag, 2008.
- HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag, 2007.
- HOFSTADLER, C.: Produktivität im Baubetrieb - Bauablaufstörungen und Produktivitätsverluste. Berlin Heidelberg. Springer-Verlag, 2014.
- HOFSTADLER, C.: Grundlagen - Bauablaufplanung und Logistik. Vorlesungsfolien. Graz. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz, 2015.
- KOCKER, R.; MÖLLER, R.: Typenhallen aus Stahl. Publikation. Düsseldorf. bauforumstahl e.V. (Hrsg.), 2009.
- LANG, A.: Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung. Düsseldorf. VDI-Verlag GmbH, 1988.
- LOHSE, W.; LAUMANN, J.; WOLF, C.: Stahlbau 1 - Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2016.

LUZA, G.; MICHAEL, P.; STEFAN, S.: Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. Wien. Manz, 2011.

O'SULLIVAN, G.: Teil C Grundlagen II - 2 Stahl und Wirtschaft(lichkeit). In: Atlas moderner Stahlbau - Material, Tragwerksentwurf, Nachhaltigkeit. Hrsg.: BOLLINGERK. et al.: München. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, 2011.

OBERNDORFER, W.; JODL, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2001.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 1801-1 - Kosten im Hoch- und Tiefbau - Kostengliederung. Norm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 1995-05-01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 1090-1 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile. Norm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2012-03-01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 1090-2 - Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken. Norm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2012-01-01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 14610 - Schweißen und verwandte Prozesse - Begriffe für Metallschweißprozesse. Norm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2005-01-01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 1990 - Eurocode - Grundlagen der Tragwerksplanung (konsolidierte Fassung). Norm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2013-03-15.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 1993-1-8 - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen (konsolidierte Fassung). Norm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2012-03-01.

DELLMANN, K.; PEDELL, K. L.: Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. Stuttgart. Schäffer-Poeschel Verlag, 1994.

PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 10 Transporte. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. Hrsg.: PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: Düsseldorf. Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, 2000.

PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 11 Baustelleneinrichtung im Stahlbau. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. Hrsg.: PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: Düsseldorf. Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, 2006.

PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 12 Auftragsabwicklung und Kontrolle. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. Hrsg.: PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: Düsseldorf. Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, 2000.

PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 8 Montagegeräte. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. Hrsg.: PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: Düsseldorf. Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, 2000.

PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 3 Angebotsbearbeitung. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. Hrsg.: PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: Düsseldorf. Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, 2000.

PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: 4 Fertigungs- und montagegerechtes Konstruieren. In: Handbuch der Stahlbaumontage - Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. Hrsg.: PETZSCHMANN, E.; SKUFCA, K.-H.: Düsseldorf. Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, 2000.

REICHMANN, T.: Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten. München. Verlag Franz Vahlen, 2001.

RÖSEL, W.; WITTE, H.: Hallen aus Stahl - Planen und Bauen. Köln. Deutscher Stahlbau-Verband, 1988.

SCHWEIZER STAHLBAUVERBAND (HRSG.): Bauen in Stahl [1] - Hallenbauten, Stockwerkbauten, Vordächer und Treppen. Zürich. Verlag Schweizer Stahlbauverband, 1956.

SCHWEIZER STAHLBAUVERBAND (HRSG.): Bauen in Stahl [2] - Hallen, Stockwerkbauten, Brücken, Stahlkonstruktionen für verschiedene Anwendungszwecke. Zürich. Verlag Schweizer Stahlbauverband, 1962.

SIEBERS, R.; HAUKE, B.: Ökobilanzieller Vergleich von Hallen unterschiedlicher Bauweisen. Publikation. Düsseldorf. bauforumstahl e.V. (Hrsg.), 2015.

STAHL-INFORMATIONEN-ZENTRUM: Merkblatt 329 "Korrosionsschutz durch Feuerverzinken (Stückverzinken)". Merkblatt. Düsseldorf. Stahl-Informationen-Zentrum, 2009.

STEINMANN, R. et al.: Richtlinie zur Erstellung von Ausführungsunterlagen für Stahlbauten. <http://dstvadmin.de/archiv/29012008152125.pdf>. Datum des Zugriffs: 15.Mai.2016.

STEMPKOWSKI, R.; POIER, S.: 3.8.3.5. Produktivitätsverlust aufgrund längerer Arbeitszeit. In: Handbuch Claim-Management. Hrsg.: MÜLLER, K.; STEMPKOWSKI, R.: Wien. Linde, 2015.

UNTERWEGER, H.: Stahlbau. Skriptum. Graz. Institut für Stahlbau, TU Graz, 2014.

UNTERWEGER, H.: STAHLBAU - Grundlagen. Skriptum. Graz. Institut für Stahlbau, TU Graz, 2016.

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/54801/kennzahlen-v10.html>.

Datum des Zugriffs: 24.August.2016.

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/72542/baugruppe-v5.html>.

Datum des Zugriffs: 31.August.2015.

